

## MRI脂肪抑制技术对膝关节隐匿性骨折的诊断价值

董晚亭,王浩东,罗铨,潘小文,易雪冰  
四川省骨科医院医学影像科,四川 成都 610000

**【摘要】目的:**探讨MRI脂肪抑制技术对膝关节隐匿性骨折的诊断价值。**方法:**回顾性分析118例高度怀疑膝关节隐匿性骨折患者的相关资料,患者均接受CT、MRI脂肪抑制序列检查,其后采用手术或者关节镜证实患者骨折病情,分析CT、MRI对膝关节隐匿性骨折的诊断准确性。**结果:**MRI对韧带损伤、半月板损伤以及关节腔积液等膝关节隐匿性骨折损伤类型检出率分别为25.42%、34.75%、27.14%,均显著高于CT的6.78%、15.25%、12.71%( $P<0.05$ );MRI对骨折塌陷及水平错位检出率分别为61.02%、58.47%,均高于CT的40.68%、38.14%,其中MRI对1、2级骨折塌陷及水平错位检出率均高于CT,差异有统计学意义( $P<0.05$ );选择手术或者关节镜检查结果作为诊断膝关节隐匿性骨折的金标准,MRI诊断膝关节隐匿性骨折的灵敏度与准确度分别为95.60%、92.37%,均显著高于CT的78.02%、81.36%( $P<0.05$ )。**结论:**相对于CT检查,MRI诊断膝关节隐匿性骨折的灵敏度与准确度较高,其在患者微小骨折塌陷及水平错位方面的检查优势明显。

**【关键词】**磁共振成像;脂肪抑制技术;膝关节隐匿性骨折

**【中图分类号】**R816.8

**【文献标志码】**A

**【文章编号】**1005-202X(2023)10-1237-04

### Diagnostic value of fat suppression MRI for occult fractures of the knee

DONG Wanting, WANG Haodong, LUO Hua, PAN Xiaowen, YI Xuebing

Department of Medical Imaging, Sichuan Province Orthopaedic Hospital, Chengdu 610000, China

**Abstract: Objective** To explore the value of fat suppression MRI in the diagnosis of occult fractures of the knee. **Methods** The clinical data of 118 patients highly suspected of occult fractures of the knee were analyzed retrospectively. All patients underwent CT and fat suppression MRI examinations, and were confirmed by surgery or arthroscopy. The diagnostic accuracies of CT and MRI were analyzed. **Results** The detection rates of ligament injury, meniscus injury and joint effusion using MRI were higher than those using CT (25.42% vs 6.78%, 34.75% vs 15.25% and 27.14% vs 12.71%; all  $P<0.05$ ). The detection rates of fracture collapse and horizontal dislocation using MRI were 61.02% and 58.47%, higher than those using CT (40.68% and 38.14%), and the detection rates of grade 1 and 2 fracture collapse and horizontal dislocation were significantly higher than those using CT ( $P<0.05$ ). With the results of surgery or arthroscopy as the golden standard, MRI and CT had sensitivity of 95.60% vs 78.02% and accuracy of 92.37% vs 81.36% for diagnosing occult fractures of the knee ( $P<0.05$ ). **Conclusion** Compared with CT, MRI has a high sensitivity and accuracy for diagnosing occult fractures of the knee, and is advantageous in detecting small fracture collapse and horizontal dislocation.

**Keywords:** magnetic resonance imaging; fat suppression technique; occult fracture of the knee

### 前言

隐匿性骨折患者骨折损伤相对较轻,多发生于隐蔽、解剖结构或者骨骼形态复杂位置,膝关节为结构相对复杂滑车关节,外力冲击情况下该部位最易出现隐匿性骨折<sup>[1-3]</sup>。膝关节隐匿性骨折是骨科常见骨折类型,骨折后患者出现局部疼痛以及关节活动

损伤等表现,X线检查膝关节隐匿性骨折较易漏诊误诊,导致患者治疗被延误,最终进展为软骨损伤甚至退行性骨关节疾病,严重影响患者正常生活质量<sup>[4-5]</sup>。需要选择一种合适可行的影像学方式以改善膝关节隐匿性骨折诊断准确性。磁共振成像(MRI)是临床诊断骨折的常用检查手段,具有成像方位以及参数多、软组织分辨率好以及无创等优势,是诊断膝关节损伤的理想影像学检查方式,而脂肪抑制技术图像质量优异,可以有效反映隐匿性骨折损伤情况<sup>[6-8]</sup>。本研究探讨MRI脂肪抑制技术诊断膝关节隐匿性骨折的准确性。

**【收稿日期】**2023-05-16

**【基金项目】**四川省中医药管理局基金(2021MS330)

**【作者简介】**董晚亭,主治医师,研究方向:影像诊断,E-mail: dongx-ixi777@163.com

## 1 资料和方法

### 1.1 一般资料

选择2020年3月~2021年3月间四川省骨科医院收治的118例高度怀疑膝关节隐匿性骨折患者相关资料进行回顾性分析。纳入标准:①患者骨折1周内入院接受治疗,存在肿胀、膝关节疼痛以及关节功能障碍等相关症状;②X线检查未见骨折影像学表现;③患者骨折前存在明显外伤史;④患者均接受CT、MRI脂肪抑制序列影像检查后接受关节镜或者手术证实骨折情况;⑤患者各项资料完整。排除标准:①病理原因或者器官功能障碍导致骨折;②伴结核、膝关节炎以及肿瘤等膝关节疾病者;③既往存在膝部手术史者;④伴血管神经性疾病者;⑤存在其他部位骨折。118例患者中男69例、女49例;年龄21~76岁,平均 $(52.13 \pm 15.64)$ 岁;受伤时间1~7 d,平均 $(4.13 \pm 1.06)$  d;骨折原因:车祸、摔伤、砸伤和打架伤分别为53、33、23、9例。骨折部位:左膝、右膝以及双膝骨折分别为49、45、24例。

### 1.2 方法

**1.2.1 MRI检查** 患者以仰卧位采用1.5T MRI检查扫描仪(奥泰医疗系统有限责任公司)进行检查,检查前需要摘除佩戴的金属物品。 $T_1$ 加权成像扫描参数设置:重复时间、层厚、回波时间、间距以及矩阵分别为600 ms、0.5 cm、20 ms、0.3 cm、 $256 \times 256$ 。 $T_2$ 加权成像扫描参数设置:重复时间、层厚、回波时间、间距以及矩阵分别为4 000 ms、0.5 cm、100 ms、0.3 cm、 $256 \times 256$ 。脂肪抑制序列扫描参数设置:重复时间、层厚、回波时间、间距以及矩阵分别为200 ms、0.5 cm、90 ms、0.3 cm、 $256 \times 256$ ,反转时间95 ms,激励次数4次。

**1.2.2 CT检查** 仪器为64排多层螺旋CT(西门子公司),患者在扫描床上以仰卧状态接受检查,扫描参数:重建间隔1 mm、管电压110 kV、重建厚度1.5 mm、扫描层厚5 mm、电流110 mA。扫描需要从距离膝关节股骨踝上8 cm位置达至距离胫骨平台下方8 cm位置,膝关节行层扫后进行多平面图像重建,观察膝关节骨折情况,随后进行容积显示以及三维表面遮盖法重建,仔细观察立体关节情况。

**1.2.3 图像分析** 由两位高年资影像科医师对影像学图像进行分析,两者意见一致为最终结果,意见不一致时交由上一级医师进行诊断分析。患者接受影像学检查后采用关节镜或者手术进一步证实骨折病情。

### 1.3 观察指标

分析膝关节隐匿性骨折MRI与CT影像学表现,

比较CT与MRI对于膝关节隐匿性骨折检出率,比较CT与MRI对于骨折损伤检出情况,分析两种检查方式对膝关节隐匿性骨折的诊断效能。①膝关节隐匿性骨折检出率:主要包括韧带损伤、半月板损伤、关节腔积液以及严重骨折。②骨折损伤检查情况分析:主要包含骨折塌陷与水平错位程度<sup>[9]</sup>,骨折塌陷程度:1级、2级与3级塌陷高度分别为 $<2$  mm、2~4 mm、 $>4$  mm;水平错位程度:1级、2级与3级骨折线宽度分别为 $<2$  mm、2~4 mm、 $>4$  mm。

### 1.4 统计学方法

应用SPSS20.0软件进行分析处理,年龄、受伤时间等计量资料以均数 $\pm$ 标准差表示,两组间比较行独立样本 $t$ 检验;计数资料以 $n(\%)$ 表示,性别、骨折原因、骨折部位、膝关节隐匿性骨折检出率、骨折塌陷检出率、水平错位检出率、诊断灵敏度、特异度和准确度比较行 $\chi^2$ 检验或Fisher确切概率检验,骨折塌陷程度、水平错位程度行秩和检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 膝关节隐匿性骨折患者两种检查影像学表现

MRI检查显示 $T_1$ 加权成像扫描可见片状略低或者低不均匀模糊信号,松质骨或者皮质下观察到不规则线或者条状低信号影, $T_2$ 加权成像扫描可以观察到骨折线及其附近存在散在略高或者高片状信号,脂肪抑制技术序列可见明显高信号,边界欠清晰(图1),CT扫描可以明显观察到骨折线或者骨质连续性中断,骨折位置可以观察到缺损吻合。



图1 膝关节隐匿性骨折患者MRI脂肪抑制技术扫描检查结果  
Figure 1 Image of a patient with knee occult fracture  
examined with fat suppression MRI

### 2.2 CT与MRI对膝关节隐匿性骨折检出率比较

MRI在膝关节隐匿性骨折如韧带损伤、半月板

损伤以及关节腔积液等骨折损伤类型检出率均高于CT( $P<0.05$ ),两种检查方式的严重骨折检出率差异不大( $P>0.05$ ),见表1。

表1 CT与MRI对膝关节隐匿性骨折检出率比较[例(%)]  
Table 1 Comparison between CT and MRI for detecting knee occult fractures [cases (%)]

组别	<i>n</i>	韧带损伤	半月板损伤	关节腔积液	严重骨折
CT	118	8(6.78)	18(15.25)	15(12.71)	45(38.14)
MRI	118	30(25.42)	41(34.75)	32(27.12)	39(33.05)
$\chi^2$ 值		15.181	11.955	7.678	0.665
<i>P</i> 值		<0.001	0.001	0.006	0.415

2.3 CT与MRI对骨折损伤检出情况比较

MRI对骨折塌陷及水平错位检出率均高于CT( 61.02% vs 40.68 ,  $P=0.002$  ; 58.47% vs 38.14% ,  $P=0.002$  ) , 其中MRI对1、2级骨折塌陷及1、2级水平错位检出率均高于CT,差异有统计学意义( $P<0.05$ ) , 而MRI与CT对3级骨折塌陷及3级水平错位检出率比较无统计学意义( $P>0.05$ ) , 见表2。

2.4 CT与MRI对膝关节隐匿性骨折诊断效能比较

选择手术结果或者关节镜检查结果作为金标准。由表3数据可以计算得出,两种检查方式诊断膝关节隐匿性骨折的特异度无统计学差异(81.48% vs 92.59%,  $P=0.420$ ) , 而MRI的诊断灵敏度与准确度均

表2 CT与MRI对骨折损伤检出情况比较[例(%)]  
Table 2 Comparison between CT and MRI for detecting fracture injuries [cases (%)]

组别	<i>n</i>	骨折塌陷程度			水平错位程度		
		1级	2级	3级	1级	2级	3级
CT	118	30(25.42)	12(10.17)	6(5.08)	16(13.56)	12(10.17)	17(14.41)
MRI	118	44(37.29)	24(20.34)	4(3.39)	29(24.58)	25(21.19)	15(12.71)
$\chi^2$ 值		3.859	4.720	0.418	4.640	5.417	0.145
<i>P</i> 值		0.049	0.030	0.518	0.031	0.020	0.704

高于CT(95.60% vs 78.02%,  $P<0.01$ ; 92.37% vs 81.36%,  $P=0.012$ )。

表3 CT与MRI对膝关节隐匿性骨折诊断效能比较  
Table 3 Comparison of the diagnostic performance between CT and MRI for knee occult fractures

关节镜或手术结果	CT		MRI	
	阳性	阴性	阳性	阴性
阳性	71	20	87	4
阴性	2	25	5	22
合计	73	45	91	27

3 讨论

膝关节隐匿性骨折是骨科常见骨折类型,及时进行隐匿性骨折诊断对于患者后期治疗意义重大<sup>[10-11]</sup>。X线由于其检查价格便宜以及操作方便一直是临床骨折诊断常见方式,但是由于检查深度以及对于脂肪密度检查分辨率不佳等原因,X线诊断隐匿性骨折的误诊及漏诊率均较高<sup>[12]</sup>。CT与MRI成为膝关节隐匿性骨折检查的合适方式<sup>[13]</sup>。本研究发

现MRI诊断膝关节隐匿性骨折的灵敏度与准确度均显著高于CT,这一结果可能与MRI脂肪抑制技术成像质量优异有关<sup>[14]</sup>;其次可能与CT扫描成像原理关系密切,CT对于骨骼解剖结构复杂骨折及微小骨折显示不佳,而膝关节解剖结构复杂,检查时较易受到重叠结构、软组织肿大及粗大结构等影响,导致CT诊断膝关节隐匿性骨折漏诊误诊率较高,诊断效能不佳<sup>[15-16]</sup>。谢瑛等<sup>[17]</sup>研究发现由于MRI诊断多方位、多参数以及多序列成像技术与软组织分辨率优势,在进行膝关节隐匿性骨折诊断时,MRI诊断效率高于CT,进一步表明MRI可以有效提高膝关节隐匿性骨折的诊断效能。

本研究结果显示MRI对于各种膝关节隐匿性骨折检出率均显著高于CT检查,分析认为与CT检查比较,MRI采用脂肪抑制技术能够尽可能减少脂肪组织导致运动伪影以及化学移位对检查结果的影响,这有助于发现脂肪组织,提高检查图像质量,体现MRI在检出软组织结构变化上的优势<sup>[18-19]</sup>。MRI经由多层面扫描可以清晰观察骨折软组织情况,进而分析骨折附近游离骨碎片、水平移位以及塌陷程度情况,为隐匿性骨折诊断提供详细参考依据<sup>[20-21]</sup>。膝关节软骨为透明软骨,撞击或者外力作用下导致



其内部糖蛋白形成减少,膝关节胶原纤维减少,导致骨关节形态与信号变化,MRI可以有效反映脂肪致密以及密集位置骨骼情况,清晰检出膝关节骨折损伤以及病变位置<sup>[22-24]</sup>,其可能是本研究中MRI可以高效检出骨折塌陷以及水平错位,尤其是1级与2级骨折塌陷以及水平错位情况的主要原因。另一项研究尽管未明确MRI对于骨折塌陷及水平错位显示情况,但是该研究发现隐匿性骨折MRI表现为大范围网格状、地图样或者线状信号,边界模糊,患者骨关节面完整,但是均存在一定程度关节面塌陷<sup>[25]</sup>。

综上所述,不同于其他研究仅明确MRI对膝关节隐匿性骨折的诊断价值优于CT,本研究证实MRI可以有效检出膝关节隐匿性骨折损伤类型及骨折损伤情况,尤其是MRI在微小骨折塌陷及水平错位检出上的优势明显优于CT,能够为患者病情诊断提供更有效的影像学依据,进而及时发现膝关节隐匿性骨折,为患者制定针对性治疗措施,避免患者病情进一步进展为软骨损伤甚至退行性骨关节疾病,同时改善患者正常生活质量。

## 【参考文献】

- [1] Xin J, Guo QS, Zhang HY, et al. Candidal periprosthetic joint infection after primary total knee arthroplasty combined with ipsilateral intertrochanteric fracture: a case report[J]. World J Clin Cases, 2020, 8(21): 5401-5408.
- [2] Shu Z, Lei J, Ding C. Diagnostic value comparison between multislice spiral computerized tomography and magnetic resonance imaging under artificial intelligence algorithm in diagnosing occult fractures of the knee joint[J]. Contrast Media Mol Imaging, 2022, 27(1): 3282409.
- [3] 黄尹星, 张欣, 段旭洲, 等. 急性踝关节损伤患者隐匿性骨折的临床与影像学特点[J]. 中华创伤杂志, 2021, 37(4): 347-351.  
Huang YX, Zhang X, Duan XZ, et al. Clinical and imaging characteristics of occult fractures in patients with acute ankle injury[J]. Chinese Journal of Trauma, 2021, 37(4): 347-351.
- [4] Nozaka K, Miyakoshi N, Hongo M, et al. Effectiveness of circular external fixator in periprosthetic fractures around the knee[J]. BMC Musculoskelet Disord, 2020, 21(1): 317-326.
- [5] 田明, 韩晓斌, 李玉民. 经皮椎体成形术治疗全身骨显像诊断老年骨质疏松性新发椎体隐匿性骨折[J]. 中国微创外科杂志, 2022, 22(12): 939-944.  
Tian M, Han XB, Li YM. Percutaneous vertebroplasty in the treatment of osteoporotic new occult vertebral fracture diagnosed by bone scan imaging in elderly patients[J]. Chinese Journal of Minimally Invasive Surgery, 2022, 22(12): 939-944.
- [6] 姚刚, 梁志鹏, 杨亚芳, 等. Dixon与SPAIR技术在颈部MRI中的脂肪抑制效果对比研究[J]. 中华放射学杂志, 2020, 54(7): 707-712.  
Yao G, Liang ZP, Yang YF, et al. Comparison of fat suppression effects between Dixon and SPAIR techniques in the neck MRI[J]. Chinese Journal of Radiology, 2020, 54(7): 707-712.
- [7] 丘武应, 姚文虹, 钟丽珍, 等. MSCT三维重建与MRI在膝关节隐匿性骨折中的诊断价值[J]. 海南医学, 2020, 31(8): 1021-1024.  
Qiu WY, Yao WH, Zhong LZ, et al. Diagnostic value of MSCT three-dimensional reconstruction and MRI in occult fractures of knee joint[J]. Hainan Medical Journal, 2020, 31(8): 1021-1024.
- [8] Jarrett DY, Kramer DE, Laor T. Magnetic resonance imaging of medial collateral ligament avulsion fractures of the knee in children: a potentially underestimated injury[J]. Pediatr Radiol, 2021, 51(9): 1705-1713.
- [9] 徐志伟, 方庆明, 蔡晓亮, 等. Second骨折合并膝关节损伤的影像学诊断、分析及临床意义[J]. 实用放射学杂志, 2019, 35(1): 85-88.  
Xu ZW, Fang QM, Cai XL, et al. Imaging diagnostic analysis and clinical significance of Second fracture associated with knee joint injury[J]. Journal of Practical Radiology, 2019, 35(1): 85-88.
- [10] Lin KC, Li YS, Tamg YW. Safety and efficacy of prophylactic closed incision negative pressure therapy after acute fracture surgery[J]. Injury, 2020, 51(8): 1805-1811.
- [11] 张英泽. 不容忽视的关节内隐匿性骨折[J]. 中华创伤骨科杂志, 2021, 23(2): 102-105.  
Zhang YZ. Occult intra-articular fractures that should not be ignored[J]. Chinese Journal of Orthopaedic Trauma, 2021, 23(2): 102-105.
- [12] 朱亚敏, 殷向辉, 朱昕怡, 等. CT与MRI扫描三维重建在四肢骨关节隐匿性骨折诊断中的应用[J]. 现代生物医学进展, 2020, 20(22): 4344-4347.  
Zhu YM, Yin XH, Zhu XY, et al. Application of CT and MRI scan three-dimensional reconstruction in the diagnosis of occult fractures of extremities[J]. Progress in Modern Biomedicine, 2020, 20(22): 4344-4347.
- [13] Fritz B, Fritz J. MR imaging of acute knee injuries: systematic evaluation and reporting[J]. Radiol Clin North Am, 2023, 61(2): 261-280.
- [14] Allam E, Boychev G, Aiyedipe S, et al. Subchondral insufficiency fracture of the knee: unicompartmental correlation to meniscal pathology and degree of chondrosis by MRI[J]. Skeletal Radiol, 2021, 50(11): 2185-2194.
- [15] 叶清岚, 李晶, 侯金丹, 等. 多层螺旋CT与MRI在膝关节隐匿性骨折伴半月板及韧带损伤中的诊断比较[J]. 中国骨伤, 2022, 35(10): 967-970.  
Ye QL, Li J, Hou JD, et al. Comparison of multislice spiral CT and MRI in diagnosis of occult fracture of knee joint with meniscus and ligament injury[J]. China Journal of Orthopaedics and Traumatology, 2022, 35(10): 967-970.
- [16] 辛宇强, 石运力. MSCT联合MRI对老年骨挫伤及隐匿性骨折的诊断价值[J]. 解放军医药杂志, 2022, 34(10): 77-80.  
Xin YQ, Shi YL. Value of MSCT combined with MRI in the diagnosis of bone contusion and occult fracture in the elderly[J]. Medical & Pharmaceutical Journal of Chinese People's Liberation Army, 2022, 34(10): 77-80.
- [17] 谢瑛, 苏平昌, 岳孟超. 高场强MRI与多层螺旋CT诊断膝关节隐匿性骨折灵敏度、特异度比较[J]. 中国CT和MRI杂志, 2021, 19(7): 155-157.  
Xie Y, Su PC, Yue MC. Comparison on sensitivity and specificity of high-field strength MRI and multi-slice spiral CT in diagnosing occult knee fractures[J]. Chinese Journal of CT and MRI, 2021, 19(7): 155-157.
- [18] Rudran B, Little C, Wiik A, et al. Tibial plateau fracture: anatomy, diagnosis and management[J]. Br J Hosp Med, 2020, 81(10): 1-9.
- [19] 王雷, 赵亚恒, 佟海滨, 等. 磁共振脂肪抑制技术对骨关节病变的临床应用价值[J]. 临床和实验医学杂志, 2022, 21(1): 99-102.  
Wang L, Zhao YH, Tong HB, et al. Clinical application value of magnetic resonance fat suppression technique in osteoarthropathy[J]. Journal of Clinical and Experimental Medicine, 2022, 21(1): 99-102.
- [20] Kim MS, Kim JY, Kim JD, et al. Rapidly destructive arthropathy of shoulder joint[J]. J Shoulder Elbow Surg, 2019, 28(12): 2334-2342.
- [21] Davidson A, Silver N, Cohen D, et al. Justifying CT prior to MRI in cases of suspected occult hip fracture: a proposed diagnostic protocol[J]. Injury, 2021, 52(6): 1429-1433.
- [22] Ohtsuru T, Yamamoto T, Murata Y, et al. Incidence of osteonecrosis and insufficiency fracture of the hip and knee joints based on MRI in 300 renal transplant patients[J]. Hip Int, 2019, 29(3): 316-321.
- [23] Watura C, Morgan C, Flaherty D, et al. Medial collateral ligament injury of the knee: correlations between MRI features and clinical gradings[J]. Skeletal Radiol, 2022, 51(6): 1225-1233.
- [24] Trunz LM, Morrison WB. MRI of the knee meniscus[J]. Magn Reson Imaging Clin N Am, 2022, 30(2): 307-324.
- [25] 孙秋原, 李骧, 牛亚峰. 外伤性膝关节隐性骨折的核磁共振成像表现及其诊断价值分析[J]. 影像科学与光化学, 2020, 38(1): 138-143.  
Sun QY, Li J, Niu YF. MRI findings and diagnostic value of traumatic knee joint recessive fracture[J]. Imaging Science and Photochemistry, 2020, 38(1): 138-143.

(编辑: 黄开颜)