

The Value of FRACTURE Technique in Hip Osteoarthritis

ZHANG Yong-li, SONG Ling-ling*, LI Yu, LIANG Chen, SONG De-qing, SHEN Lu, WU Wen-jiang.
Department of Imaging, the Affiliated Hospital of Guizhou Medical University, Guiyang 550004, Guizhou Province, China

论 著

磁共振FRACTURE技术在髋关节骨性关节炎的应用价值

张永莉 宋玲玲* 李 语
梁 晨 宋德情 沈 露
吴文江

贵州医科大学附属医院影像科
(贵州 贵阳 550004)

【摘要】目的 探讨MR FRACTURE成像技术诊断髋关节骨性关节炎的价值。**方法** 收集2022年06月至2023年12月就诊于贵州医科大学附属医院的髋关节骨性关节炎患者且行髋关节CT扫描共19例。所有人均进行MRI常规序列、FRACTURE序列扫描。根据患者CT检查依据 Kellgren-Lawrence(K/L)分级法将髋关节骨性关节炎(hip osteoarthritis, HOA)分为1-4级。评估常规CT、FRACTURE和常规MRI诊断HOA骨赘、骨质增生硬化、关节间隙狭窄、关节面下囊变的检出率, 组间的差异性分析服从偏态分布, 采用Mann-Whitney U秩和检验。**结果** (1)FRACTURE成像与CT平扫对HOA的骨赘、关节面下骨质硬化、关节间隙狭窄的检出率相当, 差异不具有统计学意义; (2)FRACTURE成像对HOA的骨赘、关节间隙狭窄的检出率高于常规MRI, 差异具有统计学意义($P < 0.05$), 而对关节面下囊变的检出率低于常规MRI成像, 差异具有统计学意义($P < 0.05$)。**结论** FRACTURE成像技术对显示HOA关节边缘骨赘、骨质硬化、关节间隙狭窄方面具有优势, 因此, 常规MRI平扫加FRACTURE序列, 能达到MRI及CT二者的诊断效果, 且避免了CT辐射, 具有较好的临床应用价值。

【关键词】 髋关节; 骨性关节炎;
磁共振成像; FRACTURE成像

【中图分类号】 R445.2

【文献标识码】 A

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2026.02.045

ABSTRACT

Objective To investigate the application value of MR FRACTURE imaging in hip osteoarthritis. **Methods** A total of 19 patients with hip osteoarthritis admitted to the Affiliated Hospital of Guizhou Medical University from June 2022 to December 2023 underwent hip CT scan. All subjects underwent conventional MRI and FRACTURE sequence scans. HIP osteoarthritis (HOA) was divided into 1-4 grades according to the Kellgren-Lawrence(K/L) grading method based on CT examination. The detection rates of HOA osteophytosis, osteosclerosis, joint space stenosis and subarticular bursa diagnosed by conventional CT, FRACTURE and conventional MRI were evaluated. The differences between groups were analyzed with skewed distribution, and the Mann-Whitney U rank sum test was used. **Results** 1.FRACTURE imaging and CT plain scan had similar detection rates of osteophytes, subarticular sclerosis and joint space stenosis in HOA, but the difference was not statistically significant. 2. FRACTURE imaging had a higher detection rate of osteophytes and joint space stenosis in HOA than by conventional MRI, the difference was statistically significant ($P < 0.05$), while the detection rate of subarticular cystic lesions was lower than that with conventional MRI, the difference was statistically significant ($P < 0.05$). **Conclusion** FRACTURE imaging technology has advantages in displaying HOA joint edge osteophytes, osteosclerosis and joint space stenosis. Therefore, conventional MRI plain scan plus FRACTURE sequence can achieve the diagnostic effect of both MRI and CT, and avoid CT radiation, which has good clinical application value.

Keywords: Hip Joint; Osteoarthritis; Magnetic Resonance Imaging; FRACTURE Imaging

髋关节骨性关节炎(hip osteoarthritis, HOA),是一种常见的慢性、进行性、高致残性疾病^[1], 诊断HOA主要是通过影像学检查。X线是诊断和监测HOA骨质变化的首选成像方法, 由于X线是二维平面图像, 部分髋关节解剖结构重叠, 其评估HOA敏感性相对较低。计算机断层成像(computed tomography, CT)密度分辨率更高, 能显示更多骨质结构改变的细节, 但CT辐射剂量大且软组织对比度有限^[2]。磁共振成像(magnetic resonance imaging, MRI)无创、软组织分辨率高, 显示关节软骨、骨髓水肿、皮质下囊肿、关节腔积液、滑膜炎和唇部病变具有显著优势^[3]。常规MRI在显示皮质骨、骨赘、骨质增生硬化等方面受到限制^[4]。MRI新研发的骨成像技术超短回波时间序列(ultrashort echo time, UTE)、零回波时间序列(zero echo time, ZTE)和3D T1加权扰相多回波梯度回波序列(fast field echo resembling a CT using restricted echo-spacing, FRACTURE)能够显示骨皮质结构及骨质增生硬化等。UTE和ZTE由于硬件和软件要求, 其使用受到限制。FRACTURE序列是基于高分辨率3D梯度回波脉冲序列, 该序列通过使用恒定回波间隔和后处理减影提供与CT类似的对比度, 骨与软组织形成较高对比度, 以便清晰显示骨质情况。FRACTURE的显著优势在于其简便性, 在常规MRI扫描仪即可使用^[5-6]。FRACTURE技术可用于复杂骨折、腰椎峡部裂及椎体终板炎、关节炎症性病变、成骨性转移瘤等的检查^[7]。目前尚未见报道FRACTURE序列用于HOA。本研究探讨FRACTURE成像在HOA中的诊断价值。

1 资料与方法

1.1 资料 收集2022年6月至2023年12月就诊于贵州医科大学附属医院确诊为HOA且已行髋关节CT平扫的患者共计19例。所有患者均自愿接受此项检查, 并签署知情同意书。伦理批号为 2024伦审第(103)号。所有数据采集均在贵州医科大学附属医院影像科完成。HOA组纳入标准见表1。

表1 ACR髋关节骨性关节炎的诊断标准

部位	临床标准	临床 + 放射学 + 实验室标准
1.近一个月大多数时间有髋痛		1.近一个月大多数时间有髋痛
2.内旋 $< 15^\circ$		2. ESR ≤ 20 mm/h
3. ESR < 45 mm/h		3. X线示骨赘形成
髋关节 4. 屈曲 $< 115^\circ$		4. X线示髋关节间隙狭窄
5. 内旋 $> 15^\circ$		
6. 晨僵时间 < 60 min		
7. 年龄 > 50 岁		
8. 内旋时疼痛		
注: 临床标准满足1+2+3条或1+2+4条或1+5+6+7+8条可诊断, 临床+放射学+实验室标准满足1+2+3条或1+2+4条或1+3+4条可诊断。		

【第一作者】 张永莉, 女, 主治医师, 主要研究方向: 骨骼肌肉系统影像诊断。E-mail: 1632215968@qq.com

【通讯作者】 宋玲玲, 女, 主任医师, 主要研究方向: 骨骼肌肉系统影像诊断。E-mail: 105967454@qq.com

1.2 方法

1.2.1 扫描仪器及参数 应用Philips Elition 3.0T MR成像系统进行扫描,采用32通道体部相控阵线圈,所有研究对象均采用仰卧位、头先进方式,对于所有的扫描,受试者的脚内旋,扫描范围:轴向覆盖髌棘至小转子下3cm。行髌关节磁共振常规扫描包括冠状位STIR-T2WI(short time inversion recovery-T2-weighted imaging)压脂序列,冠状位T1WI(T1-weighted imaging)序列;冠状位FRACTURE成像。具体扫描参数见表2。

表2 髌关节 MRI 扫描参数

序列	TR(ms)	TE(ms)	FOV(mm)	矩阵	层厚(mm)	扫描时间(s)
T2WI-cor	3640	30	260	260	4	4min0s
T1WI-cor	685	20	260	324	4	1min59s
FRACTURE-cor	20	2.3	230	384	4	3min37s

1.2.2 图像后处理及分析 在PACS系统根据HOA患者CT资料进行图像观察和主观评级。由两名从事影像诊断工作5年以上的医生在未告知临床信息的情况下对研究对象的影像资料进行诊断、评估,意见不一致时,由两人商议确定。分级采用CT进行Kellgren-Lawrence(K/L)分级,正常为0级;可疑或轻度唇样骨赘为1级;有明确的骨赘,但无明显关节间隙狭窄为2级;中度多发骨赘形成和(或)关节间隙明显变窄为3级,可伴有骨质硬化;巨大骨赘,关节间隙显著变窄,骨质严重硬化,明显骨质磨损为4级。将所有研究对象的髌关节MRI扫描原始图像传输至飞利浦后处理工作站(IntelliSpace Portal Release 10.1),调整图像亮度和对比度,随后将FRACTURE图像反转,2名医生在FRACTURE、常规T1WI/T2WI、CT图像上分别观察髌关节边缘骨赘的大小和个数、关节面下骨质硬化程度、关节面下骨质囊变个数、关节间隙狭窄程度并进行记录。

1.3 统计学分析 所有数据使用IBM SPSS 22.0软件进行统计学计算。运用组内相关系数(ICC)检验两位医生对所有测值及观察结果的一致性。计量资料的正态性检验采用Shapiro-Wilk方法。服从正态分布的计量资料采用均数±标准差($\bar{x} \pm s$)描述,组间比较采用独立样本t检验;服从偏态分布的计量资料采用中位数(Median)及上下四分位数(IQR)描述,组间比较采用Mann-

Whitney U秩和检验。所有检验均为双侧检验,检验水准 $\alpha = 0.05$,当 $P < 0.05$ 时表明差异存在统计学意义。

2 结果

2.1 两名医生对FRACTURE、CT平扫、常规MRI分别进行观察的组内相关系数分析 使用组内相关系数分析两名医生对19例HOA患者观察的组内相关系数为0.876-0.931, P 值 < 0.01 ,两名医生观察一致性良好(见表3)。

表3 两名医生对类CT(FRACTURE)、CT平扫、常规MRI图像分别进行观察的组内相关系数分析

变量	ICC (95% CI)	P
骨赘	0.876 (0.794-0.926)	< 0.001
骨质硬化	0.881 (0.806-0.928)	< 0.001
囊变	0.920 (0.867-0.952)	< 0.001
关节间隙狭窄	0.931 (0.885-0.959)	< 0.001

2.2 FRACTURE成像、常规CT、常规MRI对HOA检出率的统计学分析

2.2.1 FRACTURE与CT对HOA异常影像检出率比较 FRACTURE成像、常规CT两种成像方式对HOA影像表现(骨赘、关节面下骨质硬化、关节面下囊变、关节间隙狭窄)诊断效能的比较, FRACTURE成像对关节面下囊变的检出率低于常规CT成像,差异具有统计学意义($P < 0.01$), FRACTURE对骨赘、关节面下骨质硬化、关节间隙狭窄的检出率与CT平扫相当,差异不具有统计学意义($P > 0.05$)(见表4)。

2.2.2 FRACTURE与常规MRI对HOA异常影像检出率比较 FRACTURE成像与常规MRI对HOA骨赘、关节面下骨质硬化、关节面下囊变、关节间隙狭窄表现的比较, FRACTURE成像对骨赘、关节间隙狭窄的检出率高于常规MRI成像方式,差异具有统计学意义($P < 0.05$),对关节面下囊变的检出率低于常规MRI成像方式,差异具有统计学意义($P < 0.05$);对关节面下骨质硬化的检出率与常规MRI成像方式不具有统计学意义($P > 0.05$)(见表5)。

2.3 CT、MRI表现 MR FRACTURE图上能清晰显示关节边缘骨赘形成、关节面下骨质硬化及关节间隙狭窄程度,与CT相似(见图2~4)。

表4 FRACTURE与CT平扫对HOA异常影像检出率比较

影像征象	FRACTURE (n=19)	CT (n=19)	Z	P
骨赘	1.89±0.88	2.00±0.88	-1.414	0.157
骨质硬化	0.84±0.37	0.84±0.37	< 0.001	> 0.999
囊变	1.89±2.26	2.42±2.73	-2.714	0.007
关节间隙狭窄	0.58±0.51	0.58±0.51	< 0.001	> 0.999

表5 FRACTURE与常规MRI两种成像方式对HOA异常影像检出率比较

影像征象	FRACTURE (n=19)	常规T1/T2(n=19)	Z	P
骨赘	1.89±0.88	1.37±0.76	-2.673	0.008
骨质硬化	0.84±0.37	0.74±0.45	-1.414	0.157
囊变	1.89±2.26	3.16±3.48	-2.963	0.003
关节间隙狭窄	0.58±0.51	0.37±0.50	-2.000	0.046

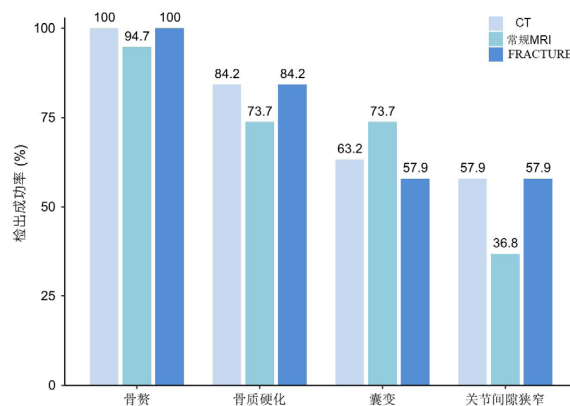


图1 柱状图: CT、常规MRI、FRACTURE对OA的检出成功率。

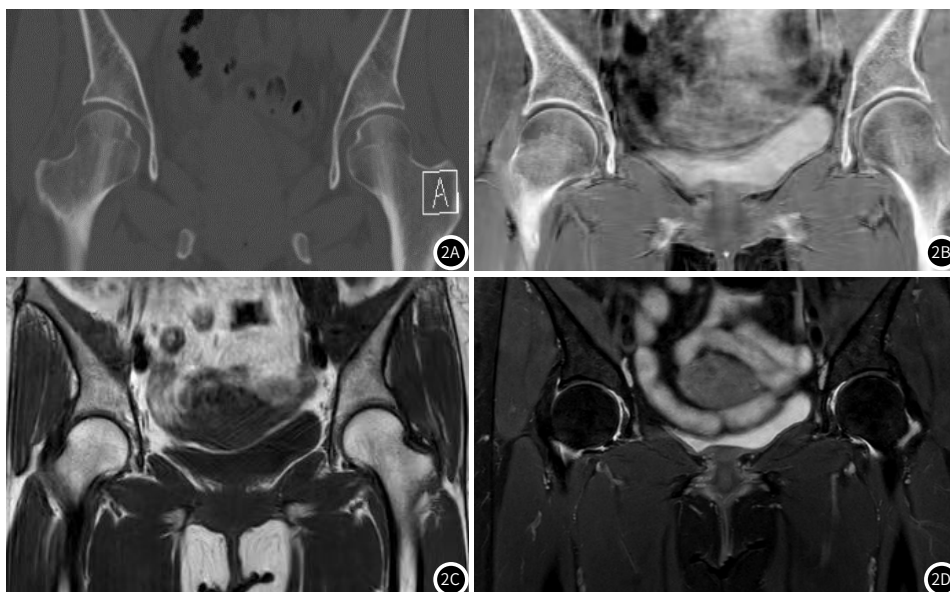


图2A~图2D 1例OA患者(1级)CT、FRACTURE、T1WI表现。OA患者(1级), 女性, 54岁。CT平扫(2A)及FRACTURE像(2B)上显示左髋关节似见少许骨赘, T1WI、T2WI(2C~2D)上未见明显异常。

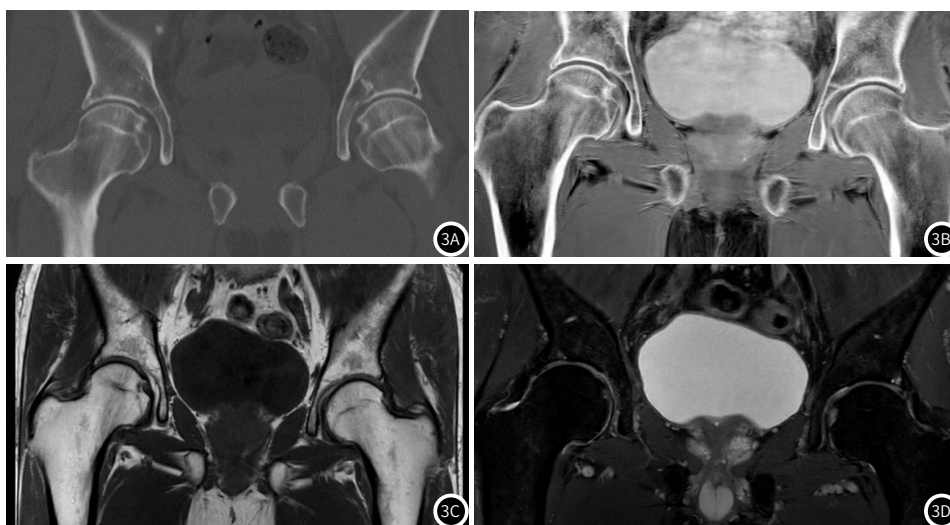


图3A~图3D 1例OA患者(2级)CT、FRACTURE、T1WI、T2WI表现。OA患者(2级), 男性, 57岁。CT(3A)及FRACTURE像(3B)上显示右髋关节可见骨赘影, 关节面下骨质硬化, T1WI(3C)上显示骨赘无CT及FRACTURE清楚, T2WI(3D)上显示囊变清楚。



图4A~图4C 1例OA患者(3级)CT、FRACTURE、T2表现。OA患者(3级), 女性, 70岁。CT(4A)及FRACTURE像(4B)上显示髋关节可见多发骨赘影, 关节面下骨质硬化及囊变, 关节间隙狭窄, T2WI(4C)上显示骨赘无CT及FRACTURE清楚, 显示囊变较清晰。

3 讨论

常规MR成像由于回波时间相对较长,并且编码短T2/T2*衰减的能力有限,在常规MRI图像上常表现为低信号,因此很难精确显示骨质边缘,对骨皮质的显示有限^[8]。FRACTURE序列是一种基于高分辨率3D梯度回波的磁共振技术,它利用具有恒定回波间隔的多个回波和后处理剪影来提供类似CT的图像对比度,提高了骨与软组织的对比度和皮质骨内的分辨率,以便检测骨质情况^[9]。FRACTURE成像依赖于多个回波图像,因此运动伪影不敏感^[10-11]。有研究显示,与常规CT相比,使用FRACTURE序列获得的MR图像对肩部病变的诊断及评估更可靠和准确^[12]。有研究将FRACTURE序列结合常规MR序列,与CT相比,在诊断颈椎骨质增生、终板硬化、颈椎滑脱和椎管狭窄方面具有一定的临床意义^[13]。有报道显示在常规MR检查中添加FRACTURE序列可增加MR检查对膝关节骨质病变的识别能力^[14]。

髋关节骨性关节炎的病理改变为首先出现关节软骨不光滑、变薄及虫蚀状缺损。进一步发展则弯曲消失,露出骨质结构,暴露的骨面不断摩擦出现骨质硬化,由于关节囊内高压、软骨破坏、骨质疏松和积液使关节软骨下形成多个囊状透光区。软骨退变后修补产生的赘生物于骨端边缘形成骨刺。剥脱的软骨碎片和骨碎片浮动于关节腔内,刺激滑膜渗出,加速关节囊的纤维化和瘢痕形成。CT表现为髋关节边缘骨刺形成,局部软骨下骨质密度增加,股骨头及髋臼囊性变以及股骨头密度和形态改变。常规MRI表现为关节软骨退变、关节积液、滑膜增厚、骨质增生、软骨下骨囊肿、骨髓水肿等。骨髓水肿、关节积液、滑膜增生及软骨下骨囊肿T1WI上为低信号,T2WI上为高信号;骨质增生在T1WI及T2WI上均为低信号。常规MRI在骨性关节炎中重点是观察关节软骨、骨髓水肿、关节积液、滑膜病变,常规MRI在显示骨质硬化、骨赘形成和骨囊肿效果较差,但这些异常改变在CT上更易显示^[15-17]。

本研究显示FRACTURE成像与CT两种成像方式相比,对HOA的骨赘、关节面下骨质硬化、关节间隙狭窄的检出率差异不具有统计学意义,仅在关节面下囊变方面FRACTURE成像的检出率低于CT成像方式。FRACTURE成像与常规MRI成像方式相比,FRACTURE成像对髋关节OA的骨赘、关节间隙狭窄的检出率高于常规MRI,对关节面下囊变的检出率低于常规MRI,对关节面下骨质硬化的检出率差异不具有统计学意义,表明FRACTURE成像在显示骨质结构方面从某种程度上可以作为CT检查的替代方案,常规MRI在评估韧带、肌腱、关节软骨、软骨下骨髓水肿、关节囊积液等方面具有显著优势,结合FRACTURE,能够清晰显示骨赘、关节面下骨质硬化、关节间隙狭窄。因此,将FRACTURE技术与常规MRI序列相结合使用,不仅可以对软组织进行评估还能清晰评估骨质情况,达到类似CT的效果,还可以减少CT检查及X线平片检查,并减少辐射暴露。本研究的不足之处是样本量较小,可扩大样本量,进一步证实FRACTURE成像技术在膝关节、颈椎、腰椎等其他部位的退行性变、骨折及骨质疏松方面的应用价值。

综上所述,FRACTURE成像技术对显示HOA关节边缘骨赘、骨质硬化、关节间隙狭窄方面具有优势,弥补了常规MRI平扫在这方面的不足,达到与CT类似的效果,因此,常规MRI平扫加FRACTURE序列,能达到MRI及CT二者的诊断效能,能减少CT的使用,避免CT辐射,有较好的临床应用价值。

参考文献

- [1] Man GS, Mologhianu G. Osteoarthritis pathogenesis - a complex process that involves the entire joint. *J Med Life*, 2014, 7(1): 37-41.
- [2] 陈其春,程晓光,管松,等. 髋关节骨性关节炎CT分级的可重复性研究[J]. 实用放射学杂志, 2018, 34(8): 1235-1238.
- [3] 李静. 基于MRI的髋关节骨性关节炎软组织的形态学研究[D]. 中国人民解放军陆军军医大学, 2019.
- [4] Serai SD, Laor T, Dwek JR, et al. Feasibility of ultrashort TE (UTE) imaging of children at 1.5T[J]. *Pediatr Radiol*, 2014, 44(1): 103-8.
- [5] Ryu S, Park S, Kim E, et al. Fast field echo resembling a CT using restricted echo-spacing (FRACTURE) sequence for shoulder joint in normal dogs[J]. *Front Vet Sci*, 2024, 11: 1298133.
- [6] Deininger-Czermak E, Villefort C, von Knebel Doeberitz N, et al. Comparison of MR ultrashort echo time and optimized 3D-multiecho in-phase sequence to computed tomography for assessment of the osseous craniocervical junction[J]. *J Magn Reson Imaging*, 2021, 53(4): 1029-1039.
- [7] Johnson B, Alizai H, Dempsey M. Fast field echo resembling a CT using restricted echo-spacing (FRACTURE): a novel MRI technique with superior bone contrast[J]. *Skeletal Radiol*, 2021, 50(8): 1705-1713.
- [8] Gascho D, Zoelch N, Tappero C, et al. FRACTURE MRI: Optimized 3D multi-echo in-phase sequence for bone damage assessment in craniocerebral gunshot injuries[J]. *Diagn Interv Imaging*, 2020, 101(9): 611-615.
- [9] Deininger-Czermak E, Euler A, Franckenberg S, et al. Evaluation of ultrashort echo-time (UTE) and fast-field-echo (FRACTURE) sequences of skullbone visualization and fracture detection - a postmortem study[J]. *Neuroradiol*, 2022, 49(3): 237-243.
- [10] Whalen RJ, Provencher MT. Editorial commentary: both 3-dimensional magnetic resonance imaging and computed tomography are valuable for determination of glenoid and humeral bone loss in patients with on- and off-track shoulder instability[J]. *Arthroscopy*, 2024, 40(6): 1789-1792.
- [11] Chung CS, Tu YJ, Lin LS. Comparison of digital radiography, computed tomography, and magnetic resonance imaging features in canine spontaneous degenerative stifle joint osteoarthritis[J]. *Animals (Basel)*, 2023, 13(5): 849.
- [12] Feuerriegel GC, Kronthaler S, Weiss K, et al. Assessment of glenoid bone loss and other osseous shoulder pathologies comparing MR-based CT-like images with conventional CT[J]. *Eur Radiol*, 2023, 33(12): 8617-8626.
- [13] Deininger-Czermak E, Gascho D, Franckenberg S, et al. Added value of ultrashort echo time and fast field echo using restricted echo-spacing MR imaging in the assessment of the osseous cervical spine[J]. *Radiol Med*, 2023, 128(2): 234-241.
- [14] 张琪明, 祁良, 顾敏岚, 等. 快速场回波FRACTURE序列在膝关节骨质异常的初步应用研究[J]. *中国CT和MRI杂志*, 2023, 21(07): 157-159.
- [15] 李新春, 梁荣光. 髋关节常见疾病的影像学诊断(二)[J]. *中华关节外科杂志(电子版)*, 2008, (5): 566-571.
- [16] 董玉香, 潘艳丽, 连晓琳. 老年膝关节骨性关节炎患者自我效能水平的影响因素及护理干预[J]. *罕少疾病杂志*, 2023, 30(03): 101-103.
- [17] 彭楠. 髋关节病变诊断中多层螺旋CT三维重建技术联合DWI的诊断效能研究[J]. *罕少疾病杂志*, 2022, 29(04): 90-92.

(收稿日期: 2024-10-15)

(校对编辑: 姚丽娜)