●临床研究

多模态MRI参数评估肩袖损伤情况及治疗效果价值探讨

姚红燕　张建洪　何利江

【摘要】 **目的**　探讨多模态MRI参数评估肩袖损伤情况及治疗效果价值。 **方法**　回顾性收集2024年2月至2025年7月杭州市余杭区第二人民医院疑似肩袖损伤患者68例，所有患者均行肩关节镜和MRI检查，并行关节镜手术治疗，分析治疗前与治疗后3个月MRI参数，包括肩峰指数(AI)、肩峰-大结节撞击指数(ATI)、临界肩角、肩胛盂倾斜度(GI)、喙肩韧带厚度和肩肱间距，以肩关节镜检查结果为金标准，采用ROC曲线分析多模态MRI参数诊断肩袖损伤的效能。 **结果**　肩关节镜检查确诊为肩袖损伤54例，非肩袖损伤(均为冈上肌腱炎)14例。MRI检查诊断肩袖损伤51例，诊断准确率为94.44%，灵敏度为87.04%，特异度为71.43%。肩袖损伤组治疗前AI、ATI、临界肩角、GI和喙肩韧带厚度均高于非肩袖损伤组，而肩肱间距低于非肩袖损伤组(均$P<0.05$)。ROC曲线分析结果显示，多模态MRI参数联合诊断肩袖损伤的诊断效能较好。肩袖损伤组患者治疗后3个月，AI、ATI、临界肩角、GI和喙肩韧带厚度均低于治疗前，而肩肱间距高于治疗前(均$P<0.05$)。 **结论**　多模态MRI参数对肩袖损伤具有良好的诊断价值，且可用于评估治疗效果，值得临床借鉴。

【关键词】 多模态MRI成像参数；肩袖损伤；治疗效果

Value of multimodal MRI parameters in evaluating rotator cuff injury and therapeutic efficacy

Yao Hongyan, Zhang Jianhong, He Lijiang

Authors' address: Department of Radiology, the Second People's Hospital of Yuhang District, Hangzhou 311121, China

Corresponding author: Yao Hongyan, E-mail: 31303924@qq.com

【Abstract】 **Objective**　To investigate the value of multimodal MRI parameters for assessing rotator cuff injury and evaluating therapeutic outcomes. **Methods**　A total of 68 patients with suspected rotator cuff injury admitted to the Second People's Hospital of Yuhang District, Hangzhou from February 2024 to July 2025 were retrospectively enrolled. All patients underwent shoulder arthroscopy and MRI examination, followed by arthroscopic surgical treatment. MRI parameters before treatment and at 3 months postoperatively were measured and compared, encompassing acromial index (AI), acromio-tuberosity impingement index (ATI), critical shoulder angle (CSA), glenoid inclination (GI), coracoacromial ligament thickness and acromiohumeral distance (AHD). Shoulder arthroscopy findings were used as the gold standard, and ROC curve analysis was performed to assess the diagnostic efficiency of multimodal MRI parameters for rotator cuff injury. **Results**　Shoulder arthroscopy confirmed rotator cuff injury in 54 patients, while the remaining 14 patients had supraspinatus tendinitis without rotator cuff lesions. MRI identified 51 cases of rotator cuff injury, with a diagnostic accuracy of 94.44%, sensitivity of 87.04% and specificity of 71.43%. Compared with the non-injury group, the rotator cuff injury group exhibited significantly higher AI, ATI, CSA, GI and coracoacromial ligament thickness, as well as significantly reduced AHD (all $P<0.05$). ROC curve analysis demonstrated that the combined application of multimodal MRI parameters yielded superior diagnostic efficiency for rotator cuff injury compared with individual single parameter. At 3 months after surgery, AI, ATI, CSA, GI and coracoacromial ligament thickness of patients in the rotator cuff injury group all decreased when compared with those before treatment, whereas AHD increased (all $P<0.05$). **Conclusion**　Multimodal MRI parameters possess favorable diagnostic value for rotator cuff injury and can be applied to evaluate therapeutic efficacy, which is worthy of clinical application.

【Key words】 Multimodal MRI parameter; Rotator cuff injury; Therapeutic efficacy

DOI：10.12056/j.issn.1006-2785.2026.48.18.2025-2368

作者单位：311121　杭州市余杭区第二人民医院放射科

通信作者：姚红燕，E-mail：31303924@qq.com

肩袖损伤是一种常见的肩部疾病，临床表现主要为肩关节活动障碍、疼痛，影响患者肩部功能和生活质量[1-2]。随着肩袖损伤病程的不断迁延，可造成肌肉萎缩，但肩袖损伤的治疗效果受多种因素影响，故而对肩关节损伤的严重程度及时准确地评估，不仅可为肩关节治疗方案提供依据，还可用于判断疾病预后[3-4]。因此，探寻准确评估肩袖损伤及治疗效果的方法具有重要研究价值。MRI检查广泛应用于临床，具有无创、对软组织分辨率高等特点[5]。多模态MRI检查诊断肩袖损伤患者可提供丰富的解剖和病理信息，准确评估肩袖损伤的部位、程度、范围及治疗效果[6]。本研究回顾68例疑似肩袖损伤患者的临床资料，旨在探讨多模态MRI参数评估肩袖损伤情况及治疗效果的价值。

1 对象和方法

1.1 对象 回顾性收集2024年2月至2025年7月杭州市余杭区第二人民医院疑似肩袖损伤患者68例，其中男32例，女36例；年龄37~78（60.87 ± 9.54）岁；病程1~8（4.65 ± 1.37）个月；患病部位：右侧41例，左侧27例。纳入标准：（1）患者有肩关节活动受限、肩痛等症状，且通过体格检查提示肩关节内收、外旋及外展等功能障碍；（2）经X线检查显示存在肩峰形态异常等肩袖损伤相关征象；（3）所有患者均行肩关节镜检查（金标准）和MRI检查；（4）临床资料完整。排除标准：（1）合并严重脏器功能障碍者；（2）入组前已有肩袖损伤相关治疗史；（3）既往有肩关节手术史；（4）伴精神系统疾病，难以配合检查；（5）妊娠或哺乳期妇女。本研究经本院医学伦理委员会审查通过（批准文号：余杭二院伦审2024研第2号）。

1.2 方法 采用Signa Voyager 1.5T MRI仪，配合专用肩部线圈，取患者仰卧位，以肩关节和周围肌腱组织为扫描范围。扫描序列包括T_1加权成像（T_1 weighted imaging，T_1WI）、T_2加权成像（T_2 weighted imaging，T_2WI）、脂肪抑制T_2加权成像（T_2 weighted imaging with fat saturation，T_2WI-FS）、脂肪抑制质子密度加权成像（proton density weighted imaging with fat saturation，PDWI-FS）序列。（1）T_1WI序列扫描参数：回波时间（echo time，TE）=10.7 ms，重复时间（repetition time，TR）=625 ms，层间距0.3~0.5 mm，层厚3~4 mm，矩阵256 × 256；（2）T_2WI序列扫描参数：TE=75 ms，TR=2 210 ms，层间距0.3~0.5 mm，层厚3~4 mm，矩阵256 × 256；（3）T_2WI-FS序列扫描参数：TE=75 ms，TR=2 210 ms，脂肪抑制采用频率选择饱和法，层间距0.3~0.5 mm，层厚3~4 mm，矩阵256 × 256；（4）PDWI-FS序列扫描参数：TE=42 ms，TR=2 322 ms，层间距0.5~1.0 mm，层厚3~4 mm，矩阵256 × 256。多模态MRI图像由经验丰富的2位放射科副主任技师采用双盲法分析，当意见不一致时，共同讨论协商达成统一结论，若意见仍无法统一，则邀请更高年资副主任或主任技师参与会诊判定。

1.3 观察指标 经肩关节镜检查确诊的肩袖损伤患者均行关节镜手术治疗，手术均由临床经验丰富的同一组医师完成。评估治疗前与治疗后3个月MRI参数，包括肩峰指数（acromial index，AI）、肩峰-大结节撞击指数（acromio-tuberosity impingement index，ATI）、临界肩角、肩胛盂倾斜度（glenoid inclination，GI）、喙肩韧带厚度和肩肱间距。

1.4 统计学处理 采用SPSS 25.0统计软件。计量资料以$\bar{x}\pm s$表示，组间比较采用两独立样本t检验，组内治疗前后比较采用配对t检验。采用ROC曲线分析多模态MRI参数诊断肩袖损伤的效能。$P<0.05$为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 MRI对肩袖损伤的诊断价值 肩关节镜检查确诊为肩袖损伤患者54例，非肩袖损伤患者（均为冈上肌腱炎）14例。经MRI检查诊断为肩袖损伤51例，诊断准确率为94.44%（51/54），灵敏度为87.04%（47/54），特异度为71.43%（10/14），见表1，典型病例见图1、2。

表1 MRI对肩袖损伤诊断价值（例）

MRI检查	肩关节镜检查		合计
	阳性	阴性	
阳性	47	4	51
阴性	7	10	17
合计	54	14	68

2.2 肩袖损伤组与非肩袖损伤组治疗前多模态MRI参数比较 治疗前，肩袖损伤组AI、ATI、临界肩角、GI和喙肩韧带厚度均高于非肩袖损伤组，而肩肱间距低于非肩袖损伤组（均$P<0.05$），见表2。

2.3 多模态MRI参数诊断肩袖损伤的效能分析 ROC曲线分析发现，多模态MRI参数联合诊断肩袖损伤的诊断效能较好，见图3、表3。

2.4 肩袖损伤患者治疗前与治疗后3个月多模态MRI成像参数比较 54例肩袖损伤患者治疗后3个月的AI、ATI、临界肩角、GI和喙肩韧带厚度均低于治疗前，而肩肱间距高于治疗前（均$P<0.05$），见表4。

图1　44岁男性右肩冈上肌腱部分撕裂患者的影像图（A：冠状位压脂序列；B：矢状位压脂序列）

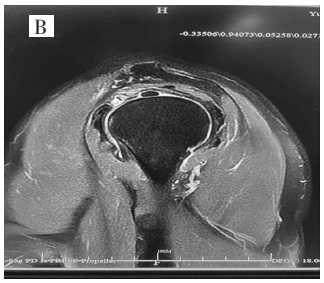
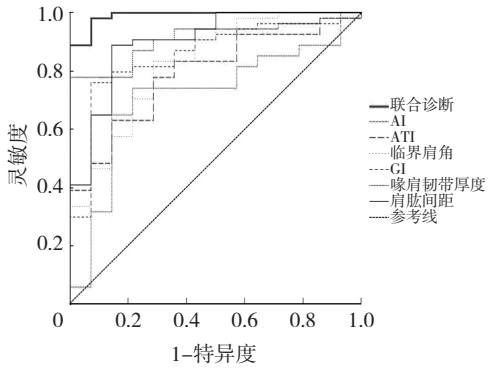


图2　45岁男性冈上肌腱炎患者的影像图（A：冠状位压脂序列；B：矢状位压脂序列）

表2　肩袖损伤组与非肩袖损伤组治疗前多模态MRI参数比较

组别	*n*	AI	ATI	临界肩角（°）	GI（°）	喙肩韧带厚度（mm）	肩肱间距（mm）
肩袖损伤组	54	0.72 ± 0.06	0.89 ± 0.04	41.86 ± 4.35	13.21 ± 1.38	1.97 ± 0.54	5.86 ± 1.45
非肩袖损伤组	14	0.67 ± 0.05	0.84 ± 0.03	35.42 ± 5.31	11.35 ± 1.17	1.13 ± 0.32	8.32 ± 1.23
*t*值		2.866	4.360	4.714	4.624	5.554	−5.820
*P*值		0.006	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

注：AI为肩峰指数；ATI为肩峰−大结节撞击指数；GI为肩胛盂倾斜度。



注：AI为肩峰指数；ATI为肩峰−大结节撞击指数；GI为肩胛盂倾斜度。

图3　多模态MRI参数诊断肩袖损伤的ROC曲线

表3　多模态MRI参数诊断肩袖损伤的效能

参数	AUC	95%*CI*	最佳截断值	*P*值	灵敏度	特异度
AI	0.731	0.587~0.876	0.69	0.008	0.741	0.786
ATI	0.821	0.712~0.930	0.86	<0.001	0.778	0.714
临界肩角	0.825	0.702~0.949	38.5°	<0.001	0.833	0.714
GI	0.854	0.746~0.963	12.5°	<0.001	0.759	0.929
喙肩韧带厚度	0.911	0.843~0.980	1.62 mm	<0.001	0.778	0.988
肩肱间距	0.901	0.806~0.995	6.92 mm	<0.001	0.889	0.857
联合诊断	0.991	0.973~1.000	–	–	0.981	0.929

注：AI为肩峰指数；ATI为肩峰−大结节撞击指数；GI为肩胛盂倾斜度。

3　讨论

肩袖损伤是一种常见的肩关节退行性疾病，主要发生于肩胛下肌、小圆肌与冈上肌、冈下肌肌腱[7-8]。肩袖损伤具体发病机制尚未完全阐明，认为与退变、外伤、外力撞击等因素有关[9-10]。肩袖损伤评估传统影像学检查方法如超声、X线等，但均存在一定的局限性。因此，选择科学有效的评估肩袖损伤方法具有重要研究价值。

多模态MRI检查具有多序列、多平面的特点，该方法可从不同层面和不同角度对肩袖的病变和结构情况进行观察[11-12]。相比传统影像学检查方法，多模态MRI可更准确地显示肩袖损伤的程度、范围及部位，特别是对一些隐匿性损伤和微小的损伤诊断价值较高[13]。同时，应用多模态MRI检查还可显示肩袖软组织情况，如滑囊、肌腱、肌肉等，能够为肩袖损伤的全面评估提供更多信息[14]。在肩袖损伤治疗过程中，通过多模态MRI检查准确评估治疗效果对治疗方案的调整及预后判断具有重要意义[15]。多模态MRI参数可对肩袖损伤的修复情况进行直观的反映，通过比较治疗前后患者的多模态MRI参数，能够及时发现治疗过程中出现的问题，如肩袖粘连、肩袖再撕裂等，并进行相应的措施处理[16]。此外，多模态MRI参数还能够与患者肩部功能评分和临床症状相结合，从而能够为治疗效果评估提供更客观且全面的依据。本研究表明，多模态MRI检查肩袖损伤诊断准确率为94.44%，灵敏度为87.04%，特异度为71.43%，由此可见多模态MRI检查可提高肩袖损伤诊断的准确性及整体诊断效能。

多模态MRI参数中，临界肩角是重要的肩关节骨性结构指标；喙肩韧带连接肩峰和喙突，具有避免肱骨脱位的作用；肩肱间距为肱骨头与肩峰的距离。本研究表明，肩袖损伤组治疗前AI、ATI、临界肩角、GI和喙肩韧

表4　治疗前与治疗后3个月多模态MRI参数比较

时间	n	AI	ATI	临界肩角(°)	GI(°)	喙肩韧带厚度(mm)	肩肱间距(mm)
治疗前	54	0.72±0.06	0.89±0.04	41.86±4.35	13.21±1.38	1.97±0.54	5.86±1.45
治疗后3个月	54	0.68±0.04	0.85±0.04	36.47±3.98	11.86±1.54	1.21±0.39	7.89±1.64
t值		4.076	5.196	6.718	4.798	8.384	−6.814
P值		<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

注：AI为肩峰指数；ATI为肩峰−大结节撞击指数；GI为肩胛盂倾斜度。

带厚度高于非肩袖损伤组，而肩肱间距低于非肩袖损伤组，由此可见多模态MRI参数对肩袖损伤评估具有重要价值，分析其原因可能是肩袖损伤会引起肩关节稳定性降低，而使临界肩角增加；并且肩袖肌腱的张力随着肩袖撕裂程度增加而减弱，故而随着肩袖撕裂程度增加肩肱间距减小；肩袖撕裂会加剧肩关节内的炎症反应，是导致喙肩韧带厚度增加的主要原因。本研究结果表明，治疗后3个月，AI、ATI、临界肩角、GI和喙肩韧带厚度均低于治疗前，而肩肱间距高于治疗前，由此可见肩袖损伤经关节镜治疗后AI、ATI、临界肩角、GI和喙肩韧带厚度降低，而肩肱间距增加。由此可见多模态MRI参数可对治疗效果进行客观的评估。

综上所述，多模态MRI参数评估肩袖损伤具有良好诊断价值，且可用于评估治疗效果，值得临床借鉴。

4　参考文献

[1] 程峰, 郭健行, 朱杰, 等. 肩关节镜下肩袖修补术联合肩三针治疗肩袖损伤的临床疗效[J]. 中国内镜杂志, 2025, 31(3):64−73. DOI:10.12235/E20240425.

[2] Moosmayer S, Lund G, Selijom US, et al. Fifteen−Year results of a comparative analysis of tendon repair versus physiotherapy for small−to−medium−sized rotator cuff tears: a concise follow−up of previous reports[J]. J Bone Joint Surg Am, 2024, 106(19):1785−1796. DOI:10.2106/JBJS.24.00065.

[3] 鲍童, 王锦溢, 陈阳, 等. 三角肌肌张力与肩袖损伤患者手术预后的相关性研究[J]. 中华骨科杂志, 2025, 45(6):361−367. DOI:10.3760/cma.j.cn121113−20241104−00620.

[4] 潘小文, 高艳, 但倩, 等. MRI诊断肩袖损伤及撕裂程度的临床应用观察[J]. 河北医学, 2024, 30(6):951−955. DOI:10.3969/j.issn.1006−6233.2024.06.014.

[5] 王秀峰, 鄂文秀, 刘晏利. MRI在肩袖损伤诊断及撕裂程度评估中的应用价值[J]. 医学影像学杂志, 2025, 35(6):140−144. DOI:10.20258/j.cnki.1006−9011.2025.06.030.

[6] 路支超, 孙志强, 王新斌, 等. 基于MRI影像学指标及血清学指标构建肩袖损伤修复术后功能转归的列线图模型[J]. 中国CT和MRI杂志, 2024, 22(8):138−141. DOI:10.3969/j.issn.1672−5131.2024.08.046.

[7] Desmeules F, Roy LS, Lafrance S, et al. Rotator cuff tendinopathy diagnosis, nonsurgical medical care, and rehabilitation: a clinical practice guideline[J]. J Orthop Sports Phys Ther, 2025, 55(4):235−274. DOI:10.2519/jospt.2025.13182.

[8] Cho MS, Kim MK, Shin MS, et al. Changes in shoulder function and muscle strength following rehabilitation exercise program in male patients with forward shoulder posture undergoing rotator cuff repair[J]. BMC Musculoskelet Disord, 2024, 25(1):776. DOI:10.1186/s12891−024−07905−0.

[9] 门小茜, 耿悦, 刘雨, 等. 肌骨超声在肩袖损伤诊疗中的应用价值和研究进展[J]. 中华医学杂志, 2025, 105(33):2907−2910. DOI:10.3760/cma.j.cn112137−20250306−00547.

[10] 郭耀斌, 张宇, 吕子萌, 等. 电针关键肌联合Mulligan手法治疗急性肩袖损伤的临床疗效观察[J]. 中华物理医学与康复杂志, 2025, 47(7):642−645. DOI:10.3760/cma.j.cn421666−20241121−00924.

[11] 顾丹红, 万聚亮, 田庆华, 等. 肩袖损伤行MRI间接造影技术对关节内结构异常诊断评估的价值[J]. 中国CT和MRI杂志, 2025, 23(1):162−164. DOI:10.3969/j.issn.1672−5131.2025.01.054.

[12] 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. DOI:10.3969/j.issn.1672−5131.2023.01.052.

[13] 李鑫鑫, 李韧, 吴露露. 肩关节冈上肌出口位与MRI在肩袖损伤诊断中的应用价值对比[J]. 中国CT和MRI杂志, 2024, 22(11):154−156. DOI:10.3969/j.issn.1672−5131.2024.11.049.

[14] 张轩昂. MRI和肌骨超声检查对肩袖损伤临床诊断显效性的对比研究[J]. 国际临床研究杂志, 2024, 8(3):28−31. DOI:10.12208/j.ijcr.20240126.

[15] 潘宏华, 陈俊, 刘磊, 等. 肌骨超声与MRI对肩袖损伤的诊断价值比较[J]. 临床医学研究与实践, 2024, 9(19):105−108. DOI:10.19347/j.cnki.2096−1413.202419026.

[16] 黄群国, 刘启榆, 何瑜, 等. 高场强MRI对肩袖损伤的诊断价值[J]. 中国医学影像学杂志, 2021, 29(8):788−791. DOI:10.3969/j.issn.1005−5185.2021.08.007.

（收稿日期：2025−12−15）

（本文编辑：严玮雯）