论　著

MRI、MSCT检查技术指导膝关节隐匿性骨折临床的效能*

王远星[1]　牛亚琦[2,*]　王　晨[1]
龚　博[1]　白汉林[1]　张雪瑞[1]
毕中普[1]
1.河南省第二人民医院影像科
2.河南医学高等专科学校影像技术系
(河南 新郑 451191)

【摘要】**目的** 探究核磁共振成像(MRI)、多层螺旋CT(MSCT)指导膝关节隐匿性骨折(OKF)诊断的效能。**方法** 选取我院116例膝关节损伤患者为研究对象，所有患者均行MRI、MSCT检查，以关节镜检查为金标准，分析MRI、MSCT对OKF的诊断价值，对骨折塌陷、错位的分级诊断情况及对韧带、软组织损伤的检出情况。**结果** MRI诊断敏感度为94.51%，特异度为92.00%，准确率为93.97%，阳性预测值为97.73%，阴性预测值为82.14%，Kappa值为0.829；MSCT诊断敏感度为91.21%，特异度为84.00%，准确率为89.66%，阳性预测值为95.40%，阴性预测值为72.41%，Kappa值为0.711；MRI诊断骨折塌陷程度准确率为85.34%，显著高于MSCT的74.14%($P<0.05$)，诊断骨折错位准确率为87.07%，显著高于MSCT的75.86%($P<0.05$)；MRI共检出182处膝关节损伤，占比92.38%，MSCT共检出161处膝关节损伤，占比81.73%，MRI检出率显著高于MSCT($P<0.05$)。**结论** MRI与MSCT对OKF均有较高诊断价值，但高场强MRI的诊断效能高于MSCT，且对软组织损伤和水肿情况成像效果更高，可为OKF诊断提供可靠信息。

【关键词】膝关节；隐匿性骨折；磁共振成像；多层螺旋CT；临床效能
【中图分类号】R445.2；R274.1
【文献标识码】A
【基金项目】2023年度河南省医学科学院青年医学科研人员研究项目(10)
DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2026.04.050

Efficiency of MRI and MSCT on Guiding the Diagnosis of Occult Knee Fracture*

WANG Yuan-xing[1], NIU Ya-qi[2,*], WANG Chen[1], GONG Bo[1], BAI Han-lin[1], ZHANG Xue-rui[1], BI Zhong-pu[1].
1.Department of Imaging, The Second People's Hospital of Henan Province, Xinzheng 451191, Henan Province, China
2.Department of Imaging Technology, Henan Medical College, Xinzheng 451191, Henan Province, China

ABSTRACT
Objective To explore the efficiency of magnetic resonance imaging (MRI) and multi-slice spiral CT (MSCT) on guiding the diagnosis of occult knee fracture (OKF). ***Methods*** 116 patients with knee injury in the hospital were selected as the research subjects. All patients were examined by MRI and MSCT. With arthroscopy as the gold standard, the diagnostic value of MRI and MSCT on OKF, grading diagnosis of fracture collapse and dislocation and detection status of ligament injury and soft tissue injury were analyzed. ***Results*** The diagnostic sensitivity, specificity, accuracy rate, positive predictive value, negative predictive value and Kappa value were 94.51%, 92.00%, 93.97%, 97.73%, 82.14% and 0.829 of MRI, and were 91.21%, 84.00%, 89.66%, 95.40%, 72.41% and 0.711 of MSCT. The accuracy rate of MRI in the diagnosis of fracture collapse was 85.34%, which was significantly higher than 74.14% of MSCT ($P<0.05$). The accuracy rate of MRI with 87.07% in the diagnosis of fracture dislocation was significantly higher than 75.86% of MSCT ($P<0.05$). A total of 182 knee injuries were detected by MRI, accounting for 92.38%, and 161 knee injuries were detected by MSCT, accounting for 81.73%, and the detection rate by MRI was significantly higher than that by MSCT ($P<0.05$). ***Conclusion*** Both MRI and MSCT have high diagnostic value on OKF, but the diagnostic efficiency of high-field MRI is higher than that of MSCT, and the imaging effect of high-field MRI is better for soft tissue injury and edema, which can provide reliable information for the diagnosis of OKF.

Keywords: Knee Joint; Occult Fracture; Magnetic Resonance Imaging; Multi-Slice Spiral CT; Diagnostic Efficiency

膝关节是人体重要的承重关节，具有较强的杠杆作用，较易发生骨折，其中膝关节隐匿性骨折(occult knee fracture, OKF)的临床发病率较高，该病变主要发生于膝关节解剖结构的复杂、隐蔽部位，虽无明显的骨皮质中断，但仍可发生骨小梁断裂，引起局部组织水肿、疼痛、出血及活动受限，如检查不及时或因漏诊延误病情，很可能加重膝关节病变、坏死和局部软组织损伤，造成不可逆的关节功能障碍[1-2]。临床上，隐匿性骨折诊断金标准为关节镜检查，其通过侵入性探查可明确损伤部位、严重程度，为手术治疗提供可靠性参考，但该方法为有创性检查，无法在明确骨折前避免的创伤，因而不适用于术前病变筛查。影像检查在辅助骨关节损伤诊断方面应用广泛，其中核磁共振成像(magnetic resonance imaging, MRI)具有良好的组织分辨率，可通过多方位成像显示骨骼损伤部位，此外其对软组织成像效果较好，可用于检测组织水肿、软组织损伤[3]。多层螺旋CT(multislice helical computed tomography, MSCT)具有操作简单、成像快等特点，其采用三维后处理技术可提高组织分辨率，避免组织重叠、掩盖等一起的漏诊[4]。基于此，本研究拟探究MRI、MSCT两种影像学检查对OKF的诊断效能及对临床治疗的指导作用，现报道如下：

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取我院2021年12月至2024年12月116例膝关节损伤患者为研究对象。

纳入标准：(1)符合临床诊断标准[5]，存在膝关节外伤史，表现为膝关节疼痛、肿胀或行动受限等临床症状；(2)经X线检查无明显关节骨折表现；(3)无高场强MRI、MSCT检查禁忌症；(4)无精神性疾病，可正常沟通。排除标准：(1)膝关节发育畸形者；(2)既往有膝关节严重骨折、退行性病变、膝关节炎等其他膝关节疾病或膝关节手术史者；(3)严重器质性疾病患者；(4)临床资料或影像检查缺失者。其中男65例，女51例，年龄27~63岁，平均(45.31±9.26)岁；病程1~6d，平均(3.66±1.16)d；体质量指数20~25kg/m^2，平均(22.63±1.24)kg/m^2；致伤原因：运动伤38例，坠落伤22例，交通事故伤31例，外力击伤25例。本研究经医院伦理委员会审核批准。

1.2 方法 MRI检查：患者取仰卧位，膝关节屈曲10°，采用3.0T磁共振成像仪(飞利浦Ingenia 3.0T CX)及DS膝关节专用线圈对膝关节及其周围组织进行矢状面、冠状面和横断面的脂肪抑制质子密度加权成像(PD-SPAIR)扫描、矢状面梯度回波(T1WI)扫描。参数设置如下：(1)PD-SPAIR重复时间(TR)3900ms，回波时间(TE)45ms，层厚3mm，层间距0.5mm，矩阵320×225；(2)T1WI，TR 500ms，TE 15ms，层厚3mm，层间距0.5mm，矩阵320×225；扫描结束后将数据上传至工作站进行后续处理。

MSCT检查：患者取仰卧位，固定患肢于CT扫描仪中心，采用256排512层多层螺旋

【第一作者】王远星，男，副主任技师，主要研究方向：医学影像技术。E-mail：15938737120@163.com
【通讯作者】牛亚琦，女，副教授，主要研究方向：医学影像诊断与影像学研究。E-mail：243222012@qq.com

CT(GE Revolution CT)对患者膝关节进行扫描，扫描范围为股骨踝上5cm至胫骨踝下5cm；参数设置：管电压120kV，SmartmA 100-400，层厚5mm，层间距1.25mm，Pitch 0.992 : 1。扫描结束后将所得数据建立薄层图像，并将图像上传至工作站，采用三维后处理技术对扫描片进行体积重建(VR)与多平面重建(MPR)，通过调整显示角度充分显示病变部位，以获得最佳诊断图像。
图像处理：上述扫描图像均由我院资深影像科医师共同阅片，以意见一致为最终诊断结果。

关节镜检查：硬膜外麻醉后采用穿刺针穿刺髌上囊抽取渗出液，以0.9%NaCL注射液扩张关节腔，分别对胫骨上缘中点、股骨外踝前缘、髌腱外侧缘进行穿刺，置入关节镜，观察膝关节形态、病变位置、周围肌肉、骨骼、韧带情况，检查结束后，将关节腔内填充液排出，拔出套管针，缝合创口。

关节塌陷及错位评估[6]：根据骨折部位塌陷及错位距离进行分级，将无塌陷/错位、塌陷高度/骨折线宽度<2 mm、塌陷高度/骨折线宽度2~4 mm、塌陷高度/骨折线宽度＞4 mm分别归为0级、Ⅰ级、Ⅱ级、Ⅲ级，统计所有患者分级诊断结果。

1.3 观察指标 统计关节镜检查结果，比较MRI、MSCT对OKF的诊断效能、对骨折塌陷和错位程度的诊断情况，比较二者对踝关节损伤的检出情况。

1.4 统计学方法 数据采用Excel软件进行录入，并采用SPSS 26.0分析，计量资料以($\bar{x}\pm s$)表示，行t检验，计数资料以n或%表示，行χ^2检验，以P＜0.05为差异有统计学意义。

2 结 果

2.1 关节镜检查结果统计 116例患者经关节镜检查91例存在OKF，25例无OKF。OKF中胫骨上端骨折26例，股骨下端骨折30例，髌骨骨折35例；塌陷程度：0级33例，1级36例，2级31例，3级16例，错位水平：0级45例，1级32例，2级26例，3级14例；膝关节其他损伤共197处，其中软骨损伤37处，半月板损伤53处，关节腔积液34处，韧带损伤48处，骨髓水肿25处。

2.2 MRI、MSCT对OKF的诊断效能分析 MRI检查阳性88例，阴性28例，其中漏诊5例，误诊2例，诊断敏感度为94.51%，特异度为92.00%，准确率为93.97%，阳性预测值为97.73%，阴性预测值为82.14%，Kappa值为0.829；MSCT检查阳性87例，阴性29例，其中漏诊8例，误诊4例，诊断敏感度为91.21%，特异度为84.00%，准确率为89.66%，阳性预测值为95.40%，阴性预测值为72.41%，Kappa值为0.711，见表1。

2.3 MRI、MSCT对骨折塌陷程度的诊断效果分析 MRI诊断骨折塌陷程度分级正确99例，占比85.34%，MSCT诊断骨折塌陷程度分级正确86例，占比74.14%，MRI诊断准确率显著高于MSCT(P＜0.05)，见表2。

2.4 MRI、MSCT对骨折错位水平的诊断效果分析 MRI诊断骨折错位水平分级正确101例，占比87.07%，MSCT诊断骨折塌陷程度分级正确88例，占比75.86%，MRI诊断准确率显著高于MSCT(P＜0.05)，见表3。

2.5 MRI、MSCT对膝关节损伤部位的检出效果比较 MRI共检出182处膝关节损伤，占比92.38%，MSCT共检出161处膝关节损伤，占比81.73%，MRI检出率显著高于MSCT(P＜0.05)，见表4。

表1 MRI、MSCT对OKF的诊断效能分析[n(%)]

诊断方式		关节镜检查		合计
		阳性(n=91)	阴性(n=25)	
MRI检查	阳性	86	2	88
	阴性	5	23	28
MSCT检查	阳性	83	4	87
	阴性	8	21	29

表2 MRI、MSCT对骨折塌陷程度的诊断效果分析[n(%)]

诊断方式	关节镜检查				诊断准确率
	0级	1级	2级	3级	
MRI	27(81.82)	32(88.89)	27(87.10)	13(81.25)	99(85.34)
MSCT	24(72.73)	28(77.78)	23(74.19)	11(68.75)	86(74.14)
χ^2值	0.777	1.600	0.930	0.167	4.509
P值	0.378	0.205	0.335	0.683	0.034

表3 MRI、MSCT对骨折错位水平的诊断效果分析[n(%)]

诊断方式	关节镜检查				诊断准确率
	0级	1级	2级	3级	
MRI	39(86.67)	27(84.38)	23(88.46)	12(85.71)	101(87.07)
MSCT	35(77.78)	24(75.00)	19(73.08)	10(71.43)	88(75.86)
χ^2值	0.777	1.600	0.930	0.167	4.824
P值	0.378	0.205	0.335	0.683	0.028

表4 MRI、MSCT对膝关节损伤部位的检出效果比较[n(%)]

检查方法	软骨损伤	半月板损伤	关节腔积液	韧带损伤	骨髓水肿	合计
MRI	35(94.59)	49(92.45)	32(94.12)	44(91.67)	22(88.00)	182(92.38)
MSCT	31(83.78)	43(81.13)	29(85.29)	39(81.25)	19(76.00)	161(81.73)
χ^2值	1.261	2.963	0.637	2.224	0.542	9.933
P值	0.261	0.085	0.425	0.136	0.462	0.002





图1 MRI、MSCT诊断膝关节隐匿性骨折示例。患者男，32岁，主诉左侧膝关节肿胀、疼痛，诊断：左侧股骨远端内侧髁隐匿性骨折伴骨髓水肿；MRI(1A～1C)显示左侧股骨髁及胫骨平台见斑片状压脂像高信号影，外侧半月板后角形态欠佳，内外侧半月板前后角见线状高信号影。前交叉韧带增粗、紊乱，信号增高，内外侧副韧带走形区见斑片状压脂像高信号影。髌上囊及关节腔内见长T1异常信号影。腘肌、腓肠肌外侧头、膝关节前方皮下软组织见片状压脂像高信号影，局部纹理中断。上囊及关节腔内见异常信号影；MSCT(1D～1F)诊断左膝关节骨质连续性良好，骨小梁清晰，未见明显骨折征象，诸骨对应关系如常，关节面光滑，关节间隙未见明显增宽或狭窄。

3 讨　论

膝关节解剖结构复杂，其功能依赖于韧带、关节囊、半月板、肌肉等结构的相互协调，因膝关节是人体活动的主要承载体，对人体运动能的正常维持至关重要，由于其结构的特殊性，加之随着年龄增长的骨量流失，在受到外力撞击或其他损伤后极易发生骨折。多数膝关节骨折均可通过临床X线片确诊，而隐匿性骨折损伤位置较为特殊，损伤范围小、程度轻，临床上也仅表现为局部疼痛或活动受限，极易因病情忽视、漏诊而延误病情[7-8]。

MSCT是采用多排探测器和椎型X线束实施扫描的影像技术，可在短时间内完成多次扫描，通过薄层扫描和三维成像技术可多角度、多层面的病理图像[9]。临床研究显示，MSCT用于关节损伤检查分辨率较高，可清晰呈现关节形态、内部结构变化，采用三维立体成像还可观察细微骨结构损伤，如骨皮质断裂、骨小梁损伤等[10]。但其对骨折断裂面的成像清晰度较差，因而对骨折塌陷和错位程度的分辨方面存在不足。此外，MSCT对软组织和水肿部位诊断敏感度较低，因而在韧带、半月板损伤或骨髓水肿诊断中可能会出现误诊或漏诊[11]。MRI是一种生物磁自旋成像技术，其主要利用原子核的磁共振现象产生信号，具有无辐射、组织分辨率高、多方位成像等优势。采用MRI进行骨关节扫描可不仅可清晰显示骨折部位、折断面塌陷、错位程度，还可观察关节腔、滑膜内部结构，其通过不同序列成像可显示不同类型的病变，如关节面破损、骨髓水肿、肌肉组织损伤、半月板和韧带损伤等，为临床后续的治疗提供依据和科学的参考[12]。临床研究显示，MRI对膝关节隐匿性骨折伴润组织损伤的诊断效能优于MSCT[13-14]。叶清岚等[15]研究显示，MRI对膝关节隐匿性骨折伴半月板及韧带损伤具有较高的检出率，其对关节腔、关节面及骨髓等周围组织病变诊断准确性较MSCT高险。

本研究结果显示，MRI诊断OKF敏感度、特异度、准确度均较MSCT高，提示MRI更利于关节细小损伤的诊断，与上述研究结果一致。在对骨折部位关节面的判断中，MRI诊断骨折塌陷程度分级准确率为85.34%，显著高于MSCT的74.14%，诊断骨折错位水平分级准确率为87.07%，显著高于MSCT的75.86%，提示MRI对膝关节骨折形态的判断更为准确，分析其原因，MRI通过T2WI、T1WI、STIR等序列扫描可实现全方位多角度成像，其成像三维立体感更强，而MSCT则通过三维后处理技术进行三维立体成像，对骨折断裂面的成像清晰度稍差，其成像效果受人为因素和扫描参数影响，分级准确性较低[16-17]。在踝关节其他损伤的诊断中，关节镜共检出197处损伤，MRI检出182处，占比92.38%，MSCT检出161处，占比87.13%，MRI检出率更高，分析其原因，MRI多模式扫描成像不受人体液体信号的影响，对软组织成像效果更高。

综上所述，MRI与MSCT对OKF均有较高诊断价值，但高场强MRI的诊断效能高于MSCT，且对软组织损伤和水肿情况成像效果更高，可为OKF诊断提供可靠信息。

参考文献

[1]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].Zhongguo Gu Shang,2022,35(10):967-970.
[2]Fritz B,Fritz J.MR imaging of acute knee injuries: systematic evaluation and reporting[J].Radiol Clin North Am,2023,61(2):261-280.
[3]Zhang Y,Wang R,Hu J,et al.Magnetic resonance imaging (MRI) and Computed topography (CT) analysis of Schatzker type IV tibial plateau fracture revealed possible mechanisms of injury beyond varus deforming force[J].Injury,2022,53(2):683-690.
[4]任海娟,魏剑波,刘颖,等.MSCT联合MRI在马拉松运动员膝关节损伤诊断中的应用[J].影像科学与光化学,2022,40(4):971-975.
[5]胥少汀,葛宝丰,徐印坎.实用骨科学［M］.4版.北京:人民军医出版社,2012:93-96.
[6]陆晓明,李未,朱荣荣,等.高场强MRI与多层螺旋CT对膝关节隐匿性骨折的诊断价值[J].分子影像学杂志,2023,46(2):326-330.
[7]Gong H,Li Q,Len Y,et al.The posterior cruciate ligament index as a reliable indirect sign of anterior cruciate ligament rupture is associated with the course of knee joint injury[J].Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc,2023,31(8):3277-3283.
[8]Watanabe S,Nagai K,Hoshino Y,et al.Influence of injury to the kaplan fibers of the iliotibial Band on anterolateral rotatory knee laxity in anterior cruciate ligament injury:a retrospective cohort study[J].Am J Sports Med,2022,50(12):3265-3272.
[9]钟锦建,李梅红.MRI在膝关节隐匿性骨折伴半月板及韧带损伤诊断价值[J].浙江创伤外科,2023,28(6):1177-1180.
[10]马许宁,王玲娟,李源,等.MSCT及MRI检查对踝关节隐匿性骨折的临床应用价值分析[J].中国CT和MRI杂志,2021,19(7):149-151.
[11]李晶,叶清岚,蔡磊,等.膝关节韧带、关节软骨及半月板损伤的多层螺旋CT与MRI诊断分析[J].实用放射学杂志,2023,39(8):1314-1317.
[12]Dean BJF,Riley N,Little C,et al.The rate of nonunion in the MRI-detected occult scaphoid fracture[J].Bone Joint J,2024,106-B(4):387-393.
[13]陈勇,韩金花,刘青云,等.MRI、MSCT后处理技术对隐匿性骨折的诊断价值分析[J].中国CT和MRI杂志,2021,19(2):162-164.
[14]李俊,胡清华,方民杰.对比分析MRI与MSCT对膝关节隐匿性骨折的诊断价值[J].罕少疾病杂志,2024,31(7):117-118.
[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.
[16]冯延冰,李刚.X线平片与MSCT三维重建在桡骨远端骨折诊断中的价值分析[J].中国CT和MRI杂志,2022,20(3):174-176.
[17]许方彧,刘彦荣,曾果.磁共振重质子T2WI成像与MSCT成像对膝关节损伤的临床诊断价值比较[J].罕少疾病杂志,2022,29(11):86-87.

(收稿日期：2025-01-10)
(校对：翁佳鸿　排版：张鸿燊)