

论 著

# Analysis of Diagnostic Value and Accuracy of DR Combined with MR Examination in Ischemic Necrosis of the Femoral Head\*

LIN Jun-jie, ZHANG Si-wei\*, Li Jia-qi, XU Tao, ZANG Wen-he.

Department of Imaging, Fangcun Hospital, Guangdong Provincial Hospital of Chinese Medicine, Guangzhou 510370, Guangdong Province, China

## DR联合MR检查在股骨头缺血性坏死中的诊断价值及准确性分析\*

林俊杰 张思伟\* 李嘉琪

徐滔 臧文赫

广东省中医院芳村医院影像科

(广东广州 510370)

**【摘要】目的** 探讨数字化X线摄影(DR)联合磁共振(MR)检查对股骨头缺血性坏死的诊断价值。**方法** 收集本院2020年5月至2022年5月期间治疗的127例骨科患者作为研究对象,经最终病理结果证实股骨头缺血性坏死患者80例、非股骨头缺血性坏死患者47例。采用 $\chi^2$ 检验比较诊断价值,比较DR、MR单独及联合诊断股骨头缺血性坏死与病理结果的一致性。**结果** MR对股骨头缺血性坏死I期的检出率高于DR,对IV期的检出率低于DR( $P<0.05$ )。MR对股骨头缺血性坏死患者线样征、骨髓水肿、骨小梁模糊的检出率高于DR,对局部囊变的检出率低于DR( $P<0.05$ )。与病理结果的一致性分别为中度、较高、极高,Kappa值分别为0.546、0.668、0.900( $P<0.05$ )。DR联合MR诊断股骨头缺血性坏死的特异度、阳性预测值、准确性显著高于二者单独诊断,敏感度、阴性预测值高于DR单独诊断( $P<0.05$ )。**结论** MR对股骨头缺血性坏死疾病早期检出率和线样征等典型征象检出率高于DR,二者联合后的诊断特异度、阳性预测值高于单独诊断,有较高的临床应用价值。

**【关键词】** 股骨头缺血性坏死;数字化X线摄影;磁共振;诊断价值

**【中图分类号】** R681.8

**【文献标识码】** A

**【基金项目】** 2016年广东省科技厅  
研究项目(2016KT1071)

**DOI:**10.3969/j.issn.1672-5131.2025.11.050

### ABSTRACT

**Objective** To explore the diagnostic value of digital radiography (DR) combined with magnetic resonance imaging (MR) for avascular necrosis of the femoral head. **Methods** A total of 127 orthopedic patients treated in our hospital from May 2020 to May 2022 were regarded as the study subjects. The final pathological results confirmed 80 patients of avascular necrosis of the femoral head and 47 patients non avascular necrosis of the femoral head. The diagnostic value was compared using  $\chi^2$  test, and the consistency between DR, MR, and pathological results in the diagnosis of avascular necrosis of the femoral head. **Results** The detection rate of stage I avascular necrosis of the femoral head in MR was higher than that in DR, while the detection rate of stage IV was lower than that in DR ( $P<0.05$ ). The detection rates of linear signs, bone marrow edema, and blurred trabeculae in patients with avascular necrosis of the femoral head in MR were higher than those in DR, while the detection rate of local cystic changes was lower than that in DR ( $P<0.05$ ). The consistency with pathological results was moderate, high, and extremely high, respectively, the Kappa value of 0.546, 0.668, and 0.900, respectively ( $P<0.05$ ). The specificity, positive predictive value, and accuracy of DR combined with MR in diagnosing avascular necrosis of the femoral head are significantly higher than those of DR alone, with higher sensitivity and negative predictive value than DR alone ( $P<0.05$ ). **Conclusion** MR has a higher early detection rate of disease and linear sign detection rate of typical signs of avascular necrosis of the femoral head compared to DR, and the diagnostic specificity and positive predictive value of the combination of the two are higher than those of individual diagnosis, which has high clinical application value.

**Keywords:** Avascular Necrosis Of The Femoral Head; Digital X-Ray Photography; Magnetic Resonance; Diagnostic Value

股骨头缺血性坏死是一种无菌性的骨坏死,因股骨头近端血液供应中断引起,导致骨细胞死亡<sup>[1]</sup>。股骨头缺血性坏死通常发生于年龄处于20~40岁间的体力活动人群,若不及时诊断和治疗,可导致终身残疾,严重影响患者生活质量<sup>[2]</sup>。因此,早期明确诊断、及时评估患者疾病进展是改善股骨头缺血性坏死的关键。影像学检查手段已成为临床中不可或缺的有效、实用的诊断方法,随着影像学技术的不断革新和进步,使得股骨头坏死的影像诊断进入全新时代<sup>[3]</sup>。数字化X线摄影(digital radiography, DR)检查在目前股骨头缺血性坏死的临床诊断中较为常用,是其主要检查方式,但其诊断价值仍有所争议<sup>[4]</sup>。磁共振(magnetic resonance, MR)成像作为临床疾病的常用诊断方法,具有定位准确、软组织分辨率高等优势,可清晰的显示股骨头早期水肿和血窦扩张,并通过多个成像参数清晰且准确地显示和定位股骨头的形态变化<sup>[5]</sup>。上述文献<sup>[4-5]</sup>报道DR、MR对股骨头缺血性坏死均有一定的诊断价值,但二者对疾病不同分期的检出率可能存在差异,且二者的诊断价值均需进一步提高。因此,本研究通过对股骨头缺血性坏死进行DR和MR检查,探讨二者联合后在股骨头缺血性坏死中的诊断效能和准确性。

## 1 资料与方法

**1.1 一般资料** 收集本院2020年5月至2022年5月期间治疗的127例骨科患者作为研究对象,经最终病理结果证实股骨头缺血性坏死患者80例(80例患者中单侧发病38例,双侧发病42例,患髌122个)、非股骨头缺血性坏死患者(类风湿性关节炎25例、强直性脊柱炎累及髌关节6例、骨关节炎16例)47例,阳性患者25岁~70岁,平均年龄(50.89±12.45)岁,男性45例,女性35例;阴性患者年龄22岁~71岁,平均年龄(53.87±13.28)岁,男性22例,女性25例。本研究符合伦理标准,经医院伦理委员会审批通过,伦理批号:2019101。

**纳入标准:** 股骨头缺血性坏死诊断符合诊疗标准<sup>[6]</sup>,临床表现为关节僵硬、活动受限、腰部疼痛、髌关节疼痛;临床资料无丢失或缺损;无DR或MR检查禁忌症。排除标准:合并精神方面疾病患者;有甲状腺功能异常疾病、免疫系统疾病;合并器官功能不全或恶性肿瘤;妊娠或哺乳期女性。

### 1.2 方法

**1.2.1 DR检查** 采用美国GE公司生产的Revolution XR/d型DR摄像系统对患者进行骨盆正位检查,80 kV,80 mAs的曝光条件。患者检查前避免劳累负重,饮食需清淡且避免辛辣饮食刺激,检查时患者取站立位或平卧位,两下肢伸直,足尖内旋15~20°,两姆趾

**【第一作者】** 林俊杰,男,主管技师,主要研究方向:影像技术,CT及MRI技术。E-mail: nuanbi3@163.com

**【通讯作者】** 张思伟,男,主任医师,主要研究方向:骨关节运动创伤,骨质疏松影像学研究。E-mail: nuanbi3@163.com

内侧相互接触, 摄影对准两侧髌前上棘连线中点至耻骨结合上缘连线的中点垂直射入, 图像双侧髌关节对称显示。I期: DR摄片显示股骨头无变形, 关节间隙正常; II期: DR摄片显示股骨头无变形, 关节间隙正常, 坏死期骨质相对密度增高, 周围可见点状密度减低区和囊性改变; III期: DR摄片显示股骨头轻度变形, 星状征变形, 但关节间隙未变窄, 软骨下分布的低密度呈“新月征”, 软骨下骨质密度增高; IV期: DR摄片显示股骨头变形破碎、塌陷, 关节软骨下骨板不平整。

**1.2.2 MR检查** 采用德国西门子公司生产的MAGNETOM Essenza 1.5 T MR扫描仪对患者进行检查, 患者检查前避免劳累负重, 饮食需清淡且避免辛辣饮食刺激, 检查时取仰卧位, 双下肢伸直, 双髌关节以功能位进行摆放, 使用沙袋等固定双足内旋15-20°。行常规T1WI、T2WI横断面扫描, PDWI斜矢状面及斜冠状面扫描。扫描时层间距1 mm, 层厚设定3mm, 扫描范围自髌白上缘5 cm起至股骨粗隆下缘结束。I期: 未见股骨头变形, 但T1WI下负重区线条形低信号; II期: 未见股骨头变形, 但T1WI下股骨头前上其他边缘信号有“新月征”; III期: 有股骨头变形但关节腔正常, T1WI下为带状低信号, T2WI下为中高信号; IV期: 有退行性骨关节病征象, 关节间隙变窄。扫描结果由两名经验丰富的影像科医师分别阅片并给出诊断结果, 若诊断结果有差异, 则由两名医师共同商议得出最终诊断结果。

**1.3 观察指标** 对比不同诊断方式下股骨头缺血性坏死分期检出率; 对比不同诊断方式下股骨头缺血性坏死典型征象检出率; DR、MR单独诊断股骨头缺血性坏死与病理结果的一致性比较; DR联合MR诊断股骨头缺血性坏死与病理结果的一致性比较;

DR、MR单独及联合对股骨头缺血性坏死的诊断效能比较。

**1.4 统计学方法** 采用SPSS 25.0软件对研究数据进行统计学分析, 计数资料以例数或例数(百分比)[n或n(%)]表示, 组间行 $\chi^2$ 检验比较; 采用一致性Kappa检验比较DR、MR单独及联合诊断股骨头缺血性坏死与病理结果的一致性, 其中Kappa $\leq$ 0.4、0.4<Kappa $\leq$ 0.6、0.6<Kappa $\leq$ 0.8、Kappa>0.8分别表示一致性不佳、中度、较高、极高。P<0.05为差异有统计学意义。

## 2 结果

**2.1 不同诊断方式下股骨头缺血性坏死分期检出率比较** MR对股骨头缺血性坏死I期的检出率显著高于DR, 对IV期的检出率显著低于DR(P<0.05)。见表1。

**2.2 不同诊断方式下股骨头缺血性坏死典型征象检出率比较** MR对股骨头缺血性坏死患者线样征、骨髓水肿、骨小梁模糊的检出率显著高于DR, 对局部囊变的检出率显著低于DR(P<0.05)。见表2。

**2.3 DR、MR单独诊断股骨头缺血性坏死与病理结果比较** DR、MR单独诊断股骨头缺血性坏死时的假阴性分别为14例和12例, 假阳性分别为13例和8例, 与病理结果的一致性分别为中度和较高, Kappa值分别为0.546、0.668(P<0.05)。见表3。

**2.4 DR联合MR诊断股骨头缺血性坏死与病理结果比较** DR联合MR诊断股骨头缺血性坏死时的假阴性为5例, 假阳性1例, 与病理结果的一致性为极高, Kappa值为0.900(P<0.05)。见表4。

**2.5 DR、MR单独及联合对股骨头缺血性坏死的诊断效能比较** DR联合MR诊断股骨头缺血性坏死的特异度、阳性预测值、准确性显著高于二者单独诊断, 敏感度、阴性预测值高于DR单独诊断

表1 不同诊断方式下股骨头缺血性坏死分期检出率比较[n(%)]

| 诊断方式       | I期(n=18)   | II期(n=27)  | III期(n=21) | IV期(n=14) |
|------------|------------|------------|------------|-----------|
| DR         | 8(44.44)   | 24(88.89)  | 21(100.00) | 13(92.86) |
| MR         | 18(100.00) | 27(100.00) | 20(95.24)  | 3(21.43)  |
| $\chi^2$ 值 | 13.846     | 1.412      | 0.000      | 14.583    |
| P值         | 0.000      | 0.235      | 1.000      | 0.000     |

表2 不同诊断方式下股骨头缺血性坏死典型征象检出率比较[n(%)]

| 诊断方式       | 线样征(n=95) | 局部囊变(n=91) | 骨髓水肿(n=95) | 骨小梁模糊(n=81) |
|------------|-----------|------------|------------|-------------|
| DR         | 36(37.89) | 89(97.80)  | 26(27.37)  | 21(25.93)   |
| MR         | 91(95.79) | 41(45.05)  | 93(97.89)  | 78(96.30)   |
| $\chi^2$ 值 | 71.835    | 62.031     | 100.948    | 84.390      |
| P值         | 0.000     | 0.000      | 0.000      | 0.000       |

表3 DR、MR单独诊断股骨头缺血性坏死与病理结果比较(n)

| 病理结果     | DR       |          | MR       |          |
|----------|----------|----------|----------|----------|
|          | 阳性(n=79) | 阴性(n=48) | 阳性(n=76) | 阴性(n=51) |
| 阳性(n=80) | 66       | 14       | 68       | 12       |
| 阴性(n=47) | 13       | 34       | 8        | 39       |
| Kappa值   | 0.546    |          | 0.668    |          |
| P值       | 0.000    |          | 0.000    |          |

表4 DR联合MR诊断股骨头缺血性坏死与病理结果比较(n)

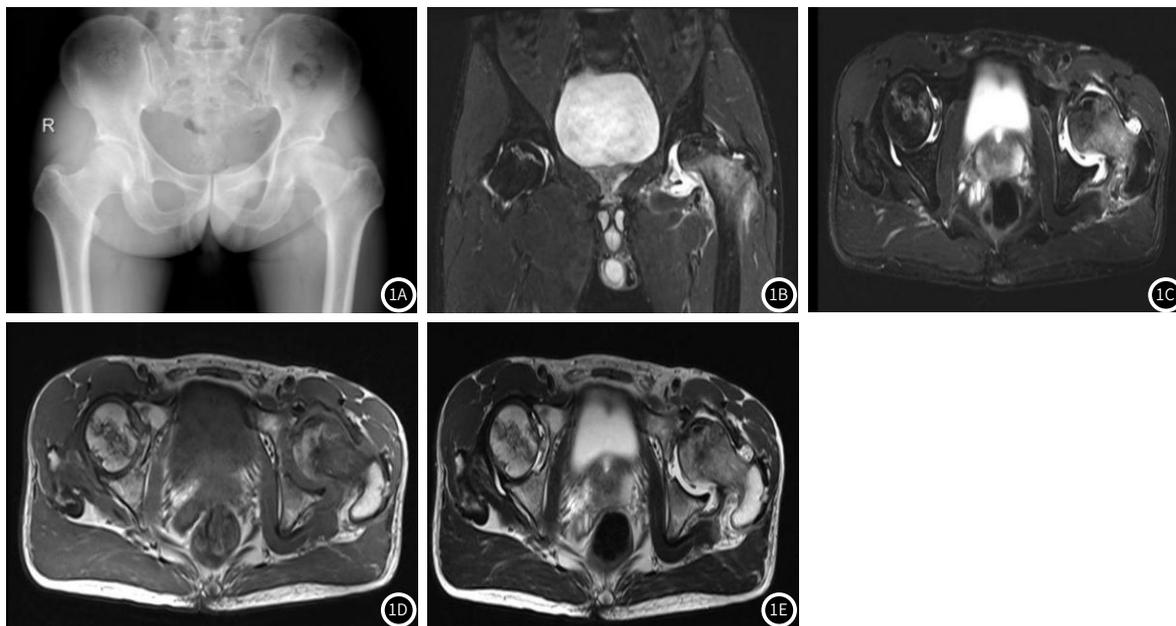
| 病理结果     | DR联合MR   |          |
|----------|----------|----------|
|          | 阳性(n=76) | 阴性(n=51) |
| 阳性(n=80) | 75       | 5        |
| 阴性(n=47) | 1        | 46       |
| Kappa值   | 0.900    |          |
| P值       | 0.000    |          |

表5 DR、MR单独及联合对股骨头缺血性坏死的诊断效能比较(%)

| 诊断方法   | 敏感度                       | 特异度                       | 阳性预测值                     | 阴性预测值                     | 准确性                         |
|--------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------------|
| DR     | 82.50(66/80) <sup>a</sup> | 72.34(34/47) <sup>a</sup> | 83.54(66/79) <sup>a</sup> | 70.83(34/48) <sup>a</sup> | 78.74(100/127) <sup>a</sup> |
| MR     | 85.00(68/80)              | 82.98(39/47) <sup>a</sup> | 89.47(68/76) <sup>a</sup> | 76.47(39/51)              | 84.25(107/127) <sup>a</sup> |
| DR联合MR | 93.75(75/80)              | 97.87(46/47)              | 98.68(75/76)              | 90.20(46/51)              | 95.28(121/127)              |

注: 与DR联合MR比较, <sup>a</sup>P<0.05。

( $P < 0.05$ )。见表5。



**图1** 典型病例1的DR (A) 和MR (B-E) 影像图。患者1, 男性, 47岁, 2022年3月入院, DR显示左侧股骨头变扁, 右侧股骨头未见明显异常。MR显示左侧股骨头软骨下骨质塌陷, 股骨头颈髓腔内见大片状骨髓水肿信号, T1WI呈低信号, T2WI呈高信号; 右侧股骨头可见双线性征, T1WI上见线状及斑片状低信号影, T2WI呈高信号。



**图2** 典型病例1的DR (A) 和MR (B-E) 影像图。患者2, 男性, 28岁, 2022年7月入院, DR显示双侧股骨头外上缘区骨小梁模糊。MR显示双侧股骨头线样征, 许多斑片状T1加权低信号, T2加权压脂高信号骨髓水肿, 骨小梁模糊等异常。

## 2.6 典型病例影像学资料 典型病例DR和MR影像图见图1、图2。

### 3 讨论

股骨头缺血性坏死可能是由于创伤或非创伤背景下发生的缺血, 其最常见病因包括骨折、皮质类固醇治疗、髋关节脱位、酗酒<sup>[7]</sup>。股骨头缺血性坏死在发病早期症状并无特异性, 其中部分患者也可能出现膝关节和髋关节疼痛<sup>[8]</sup>。股骨头缺血性坏死的治疗效果与确诊时的病程分期有关, 若患者病情进展至III期和IV期, 病情短时间内出现加重情况, 股骨头易塌陷和碎裂<sup>[9]</sup>。因此, 早期诊断股骨头缺血性坏死尤为重要。

目前研究显示, 尽管CT、X线、MR在诊断股骨头缺血性坏死时均有不足, 但MR的诊断优势仍十分可观<sup>[10]</sup>。MR在检查股骨头坏死时, 可不受扫描范围的制约, 可全方位深层检查股骨头病变的所有部位<sup>[11]</sup>。MR可通过反映股骨中脂肪细胞信号强度, 全方位分析组织坏死情况, 并系统分析股骨头坏死早期的线状物和片状物<sup>[12]</sup>。既往研究显示, MR检查时可显示股骨头早期肉芽浸润、坏死和骨髓水肿等病灶<sup>[13]</sup>。本研究结果同样显示, MR对股骨头缺血性坏死患者线样征、骨髓水肿、骨小梁模糊的检出率较高, 与苏

鸿林等<sup>[14]</sup>研究结果部分一致。进一步提示MR可对股骨头病变的所有部位进行成像和扫描,进而有效检出股骨头缺血性坏死的典型征象。本研究MR诊断结果与病理结果的一致性较高(Kappa值为0.668),而刘华炳等<sup>[15]</sup>研究结果中MR诊断股骨头缺血性坏死与临床检查结果的一致性高于本研究,Kappa值为0.797,分析认为本研究结果与上述研究的差异可能是由于样本量差异造成,今后将增大病例数进行验证分析。且本研究结果显示,MR检测的特异度相对较低,较难确定疾病严重程度,进而影响后续治疗。

DR检查的基础是人体组织吸收X线的能力,但其密度分辨率相对较低,对于疾病的早期诊断效果可能不十分理想<sup>[16-17]</sup>。梁志聪等<sup>[18]</sup>研究发现,DR诊断股骨头缺血性坏死的敏感度、特异度和准确性分别为83.67%、71.43%、77.55%,本研究结果与其基本一致。本研究结果表明,DR诊断股骨头缺血性坏死的敏感度相对较高,与病理结果中度一致,Kappa值为0.546。提示DR对于股骨头缺血性坏死具有一定诊断价值,且DR检查的优势在于检查方式简单、经济、方便且应用广泛,可在疾病诊断的诊断和分期作为常规检查手段。然而本研究DR诊断股骨头缺血性坏死的特异度较低,分析原因在于DR扫描的扫描速度虽较快、可反映骨性关节炎实际情况,但其扫描范围受制约,局限性较大,因此易发生误诊的情况。

此外,本研究中MR对股骨头缺血性坏死I期的检出率显著高于DR,对IV期的检出率显著低于DR。提示MR对股骨头缺血性坏死早期病灶的诊断效能更高,而DR在晚期病灶的诊断中有较高的准确度。分析认为疾病早期时,病灶处新生血管和组织未出现延伸,且未产生新生骨,而当晚期病灶在坏死骨区时,坏死骨边缘才会出现上述变化,此时DR扫描才能观察到实际病灶情况。而MR早期明确病变的可能原因为:股骨的血流供应中断几天后,髓腔内脂肪细胞和造血干细胞即可发生缺血性坏死,进而引起MR扫描信号发生改变。进一步将DR和MR联合后发现联合诊断特异度达97.87%,与徐文奎等<sup>[19]</sup>研究结果中MR联合CT诊断的特异度(95.00%)基本一致。提示DR和MR联合诊断效果更优,可有效提高临床诊断的特异度和阳性预测值,既能实现病变部位的早期精准定位,又有利于全面观察病变处的实际情况,降低误诊情况的发生,为后续治疗方案的早期制定提供可靠依据。

综上,采用DR联合MR可有效提高股骨头缺血性坏死的早期检出率和诊断特异度,二者优势互补,可避免误诊情况发生,为临床提供较为可靠的影像联合检测支持,有利于临床早期治疗,提高股骨头缺血性坏死患者的生活质量,值得临床大量推广使用。

## 参考文献

[1]傅晗,赵云超,李琼慧,等.药物灌注治疗股骨头缺血坏死的效果及MRI表现[J].中国CT和MRI杂志,2023,21(2):155-157.

[2]Woerner M,Voelkl K,Ferner F,et al.Avascular necrosis of the femoral head:three-dimensional measurement of drilling precision reveals high accuracy and no difference between fluoroscopically controlled core decompression and cancellous bone grafting[J].Arch Orthop Trauma Surg,2023,143(8):4713-4719.

[3]杨中杰,郭爱菊,高敬平.急性缺血性脑卒中易患体质类型与颈动脉易损斑块CTA影像表现相关性研究[J].罕少疾病杂志,2025,32(5):27-29.

[4]梁建利.MRI、CT、DR对股骨头缺血性坏死的检查和诊断[J].中文科技期刊数据库(全文版)医药卫生,2021,5(1):205-205.

[5]Gondim Teixeira PA,Dubois L,Hossu G,et al.Quantitative dynamic contrast-enhanced MRI of bone marrow perfusion at the proximal femur:influence of femoral head osteonecrosis risk factor and overt osteonecrosis[J].Eur Radiol,2023,33(4):2340-2349.

[6]中国医师协会骨科医师分会骨循环与骨坏死专业委员会,中华医学会骨科分会骨显微修复学组,国际骨循环学会中国区.中国成人股骨头坏死临床诊疗指南(2020)[J].中华骨科杂志,2020,40(20):1365-1376.

[7]Sai Krishna MLV,Kar S,Kumar R,et al.The role of conservative management in the avascular necrosis of the femoral head:a review of systematic reviews[J].Indian J Orthop,2023,57(3):410-420.

[8]Wu YM,Xiong YL,Liu WJ,et al.Computer-assisted and hip arthroscopy for avascular necrosis of the femoral head with femoroacetabular impingement[J].Arthrosc Tech,2023,12(4):557-562.

[9]Leibold CS,Schmaranzer F,Siebenrock KA,et al.Femoral osteotomies for the treatment of avascular necrosis of the femoral head[J].Oper Orthop Traumatol,2020,32(2):116-126.

[10]Yoon YC,Oh CW,Kim JW,et al.Safety of surgical hip dislocation in femoral head fracture and dislocation (FHFD) and avascular necrosis risk factor analysis of FHFD:midterm results confirmed by SPECT/CT and MRI[J].J Orthop Surg Res,2022,17(1):278-287.

[11]Ruckli AC,Nanavati AK,Meier MK,et al.A deep learning method for quantification of femoral head necrosis based on routine hip MRI for improved surgical decision making[J].J Pers Med,2023,13(1):153-163.

[12]韦诚,黄天练,韦玉乐,等.股骨大转子疼痛综合征的临床及MRI表现[J].罕少疾病杂志,2023,30(9):90-91.

[13]Kindt M,Jönsson ML,Torfin T,et al.Assessing osteonecrosis of the femoral head after internal fixation of femoral neck fractures in young patients with fixation implants in situ:the value of MARS MRI in relation to conventional radiography and patient-reported outcomes[J].Acta Orthop,2023,94(1):135-140.

[14]苏鸿林,朱晓艳,陈凌微,等.股骨头坏死患者应用CT与MRI检查的临床价值分析[J].中国现代医生,2022,60(36):56-58.

[15]刘华炳.MRI和螺旋CT对早期股骨头缺血坏死的效能对比[J].现代诊断与治疗,2021,32(4):586-587.

[16]Tsalafoutas IA,AlKhazzam S,Tsapaki V,et al.Digital radiography image quality evaluation using various phantoms and software[J].J Appl Clin Med Phys,2022,23(12):1-11.

[17]Wojcik JJ,Lyons ST.Digital radiography during total hip arthroplasty:early results with a combined anteversion technique[J].Orthopedics,2022,45(4):221-226.

[18]梁志聪,梁晖辉,赵崇庆.DR、CT和MRI检查技术在诊断股骨头坏死患者的价值构建[J].中国科技期刊数据库医药,2022,2(1):135-137.

[19]徐文奎,丁锋,王帅.磁共振成像(MRI)联合多层螺旋CT在股骨头缺血性坏死中的诊断效果及准确性分析[J].中文科技期刊数据库(引文版)医药卫生,2022,12(1):18-21.

(收稿日期:2024-06-05)  
(校对编辑:韩敏求)