

论 著

## MRI对前交叉韧带断裂下内外侧半月板损伤诊断价值的研究\*

杜平杰<sup>1</sup> 袁冬<sup>2</sup> 方超<sup>3</sup>  
古中建<sup>4,\*</sup>

1.武警重庆总队医院放射科

2.重庆医科大学附属第二医院妇产科

3.武警重庆总队医院骨科

4.武警重庆总队医院药剂科(重庆400000)

**【摘要】目的** 探讨前交叉韧带断裂时, MRI诊断半月板损伤的准确性, 进一步分析提高MRI诊断半月板损伤准确率的诊断要点。**方法** 以临床关节镜结果作为诊断金标准, 回顾性分析武警重庆总队97例膝关节前交叉韧带断裂患者(50例为右膝关节, 47例为左膝关节), 半月板损伤的MRI诊断结果并分析原因。**结果** 关节镜诊断外侧半月板损伤56例, 未损伤41例; 内侧半月板损伤30例, 未损伤67例; MRI诊断外侧半月板损伤54例, 未损伤43例; 内侧半月板损伤36例, 未损伤61例。MRI诊断外侧半月板损伤的灵敏度、特异度、阳性预测值、阴性预测值、准确度分别为83.33%、74.41%、80.35%、78.05%、79.38%, 配对 $\chi^2$ 检验 $P=0.82$ , Kappa值为0.58。MRI诊断内侧半月板损伤的灵敏度、特异度、阳性预测值、阴性预测值、准确度分别为61.11%、86.89%、73.33%、79.10%、77.32%, 配对 $\chi^2$ 检验 $P=0.29$ , Kappa值为0.50。**结论** 当膝关节前交叉韧带断裂时, MRI对半月板损伤具有一定的诊断价值, 但还需要提高诊断准确性。

**【关键词】** 前交叉韧带; 半月板; 磁共振成像**【中图分类号】** R445**【文献标识码】** A**【基金项目】** 卵泡液外泌体miR-3960诱导线粒体功能紊乱促进PCOS排卵障碍的机制研究(CSTB2023NSCQ-BHX0003)

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2025.11.051

## The Value of MRI in the Diagnosis of Medial and Lateral Meniscus Injury Caused by Anterior Cruciate Ligament Rupture\*

DU Ping-jie<sup>1</sup>, YUAN Dong<sup>2</sup>, FANG Chao<sup>3</sup>, GU Zhong-jian<sup>4,\*</sup>.

1. Department of Radiology, Chongqing Hospital of PAP, Chongqing 400000, China

2. Department of Obstetrics and Gynecology, The Second Affiliated Hospital of Chongqing Medical University, Chongqing 400000, China

3. Department of Orthopedics, Chongqing Hospital of PAP, Chongqing 400000, China

4. Department of Pharmacy, Chongqing Hospital of PAP, Chongqing 400000, China

## ABSTRACT

**Objective** To explore the accuracy of MRI diagnosis of meniscus injury in anterior cruciate ligament rupture, and further analyze the diagnostic points to improve the accuracy of MRI diagnosis of meniscus injury. **Methods** Using clinical arthroscopic results as the diagnostic gold standard, a retrospective analysis was conducted on the MRI diagnosis of meniscus injury in 97 patients with anterior cruciate ligament rupture of the knee joint (50 cases in the right knee joint and 47 cases in the left knee joint) in the Chongqing Armed Police Force, and the causes were analyzed. **Results** Arthroscopic diagnosis showed 56 cases of lateral meniscus injury and 41 cases of no injury; 30 cases of medial meniscus injury and 67 cases of no injury; MRI diagnosis showed 54 cases of lateral meniscus injury and 43 cases of non injury; there were 36 cases of medial meniscus injury and 61 cases of no injury. The sensitivity, specificity, positive predictive value, negative predictive value, and accuracy of MRI diagnosis of lateral meniscus injury were 83.33%, 74.41%, 80.35%, 78.05%, and 79.38%, respectively. Paired chi square test  $P=0.82$ , and Kappa value was 0.58. The sensitivity, specificity, positive predictive value, negative predictive value, and accuracy of MRI diagnosis of medial meniscus injury were 61.11%, 86.89%, 73.33%, 79.10%, and 77.32%, respectively. Paired chi square test  $P=0.29$ , and Kappa value was 0.50. **Conclusion** When the anterior cruciate ligament of the knee joint is ruptured, MRI has certain diagnostic value for meniscus injury, but diagnostic accuracy still needs to be improved.

**Keywords:** Anterior Cruciate Ligament; Meniscus; Magnetic Resonance Imaging

膝关节是人体最大、最复杂的关节, 对人体正常活动有重要意义, 在各种创伤外力的作用下, 极易造成损伤; 其中前交叉韧带(anterior cruciate ligament, ACL)断裂是十分严重的膝关节损伤, 多数发生在各种急停、落地、转身、变向等非接触性损伤中, 在伴随半月板损伤的情况下出现创伤后骨性关节炎的风险高达80%<sup>[1-2]</sup>。准确诊断半月板损伤的重要性不能低估, ACL损伤与半月板撕裂高度相关的同时, 对膝关节术后的修复有更复杂的影响, 若临床早期诊断不及时或误诊等原因延误治疗, 会更易引发膝关节炎<sup>[3-6]</sup>。

关节镜检作为前交叉韧带及半月板损伤的诊断金标准, 但因属于有创性检查, 难以在临床上多次重复检查, 并且有并发症的风险, 在早期诊断方面并不适用<sup>[7-8]</sup>。磁共振检查(magnetic resonance imaging, MRI)可以快速、有效、准确地诊断膝关节前交叉韧带损伤以及半月板损伤, 目前已被临床广泛应用, 但由于前交叉韧带断裂时, 半月板结构紊乱、部分半月板损伤不易观察, 时有经关节镜证实的误诊<sup>[9]</sup>。本研究通过MRI与关节镜检查结果进行对比分析, 旨在分析MRI诊断结果与关节镜结果的差异, 探讨MRI的诊断效能, 为半月板损伤的早期诊断提供更加可靠的影像学信息。现作回顾性分析如下。

## 1 资料与方法

**1.1 一般资料** 收集我院2018年1月至2023年9月本院经关节镜确诊的前交叉韧带断裂的患者。

纳入标准: (1)临床查体初步检查为膝关节ACL损伤; (2)均实施MRI检查与关节镜检查, 并经关节镜证实为前交叉韧带断裂; (3)具备完整的临床资料与手术记录。排除标准: (1)合并关节内严重感染者、风湿性关节炎患者; (2)存在膝关节手术史者; (3)合并恶性肿瘤病变者; (4)存在关节镜检查禁忌征; (5)检查图像较差, 影响诊断判定者。

最终纳入患者97例, 男92例, 女5例, 年龄17~55岁, 平均年龄 $24.7 \pm 6.6$ 岁; 50例为右膝关节, 47例为左膝关节。具体受伤类型为84例军事训练伤, 7例意外摔伤, 4例球类运动损伤, 1例交通事故伤, 1例重物砸伤。最终以关节镜为金标准, 比较前交叉韧带断裂情况下, MRI对内外侧半月板损伤诊断的准确性。

## 1.2 方法

**1.2.1 MRI检查** 患者取仰卧位, 自然伸直膝关节并进行15°外旋, 机器设备采用德国西门子1.5T的MRI诊断扫描仪。快速自旋回波扫描序列: 矢状位 T1WI(TR630ms、TE14ms序列, 矩阵 $384 \times 384$ ); 矢状位压脂(TR3510ms、TE38ms, 矩阵 $320 \times 320$ ), 横断面压脂(TR3370ms、TE41ms, 矩阵 $320 \times 320$ ), 冠状位压脂(TR3520ms、TE28ms, 矩阵 $320 \times 320$ ), 层厚、层距分别为3.5mm、1mm, FOV 17cm $\times$ 17cm, 进行容积采

【第一作者】杜平杰, 男, 住院医师, 主要研究方向: 骨关节运动损伤。E-mail: 469174596@qq.com

【通讯作者】古中建, 男, 主管药师, 主要研究方向: 秋水仙碱的心脏代谢。E-mail: 435616114@qq.com

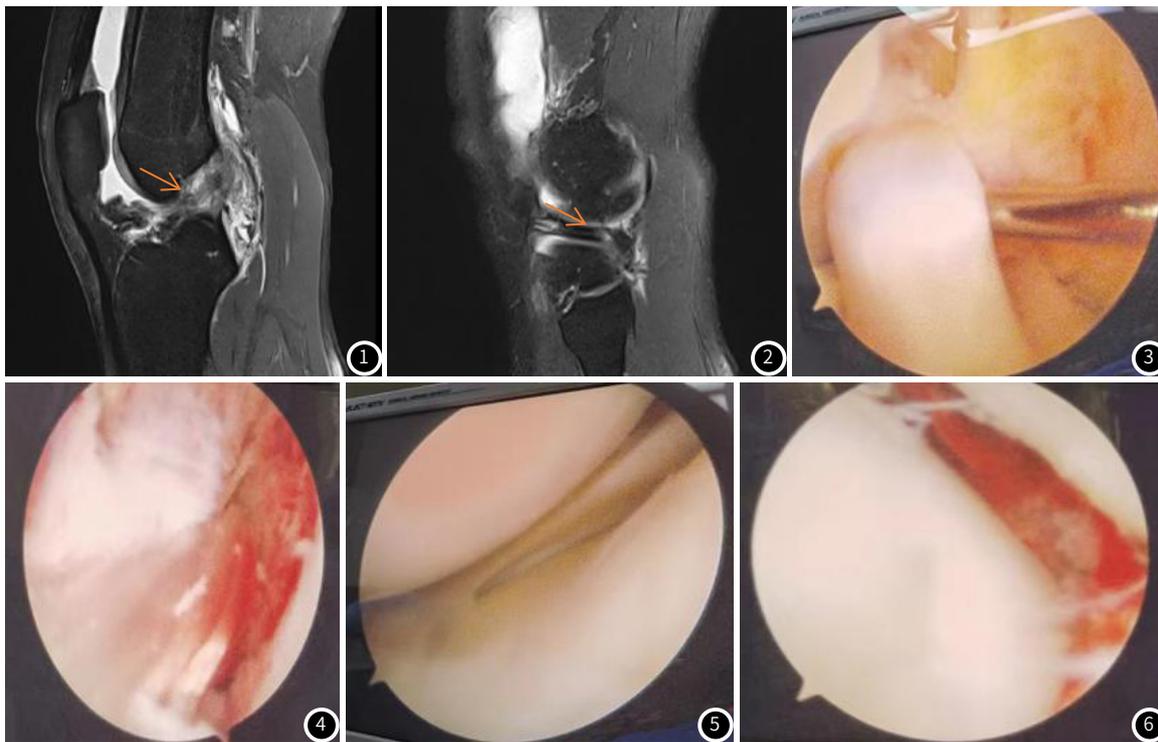
集。由2位具有10年以上放射诊断经验的医师对患者膝关节MRI进行诊断，遇到不同诊断意见时由另一名具有10年以上放射诊断经验的医师再次诊断，共同阅片达成一致意见。

**1.2.2 MRI诊断结果评定标准** MRI检查对半月板损伤的判定如下：(1)半月板内局限性信号升高判定为 I 级；(2)半月板内出现水平高信号，可以到达关节游离缘，但不影响关节则判定为 II 级；(3)半月板内出现条状或其他复杂高信号，累积半月板的关节缘判定为 III 级；半月板损伤标准为出现 III 级改变。以关节镜检查结果作为金标准，对MRI诊断半月板损伤的准确率进行评估与探讨。

**1.2.3 关节镜检查** 患者取仰卧位，硬膜外阻滞麻醉成功后，采用骨科关节镜，由本院2名专业的关节镜骨科医师经前内和前外侧入路对患者膝关节损伤情况进行探查，检查患者膝前交叉韧带形

态、走形以及内外侧半月板形态、损伤程度，对前交叉韧带断裂的患者进行自体腓绳肌重建，对半月板损伤的患者根据损伤状态进行修整、缝合，详细记录治疗过程并在镜下摄像(见图1~6)。

**1.3 统计学分析** 采用SPSS 23.0进行统计学分析，计数资料用例数表示，行配对  $\chi^2$  检验； $P < 0.05$  为差异有统计学意义。如果膝关节镜检查证实MRI发现的损伤，则认为结果为真阳性；如果关节镜检查证实MRI无损伤的诊断，则认为结果为真阴性；如果膝关节镜检查未证实MRI发现，则认为结果为假阳性；如果临床或MRI检查结果为阴性，但关节镜检查发现关节损伤，则认为假阴性；以关节镜检查结果为参考标准，评估灵敏度、特异度、阳性预测值、阴性预测值、准确度；检查结果的一致性检验采用Kappa检验。



**图1~图6** 25岁男性患者因训练左膝受损。图1示患者前交叉韧带断裂(长箭)。图2示患者外侧半月板体部、后角撕裂(长箭)。图3示关节镜下前交叉韧带断裂。图4示前交叉韧带重建后人工韧带。图5示关节镜下为前外侧半月板体部、后角复合裂。图6示外侧半月板损伤后关节镜下成型并缝合。

## 2 结果

在本次研究中的97例病人中前交叉韧带断裂时，关节镜诊断外侧半月板损伤56例，未损伤41例；内侧半月板损伤30例，未损伤67例。MRI诊断外侧半月板损伤54例，未损伤43例；内侧半月板损伤36例，未损伤61例。MRI诊断外侧半月板损伤的灵敏度、特异度、阳性预测值、阴性预测值、准确度分别为83.33%、

74.41%、80.35%、78.05%、79.38%，配对  $\chi^2$  检验  $P = 0.82$  ( $P > 0.05$ )，Kappa值为0.58。MRI诊断内侧半月板损伤的灵敏度、特异度、阳性预测值、阴性预测值、准确度分别为61.11%、86.89%、73.33%、79.10%、77.32%，配对  $\chi^2$  检验  $P = 0.29$  ( $P > 0.05$ )，Kappa值为0.50。详见表1、2。

**表1 外侧半月板损伤MRI诊断与关节镜诊断结果比较**

MRI检查	关节镜		合计
	损伤	未损伤	
损伤	45	9	54
未损伤	11	32	43
合计	56	41	97

**表2 内侧半月板损伤MRI诊断与关节镜诊断结果比较**

MRI检查	关节镜		合计
	损伤	未损伤	
损伤	22	14	36
未损伤	8	53	61
合计	30	67	97

### 3 讨论

膝关节半月板是一种半月形的纤维软骨盘,介于胫骨和股骨之间,内侧半月板如C形,外侧半月板如O形,含有丰富的胶原纤维和少量的纤维间基质以及变形的成纤维细胞,在膝关节的正常生物力学中起着重要作用,包括承重,减震,关节稳定,润滑和营养分布。有文献表明半月板病变的损伤,会导致胫股接触压力增加,膝关节的生物力学负荷增加,进一步发生软骨损伤、磨损、骨小梁的变化及软骨下骨损伤,最后发生不可逆的坏死或关节炎<sup>[10-14]</sup>。而前交叉韧带的断裂会进一步影响半月板的功能<sup>[3-5]</sup>。若不及时采取针对性治疗可导致患者下肢运动功能进行性下降,严重影响患者的身心健康及生活质量,因此及早进行临床检查和诊断,可对患者后续治疗起到重要作用。

关节镜是诊断膝关节损伤的金标准,能直接观察到前交叉韧带损伤及半月板损伤,并且进行治疗,但其具有侵入性,可对患者机体造成一定医源性损伤,且该检查需要较高的诊断费用,检查结果易受到医师水平的影响。MRI检查主要是应用外源磁场、射频电波对患者的身体进行扫描,使人体氢原子的共振,形成人体内部解剖的图像,清晰展现关节的信号特征,从而对膝关节损伤进行诊断,具有无放射性、无创性、无疼痛、多方位成像、软组织分辨力高等优点。人体膝关节一旦受损,其局部的组织液渗出,膝关节表面的关节软骨水肿、变性,内含的胶原蛋白发生降解,而MRI对水肿具有较强的敏感性,并能够在多个平面上利用多参数特点清楚地显示膝关节各部位受损伤的情况,近年来不少研究证实了MRI在急性ACL损伤和半月板损伤的评估中有明确诊断作用,可为患者临床治疗方案提供相应参考<sup>[15-16]</sup>。

但这些相关研究多集中于单独的前交叉韧带、半月板损伤,在前交叉韧带损伤时通过MRI研究半月板的变化还较少。本研究以关节镜为金标准,评估MRI在前交叉韧带断裂时半月板损伤情况。最终结果显示,MRI诊断外侧半月板损伤的灵敏度、特异度、阳性预测值、阴性预测值、准确度分别为83.33%、74.41%、80.35%、78.05%、79.38%,配对 $\chi^2$ 检验 $P=0.82$ ,Kappa值为0.58。MRI诊断内侧半月板损伤的灵敏度、特异度、阳性预测值、阴性预测值、准确度分别为61.11%、86.89%、73.33%、79.10%、77.32%,配对 $\chi^2$ 检验 $P=0.29$ ,Kappa值为0.50。二者的 $P>0.05$ ,提示MRI与关节镜诊断前交叉韧带断裂后内外侧半月板的损伤,差异没有统计学意义,表明磁共振可作为膝关节前交叉韧带断裂时诊断半月板情况的有效手段。人体半月板是低水分和脂肪含量的纤维软骨半月板,缺乏游离的氢质子,在T1、T2和质子密度序列上均应呈低信号<sup>[17]</sup>;而当半月板损伤,关节液的氢质子经损伤半月板关节面沿撕裂口渗透进入到半月板内,增加了局部氢质子浓度,MRI表现半月板内异常高信号<sup>[18]</sup>,这是MRI可以诊断半月板损伤的原理。

但本研究中MRI诊断外侧半月板损伤的灵敏度、特异度只有83.33%、74.41%;诊断内侧半月板损伤的灵敏度、特异度只有61.11%、86.89%,低于相关论文单纯半月板损伤的一致性结果;同时研究的一致性Kappa值均低于0.75。Nam等人也<sup>[19]</sup>证明,在急性ACL破裂的情况下,MRI对半月板撕裂的诊断准确性较低。这可能是因为在急性前交叉韧带断裂时,膝关节受到暴力损害,关节积血,在血红蛋白降解过程中,血液的顺磁性影响半月板和软骨组织等组织结构显示,是半月板信号发生改变,降低了MRI诊断急性创伤性关节内病变的准确性;此外,ACL残余物和相关的关节内滑膜炎可能会模拟半月板撕裂<sup>[20]</sup>,这导致假阳性率的增加。同时半月板结构复杂、细小,横韧带、板股韧带、腓肌腱等结构会形成“假撕裂征”,也会提高假阳性,影响诊断的准确性<sup>[21]</sup>。最后如果诊断中忽略了半月板后角ramp区域的撕裂也会导致假阴性的诊断率<sup>[9]</sup>。这些因素都可能影响了MRI对半月板损伤的正确诊断,因此在MRI扫描中观察急性ACL损伤患者伴发的半月板撕裂仍然是一个诊断挑战。

### 4 结论

综上,MRI对膝关节前交叉韧带断裂时半月板的损伤具有一定的诊断价值,可用于指导临床治疗,但前交叉韧带断裂也会影响MRI诊断半月板的准确性,还需要更深的研究,因此需要在临床检查中综合考虑患者的病情进展、实际情况等,选择合适的诊疗方式。

同时本研究存在一定的不足之处:(1)本研究是回顾性研究,有一定的偏差;(2)本研究的样本量不大,造成结论的客观性存在一定不足,因此还需要加大的数据收集进行进一步的研究。

### 参考文献

- [1] 张美珍.非接触性前交叉韧带损伤危险因素的生物力学研究[D].北京体育大学,2012.
- [2] 姜文斌,于胜波,隋鸿锦.前交叉韧带损伤的研究进展[J].中国临床解剖学杂志,2022,40(3):369-371,375.
- [3] Isono M,Koga H,Nakagawa Y,et al.Inferior Healing Rate in Isolated Meniscal Repair than that in Meniscal Repair with Concomitant ACL Reconstruction Evaluated with MRI[J].Malays Orthop J,2023,17(1):61-69.
- [4] Althawi JM,Althawil F,Reinke E,et al.Is meniscus treatment a predictor of worse articular cartilage damage on MRI 2 years after acl reconstruction? The moon nested cohort[J].Osteoarthritis and Cartilage,2021,29(s1):S279-S280.
- [5] Misir A,Kizkapan TB,Yildiz KI,et al.Using only MRI is moderately reliable in the prediction of meniscal tear reparability[J].Knee Surg Sport Tra,2018,27(3):898-904.
- [6] Dawkins BJ,Kolin DA,Park J,et al.Sensitivity and specificity of MRI in diagnosing concomitant meniscal injuries with pediatric and adolescent acute ACL tears[J].Orthop J Sports Med,2022,10(3):23259671221079338.
- [7] 陈煜,陈文,王栋,等.膝关节前交叉韧带及半月板损伤MRI临床评价[J].浙江创伤外科,2021,26(6):1158-1159.
- [8] Faunø E,Sørensen OG,Nielsen TG,et al.Magnetic resonance imaging can increase the diagnostic accuracy in symptomatic meniscal repair patients[J].Knee Surg Sport Tra,2019,28(3):855-861.
- [9] 先有霞,袁定兵.膝关节前交叉韧带断裂中内侧半月板撕裂的MRI漏诊分析[J].影像研究与医学应用,2022,6(11):10-13.
- [10] Englund M,Haugen I K,Guerzani A,et al.Evidence that meniscus damage may be a component of osteoarthritis:the Framingham study[J].Osteoarthritis and Cartilage,2016,24(2):270-273.
- [11] Patterson B E,Culvenor A G,Barton C J,et al.Worsening knee osteoarthritis features on magnetic resonance imaging 1 to 5 years after anterior cruciate ligament reconstruction[J].Am J Sports Med,2018,46(12):2873-2883.
- [12] Tsujii A,Yonetani Y,Kinugasa K,et al.Outcomes more than 2 years after meniscal repair for radial/flap tears of the posterior lateral meniscus combined with anterior cruciate ligament reconstruction[J].Am J Sports Med,2019,47(12):2888-2894.
- [13] 傅德杰,杨柳,郭林.半月板损伤与下肢力线[J].中国矫形外科杂志,2021,29(4):330-333.
- [14] Yamasaki S,Hashimoto Y,Nishida Y,et al.Assessment of meniscal healing status by magnetic resonance imaging T2 mapping after meniscal repair[J].Am J Sport Med,2020,48(4):853-860.
- [15] 常丽鹏,赵敏,龚国龄,等.MRI在膝关节半月板损伤、前交叉韧带损伤诊断中的应用价值研究[J].中国CT和MRI杂志,2020,18(8):164-167.
- [16] 李孟琦.MRI对膝关节前交叉韧带和半月板损伤的诊断价值[J].现代医学与健康研究电子杂志,2022,6(16):90-93.
- [17] Blake MH,Lattermann C,Johnson DL.MRI and Arthroscopic Evaluation of Meniscal Injuries[J].Sports Med Arthrosc,2017,25(4):219-226.
- [18] 王成伟,刘利兵,贾卫东等.磁共振成像评价膝关节半月板损伤:与关节镜检查的对照分析[J].中国组织工程研究,2014,18(46):7406-7411.
- [19] Nam TS,Kim MK,Ahn JH.Efficacy of magnetic resonance imaging evaluation for meniscal tear in acute anterior cruciate ligament injuries[J].Arthroscopy,2014,30(4):475-482.
- [20] Felli L,Garlaschi G,Muda A,et al.Comparison of clinical,MRI and arthroscopic assessments of chronic ACL injuries,meniscal tears and cartilage defects[J].Musculoskelet Surg,2016,100(3):231-238.
- [21] 康成.膝横韧带和板股韧带的MRI观测及临床意义[D].广西医科大学,2016.

(收稿日期:2024-06-27)

(校对编辑:韩敏求)