

· 论著 · 骨骼肌肉 ·

多模态影像对骨质疏松与转移性椎体压缩骨折的鉴别诊断*

张翔亚¹ 刘玉珂^{1,*} 成国印² 张媛媛¹ 侯青青¹

1.河南省洛阳正骨医院(河南省骨科医院)影像中心(河南 洛阳 471000)

2.郑州大学附属洛阳中心医院放射科(河南 洛阳 471000)

【摘要】目的 探讨X线、CT及MRI在骨质疏松性骨折与溶骨性转移瘤致椎体压缩骨折鉴别诊断中的应用价值。方法 回顾性分析2022年9月至2025年2月于河南省洛阳正骨医院(河南省骨科医院)就诊并经临床病理证实的骨质疏松性骨折患者50例及溶骨性转移瘤致椎体骨折患者31例,分析两组患者临床资料及影像学表现的差异并对比各种影像学检查方法在鉴别诊断的应用价值。结果 转移瘤致椎体骨折患者的年龄及骨质疏松率低于骨质疏松性骨折;转移瘤致椎体骨折患者中男性构成比明显高于骨质疏松性骨折。转移瘤致椎体骨折组椎体后缘膨隆、骨折椎体重度压缩、附件受累、椎旁软组织肿块及椎间盘正常的发生率高于骨质疏松性骨折组;而骨折椎体楔形、椎体后角脂肪信号存在、椎体内裂隙征、椎间盘压缩的发生率转移瘤致椎体骨折组低于骨质疏松性骨折组。CT对于骨折线检出率最高,MRI对于骨髓水肿、椎旁软组织肿块显示最佳,联合三种检查骨质破坏的检出率最高。结论 骨质疏松性骨折与溶骨性转移瘤所致椎体骨折影像学表现存在差异,综合多种影像学检查方法可提高诊断准确率。

【关键词】多模态影像;骨质疏松;溶骨性转移瘤;椎体压缩骨折

【中图分类号】R274.1

【文献标识码】A

【基金项目】河南省科技攻关项目(232102310124)

DOI:10.3969/j.issn.1009-3257.2025.10.042

Multi-modality Imaging in the Differential Diagnosis of Osteoporosis and Metastatic Vertebral Compression Fractures*

ZHANG Xiang-ya¹, LIU Yu-ke^{1,*}, CHENG Guo-yin², ZHANG Yuan-yuan¹, HOU Qing-qing¹.

1.Imaging Center, Luoyang Orthopaedic-Traumatological Hospital of Henan Province(Henan Provincial Orthopaedic Hospital), Luoyang 471000, Henan Province, China

2.Department of Radiology, Luoyang Center Hospital Affiliated of Zhengzhou University, Luoyang 471000, Henan Province, China

Abstract: Objective To explore the application value of X-ray, CT and MRI in the differential diagnosis of osteoporotic fracture and vertebral compression fracture caused by osteolytic metastasis. **Methods** A retrospective analysis was conducted on 50 patients with osteoporotic fractures and 31 patients with vertebral compression fractures caused by osteolytic metastases, who were treated at Luoyang Orthopaedic Hospital of Henan Province (Henan Provincial Orthopedic Hospital) from September 2022 to February 2025. All cases were confirmed by clinical pathology and had complete imaging data. The differences in general clinical data and imaging findings between the two groups were analyzed, and the application value of various imaging methods in differential diagnosis was compared. **Results** The age and osteoporosis rate of vertebral fracture caused by osteolytic metastatic tumor were lower than those of osteoporotic fracture. The proportion of male patients with vertebral fractures caused by osteolytic metastases was significantly higher than that of osteoporotic fractures. The incidence of posterior vertebral swelling, vertebral compression, accessory involvement, paravertebral soft tissue mass and normal intervertebral disc in the vertebral fracture group caused by osteolytic metastasis was significantly higher than that in the osteoporotic fracture group, however, the incidence of fracture vertebral wedge, the presence of fat signal at the posterior edge of the vertebral body, the intravertebral fissure sign, and the intervertebral disc compression in the vertebral fracture caused by osteolytic metastasis was lower than that in the osteoporotic fracture group. CT had the highest detection rate of fracture line, while MRI had the best detection rate of bone marrow edema and paravertebral soft tissue mass, and the combination of the three methods had the highest detection rate for bone destruction. **Conclusion** There are differences in imaging findings between osteoporotic fractures and vertebral fractures caused by osteolytic metastases. A comprehensive approach using multiple imaging methods can improve diagnostic accuracy.

Keywords: Multi-modality Imaging; Osteoporosis; Osteolytic Metastatic Tumor; Vertebral Compression Fracture

骨质疏松及恶性转移瘤是椎体压缩骨折(vertebral compression fractures, VCF)常见的非创伤性因素^[1],骨质疏松是一种以骨量减少、骨骼微结构退行性改变、脆性增加并骨折风险增高的一种全身性骨病,轻微外力(如咳嗽、打喷嚏、大笑、甚至翻身、弯腰时)即可出现骨折现象。随着我国人口老龄化的不段加剧,骨质疏松性VCF的病人数量也在逐年上升,给患者、家庭及社会带来沉重负担;转移瘤是老年患者常见的恶性肿瘤,溶骨性转移瘤发生病理性骨折时与骨质疏松性骨折鉴别困难,但二者的治疗方法完全不同,因此早期准确

诊断尤为重要,本研究探讨多模态影像在骨质疏松性VCF与溶骨性转移瘤VCF鉴别诊断中的应用价值。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取2022年9月至2025年2月于河南省洛阳正骨医院(河南省骨科医院)就诊并经临床病理证实的骨质疏松性骨折患者50例,溶骨性转移瘤患者31例,所有患者均行双能X线吸收仪(dual-energy X-ray absorptiometry, DXA)、X线、CT及MRI检查。骨质疏松性VCF组男性6例,女性44例,年龄

【第一作者】张翔亚,女,主治医师,主要研究方向:骨骼肌肉影像诊断。E-mail: 13623795359@163.com

【通讯作者】刘玉珂,男,主任医师,主要研究方向:骨骼肌肉影像诊断。E-mail: yukeliu1975@163.com

48~89岁，平均年龄69.58±8.457岁，BMI15.43~31.56kg/m²，平均值为23.38±3.31kg/m²；溶骨性转移瘤VCF组男性22例，女性9例，年龄39~83岁，平均年龄62.13±10.773岁，BMI18.13~28.18kg/m²，平均值为22.87±2.67kg/m²。

骨质疏松性VCF组纳入标准：经DXA检查T值≤-2.5且经X线、CT或MRI等影像学检查发现椎体压缩骨折的患者^[2]；无明确的原发恶性肿瘤病史；排除标准：有明确外伤史至椎体爆裂骨折、椎管狭窄者；脊柱结核、布氏杆菌性脊柱炎等脊柱感染性病变；存在MRI检查禁忌症不能配合检查者。溶骨性转移瘤VCF组纳入标准：临床病理确诊为脊柱转移瘤且影像学表现脊柱溶骨性骨质破坏致椎体压缩病理性骨折者；排除标准：成骨性转移瘤、脊柱结核等脊柱感染性病变、弥漫性血液系统疾病等。

1.2 检查方法 骨密度测量采用GE双能X线吸收仪，测量患者L1-4前后位的骨密度值及各椎体对应的T值；X线检查采用Kodak DR/锐科公司500 MAX系统以自动曝光条件拍摄胸椎、胸腰段或腰椎标准正侧位；CT采用SOMATOM Definition AS 64排128层螺旋CT扫描仪，参数：准直器宽度38.4mm，扫描层厚0.6mm，依据横轴位图像重建矢状位及冠状位CT图；MRI检查采用Philips Healthcare Ingenia 3.0T超导型磁共振成像仪，表面线圈，扫描参数如下：矢状位FSE-T1WI 序列(TR/TE, 600/12ms)，FSE-T2WI 序列(TR/TE, 2900/110ms)，SPAIR序列(TR/TE, 6700/180ms)，层厚3mm，层间隔0.5mm，FOV: 38~40cm，矩阵：420×280；横轴位FSE-T2WI序列(TR/TE, 2900/129ms)，层厚3mm，层间隔0.5mm，FOV 28cm，矩阵：458×280。

1.3 影像数据观察指标 将所有影像学资料传输至PACS系统，由两名高年资医师进行阅片，重点观察骨折椎体的数量、骨折椎体形态及椎体后部情况、骨折椎体的压缩程度、骨髓水肿、椎体内是否存在积气积液(椎体内裂隙征)、附件是否受累及椎间盘情况等。其中椎体骨折压缩程度的判定标准为前部、中部或后部高度降低20~25%(轻度)、26~40%(中度)和>40%(重度)^[3]如两名医师意见不一致，通过协商达成一致。

1.4 统计学方法 采用SPSS 27.0统计学软件对所有数据进行统计学分析，符合正态分布的计量资料采用 $\bar{x} \pm s$ 表示，采用独立样本t检验进行比较；计数资料用频数或百分比表示，采用 χ^2 检验或Fisher确切概率法进行检验，P<0.05认为差异具有统计学意义。

2 结 果

两组患者的一般临床资料比较(见表1)：溶骨性转移瘤VCF组患者的年龄、骨质疏松的发生率明显小于骨质疏松性VCF组，且差异具有统计学意义(P<0.05)；且溶骨性转移瘤VCF的男性患者构成比明显高于骨质疏松性VCF组，且差异具有统计学意义(P<0.05)。两组患者BMI值无明显差异。

两组患者影像学征象的比较(见表2)：骨质疏松性骨折多表现为椎体压缩呈楔形或双凹形，终板下可见线样的低密度影或长T1长T2信号影，骨折线周围可出现骨髓水肿，部分病例骨髓水肿累及椎弓根，椎体后上角呈尖角状上翘，后缘可见小片状脂肪信号残留，多发椎体骨折多为连续性分布(见图1A~图1F)；溶骨性转移瘤VCF多表现为椎体压缩变扁、皮质断裂，椎体或附件可见片状或结节状长T1长T2信号，椎体后缘膨隆、硬膜囊受压，椎旁可见软组织肿块，多发病灶呈跳跃性分布(见图2A~图2G)。骨质疏松性VCF患者中骨折椎体98个，溶骨性转移瘤VCF骨折椎体43个，溶骨性转移瘤VCF组椎体后缘膨隆、骨折椎体重度压缩、椎间盘正常、附件受累及椎旁软组织肿块的发生率高于骨质疏松性VCF组，且差异具有统计学意义(P<0.05)；骨质疏松VCF组骨折椎体楔形、椎体后角脂肪信号存在、椎体内裂隙征、椎间盘压缩的发生率大于溶骨性转移瘤VCF组，且差异具有统计学意义(P<0.05)。

多种影像学检查方法对于两组疾病部分影像学征象的检出率比较(见表3)：对于骨质疏松性VCF骨折线的识别，CT的检出率最高；对于骨髓水肿、附件受累MRI的检查率较高。对于溶骨性转移瘤VCF中骨质破坏的识别，X线的检出率相对较低，CT及MRI的检出率较高，综合三种检查方法对骨质破坏的检出率进一步提高；椎旁软组织肿块MRI的检出率最高；对于附件受累的检出，综合三种影像学检查方法的检查率最高。

表1 骨质疏松与溶骨性转移瘤致椎体骨折患者的临床资料比较(%)

组别	年龄	性别(男)	BMI(kg/m ²)	骨质疏松(T值≤-2.5)
骨质疏松性骨折(n=50)	69.58±8.457	6(12.00)	23.38±3.31	50(100)
转移瘤致椎体骨折(n=31)	62.13±10.773	22(70.96)	22.87±2.67	4(12.90)
t/χ ² 值	3.446	29.418	0.729	65.323
P值	<0.001	<0.001	0.468	<0.001

表3 X线、CT及MRI对骨质疏松性骨折及溶骨性转移瘤致椎体骨折部分征象的检出率[例(%)]

检查方法	骨质疏松性骨折(n=98)			溶骨性转移瘤致椎体骨折(n=43)		
	骨折线	附件受累	骨髓水肿	骨质破坏	附件受累	软组织肿块
X线	56(57.14)	1(1.02)	-	18(41.86)	13(30.23)	2(4.65)
CT	95(96.93)	4(4.08)	-	34(79.06)	29(67.44)	28(65.11)
MRI	91(92.85)	6(6.12)	85(86.73)	39(90.69)	38(88.37)	42(97.67)
X线+CT+MRI	95(96.93)	6(6.12)	85(86.73)	42(97.67)	40(93.02)	42(97.67)
χ ² 值	93.141	4.120	-	45.462	50.056	111.025
P值	<0.001	0.249	-	<0.001	<0.001	<0.001

表2 骨质疏松与溶骨性转移瘤致椎体骨折患者的影像学数据比较[例(%)]

组别	骨折椎体数量	骨折椎体形态			椎体后缘膨隆	椎体后角脂肪信号存在
		楔形	双凹形	扁平形		
骨质疏松性骨折(n=50)	98	38(38.77)	55(56.12)	5(5.10)	0	64(65.30)
转移瘤致椎体骨折(n=31)	43	9(20.93)	28(65.11)	6(13.95)	26(60.46)	13(30.23)
χ^2 值	-	4.283	0.998	3.255	72.653	14.832
P值	-	0.038	0.318	0.071	<0.001	<0.01

组别	重度压缩(>椎体高度40%)	椎体内裂隙征			附件受累	椎旁软组织肿块	椎间盘
		正常	压缩	增宽			
骨质疏松性骨折(n=50)	6(6.12)	13(13.26)	6(6.12)	0	29(29.59)	33(33.67)	36(36.73)
转移瘤致椎体骨折(n=31)	11(25.58)	0	40(93.02)	42(97.67)	22(51.16)	6(13.95)	15(34.88)
χ^2 值	10.673	6.283	102.679	136.330	6.023	5.808	0.029
P值	0.001	0.012	<0.001	<0.001	0.014	0.016	0.866



图1A～图1F 女，64岁，多发椎体骨质疏松性骨折。图1A～1C为X线及CT检查显示腰椎骨质疏松、骨小梁稀疏；X线显示T11、L2、L4椎体压缩变扁，胸腰段椎体略后凸畸形；CT显示L3、L5椎体前缘骨皮质不连续；图1D～图1F 为MRI检查显示T11、L2椎体压缩变扁，信号正常(提示为陈旧骨折)；T12椎体可见线样、片状长T1长T2信号(骨折线及周围骨髓水肿)，L3、L5终板下可见线样长T1长T2信号(骨折线)。L4终板下可见小片状骨髓水肿。图2A～图2G 男，56岁，肺癌脊柱转移。图2A 为X线检查显示T12、L3椎体骨质密度不均匀减低；图2B 为CT检查显示T12、L3、L4椎体可见团片状溶骨性骨质破坏，L3椎体病理性骨折；图2C～图2F 为MRI检查显示T12、L3、L4及S4～5可见团片状骨质破坏，T12及L3椎体病理性骨折、椎体后缘膨隆，横轴位箭头所示L3附件受累及椎旁软组织肿块；图2G 显示右肺上叶肺癌。

3 讨论

骨质疏松性VCF好发于脊柱、髋部、腕部和肱骨近端,其中以脊柱骨折最为常见,60岁以上女性的椎体骨折患病率为17.3%,普遍高于同年龄段的男性^[4-5]。然而对于老年人来说,脊柱是恶性肿瘤转移的常见部位,椎体骨折的良恶性鉴别仍是临床医师常常面对但较难准确诊断的一个问题。虽然一些新兴的医学影像技术^[6-8]在鉴别椎体骨折良恶性方面展现出了较高的灵敏度和特异性,但评估参数较多,尚未形成统一标准,且大多数基层医院并不具备这些设备或后处理软件,其实际应用受限,因此运用多种传统影像学检查方法并总结其特征是非常必要的。

3.1 骨折椎体形态的鉴别 骨质疏松性骨折多表现为椎体压缩,多呈楔形或双凹形,本研究中骨质疏松性VCF楔形的发生率高于溶骨性转移瘤VCF,且差异具有统计学意义,与多数学者的研究结果一致^[9-11],但也有文献报道^[12-13]溶骨性转移瘤VCF骨折椎体主要为扁平形,本研究中两组患者骨折椎体扁平形的差异并不具有统计学意义,可能与本研究溶骨性转移瘤VCF组病例数较少有关。此外,骨质疏松性VCF椎体前柱受累多见,终板下可见线样低密度骨折线影或长T1长T2信号影,椎体后缘形态正常,或可见骨折线达椎体后缘,溶骨性转移瘤VCF椎体后缘常膨隆向后突出压迫硬膜囊,这与转移瘤生长方式及椎体静脉的解剖分布有关,静脉逆行转移是脊柱转移的常见途径,在脊柱的每一个节段,胸腹盆腔的静脉与脊柱Batson静脉丛均有联系,且缺乏静脉瓣,因此在肌肉牵拉或胸腹腔压力增高时,体部的肿瘤很容易绕过肺部而直接经过Batson静脉丛逆流进入椎体后部静脉^[14],因此转移瘤常常侵犯椎体后部及椎弓根,同时由于肿瘤浸润并破坏皮质,轴向载荷会导致肿块膨胀至腹侧硬膜外腔,凸起延伸超过椎体的正常后缘,导致椎体后缘膨隆呈凸形,而不是正常的解剖凹形^[15],本研究也证实了这一点,溶骨性转移瘤VCF后缘膨隆及附件受累明显高于骨质疏松VCF。

3.2 骨折椎体信号的鉴别 椎体内裂隙征(intravertebral cleft, IVC)在X线、CT上表现为骨折椎体中央或终板下线样、半月形的低密度透光区,病变椎体塌陷变扁,在MRI上的信号与裂隙内容物有关,若内容物为气体,则表现为长T1短T2信号,若为液体则为长T1长T2信号,椎体内裂隙征与迟发性椎体缺血坏死(Kümmell病)高度相关^[16],有学者^[17]认为椎体内裂隙征是骨质疏松性骨折自然病程中的一个影像学征象,提示了其不良预后。本研究中骨质疏松性VCF组中有13例出现了IVC征,而溶骨性转移瘤VCF组未发现此征象。此外骨质疏松性VCF椎体内可见片状骨髓水肿信号,但椎体后角尖角翘起常常保留正常的黄骨髓信号,称为“后角回避征”^[18],本研究中骨质疏松性VCF组“后角回避征”高于溶骨性转移瘤VCF组。

3.3 椎间盘情况及周围软组织肿块的鉴别 本研究中骨质疏松性VCF组中骨折椎体相邻椎间盘多为增宽或压缩,而溶骨性转移瘤VCF多为正常,且两组患者在椎间盘正常及压缩的比较中存在统计学差异,可能是因为骨质疏松性VCF患者由于长期重力原因椎间盘处于压缩状态,同时由于部分椎体的重度压缩,椎间盘相对增宽,而溶骨性转移瘤性VCF患者由于椎间盘内无血管,终板软骨对肿瘤有一定的阻挡作用,因此椎间盘多表现为正常^[19]。由于转移瘤血供丰富,生长速度快,较易穿破椎体骨皮质形成软组织肿块,而骨质疏松患者由于椎体楔形容易形

成椎体后凸或侧弯畸形,此时腰大肌可能会代偿性增大但不会出现椎旁软组织肿块。

3.4 三种影像学检查方法对两组疾病部分征象的检出率比较 X线由于其空间分辨率高,价格低廉,在临床筛查椎体骨折方面发挥重要作用,CT对骨质细节的显示尤为清晰,在本研究中CT对于骨折线的检出率最高;MRI凭借其较高的软组织分辨率和任意方位、任意角度成像对骨髓水肿、椎旁软组织肿块显示最佳,对于CT不能显示的骨小梁骨折可以通过骨髓水肿提示椎体骨折。因此MRI对两种疾病的诊断准确率高于X线及CT,并具有较高的灵敏度及特异性^[20-21],但由于其较低的空间分辨率及自身的图像信号特点,对于一些微小的骨质破坏、皮质断裂的显示能力并不如CT,本研究中将三者结合进一步提高了部分影像征象的检出率。

综上所述,骨质疏松性VCF与溶骨性转移瘤性VCF在骨折椎体形态、椎体后缘膨隆及椎体后角脂肪信号存在、椎体内裂隙征、附件受累、椎旁软组织肿块及椎间盘情况方面存在差异,综合运用多种影像学检查方法进行信息交叉验证,减少单一影像学产生的信息噪声,可提高诊断准确率,为临床医师制定合理的治疗方案提供影像学依据。

参考文献

- [1] Chee CG, Yoon MA, Kim KW, et al. Combined radiomics-clinical model to predict malignancy of vertebral compression fractures on CT[J]. Eur Radiol, 2021, 31(9): 6825-6834.
- [2] 中华医学会放射学分会骨关节学组, 中国医师协会放射医师分会肌骨学组, 中华医学会骨科学分会骨质疏松学组, 中华医学会影像技术学会骨密度学组. 骨质疏松的影像学及骨密度诊断专家共识[J]. 中国骨质疏松杂志, 2020, 26(9): 1249-1256.
- [3] Genant HK, Wu CY, van Kuijk C, et al. Vertebral fracture assessment using a semiquantitative technique[J]. J Bone Miner Res, 1993, 8(9): 1137-1148.
- [4] Gao C, Xu Y, Li L, et al. Prevalence "osteoporotic vertebral fracture among community-dwelling elderly in Shanghai[J]. Chinese Medical Journal, 2019, 132(14): 1749-1751.
- [5] 颜金祥, 刘家明, 刘子豪, 等. 不同部位骨质疏松性骨折的患病率调查[J]. 中华骨与关节外科杂志, 2024, 17(1): 79-83.
- [6] 茹云, 乔宏宇, 李新苗. MRI水-脂分离Dixon技术与弥散加权成像技术在良恶性椎体压缩性骨折诊断中的应用[J]. 中医正骨, 2021, 33(10): 47-51.
- [7] 苏超, 田或潇, 侯晓宙, 等. 基于MRI影像学鉴别诊断良恶性椎体压缩骨折的Meta分析[J]. 临床放射学杂志, 2024, 43(10): 1771-1776.
- [8] 刘婷, 何炜, 刘倩, 等. MRS与18F-FDG PET/CT影像对骨质疏松与转移性椎体压缩性骨折的鉴别诊断[J]. 医学影像学杂志, 2020, 30(5): 834-838.
- [9] 高敬静, 郑飞, 任晓慧, 赵博, 苏明. 人工智能CT在骨质疏松性椎体压缩性骨折诊断及骨折程度评估中的应用[J]. 中国CT和MRI杂志, 2024, 22(9): 157-159.
- [10] 王海蛟, 倪水军, 徐亦生. X线、CT和MRI多模态影像对溶骨性转移瘤和骨质疏松致椎体压缩性骨折的诊断价值分析[J]. 中国医师进修杂志, 2022, 45(11): 997-1003.
- [11] 陈胜, 毛湘青. MRI在鉴别骨质疏松性椎体骨折及转移性肿瘤所致椎体骨折中的应用价值分析[J]. 中国CT和MRI杂志, 2021, 19(12): 160-162.
- [12] 郑悦, 谢波. CT、MRI在椎体压缩骨折患者良恶性鉴别效果及影像学分析[J]. 浙江创伤外科, 2024, 29(2): 366-369.
- [13] Jones A, Bray T, Mandl P, et al. Performance of magnetic resonance imaging in the diagnosis of axial spondyloarthritis: a systematic literature review[J]. Rheumatology (Oxford), 2019, 58: 1955-1965.
- [14] 崔磊, 廖旭东, 巴奇, 等. 脊柱转移瘤在椎骨上的分布与血行播散模式(附68例分析)[J]. 医学影像学杂志, 2003, 13(9): 621-623.
- [15] Mauch JT, Carr CM, Cloft H, et al. Review of the imaging features of benign osteoporotic and malignant vertebral compression fractures[J]. AJNR Am J Neuroradiol, 2018; 39(9): 1584-1592.
- [16] 杨丰源, 杜俊杰, 谢泊文, 等. Kümmell病的诊断与治疗进展[J]. 中国矫形外科杂志, 2024, 32(3): 243-248.
- [17] 孙亦强, 王秀双, 李建军, 等. 椎体内裂隙征引起的椎体动态不稳与神经功能损伤的关系[J]. 中国组织工程研究, 2020, 24(18): 2900-2905.
- [18] 万媛, 苗雷. 良恶性椎体压缩骨折影像学鉴别诊断及研究进展[J]. 临床放射学杂志, 2023, 42(2): 349-352.
- [19] 邹晓勇, 毕文志, 崔翔, 等. 骨质疏松与恶性肿瘤转移致椎体压缩性骨折MRI、CT影像学特点及鉴别诊断[J]. 创伤外科杂志, 2020, 22(10): 727-732.
- [20] 李孟磊, 葛英霖, 韩海林. 骨质疏松与溶骨性转移瘤致椎体压缩骨折的多模态影像应用研究[J]. 实用放射学杂志, 2020, 36(1): 95-98.
- [21] Li K, Huang L, Lang Z, et al. Reliability and validity of different MRI sequences in improving the accuracy of differential diagnosis of benign and malignant vertebral fractures: a meta-analysis[J]. Am J Roentgenol, 2019, 213(2): 427-436.

(收稿日期: 2025-03-03)

(校对编辑: 韩敏求)