

·综述·

中轴型脊柱关节炎 MRI 诊断新进展

刘君玲 温生宝 李文方

青海大学附属医院影像中心, 西宁 810000

通信作者: 李文方, Email: qhiwf123@sina.com

【摘要】 中轴型脊柱关节炎是威胁人类健康及生活质量的常见疾病, 以往常因难于早期诊断而延误治疗以致患者脊柱、关节的不可逆性损害。当出现明显临床表现及阳性实验室指标和影像学表现时, 病情已发展为晚期且出现不可逆的软骨结构性改变, 此时已失去了最佳治疗时间。随着 MRI 及其各类新技术的发展, 其不仅能精确检出早期脊柱关节炎, 还能对病情进行定量分析。笔者就 MRI 新技术在早期脊柱关节炎诊断中的应用价值予以综述。

【关键词】 磁共振成像; 早期诊断; 中轴型脊柱关节炎; 定量分析; 弛豫时间图成像

基金项目: 青海省科技厅科技计划项目(2017-SF-158)

DOI: [10.3760/cma.j.cn121381-201903030-00046](https://doi.org/10.3760/cma.j.cn121381-201903030-00046)

New progress in the MRI diagnosis of axial spondyloarthritis

Liu Junling, Wen Shengbao, Li Wenfang

Image Center, Affiliated Hospital of Qinghai University, Xining 810000, China

Corresponding author: Li Wenfang, Email: qhiwf123@sina.com

【Abstract】 Axial spondyloarthritis is a common disease that threatens human health and quality of life. In the past, the treatment of axial spondyloarthritis was delayed due to the difficulty of early diagnosis, resulting in irreversible damage to the spine and joints. However, with the development and application of MRI and its new technologies in recent years, especially relaxation time map imaging, not only can early spondyloarthritis be accurately detected but its quantitative analysis can also be achieved. This article introduces the value of relaxation time map imaging in the diagnosis of early spondyloarthritis.

【Key words】 Magnetic resonance imaging; Early diagnosis; Axial spondyloarthritis; Quantitative analysis; Relaxation time map imaging

Fund program: Science and Technology Planning Project of Qinghai Province Science and Technology Department (2017-SF-158)

DOI: [10.3760/cma.j.cn121381-201903030-00046](https://doi.org/10.3760/cma.j.cn121381-201903030-00046)

脊柱关节炎(spondyloarthritis, SpA)既往因患者血液中性风湿因子呈阴性也称为血清阴性脊柱关节炎, 该病是一组具有相同的遗传及免疫学背景、相似的临床特征, 并与人类白细胞抗原 B27 强相关的慢性炎性疾病。其中以强直性脊柱炎(ankylosing spondylitis, AS)最为典型, 其他亚型还包括反应性关节炎、银屑病关节炎、炎性肠病关节炎、幼年 SpA 和未分化 SpA。除幼年 SpA 以外周关节炎为首发症状外^[1], 其他亚型 SpA 多以中轴关节炎为首发症状。反应性关节炎又称瑞特综合征, 主要表

现为尿道炎、宫颈炎或腹泻后的髌关节炎^[2]; 银屑病关节炎为在银屑病皮疹患者中发生的中轴或外周关节炎^[3]; 炎性肠病关节炎是与肠道炎性疾病相关的 SpA, 可表现为外周寡关节炎、中轴关节炎和附着点炎^[4]; 未分化 SpA 是一组症状谱和临床相的命名, 其表现多样且不典型^[5]。

SpA 的炎性标志物主要包括 C 反应蛋白、血沉及血小板等; 血中免疫球蛋白以免疫球蛋白 A 为主; 血清碱性磷酸酶水平升高常提示病变广泛或有骨骼侵蚀出现, 但并不代表病情活动; 类风

湿因子和抗核抗体为阴性。目前较为公认的 SpA 的易感基因为人类白细胞抗原 B27^[6]；另有研究发现内质网氨肽酶^[7]、噬细胞集落刺激因子^[8]、白细胞介素 6 和 TNF- α ^[9] 也与 SpA 相关。

2009 年国际脊柱关节炎协会 (Assessment of Spondylo Arthritis International Society, ASAS) 将 SpA 分为中轴型脊柱关节炎(axial spondyloarthritis, axSpA)和外周型 SpA^[10-11]。但两者之间多存在重叠,有研究报道 axSpA 患者在病程中也可出现外周型 SpA 的症状^[12]。axSpA 主要是中轴关节受侵,可表现为附着点炎、趾炎、银屑病、葡萄膜炎、炎症肠病和心脏受累等^[13]。广义的中轴关节是指自颈椎至骨盆、髋部的大小关节;狭义的中轴关节仅包括颈椎、胸椎、腰椎和骶髋关节。axSpA 包括 AS 及放射学阴性中轴型脊柱关节炎(non-radiographic axial spondyloarthropathy, nr-axSpA)。此分类方法主要是弥补 1984 年纽约标准^[14]中对 AS 的定义,该标准中 AS 的确诊依据必须有 X 射线骶髋关节炎的证据,显然漏诊了那些还未出现关节骨质结构改变的早期 AS 患者,因为 X 射线只能识别晚期已出现关节结构改变者。将早期还未出现 X 射线阳性征象的 AS 定义为阴性只是因其 X 射线检查结果未出现关节破坏,这并不代表不存在关节炎。

AS 主要指发展为骶髋关节或脊柱结构性损伤并在 X 射线或 CT 等影像上有明确表现的患者。Nr-axSpA 指诊断符合 2009 年 ASAS 对 axSpA 的分类标准^[10],但不满足 1984 年修订的纽约标准^[14]的患者。其中,纽约标准中 AS 的确诊需符合 X 射线影像学标准及 1 项以上的临床标准,X 射线影像学标准为双侧 \geq II 级骶髋关节炎,单侧 \geq III~IV 级骶髋关节炎(0 级为正常; I 级为可疑; II 级为轻度异常,可见局限性侵蚀、硬化,但关节间隙正常; III 级为明显异常,在 II 级基础上出现关节间隙增宽或狭窄; IV 级为关节完全强直^[15]); ASAS 标准中确诊 AS 需满足的影像学标准为 MRI 上表现为急性(活动性)骶髋关节炎。故 nr-axSpA 定义为在 X 射线上骶髋关节无明显异常,但在 MRI 上有骨髓水肿、骨炎、滑膜炎等急性骶髋关节炎的表现^[16-17]。Nr-axSpA 的提出主要是为了在放射学结构改变出现之前早期及时检出骶髋关节炎。目前,对 nr-axSpA 与放射学阳性的早期 AS 的关系存在较大争议,有研究者将早期 AS 归类为 nr-axSpA^[18],因为两者在

临床表现、人类白细胞抗原 B27 阳性率及 X 射线阴性表现等方面相似,同时对 TNF- α 抑制剂的疗效相近。但对此也有研究者认为 nr-axSpA 并不全是早期 AS,因为其预后复杂,仅有一部分 nr-axSpA 患者后期可发展为 AS^[19]。早期 AS 病变主要发生在骶髋关节,尤其是骶髋关节下 1/3 处,临床表现并不明显,部分患者可出现厌食、疲倦和低热等非特异性全身表现,这些症状在幼年患者中更为明显^[20]。AS 常见的早期症状为交替性臀部疼痛,以一侧臀部或髋部疼痛为主,疼痛反复且双侧交替。X 射线及 CT 检查对早期 AS 的检出并不灵敏,虽能较好地显示骨骼结构的改变,但对骨髓水肿和滑膜病变等显示不佳。因此,早期 AS 的影像诊断主要采用 MRI,骨髓水肿合并骨侵蚀可作为 AS 早期诊断的 MRI 特异性表现。

1 影像学特征

1984 年修订的纽约标准通过 CT 表现将骶髋关节炎进行分级,因为 CT 能较好地显示 SpA 的微小病变,并能监测到病变骨质的进展情况^[14,20]。但该诊断标准是基于骶髋关节间隙改变或疑似改变开始分级的,对于骶髋关节间隙改变及骨质破坏之前的病变,如骨髓水肿、滑膜炎及血管翳等的监测并不灵敏,故易漏诊早期病例。相较于 CT, MRI 能反映病变炎症的本身情况,因此 2009 年 ASAS 将 MRI 检查引入诊断标准^[10]。近几年兴起的几种 MRI 新技术不仅能通过特定的参数值早期检出病变,并且可对病情进行定量分析。其中应用较为成熟的技术包括弛豫时间图成像、弥散加权成像(diffusion weighted imaging, DWI)及动态对比增强成像等。

2 弛豫时间图成像

2.1 弛豫时间图成像的基础

骶髋关节双侧骶骨面附有透明软骨,软骨由细胞外基质和软骨细胞组成,软骨基质由外胚层水、蛋白多糖、胶原蛋白及特殊蛋白质组成,其中水占 66%~78%,且水在软骨中的分布不均匀,在关节表面的含量最高。蛋白多糖是由具有碳水化合物侧链的高相对分子质量的蛋白质组成,可产生大量的带电分子吸引水分,因此,蛋白多糖是直接导致软骨含水量高的原因。T2 mapping 和 T2* mapping

技术主要用于骨与软骨病变的检测,其成像基础即为监测组织内水分子的微小变化。

AS病变在常规MRI压脂像上表现为骨髓水肿,即呈高信号影,在T2 mapping和T2* mapping伪彩图上严重骨髓水肿区域表现为红色,炎症较轻区域表现为黄色或浅黄色,正常区域则表现为蓝色^[21]。AS患者骶髂关节面下骨髓的T2及T2*值较正常区域明显增高^[11],但T2*值始终低于相对应的T2值^[22]。

2.2 T2 mapping

T2弛豫时间,即自旋-自旋弛豫时间,与横向磁化衰减速率有关,由前射频脉冲造成的相位相干性损失引起,主要反映自由水分子在软骨基质内移动和交换能量的能力,同时也能反映水分子与胶原纤维的相互作用。在软骨组织中T2值主要取决于细胞外基质的水和胶原蛋白含量以及胶原纤维的排列取向。根据T2值的取值范围可生成与之相对应的伪彩图,通过色阶更直观地表现病灶的炎症程度。

SpA中以AS为例,其骶髂关节病变可导致单核细胞和淋巴细胞炎性渗出增多,水含量增高,故引起T2值的改变。甄涛^[23]对AS患者和单纯慢性腰背痛患者进行T2 mapping序列检查,结果发现早期AS患者的T2值即可出现相应变化,因此可对早期AS患者与慢性腰背痛患者进行鉴别。姚晓龙等^[24]对AS患者及健康体检者的研究结果发现,AS患者组骶髂关节面下骨髓T2值明显升高,同时,89%的患者在常规压脂像上未见明显异常病变,但在T2 mapping伪彩图上发现了骨髓水肿区,因此提出T2 mapping技术在检出AS早期病变中有独特价值。此外,朱启航等^[25]对依那西普治疗的AS患者进行治疗前后的T2 mapping扫描,结果发现治疗后AS患者的T2值明显低于治疗前,证实了T2 mapping技术可以作为评估AS疗效及预后的指标。

不同序列下获得的T2 mapping的T2值各不相同^[26],这些不同可能与每个序列对系统缺陷的不同灵敏度及不同的拟合方法有关,但无论在何种序列下获得T2值,其结论是一致的,即当骨关节软骨病变时,相应区域的T2值将不同程度增高。但也有研究者发现,当软骨病损严重时,T2值会再次下降,并认为T2值可能不太适合更晚期的疾病阶段^[23]。姚晓龙等^[24]对36例AS患者的研究结果显

示,有5例患者的骶髂关节在伪彩图上出现病变征象,但测得的T2值未显示异常。与其他弛豫时间图成像相比,T2 mapping最大的优点是对磁场的局部不均匀性不敏感,即使患者存在术后金属碎片也不影响成像。但其也有一定的局限性,T2 mapping大多使用二维多层自旋回波采集获取T2值,这种二维模式无法对数据进行重建获取三维图像。

2.3 T2* mapping

T2* mapping是类似于T2 mapping的技术,采用的是多回波梯度回波序列,由于不受自旋回波序列180°重聚焦脉冲对失相位的影响,因此T2*值不仅能反映组织中相邻质子间的自旋-自旋弛豫时间,同时还能反映由磁场不均匀性导致的相位偏移所产生的横向弛豫时间^[27]。T2* mapping最大的优势是成像时间更短,三维成像的可能性更大,因此可能具有更高的空间分辨率,这些优势在关节薄且呈球型的软骨表面极为重要。刘玉涛等^[21]研究发现,T2* mapping有助于AS患者骶髂关节炎的定量分析。还有学者提出,T2* mapping可与超短回波序列联合使用,评估深层软骨钙化层^[26]。但此类研究在骶髂关节中尚未见报道。

T2* mapping序列也存在一定的局限性,如对易感性伪影和魔角效应的敏感性高,在这方面,T2 mapping技术优于T2* mapping技术。

3 MRI DWI

DWI最显著的特点是可以无创性地观察活体组织中水分子的弥散特性,从而提供各组织的空间结构信息。其中,水分子的弥散程度用弥散敏感梯度(b值)及表观弥散系数(apparent diffusion coefficient, ADC)来表示。该技术主要通过检测病变区域的ADC来量化诊断早期病变的程度及其活动性。AS患者病变区炎性因子浸润,扩散加强,在DWI上表现为明显高信号,其ADC增高^[28-29]。牛富业等^[30]的相关研究结果发现,ADC与Bath强直性脊柱炎疾病活动性指数(BASDAI)评分、加拿大脊柱关节炎研究协会(SPARCC)评分呈正相关,故认为DWI可作为评价SpA疾病活动性的可靠指标。孔龙等^[29]和郑泽文^[31]的研究也得出了相同结论。

尽管DWI技术在肿瘤鉴别诊断方面具有较大价值,也能较为简洁方便地量化分析SpA早期病变,但其仍具有一定的局限性,其局限性主要来

自 b 值的不确定性: b 值越高, 对水分子运动就越敏感, 对病变的检出率也就越高, 但图像的噪声会增加, 分辨率得不到保证; b 值较低时, ADC 将同时受灌注和扩散的影响, 此时对组织扩散情况的反应将失真。目前对于 b 值的取值范围仍缺乏一定的标准^[32]。李贝贝等^[32]的研究结果发现, 当取不同的 b 值时, 测得的 ADC 具有明显差异。

4 动态增强对比 (dynamic contrast enhance, DCE) -MRI

DCE-MRI 主要是通过静脉团注水溶性对比剂后缩短 T1 弛豫时间, 迅速获取 T1 加权图像, 对比剂从血管进入病变组织后, 病灶呈现不同的强化形式, 以此评价组织微循环及血流的灌注状态, 从而达到对病灶的半定量及定量诊断。DCE-MRI 主要用于各类肿瘤的诊断。DCE-MRI 序列半定量诊断主要是对病变 ROI 绘制出时间-信号强度曲线, 并计算出增强因子(Fenh)及增强斜率(Senh), 从而定量检测 SpA 患者的活动性及病变程度。李筱倩等^[33]的研究结果发现, 早期 AS 患者病变区 ADC 与 Fenh 之间呈高度正相关, DWI 和 DCE-MRI 对早期 SpA 病变的骨髓改变显示较为灵敏。

DCE-DWI 序列的定量诊断主要是通过 Tofts 模型提出的 3 个定量参数, 即 K^{trans} (转运常数)、 V_e (每单位体积组织中血管外细胞外间隙的容积分数) 和 K_{ep} (速率常数) 来定量监测 SpA 病变的活动性。初广宇等^[34]比较了 AS 患者中活动组与静止组的 K^{trans} 、 K_{ep} 、 V_e 及各项指标与 Bath 强直性脊柱炎疾病活动性指数 (BASDAI) 评分的相关性, 结果发现两组患者各参数之间的差异有统计学意义, 证实 DCE-MRI 定量参数能够评价 SpA 的活动性。

AS 患者在炎症活动期出现骨髓水肿, 时间-信号强度曲线主要表现为 II 型及 III 型, 其中以 II 型 (快速上升平台型) 为主, 即早期速升, 中后期强化程度保持恒定或稍有增加, 晚期强化程度缓慢增加; III 型为持续快速上升型。正常者其时间-信号强度曲线表现为 I 型, 即速升缓降型, 曲线上升到最大强度后再缓慢下降^[29]。AS 患者病变区 K^{trans} 、 K_{ep} 、 V_e 增高, 并与 Bath 强直性脊柱炎疾病活动性指数 (BASDAI) 评分呈正相关^[28]。

但因 DCE-MRI 需要注射对比剂, 限制了其在临床的广泛应用。目前 DCE-MRI 多应用于肝脏、

泌尿系统及颅内等肿瘤的定量诊断, 较少用于骨关节方面疾病的诊断。

5 小结

SpA 病变进展可导致脊柱关节结构及功能障碍, 甚至可致残疾, 临床治疗只能延缓病情进展及改善症状。而早期发现并对症治疗可防止脊柱和关节结构及功能的改变, 同时对早期炎症的定量诊断可指导临床精准治疗, 因此, SpA 的早期检出及定量分析极为重要。但 MRI 同时也存在一定的局限性: 一方面, MRI 对病变的分期有赖于影像诊断医师的诊断水平, 具有明显的主观性; 另一方面, 常规 MRI 对脊柱关节的炎症程度并不十分灵敏, 在新标准验证实验中, MRI 对 SpA 患者活动性骶髂关节炎的检出率仅为 72.4%^[11]。相较于常规 MRI, DWI、DCE-MRI 及弛豫时间图成像等功能 MRI 不仅可以灵敏地检出 SpA 病变, 还能对病变进行分期及定量分析。

利益冲突 本研究由署名作者按以下贡献声明独立开展, 不涉及任何利益冲突。

作者贡献声明 刘君玲负责文献的查询、论文的撰写; 温生宝负责论文的审阅及校对; 李文方负责论文的修改。

参 考 文 献

- [1] Adrovic A, Barut K, Sahin S, et al. Juvenile spondyloarthropathies[J]. *Curr Rheumatol Rep*, 2016, 18(8): 55. DOI: 10.1007/s11926-016-0603-y.
- [2] Schmitt SK. Reactive arthritis[J]. *Infect Dis Clin North Am*, 2017, 31(2): 265-277. DOI: 10.1016/j.idc.2017.01.002.
- [3] 蔡晓蕊, 杨舒萍, 沈浩霖, 等. 高频超声对银屑病关节炎的诊断价值[J]. *中国医学影像学杂志*, 2019, 27(11): 843-846. DOI: 10.3969/j.issn.1005-5185.2019.11.011.
- Cai XH, Yang SP, Shen HL, et al. Diagnostic efficacy of high-frequency ultrasound in psoriatic arthritis[J]. *Chin J Med Imaging*, 2019, 27(11): 843-846. DOI: 10.3969/j.issn.1005-5185.2019.11.011.
- [4] Fragoulis GE, Liava C, Daoussis D, et al. Inflammatory bowel diseases and spondyloarthropathies: from pathogenesis to treatment[J]. *World J Gastroenterol*, 2019, 25(18): 2162-2176. DOI: 10.3748/wjg.v25.i18.2162.
- [5] Hitchon CA, Peschken CA, Shaikh S, et al. Early undifferentiated arthritis[J]. *Rheum Dis Clin North Am*, 2005, 31(4): 605-626. DOI: 10.1016/j.rdc.2005.07.006.
- [6] 谭希, 徐永跃, 邱冬妮, 等. 强直性脊柱炎动物模型归类及其机

- 制研究与进展[J]. *中国组织工程研究*, 2017, 21(11): 1783-1789. DOI:10.3969/j.issn.2095-4344.2017.11.025.
- Tan X, Xu YY, Qiu DN, et al. Research progress of classification and pathogenesis in ankylosing spondylitis animal models[J]. *Chin J Tissue Eng Res*, 2017, 21(11): 1783-1789. DOI: 10.3969/j.issn.2095-4344.2017.11.025.
- [7] Zhang Z, Ciccia F, Zeng F, et al. Functional interaction of endoplasmic reticulum aminopeptidase 2 and HLA-B27 activates the unfolded protein response[J]. *Arthritis Rheumatol*, 2017, 69(5): 1009-1015. DOI: 10.1002/art.40033.
- [8] Yang PT, Xiao WG, Qin L, et al. A pilot study on changes of macrophage colony stimulating factor and transforming growth factor beta1 in male patients with ankylosing spondylitis taking thalidomide[J]. *Ann Rheum Dis*, 2010, 69(4): 781-782. DOI: 10.1136/ard.2009.114397.
- [9] 石向慧, 纪禄风, 陈蓓蓓, 等. 白细胞介素-6在强直性脊柱炎诊治中的研究现状[J]. *风湿病与关节炎*, 2017, 6(4): 65-69. DOI: 10.3969/j.issn.2095-4174.2017.04.017.
- Shi XH, Ji LF, Chen BB, et al. Research status of interleukin-6 in the diagnosis and treatment of ankylosing spondylitis[J]. *Rheum Arthritis*, 2017, 6(4): 65-69. DOI: 10.3969/j.issn.2095-4174.2017.04.017.
- [10] Rudwaleit M, Landewé R, van der Heijde D, et al. The development of assessment of spondyloarthritis international society classification criteria for axial spondyloarthritis (part I): classification of paper patients by expert opinion including uncertainty appraisal[J]. *Ann Rheum Dis*, 2009, 68(6): 770-776. DOI: 10.1136/ard.2009.108217.
- [11] Rudwaleit M, van der Heijde D, Landewé R, et al. The development of assessment of spondyloarthritis international society classification criteria for axial spondyloarthritis (part II): validation and final selection[J]. *Ann Rheum Dis*, 2009, 68(6): 777-783. DOI: 10.1136/ard.2009.108233.
- [12] Zeng QY. Ankylosing spondylitis in Shantou, China: 15 years' clinical experience[J]. *J Rheumatol*, 2003, 30(8): 1816-1821.
- [13] Prajzlerová K, Grobelná K, Pavelka K, et al. An update on biomarkers in axial spondyloarthritis[J]. *Autoimmun Rev*, 2016, 15(6): 501-509. DOI: 10.1016/j.autrev.2016.02.002.
- [14] Van der Linden S, Valkenburg HA, Cats A. Evaluation of diagnostic criteria for ankylosing spondylitis. A proposal for modification of the New York criteria[J]. *Arthritis Rheum*, 1984, 27(4): 361-368. DOI: 10.1002/art.1780270401.
- [15] Sieper J, Rudwaleit M, Baraliakos X, et al. The Assessment of Spondyloarthritis international Society (ASAS) handbook: a guide to assess spondyloarthritis[J]. *Ann Rheum Dis*, 2009, 68(Suppl II): Sii1-ii44. DOI: 10.1136/ard.2008.104018.
- [16] Braga MV, de Oliveira SC, Vasconcelos AHC, et al. Prevalence of sacroiliitis and acute and structural changes on MRI in patients with psoriatic arthritis[J/OL]. *Sci Rep*, 2020, 10(1): 11580[2019-03-12]. <https://www.nature.com/articles/s41598-020-68456-7>. DOI: 10.1038/s41598-020-68456-7.
- [17] Levine DS, Forbat SM, Saifuddin A. MRI of the axial skeletal manifestations of ankylosing spondylitis[J]. *Clin Radiol*, 2004, 59(5): 400-413. DOI: 10.1016/j.crad.2003.11.011.
- [18] Rumyantseva DG, Dubinina TV, Demina AB, et al. Ankylosing spondylitis and non-radiographic axial spondyloarthritis: two stages of disease?[J]. *Ter Arkh*, 2017, 89(5): 33-37. DOI: 10.17116/terarkh201789533-37.
- [19] 肖征宇, 曾庆徐. 对强直性脊柱炎和脊柱关节炎的认识[J]. *中华风湿病学杂志*, 2013, 17(5): 289-291. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1007-7480.2013.05.001.
- Xiao ZY, Zeng QY. Understanding of ankylosing spondylitis and spondyloarthritis[J]. *Chin J Rheumatol*, 2013, 17(5): 289-291. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1007-7480.2013.05.001.
- [20] Lee YH, Hong YS, Park W, et al. Value of multidetector computed tomography for the radiologic grading of sacroiliitis in ankylosing spondylitis[J]. *Rheumatol Int*, 2013, 33(4): 1005-1011. DOI: 10.1007/s00296-012-2450-0.
- [21] 刘玉涛, 洪国斌, 周盼妍, 等. MR功能成像对早期强直性脊柱炎骶髂关节的定量评估[J]. *实用放射学杂志*, 2016, 32(12): 1915-1918. DOI: 10.3969/j.issn.1002-1671.2016.12.025.
- Liu YT, Hong GB, Zhou PY, et al. Quantitative analysis of early ankylosing spondylitis sacroiliac joint by multiple functional MR imaging[J]. *J Pract Radiol*, 2016, 32(12): 1915-1918. DOI: 10.3969/j.issn.1002-1671.2016.12.025.
- [22] Mamish TC, Hughes T, Mosher TJ, et al. T2 star relaxation times for assessment of articular cartilage at 3T: a feasibility study[J]. *Skeletal Radiol*, 2012, 41(3): 287-292. DOI: 10.1007/s00256-011-1171-x.
- [23] 甄涛. 磁共振 T2 mapping 序列在诊断强直性脊柱炎早期骶髂关节炎上的应用[D]. 武汉: 华中科技大学, 2013. DOI: 10.7666/d.D413579.
- Zhen T. Application of magnetic resonance T2 mapping sequence in detecting early change of sacroiliac joint in patients with ankylosing spondylitis[D]. Wuhan: Huazhong University of Science and Technology, 2013. DOI: 10.7666/d.D413579.
- [24] 姚晓龙, 姚娟, 郭辉, 等. T2 mapping 序列在早期强直性脊柱炎骶髂关节病变中的应用价值[J]. *中国骨质疏松杂志*, 2016, 22(3): 348-350, 357. DOI: 10.3969/j.issn.1006-7108.
- Yao XL, Yao J, Guo H, et al. The application value of T2-mapping sequence in the sacroiliac joint lesions of early ankylosing spondylitis[J]. *China J Osteoporos*, 2016, 22(3): 348-350, 357. DOI: 10.3969/j.issn.1006-7108.
- [25] 朱启航, 刘宏建, 马宏道, 等. T2mapping 序列对依那西普治疗强直性脊柱炎效果的评估价值[J]. *中国实用医刊*, 2018, 45(3): 28-30. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1674-4756.2018.03.009.
- Zhu QH, Liu HJ, Ma HD, et al. Value of T2 mapping sequence in the evaluation on the efficacy of etanercept on ankylosing spondylitis[J]. *Chin J Pract Med*, 2018, 45(3): 28-30. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1674-4756.2018.03.009.

- [26] Link TM, Neumann J, Li X. Prestructural cartilage assessment using MRI[J]. *J Magn Reson Imaging*, 2017, 45(4): 949-965. DOI: 10.1002/jmri.25554.
- [27] 高峰, 张宗军, 唐文伟, 等. 膝关节软骨磁共振 T₂ 及 T₂ star 弛豫时间图成像的初步研究[J]. *临床放射学杂志*, 2013, 32(9): 1305-1310. DOI: CNKI:SUN:LCFS.0.2013-09-023.
- Gao F, Zhang ZJ, Tang WW, et al. A preliminary research of T₂ and T₂ star relaxation times mapping for assessment of articular cartilage in the knee[J]. *J Clin Radiol*, 2013, 32(9): 1305-1310. DOI: CNKI:SUN:LCFS.0.2013-09-023.
- [28] 王娟, 张家雄, 周守国. 3.0T MR 扩散加权成像及动态增强在强直性脊柱炎骶髂关节病变活动性评价中的应用[J]. *放射学实践*, 2018, 33(12): 1317-1321. DOI: 10.13609/j.cnki.1000-0313.2018.12.017.
- Wang J, Zhang JX, Zhou SG. Clinical application of 3.0T MR diffusion weighted imaging and dynamic contrast enhanced MRI for evaluating active lesions of sacroiliac joints in patients with ankylosing spondylitis[J]. *Radiol Pract*, 2018, 33(12): 1317-1321. DOI: 10.13609/j.cnki.1000-0313.2018.12.017.
- [29] 孔龙, 张刚, 史英红, 等. DWI、DCE-MRI 诊断骶髂关节急性炎症的价值[J]. *放射学实践*, 2017, 32(9): 961-966. DOI: 10.13609/j.cnki.1000-0313.2017.09.014.
- Kong L, Zhang G, Shi YH, et al. Application of DWI and DCE-MRI in the diagnosis of acute sacroiliitis[J]. *Radiol Pract*, 2017, 32(9): 961-966. DOI: 10.13609/j.cnki.1000-0313.2017.09.014.
- [30] 牛富业, 箫毅, 邹薇薇, 等. 3.0T MRI 扩散加权成像对强直性脊柱炎活动性骶髂关节炎的诊断价值[J]. *实用放射学杂志*, 2015, 31(4): 616-620. DOI: 10.3969/j.issn.1002-1671.2015.04.024.
- Niu FY, Xiao Y, Zou WW, et al. The clinical value of 3.0T MRI diffusion weighted imaging in diagnosing active sacroiliitis of ankylosing spondylitis[J]. *J Pract Radiol*, 2015, 31(4): 616-620. DOI: 10.3969/j.issn.1002-1671.2015.04.024.
- [31] 郑泽文. MR 扩散加权像在骶髂关节早期急性炎症病变诊断中的应用价值[J]. *中国医药科学*, 2016, 6(5): 186-188. DOI: CNKI:SUN:GYKX.0.2016-05-059.
- Zheng ZW. Applicative value of MR diffusion-weighted imaging in diagnosis of early acute inflammatory lesions of sacroiliac joint[J]. *China Med Pharm*, 2016, 6(5): 186-188. DOI: CNKI:SUN:GYKX.0.2016-05-059.
- [32] 李贝贝, 任翠萍, 李莹, 等. MRI DWI 序列显示健康志愿者骶髂关节成像的最佳 b 值[J]. *中国组织工程研究*, 2013, 17(17): 3124-3131. DOI: 10.3969/j.issn.2095-4344.2013.17.012.
- Li BB, Ren CP, Li Y, et al. Magnetic resonance diffusion weighted imaging sequence shows the best b value of sacroiliac joint imaging of healthy volunteers[J]. *Chin J Tissue Eng Res*, 2013, 17(17): 3124-3131. DOI: 10.3969/j.issn.2095-4344.2013.17.012.
- [33] 李筱倩, 朱建忠, 赵鲁平, 等. 磁共振 DWI 联合 DCE 序列诊断早期强直性脊柱炎骶髂关节改变[J]. *放射学实践*, 2015, 30(6): 679-682. DOI: 10.13609/j.cnki.1000-0313.2015.06.018.
- Li XQ, Zhu JZ, Zhao LP, et al. Clinical application of diffuse-weighted imaging and dynamic contrast-enhanced MRI in the diagnosis of early ankylosing spondylitis at sacroiliac joint[J]. *Radiol Pract*, 2015, 30(6): 679-682. DOI: 10.13609/j.cnki.1000-0313.2015.06.018.
- [34] 初广宇, 张孟超, 杨海山, 等. 动态对比增强 MRI 判断强直性脊柱炎骶髂关节炎活动性的临床初步研究[J]. *中华放射学杂志*, 2015, 49(12): 895-899. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1005-1201.2015.12.004.
- Chu GY, Zhang MC, Yang HS, et al. Preliminary clinical study of sacroiliac activity in ankylosing spondylitis patients using quantitative dynamic contrast enhanced MRI[J]. *Chin J Radiol*, 2015, 49(12): 895-899. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1005-1201.2015.12.004.

(收稿日期: 2019-03-13)

· 读者 · 作者 · 编者 ·

郑重声明

近期发现有单位盗用我刊名义, 在社会上征集稿件、征收版面费, 造成了极其恶劣的影响, 严重地损害了我刊声誉。在此, 我刊编辑部严重声明, 我们未委托任何单位、公司及网站办理网上投稿、组稿及其相关业务。请广大读者、作者提高警惕, 以免上当受骗。我刊网站(www.ijrmnm.com)可在线投稿、查询、审稿、退稿等, 欢迎广大读者、作者登录并进行相关浏览和投稿。

联系电话: 022-87890607

联系邮箱: gjfh2006@irm-cams.ac.cn

本刊编辑部