

综 述

MRI在肩袖撕裂中的应用研究进展*

1. 甘肃中医药大学

(甘肃 兰州 730000)

2. 甘肃省中医院放射科

(甘肃 兰州 730050)

3. 重庆三峡中心医院放射科

(重庆 404000)

裴琴琴^{1,3} 陈晓飞² 周 晟²

【关键词】磁共振成像; 肩袖撕裂; 诊断; 序列

【中图分类号】R323.4+2

【文献标识码】A

【基金项目】国家自然科学基金(81560213); 重庆市博士后科研项目特别资助(Xm2017181); 川北医学院院校合作科研项目(2016XY01)

DOI: 10.3969/j.issn.1672-5131.2018.06.045

通讯作者: 周 晟

肩袖撕裂是骨科最常见的肌腱疾病,也是导致肩部疼痛和功能障碍最常见的原因,给患者的生活和精神带来巨大影响,因此,及时有效的诊断和治疗至关重要。然而肩袖撕裂不具备典型特征,临床上诊断难度较大。磁共振成像(MRI)具有非侵入性、高分辨率、多维成像等特点,不但能清晰地显示肩关节及其周围软组织,尤其是肩袖的正常解剖学结构,而且能提供肩袖撕裂大小、程度、周围组织累及情况等最详细的信息,也能很好地显示引起肩部疼痛的其它类似病变,更有最新报道还能对肩袖撕裂的肌肉脂肪浸润进行评估,可极大的提高肩袖撕裂诊断准确度,在肩袖撕裂诊断中的应用日益广泛。目前,MRI已成为诊断肩袖撕裂最常用的影像学方法,相关研究也一直是骨科和影像科学者关注的热点和重点,现将其予以综述。

1 MRI技术发展与在肩袖撕裂诊断中的应用

核磁共振成像(magnetic resonance imaging, MRI)技术,是利用射频电磁波对磁场中含自旋不为零的原子核物质进行激发,发生核磁共振并采集共振信号,通过图像重建形成共振图像。从核磁共振现象的发现到MRI技术通过医学临床检测^[1-2],医学影像学领域迎来了重大变革,MRI具有多参数、多序列、高分辨率、多方位成像、无创性和可操作性强等优点。目前,MRI已广泛用于颅脑、心血管、骨骼肌肉等系统疾病诊断,信号敏感性强、病变检出率高、定位准确,已成为一些疾病的首选影像学检查方法。

MRI技术独特的成像优势及肩部MRI正常解剖学特点的详细阐述,为MRI应用于肩袖撕裂诊断奠定了理论基础^[3],一些学者开始尝试将MRI应用于肩袖撕裂的诊断,据我们所知,Kneeland等^[4-5]最早进行了相关研究和报道,结果显示MRI能准确诊断肩袖撕裂。随着研究不断深入,发现MRI能提供肩袖撕裂的部位、大小、累及范围、肌腱回缩、肌肉萎缩和脂肪变性等信息,MRI在肩袖撕裂诊断中的价值逐渐被认同,并成为肩袖撕裂重要的影像学检查方法。

MRI上肩袖部分撕裂和完全撕裂主要表现为形态学和信号异常。部分撕裂:肌腱局部缺损,信号强度局限性增加,T1加权(T1 weighted imaging, T1WI)和质子密度加权(proton density weighted imaging, PDWI)上呈中等信号,T2加权(T2 weighted imaging, T2WI)上呈中等或显著增强信号;完全撕裂:肌腱缺损或不连续伴回缩,正常肌腱低信号强度连续性中断或消失,贯穿全程,T1WI和PDWI信号强度增加,T2WI和FS T2WI上进一步增加^[6-9]。一些袖撕裂可以填充纤维状或肉芽组织在T2WI上呈中低信号强度^[6]。肩峰下和/或三角肌黏液囊积液、滑膜囊周围脂肪带消失、肌肉萎缩等其它征象,能协助肩袖撕裂的诊断^[9]。通过“肩胛占有比”、“切线征”和改进Goutallier分级等能对肩袖撕裂肌肉萎缩和脂肪浸润进行评估^[12-13]。当肩袖撕裂和其它类似肌腱病变不易鉴别时,可结合MRI不同序列的检查结果和MRI上周围软组织表现协助诊断^[14]。

2 MRI序列和技术在肩袖撕裂诊断中的应用

2.1 自旋回波 传统自旋回波(Spin echo, SE)序列,结构简单、信噪比良好,是MRI最经典的序列。SE序列对肩袖撕裂诊断准确度较高,早期多采用SE PDWI和SE T2WI,但采集时间长,有文献显示二者对肩袖部分撕裂显示不佳,SE T1WI采集时间相对较短^[5-6,8]。目前,SE T1WI常被作为临床上诊断肩袖撕裂的主要成像序列之一。但该序列采集时间仍然较长,可能导致图像质量降低,常与其它序列联合应用。

快速自旋回波(fast spin echo, FSE; turbo Spin echo, TSE)序列,采用弛豫增强快速采集成像技术设计^[15],20世纪90年代开始广泛研究和应用,对完全和部分撕裂诊断敏感性和特异性与常规SE相似,但采集时间明显减少,空间分辨率增加,信噪比升高^[8]。FSE序列是目前肩袖撕裂广泛应用的序列之一,尤其是FSE T2WI,常作为SE T1WI的替代。但FSE T2WI序列的缺点在于脂肪组织信号强度增加,不易识别肩袖肌腱轻微撕裂和肩峰下、三角肌下少量滑囊积液^[16]。此外,FSE也常用于双回波加权成像,能同时获取PDWI和T2WI,在对肩袖撕裂的诊断中也应用较多^[6]。

2.2 梯度回波序列 梯度回波序列(Gradient Echo, GRE),通过梯度调整和减少翻转角度明显减少采集时间,成像原理与SE不同,反应的是T2*而非T2弛豫信息。GRE序列采集时间较常规SE明显缩短,在FSE出现前一些学者提议GRE T2*WI作为肩袖肩袖评估的替代方法^[9,17]。关于GRE序列在肩袖撕裂中的应用及其与其它序列对比的报道较少。Tuite等^[18]的研究表明,GRE T2*WI诊断肩袖撕裂敏感性和特异性与常规SE T2WI相似。Pigeau等^[17]的研究则显示

GRE T2*WI敏感性较常规SE T2WI高。Parsa等^[19]的研究结果显示,GRE T2*WI诊断肩袖撕裂敏感性较常规双回波T2WI高。GRE与FSE序列采集时间都较常规SE减少。虽然GRE对肩袖撕裂额敏感度提高,但特异性降低^[20]。目前,临床上GRE在肩袖撕裂的诊断中未被常规应用。

2.3 化学位移脂肪选择饱和技术 化学位移脂肪选择饱和技术,又称频率选择饱和法,是利用水和脂肪的化学位移效应,从而减少可能混淆图像判读的脂肪组织信号^[21],可应用于SE、FSE、GRE等序列。与常规SE序列相比,脂肪抑制SE具有减少化学位移伪影,增加组织对比等优点^[22]。脂肪抑制FSE诊断肩袖撕裂效果和SE与FSE一样或更好,部分撕裂的诊断仍然较低^[7]。脂肪抑制FSE和GRE序列对肩袖完全撕裂的诊断效果相似,两种序列对肩袖部分撕裂诊断敏感度都较低^[23]。目前,脂肪抑制FSE T2WI已作为临床上肩袖撕裂的常用序列之一。但该技术存在一些缺点,如信噪比低,不能应用于低磁场强度扫描等^[24]。

2.4 短反转时间反转恢复技术 短反转时间反转恢复(short TI inversion recovery, STIR)技术,基于脂肪组织短T1特性的脂肪抑制技术,是目前临床上常用脂肪抑制技术之一。STIR在肩袖撕裂中应用的相关报道较少。与化学位移脂肪选择饱和技术相比,STIR技术对磁场强度依赖性低,低场MRI设备能获得较好的脂肪抑制效果,能准确诊断肩袖撕裂^[25]。但STIR图像采集时间较长,信噪比较低,且对脂肪组织的抑制特异性低^[16]。Kijowski等^[16]报道改进的STIR对肩袖撕裂的诊断与脂肪抑制FSE T2WI类

似,并建议当化学位移脂肪选择饱和技术未提供理想的肩袖撕裂信息时,改进的STIR序列可作为备选方法。

2.5 扩散加权成像 扩散加权成像(diffusion-weighted imaging, DWI),提供组织中水分子运动信息,采集的图像反映组织和细胞结构,与TIWI、T2WI和PDWI不同^[26]。表观扩散系数(ADC),主要反映水分子扩散运动的速度和范围,其值可定量计算水分子运动信息。使用不同的扩散敏感系数(b值)计算表观扩散系数(ADC),显示为ADC图,定量计算水分子运动信息^[27]。DWI临床上的应用最初主要局限于神经系统,随着MRI技术的进步,已逐渐扩展到全身疾病诊断,具有早期诊断疾病及提高病变检出率等优点^[28]。而DWI是否对肩袖撕裂的诊断具有价值尚不清楚,相关研究较少。最近,一项前瞻性研究显示,DWI诊断肩袖部分撕裂较常规脂肪抑制T2WI敏感度高,同时保持较高的特异性,还能通过ADC值为完全和部分撕裂的区分提供额外信息,并且,DWI和ADC值获取简单、耗时短、无需额外费用,临床实用性较强^[29]。可见,DWI可能在肩袖撕裂的诊断中具有很大潜能,有待进一步研究。

2.6 Dixon技术 Dixon技术,利用同相位和反向位成像,实现水和脂肪分离成像的一种技术,由Dixon1984首次报道,可采用SE、FSE或扰相GRE序列^[30]。有研究报道了Dixon在机体肌肉脂肪浸润评估中具有优势^[31],最近,Dixon技术在肩袖撕裂肌肉脂肪浸润评估中的应用受到越来越多的关注,成为研究的热点。Nardo等^[32]的研究结果显示,Dixon技术定量评估肩袖撕裂肌肉脂肪浸润评估具有较高的准确性

和可重复性。Nozaki等^[33-34]的研究表明, Dixon技术对肩袖撕裂肌肉浸润术前和术后评估都有效。Horiuchi等^[35]将该技术和基于MRI的Goutallier分类脂肪定性评估相比, 结果显示Dixon技术对肩袖撕裂脂肪浸润定量评估更客观, 可重复性更强。由此可见, Dixon技术能对肩袖撕裂肌肉脂肪浸润进行定量评估, 从本质上区别于传统的定性评估方法, 可能在肩袖撕裂的脂肪浸润评估中具有重大的临床价值, 相关研究有待深入。

2.7 T2 mapping技术 T2 mapping, 一种定量分析组织成分改变的MRI新技术, 多采用多回波自旋回波序列, 工作站处理后形成彩图, 测量组织的T2值^[36]。一些研究显示, T2 mapping对疾病的诊断和疗效评估估计与常规MRI相比, 更敏感, 能发现常规MRI显示无异常的炎症、脂肪浸润等病理改变^[37-38]。目前, 关于T2 mapping技术的研究大多集中在在关节软骨中, 应用于肩袖撕裂的相关报道较少, Matsuki等^[39]的研究发现, 与Goutallier分类脂肪定性评估相比, T2值可靠性更高。因此, T2 mapping在肩袖撕裂的脂肪浸润评估中的价值有待进一步研究。

MRI成像以其独特优势已广泛应用于肩袖撕裂。MRI技术不断发展, 新技术层出不穷。最近DWI、Dixon、T2mapping等技术在肩袖撕裂诊断中的应用成为学者们研究的热点, 初步研究结果显示, 这些技术可能提高肩袖部分撕裂诊断准确性、建立新的MRI肩袖撕裂脂肪浸润分级系统。我们相信, 随着临床工作者对MRI技术和肩袖撕裂认识的不断深入, 以及进一步大样本、前瞻性研究, 尤其是关于最优序列或序列组合及

新技术的研究, MRI技术能更好地应用于肩袖撕裂, 为肩袖撕裂治疗策略制定和术后预后估计提供更客观、更有价值的参考信息。

参考文献

- [1] Darbeau RW. Nuclear magnetic resonance spectroscopy: A review and a look at its use as a probative tool in deamination chemistry[J]. Appl Spectrosc Rev, 2006, 41 (4): 401-425.
- [2] Feng X, Xie G, He S, et al. A robust algorithm for high-resolution dynamic MRI based on the partially separable functions model[J]. Magn Reson Imaging, 2012, 30 (5): 620-626.
- [3] Huber OJ, Sauter R, Mueller E, Requardt H, et al. MR imaging of the normal shoulder[J]. Radiology, 1986, 158 (2): 405-408.
- [4] Kneeland JB, Carrera GF, Middleton WO, et al. Rotator cuff tears: preliminary application of high-resolution MR imaging with counter rotating current loop-gap resonators[J]. Radiology, 1986, 160 (3): 695-699.
- [5] Kneeland JB, Middleton WO, Carrera GF, et al. MR imaging of the shoulder: diagnosis of rotator cuff tears[J]. AJR Am J Roentgenol, 1987, 149 (2): 333-337.
- [6] Rafii M, Firooznia H, Sherman O, et al. Rotator cuff lesions: signal patterns at MR imaging[J]. Radiology, 1990, 177 (3): 817-823.
- [7] Reinus WR, Shady KL, Mirowitz SA, Totty WG, MR diagnosis of rotator cuff tears of the shoulder: value of using T2-weighted fat-saturated images[J]. AJR Am J Roentgenol, 1995, 164 (6): 1451-1455.
- [8] Zlatkin MB, Iannotti JP, Roberts MC, et al. Rotator cuff tears: diagnostic performance of MR imaging[J]. Radiology, 1989, 172 (1): 223-229.
- [9] 刘彪. 肩关节MRI在肩袖损伤诊断中的应用分析[J]. 中国CT和MRI杂志, 2016, 14 (12): 124-126.
- [10] 金志发, 龙晚生, 罗学毛, 等. 肩袖损伤的MRI诊断研究[J]. 中国CT和MRI杂志, 2016, 14 (12): 98-100.
- [11] Kaplan PA, Bryans KC, Davick JP, et al. Dussault RG, MR imaging of the normal shoulder: variants and pitfalls[J]. Radiology, 1992, 184 (2): 519-524.
- [12] Zanetti M, Gerber C, Hodler J. Quantitative assessment of the muscles of the rotator cuff with magnetic resonance imaging[J]. Invest Radiol, 1998, 33 (3): 163-170.
- [13] Fuchs B, Weishaupt D, Zanetti M, et al. Fatty degeneration of the muscles of the rotator cuff: Assessment by computed tomography versus magnetic resonance imaging[J]. J Shoulder Elbow Surg, 1999, 8 (6): 599-605.
- [14] Yeu K, Jiang CC, Shih TT. Correlation between MRI and operative findings of the rotator cuff tear[J]. J Formos Med Assoc, 1994, 93 (2): 134-139.
- [15] Hennig I, Nauerth A, Friedburg H. RARE imaging: a fast imaging method for clinical MR[J]. Magn Reson Med, 1986, 3 (6): 823-833.
- [16] Kijowski R, Farber JM, Medina J, et al. Comparison of fat-suppressed T2-weighted fast spin-echo sequence and modified STIR sequence in the evaluation of the rotator cuff tendon[J]. AJR, 2005, 185 (2): 371-378.
- [17] Pigeau I, Doursounian L, Maigne JY. Rotator cuff pathology: gradient-echo MR imaging comparison with arthrography and surgery (abstr)[J]. Radiology, 1989, 173 (P): 27.
- [18] Thite MJ, Yandow DR, DeSmet AA, et al. Diagnosis of partial and complete rotator cuff tears using combined gradient echo and spin echo imaging[J]. Skeletal Radiol, 1994, 23 (7): 541-545.
- [17] Parsa M, Tuite M, Norris M, et al. MR imaging of rotator cuff tendon tears: comparison of T2*-weighted gradient-echo and conventional dual-echo sequences[J]. AJR 1997, 168 (6): 1519-1524.
- [20] Kumagai H, Ito H, Kubo A. Comparison between T2*- and T2-weighted images in diagnosing

- rotator cuff tears[J]. Nippon Igaku Hoshasen Gakkai Zasshi 1995, 55(3): 133-137.
- [21] Mirowitz SA. Normal rotator cuff: MR imaging with conventional and fat suppression techniques[J]. Radiology, 1991, 180(3): 735-740.
- [22] Singson RD, Hoang T, Dan S, et al. MR evaluation of rotator cuff pathology using T2-weighted fast spin-echo technique with and without fat suppression[J]. AJR Am J Roentgenol, 1996, 166(5): 1061-1065.
- [23] Sahin-Akyar G, Miller TT, Staron RB, et al. Gradient-echo versus fat-suppressed fast spin-echo MR imaging of rotator cuff tears[J]. AJR Am J Roentgenol, 1998, 171(1): 223-227.
- [24] Brateman L. Chemical shift imaging: a review[J]. AJR Am J Roentgenol, 1986, 146(5): 971-980.
- [25] Shellock FG, Bert JM, Fritts HM, et al. Evaluation of the rotator cuff and glenoid labrum using a 0.2-Tesla extremity magnetic resonance (MR) system: MR results compared to surgical findings[J]. J Magn Reson Imaging, 2001, 14(6): 763-770.
- [26] Bammer R. Basic principles of diffusion-weighted imaging[J]. Eur J Radiol, 2003, 45(3): 169-184.
- [27] Thoeny HC, De Keyser F, Boesch C, et al. Diffusion-weighted imaging of the parotid gland: influence of the choice of b-values on the apparent diffusion coefficient value[J]. J Magn Reson Imaging, 2004, 20(5): 786-790.
- [28] Dietrich O, Raya G, Sommer J, et al. A comparative evaluation of a RARE-based single-shot pulse sequence for diffusion-weighted MRI of musculoskeletal soft-tissue tumors[J]. Eur Radiol, 2005, 15(14): 772-783.
- [29] Lo HC, Hung ST, Kuo DP, et al. Quantitative diffusion-weighted magnetic resonance imaging for the diagnosis of partial-thickness rotator cuff tears[J]. J Shoulder Elbow Surg, 2016, 25(9): 1433-1441.
- [30] Dixon WT. Simple proton spectroscopic imaging[J]. Radiology, 1984, 153(1): 189-194.
- [31] Fischer MA, Pfirrmann CW, Espinosa N, et al. Dixon-based MRI for assessment of muscle-fat content in phantoms, healthy volunteers and patients with achillodynia: comparison to visual assessment of calf muscle quality[J]. Eur Radiol, 2014, 24(6): 1366-1375.
- [32] Nardo L, Karampinos DC, Lansdown DA, et al. Quantitative assessment of fat infiltration in the rotator cuff muscles using water-fat MRI. J Magn Reson Imaging, 2014, 39(5): 1178-1185.
- [33] Nozaki T, Tasaki A, Horiuchi S, et al. Predicting retear after repair of full-thickness rotator cuff tear: two-point Dixon MR imaging quantification of fatty muscle degeneration-initial experience with 1-year follow-up[J]. Radiology, 2016, 280(2): 500-509.
- [34] Nozaki T, Tasaki A, Horiuchi S, et al. Quantification of fatty degeneration within the supraspinatus muscle by using a 2-point Dixon method on 3-T MRI[J]. AJR Am J Roentgenol, 2015, 205(1): 116-122.
- [35] Horiuchi S, Nozaki T, Tasaki A, et al. Reliability of MR Quantification of Rotator Cuff Muscle Fatty Degeneration Using a 2-point Dixon Technique in Comparison with the Goutallier Classification: Validation Study by Multiple Readers[J]. Acad Radiol, 2017, 24(11): 1343-1351.
- [36] Yan D, Zhang J, Liang W, et al. Magnetic resonance imaging and histopathological analysis of experimental muscle injuries in a rabbit[J]. Biomed Environ Sci, 2013, 26(10): 841-848.
- [37] Kim HK, Laor T, Horn PS, et al. Quantitative assessment of the T2 relaxation time of the gluteus muscles in children with Duchenne muscular dystrophy: a comparative study before and after steroid treatment[J]. Korean J Radiol, 2010, 11(3): 304-311.
- [38] Matsuki K, Watanabe A, Ochiai S, et al. Quantitative evaluation of fatty degeneration of the supraspinatus and infraspinatus muscles using T2 mapping[J]. J Shoulder Elbow Surg, 2014, 23(5): 636-641.
- [39] Bining HJ, Santos R, Andrews G, et al. Can T2 relaxation values and color maps be used to detect chondral damage utilizing subchondral bone marrow edema as a marker[J]. Skeletal Radiol, 2009, 38(5): 459-465.

(本文编辑: 刘龙平)

【收稿日期】2018-01-26