

论 著

MRI在强直性关节炎疾病活动度评估及骶髂关节病变诊断中的应用观察

邓守玉¹ 周娟¹ 韩俊洲^{2,*}

1.武汉市江夏区第一人民医院放射科

2.武汉市江夏区第一人民医院放射影像科

(湖北武汉 430200)

【摘要】目的 分析磁共振成像(MRI)在强直性关节病活动度评估及骶髂关节病变诊断中的应用价值。**方法** 选取本院100例强直性关节病骶髂关节病变病例,将其纳入稳定组与活动组,均接受X线、电子计算机断层扫描(CT)以及MRI检查,比较两组加拿大脊柱关节研究协会(SPARCC)MRI评分、动态对比增强MRI(DCE-MRI)指标[速率常数(K_{ep})、血管渗透性转运常数(K^{trans})、血管内容积(V_p)及血管外细胞外间隙容积分数(V_e)],使用受试者工作特征(ROC)曲线分析SPARCC评分联合DCE-MRI指标对强直性关节病活动度评估效能,并比较三种检查方式骶髂关节病变检出率、影像表现、骶髂关节病变分级检出率。**结果** 活动组SPARCC MRI评分、 K_{ep} 、 K^{trans} 、 V_e 明显大于稳定组($P<0.05$); SPARCC MRI评分、 K_{ep} 、 K^{trans} 、 V_e 及各项联合评估强直性关节病活动度曲线下面积(AUC)依次为0.761、0.772、0.808、0.926、0.969,各项联合评估AUC最大,评估敏感性与特异性分别达94.91%、98.08%; MRI骶髂关节病变检出率明显高于X线、CT($P<0.05$),且CT检出率明显高于X线($P<0.05$); MRI关节面骨质囊变、关节软骨肿胀检出率显著高于其余两种方式($P<0.05$),且CT检出率明显高于X线($P<0.05$); MRI、CT对骶髂关节病变I级、II级检出率明显高于X线($P<0.05$)。**结论** MRI对强直性关节病活动度评估具有较高评估效能,能够准确检出早期骶髂关节病变。

【关键词】 强直性关节炎; 骶髂关节; 磁共振成像; 诊断

【中图分类号】 R445.2; R684.3

【文献标识码】 A

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2025.11.048

Application of MRI in Evaluating the Activity of Ankylosing Spondylitis and Diagnosing Sacroiliac Joint Lesions

DENG Shou-yu¹, ZHOU Juan¹, HAN Jun-zhou^{2,*}

1.Department of Radiology, The First People's Hospital of Wuhan Jiangxia District, Wuhan 430200, Hubei Province, China

2.Department of Radiography, The First People's Hospital of Wuhan Jiangxia District, Wuhan 430200, Hubei Province, China

ABSTRACT

Objective To analyze the application value of magnetic resonance imaging (MRI) in evaluating the activity of ankylosing spondylitis and diagnosing sacroiliac joint lesions. **Methods** A total of 100 patients with sacroiliac joint lesions in ankylosing spondylitis were selected and assigned to the stable group and the active group. All of them underwent X-ray, computed tomography (CT) and MRI examinations. The Spondyloarthritis Research Consortium of Canada (SPARCC) MRI score and dynamic contrast-enhanced MRI (DCE-MRI) parameters [rate constant (K_{ep}), transfer constant of vascular permeability (K^{trans}), intravascular volume (V_p) and extravascular extracellular space volume fraction (V_e)] were compared between the two groups. The efficacy of SPARCC score combined with DCE-MRI parameters in evaluating active ankylosing spondylitis was analyzed using the receiver operating characteristic (ROC) curve. The three examination methods were compared in terms of the detection rate of sacroiliac joint lesions, imaging findings and grading of sacroiliac joint lesions. **Results** SPARCC MRI score, K_{ep} , K^{trans} and V_e in the active group were significantly higher than those in the stable group ($P<0.05$). The area under the curve (AUC) values of SPARCC MRI score, K_{ep} , K^{trans} , V_e , and their combination for evaluating active ankylosing spondylitis were 0.761, 0.772, 0.808, 0.926 and 0.969, respectively. The AUC of combined evaluation was the highest, and the sensitivity and specificity reached 94.91% and 98.08%. The detection rate of sacroiliac joint lesions using MRI was significantly higher than those using X-ray and CT ($P<0.05$), and the detection rate using CT was significantly higher than that using X-ray ($P<0.05$). The detection rates of articular surface bone cystic degeneration and cartilage swelling using MRI were significantly higher than those using the other two methods ($P<0.05$). Meanwhile, the detection rates using CT were significantly higher than those using X-ray ($P<0.05$). The detection rates of grade I and II sacroiliac joint lesions using MRI and CT were significantly higher than those using X-ray ($P<0.05$). **Conclusion** MRI is efficient for evaluating active ankylosing spondylitis and can accurately detect early sacroiliac joint lesions.

Keywords: Ankylosing Spondylitis; Sacroiliac Joint; Magnetic Resonance Imaging; Diagnosis

强直性关节炎也有强直性脊柱炎之称,属于慢性进展性病患,好发于青少年群体,患者主要表现为中轴骨与两侧骶髂关节受累,有时也可见关节周围与其外结构受累情况,并以髋关节最常见,具有较高致残率^[1-2]。强直性关节病早期不会有任何症状,有的患者能够产生低热、乏力与体重减轻等表现,严重影响身体健康及正常生活。临床普遍认为强直性关节病与代谢、外界环境、免疫、自身遗传等因素密切相关,在其逐渐进展情况下,可导致脊柱强直以及纤维化,诱发眼部、肺部以及肌肉等病变^[3-4]。早期准确诊断并予以合理治疗干预,对控制病情非常重要。强直性关节病一般活动期与稳定期具有交替产生表现,如果活动期频繁,表明预后不良。早期准确判定疾病活动度,可为临床诊治提供有效指导,在疾病活动期予以药物治疗干预,能够获得良好疗效,阻止病情发展。在现代影像学技术不断发展背景下,影像检查逐渐成为诊断强直性关节病主要手段,常用为X线、电子计算机断层扫描(computed tomography, CT)及磁共振成像(magnetic resonance imaging, MRI)。其中,X线难以发现细微病变,CT尽管可以呈现细微征象,但存在一定辐射危害。MRI可以呈现关节损伤情况、关节韧带、软骨以及滑膜强化,为强直性关节病活动度评估提供可靠信息^[5-6]。本文主要探究了MRI在强直性关节病活动度评估及骶髂关节病变诊断中的应用价值,以期为该类药物患者诊治提供参考依据。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取本院2021年1月至2023年12月期间100例强直性关节病骶髂关节病变病例。

纳入标准:(1)符合强直性关节病诊断标准^[7];(2)初诊病例;(3)能够耐受影像学检查;(4)精神正常,意识清晰,可以配合医护人员;(5)资料完整。排除标准:(1)接受过腰椎或者骨盆手术治疗;(2)接受过干扰骨质代谢药物治疗;(3)存在骶髂关节感染疾病史;(4)近1年内发生过骶髂关节外伤;(5)肿瘤病例;(6)合并血液系统疾病、急慢性感染、严重脏器疾病、免疫系统疾病等。研究经医院伦理委员会批准。

1.2 方法

【第一作者】 邓守玉,女,主治医师,主要研究方向:骨肌系统影像诊断。E-mail: 15927363104@163.com

【通讯作者】 韩俊洲,男,主任医师,主要研究方向:骨关节系统、中枢神经影像诊断。E-mail: hjz97789340888@sina.com

1.2.1 强直性关节炎疾病活动度判定 由同一位风湿免疫科医师予以Bath强直性脊柱炎活动性指数(Bath ankylosing spondylitis disease activity index, BASDAI)评分^[8], 评分项目包括近1周疲劳状态、晨僵持续时间、晨僵严重程度、中轴关节痛、局限性触/压痛以及外周关节痛等, 共计0~10分; 稳定期: 不超过4分, 活动期: 达到6分; 当处于4分<~<6分范围时, 需要根据实验室检查予以判断, 若采取魏氏法测得血沉(Erythrocyte Sedimentation Rate, ESR)超过20mm/h或者C反应蛋白(C-reactive protein, CRP)超过30mg/L提示活动期, 否则评估结果为稳定期。将其纳入稳定组与活动组。

1.2.2 骶髂关节病变分级 按照1984年纽约标准^[9]进行分级, 具体为: 0级: 完全正常; I级: 存在可疑异常病变; II级: 存在轻度异常, 发现局限性侵蚀以及硬化改变, 然而关节间隙显示正常; III级: 存在明显异常, 发现中重度骶髂关节炎病变, 显示以下至少一项异常: 部分强直、侵蚀、关节间隙变大/变小、硬化; IV级: 存在严重异常, 发现完全骨性强直病变。

1.2.3 MRI检查 通过MRI扫描仪(型号: Signa HDxt 3.0T, 厂家: 美国GE)完成检查过程。首先予以常规扫描: 取骶髂关节轴位与其斜冠状位, 选择快速自旋回波(fast spin echo, FSE)序列T1加权成像(T1-weighted imaging, T1WI)[回波时间(echo time, TE)13ms、重复时间(repetition time, TR)500ms]、压脂质子加权成像(proton density weighted imaging, PDWI)序列[TE与TR分别为70ms、2800ms]完成扫描, 视野(Field of View, FOV)为380mm×380mm, 层距、层厚以及激励次数分别为2.0mm、5mm、2。接着行动态对比增强MRI(DCE-MRI)扫描, 取轴位, 选择肝脏快速容积采集(liver acquisition with volume acceleration, LAVA)序列(TE与TR分别为1.40ms、3.20ms)予以增强扫描, 其中FOV、层距以及层厚分别为380mm×380mm、2.0mm、4mm, 使用对比剂前予以翻转角扫描(包括3°、6°、9°、12°以及15°), 且各翻转角获得64幅图像, 得到T1原始图, 然后算出增强扫描前T1基线值, 接着取12°翻转角予以增强扫描, 注意于第二时相扫描时采取高压注射器从受检者肘静脉予以钆喷酸葡胺, 控制速率以及剂量分别为3.0mL/s、0.1mmol/kg, 然后采取相同速率予

以生理盐水(体积20mL), 最终扫描共计有31个时相。通过Omni-Kinetics软件完成图像后处理过程, 以Extended Tofts模型得到DCE-MRI相关量化指标, 包括速率常数(rate constant, K_{ep})、血管渗透性转运常数(volume transfer constant, K^{trans})、血管内容积(plasma fraction, V_p)及血管外细胞外间隙容积分数(extravascular extravascular volume fraction, V_e)。

加拿大脊柱关节研究协会(Spondyloarthritis Research Consortium Canada, SPARCC)MRI评分^[10], 涉及骨髓水肿征象累及范围(0~48分)、水肿强度(0~12分)以及水肿深度(0~12分), 总分72分。安排两位经验丰富医师完成图像分析过程, 如果有观点不一致情况, 予以共同商讨后形成一致观点。

1.2.4 X线检查 通过数字X线系统(厂家: 西门子公司)完成检查过程。指导受检者处于卧位, 选择于耻骨上方定位, 进行骨盆以及腰椎扫描, 同时取正斜位拍摄骶髂关节。

1.2.5 CT检查 通过16层螺旋CT(厂家: 西门子公司)完成检查过程, 目标为骶髂关节, 主要参数如下: 电流与电压分别为187mAs、120KV, 层厚与螺距分别为1mm、1, 然后在配套工作站内取骶骨轴面以及斜冠状面进行重建, 其中厚度3mm。

1.3 观察指标 比较稳定组与活动组SPARCC MRI评分、DCE-MRI指标(K_{ep} 、 K^{trans} 、 V_p 及 V_e); 比较三种检查方式骶髂关节病变检出率、影像表现、骶髂关节病变分级检出率。

1.4 统计学处理 应用SPSS 25.0进行数据分析, 计数资料以“n与(%)”表示, 使用 χ^2 检验; 服从正态分布计量资料(方差齐)以($\bar{x} \pm s$)表示, 两组使用独立样本t检验; 绘制受试者工作特征(receiver operator characteristic, ROC)曲线分析MRI评估强直性关节炎疾病活动期效能。P<0.05为有统计学意义。

2 结果

2.1 两组一般资料比较 见表1。两组性别构成、年龄、体重指数(body mass index, BMI)、家族史及病程比较无显著差异(P>0.05)。

2.2 两组SPARCC MRI评分、DCE-MRI指标比较 见表2。活动组SPARCC MRI评分、 K_{ep} 、 K^{trans} 、 V_e 明显大于稳定组(P<0.05)。

表1 两组一般资料比较[n(%)]

组别	性别		年龄(岁)	BMI(kg/m ²)	家族史		病程(年)
	男	女			有	无	
活动组(n=59)	40(67.80)	19(32.20)	31.74±5.92	23.75±2.41	9(15.25)	50(84.75)	1.26±0.25
稳定组(n=41)	26(63.41)	15(36.59)	33.05±6.74	23.58±2.39	5(12.20)	36(87.80)	1.18±0.27
χ^2/t	0.207		1.028	0.348	0.188		1.523
P	0.649		0.307	0.729	0.665		0.131

表2 两组SPARCC MRI评分、DCE-MRI指标比较

组别	SPARCC MRI评分(分)	$K_{ep}(\text{min}^{-1})$	$K^{trans}(\text{min}^{-1})$	V_p	V_e
活动组(n=59)	14.02±3.58	1.34±0.25	0.65±0.15	0.04±0.01	0.48±0.10
稳定组(n=41)	10.56±2.87	1.12±0.28	0.49±0.08	0.04±0.02	0.34±0.08
t	5.143	4.120	6.235	0.000	7.455
P	<0.001	<0.001	<0.001	1.000	<0.001

2.3 MRI评估强直性关节炎疾病活动期效能 表3为各变量评估强直性关节炎疾病活动期曲线下面积(area under the curve, AUC)详细参数, SPARCC MRI评分、 K_{ep} 、 K^{trans} 、 V_e 及各项联合评估AUC依次为0.761、0.772、0.808、0.926、0.969, 各项联合评估AUC最大, 评估敏感度与特异度分别达94.91%、98.08%。ROC曲线分析图见图1。

2.4 三种检查方式骶髂关节病变检出率比较 见表4。MRI骶髂关节病变检出率明显高于X线、CT(P<0.05), 且CT检出率明显高于X线(P<0.05)。

2.5 三种检查方式影像表现比较 见表5。MRI关节面骨质囊变、关节软骨肿胀检出率显著高于其余两种方式(P<0.05), 且CT关节面骨质囊变、关节软骨肿胀检出率明显高于X线(P<0.05)。

2.6 三种检查方式骶髂关节病变分级检出率比较 见表6。MRI、CT对骶髂关节病变I级、II级检出率明显高于X线(P<0.05)。

2.7 典型病例MRI图像分析 患者性别男, 56岁, 因骶髂关节疼痛入院接受诊治, 临床诊断为强直性关节炎疾病活动期骶髂关节病变, 图2~4为骶髂关节MRI检查图像。

表3 ROC AUC参数

变量	AUC	最佳截断值	敏感度	特异度	标准误	P	95%CI
SPARCC MRI评分	0.761	13.331	55.90%	87.82%	0.048	<0.001	0.667~0.854
K _{ep}	0.772	1.305	59.28%	85.39%	0.049	<0.001	0.677~0.868
K ^{trans}	0.808	0.565	69.53%	90.18%	0.043	<0.001	0.724~0.892
V _e	0.926	0.365	91.52%	82.87%	0.027	<0.001	0.873~0.979
联合	0.969	-	94.91%	98.08%	0.019	<0.001	0.903~1.000

表4 三种检查方式髌膝关节病变检出率比较[n(%)]

检查方式	检出率(%)
X线	72(72.00)
CT	84(84.00)*
MRI	98(98.00)*#
χ^2	26.087
P	<0.001

注:与X线比较, *P<0.05; 与CT比较, #P<0.05。

表6 三种检查方式髌膝关节病变分级检出率比较[n(%)]

检查方式	I级	II级	III级	IV级
X线(n=72)	4(5.56)	7(9.72)	30(41.67)	31(43.06)
CT(n=84)	13(15.48)*	18(21.43)*	26(30.95)	27(32.14)
MRI(n=98)	22(22.45)*	21(21.43)*	27(27.55)	28(28.57)
χ^2	9.115	4.767	3.929	4.053
P	0.011	0.092	0.140	0.132

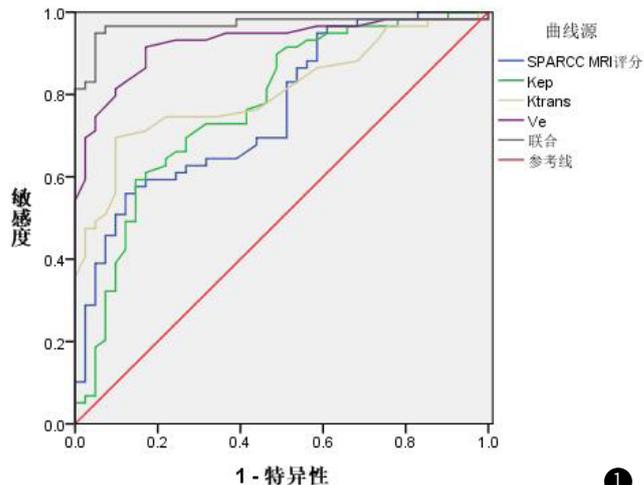


图1 MRI评估强直性关节炎疾病活动期ROC曲线图。

表5 三种检查方式影像表现比较[n(%)]

检查方式	关节面侵蚀	关节间隙变宽	关节面骨质囊变	关节软骨肿胀	关节间隙变窄	关节面下骨质硬化
X线	71(71.00)	70(70.00)	45(45.00)	0(0.00)	21(21.00)	67(67.00)
CT	80(80.00)	76(76.00)	74(74.00)*	8(8.00)*	28(28.00)	70(70.00)
MRI	84(84.00)	81(81.00)	89(89.00)*#	18(18.00)*#	33(33.00)	72(72.00)
χ^2	5.224	3.295	47.063	20.550	3.659	0.599
P	0.073	0.193	<0.001	<0.001	0.161	0.741

注:与X线比较, *P<0.05; 与CT比较, #P<0.05。



图2 双侧髌膝关节组成骨骨质变尖呈增生改变, 关节间隙明显变窄。图3 关节面毛糙, 关节强直。图4 软骨下骨质硬化, 骨髓脂肪沉积。

3 讨论

强直性关节炎病程迁延,具有症状反复发作特征^[11]。疾病活动期时存在机体功能减弱与生活质量降低等改变,此时予以药物干预可获得较佳效果,有效控制病情发展。故临床评估强直性关节炎疾病活动度对指导合理、有效的治疗意义重大。寻找定量评估疾病活动度影像学手段,有利于获得更为客观、准确评估结果。

在现代医学影像技术飞速发展社会背景下,通过影像检查技术评估强直性关节炎疾病活动度逐渐成为可能。当前,国际上采取MRI检查方式判断强直性关节炎疾病活动度时,常采取SPARCC评分工具。疾病活动期由于炎症细胞浸润以及血管源性水肿,将促使血液从毛细血管到达骨髓腔,损害微血管结构,提高毛细血管通透性,造成骨髓水肿^[12-13]。本研究发现,活动组相较于稳定组SPARCC MRI评分显著升高。主要因为疾病活动期时,各种症状加重,导致BASDAI评分升高,MRI影像表现方面,骨髓水肿与周围骨质水肿范围将增大,患者SPARCC MRI评分随之升高。尽管常规MRI检查能够早期敏感检出骨髓水肿改变,但是不能很好量化局部炎症所致血流灌注状态及血管通透性改变情况^[14]。此外,SPARCC MRI评分是影像科医师对MRI图像作出的主观评价,需要客观、定量且比较容易方法予以辅助评估。DCE-MRI可以有效呈现组织血流灌注变化,在全身各系统检查中得到了广泛应用,其中包括骨肌系统^[15]。强直性关节炎疾病活动期存在关节滑膜与骨髓部位微循环通透性升高改变,该类改变于增强MRI上具有滑膜与骨髓强化影像特征,此亦为DCE-MRI判断疾病活动期主要理论基础^[16-17]。郝芳等^[18]研究发现,DCE-MRI检查参数能够有效指导强直性关节炎疾病活动性评估。本研究与稳定组相比,活动组 K_{ep} 、 K^{trans} 以及 V_e 明显更大。DCE-MRI指标中, K_{ep} 、 K^{trans} 可反映微血管通透性,强直性关节炎疾病活动期由于受到炎症因子影响,导致血管通透性升高、微循环血液大量渗透至组织间隙,因此 K_{ep} 、 K^{trans} 相应升高; V_e 可反映组织坏死程度,其检测结果升高说明组织坏死增多,强直性关节炎疾病活动期存在骨髓组织坏死加剧变化,因此 V_e 测定值变大。本研究创新性评估了SPARCC MRI评分联合DCE-MRI指标的评估价值,发现SPARCC MRI评分联合 K_{ep} 、 K^{trans} 、 V_e 评估AUC最大,为0.969,评估敏感度94.91%,特异度98.08%,证实SPARCC MRI评分联合DCE-MRI评估强直性关节炎疾病活动期效能较高,二者之间相辅相成,有利于评估效能提升。

骶髂关节具有复杂解剖结构,因此临床诊断其早期病变存在一定难度。本研究发现,MRI骶髂关节病变检出率明显高于X线、CT,且CT检出率明显高于X线,与陈亮^[19]研究结果相符,证实MRI能够更好检出骶髂关节病变。分析原因:尽管骨盆X线为现今临床诊断强直性关节炎常用影像手段,但是其仅可呈现骶髂切线位,具有较差分辨率,同时肠内容物干扰会影响诊断结果,导致漏诊或者误诊^[20-21];CT检查技术能够清晰呈现骶髂关节病变,然而其主要呈现的是病变静止情况,在判断脂肪沉积以及骨髓水肿等变化上效果较差,因此CT检查方式也有一定漏诊与误诊问题^[22-23];相较于CT检查手段,MRI检查可以早期、清晰呈现病变处骨质状态,并且清晰检出关节面软骨与其下骨质、关节邻近软组织、关节间隙等异常改变^[24-25]。本研究显示,MRI关节面骨质囊变、关节软骨肿胀检出率显著高于其余两种方式,MRI、CT对骶髂关节病变I级、II级检出率明显高于X线,提示MRI更有利于检出关节面骨质囊变以及关节软骨肿胀征象,在诊断早期骶髂关节病变方面具有较大优势。主要由于MRI技术软组织分辨率非常高,可以清晰呈现肌腱、软骨与局部骨髓变化情况。

综上,SPARCC MRI评分联合DCE-MRI可有效指导强直性关节炎疾病活动期临床评估,敏感度及特异度均较高,与X线以及CT相比,MRI能够提供更可靠影像信息,提高早期骶髂关节病变检出率。但本研究存在一定不足,比如纳入样本较少、开展的是单中心研究,希望未来更大样本量以及多中心研究进行补充论证。

参考文献

- [1] Yang H, Chen Y, Xu W, et al. Epigenetics of ankylosing spondylitis: Recent developments [J]. *Int J Rheum Dis*, 2021, 24(4): 487-493.
- [2] Bansal P, Rich T. Dural ectasias in ankylosing spondylitis [J]. *Clin Rheumatol*, 2021, 40(1): 421-422.
- [3] Gařova J, Tokolyova S, Petrejckova E, et al. Ankylosing spondylitis on unidentified individual from early modern times found in reformed church (Silicka Brezova, Slovakia): a case-based review [J]. *Rheumatol Int*, 2022, 42(10): 1873-1881.
- [4] Liu L, Yuan Y, Zhang S, et al. Osteoimmunological insights into the pathogenesis of ankylosing spondylitis [J]. *J Cell Physiol*, 2021, 236(9): 6090-6100.
- [5] 林敏贵, 陈贤源, 俞顺, 等. 基于DCE-MRI微血管通透性参数量化评估SpA骶髂关节炎活动性的研究 [J]. *磁共振成像*, 2021, 12(4): 39-44.
- [6] Li X, Liang A, Chen Y, et al. Procollagen I N-terminal peptide correlates with inflammation on sacroiliac joint magnetic resonance imaging in ankylosing spondylitis but not in non-radiographic axial spondyloarthritis: a cross-sectional study [J]. *Mod Rheumatol*, 2022, 32(4): 770-775.
- [7] 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 2): ii1-ii44.
- [8] Song BW, Jeong HJ, Kim BY, et al. Bath ankylosing spondylitis disease activity index is associated with the quality of sleep in ankylosing spondylitis patients [J]. *J Rheum Dis*, 2021, 28(3): 143-149.
- [9] 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.
- [10] 杨阳, 沈逸, 程鹏, 等. 全脊柱加骶髂关节SPARCC评分对益赛普治疗强直性脊柱炎疗效的评估与预测价值 [J]. *中国医学计算机成像杂志*, 2020, 26(1): 55-59.
- [11] Li M, Hsu JY, Xie YX, et al. Ankylosing spondylitis with Kikuchi-Fujimoto disease: a case report with literature review [J]. *Int J Rheum Dis*, 2023, 26(2): 383-385.
- [12] 史兆娟, 张岳, 杨哲, 等. MRI功能成像对强直性脊柱炎的疗效评价 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2022, 30(7): 657-660.
- [13] 赖苑威, 罗宏杰, 许军, 等. 青壮年活动性骶髂关节强直性脊柱炎CT与MRI表现及与炎症因子水平相关性研究 [J]. *颈腰痛杂志*, 2022, 43(6): 810-814.
- [14] 李珂, 徐文杰, 韩晓凤, 等. 强直性脊柱炎患者MRI表现与BASDAI评分的相关性 [J]. *实用放射学杂志*, 2022, 38(5): 810-813.
- [15] 王娟, 周守国. DWI、DCE-MRI及脂肪定量技术在强直性脊柱炎骶髂关节病变活动性评价中的应用价值 [J]. *放射学实践*, 2023, 38(5): 610-614.
- [16] 秦健, 于秋实, 姚倩倩, 等. IVIM-DWI与DCE-MRI检查大鼠强直性脊柱炎骶髂早期改变 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2020, 28(1): 66-71.
- [17] 李清泰, 杨哲, 冉荣丽, 等. DCE-MRI半定量、定量分析对强直性脊柱炎骶髂关节病变疗效价值 [J]. *医学影像学杂志*, 2021, 31(10): 1755-1759.
- [18] 郝芳, 俞咏梅, 陈鹏飞, 等. DCE-MRI参数在强直性脊柱炎骶髂关节病变活动性评估中的价值 [J]. *中国临床医学影像杂志*, 2023, 34(5): 368-372.
- [19] 陈亮. 对比X线、CT和MRI在诊断早期强直性脊柱炎骶髂关节病变诊断中的临床效果观察及对检出率影响分析 [J]. *中国CT和MRI杂志*, 2021, 19(11): 179-181, 185.
- [20] Liu B, Gao Y, Ye K, et al. Cervical spine fracture prediction by simple plain X-ray in ankylosing spondylitis patients after low-energy trauma [J]. *Orthop Surg*, 2022, 14(11): 2939-2946.
- [21] Djossou HJ, Tazi MA, Ahmed Ghassem M, et al. Reproducibility of total and regional body composition using dual-energy X-ray absorptiometry in rheumatoid arthritis and ankylosing spondylitis [J]. *Osteoporos Int*, 2021, 32(5): 991-999.
- [22] Fauny M, Morizot C, Allado E, et al. Consequences of spinal ankylosis on bone trabecular fragility assessed on CT scans in patients with ankylosing spondylitis. A retrospective study [J]. *Joint Bone Spine*, 2020, 87(6): 625-631.
- [23] Barsa P, Frohlich R, Adamık J, et al. Surgical treatment of cervical spine fractures in ankylosing spondylitis patients: posterior stabilization using intraoperative CT scanner-based navigation [J]. *Rozhl Chir*, 2020, 99(5): 212-218.
- [24] 曲岷. MSCT、MRI及X线诊断强直性脊柱炎骶髂关节病变价值比较 [J]. *中国CT和MRI杂志*, 2021, 19(4): 150-153.
- [25] 蒋亚兰, 蒋锐, 张晓, 等. 多模态MRI对骶髂关节炎及其临床分期的诊断价值 [J]. *山东医药*, 2021, 61(31): 74-77.

(收稿日期: 2024-05-21)

(校对编辑: 韩敏求)