

• 骨骼肌肉影像学 •

基于 MRI 的膝内侧半月板后角根部损伤及伴发损伤

王军凯, 赵本琦, 王先道, 郑卓肇

【摘要】 目的:了解膝关节 MR 检查患者内侧半月板后角根部(PMMRL)损伤的发生率,探讨 PM-MRL 的各种损伤类型以及伴发损伤。**方法:**收集 3241 例膝关节 MRI 图像(男 1257 例,女 1984 例,年龄 2~97 岁,平均年龄 51 岁),统计 PMMRL 损伤的发生率,分析 PMMRL 损伤的类型以及同时合并的内侧半月板撕裂、内侧半月板脱出、内侧半月板后角根部附着点处骨髓水肿、自发性骨坏死(SONK)、前交叉韧带(ACL)损伤以及软骨损伤等发病情况。**结果:**膝关节 PMMRL 损伤全部发生于 50 岁以上的人群;PMMRL 损伤发生率为 6.1%(198/3241);退变 1.2%(40/3241),部分撕裂 1.8%(58/3241),完全撕裂 3.1%(100/3241);半月板后角根部撕裂的病例中,放射状撕裂占 35.4%(56/158)。PMMRL 损伤的伴发损伤中,内侧半月板撕裂占 40.9%(81/198);内侧半月板脱出 64.1%(127/198);内侧半月板后根部附着点处骨髓水肿 47%(93/198);自发性骨坏死(SONK)11.6%(23/198);前交叉韧带(ACL)变性 12.6%(25/198),ACL 撕裂 5%(10/198);内侧股胫间室、外侧股胫间室及髌股间室软骨损伤Ⅲ~Ⅳ级(ICRS 分级)分别占 70.3%(139/198)、34.9%(68/198)、70.7%(140/198)。**结论:**膝关节内侧半月板后角根部损伤的发生率为 6.1%左右,常发生于 50 岁以上的人群;内侧半月板后角根部损伤常合并邻近结构的损伤。

【关键词】 膝关节; 内侧半月板; 后角根部损伤; 磁共振成像

【中图分类号】 R445.2; R684.76 **【文献标志码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2022)07-0880-04

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2022.07.015

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Posterior medial meniscus root ligament lesions of knee joint and its associated injury based on MRI

WANG Jun-kai, ZHAO Ben-qi, WANG Xian-dao, et al. Department of Radiology, Beijing Tsinghua Changgung Hospital, School of Clinical Medicine, Tsinghua University, Beijing 102218, China

【Abstract】 Objective: To investigate the incidence of posterior medial meniscus root ligament (PMMRL) lesions on knee MRI, and to explore various types of PMMRL lesions and the findings of associated injuries. **Methods:** 3241 cases of knee MRI images were reviewed (1257 male, 1984 female; aged from 2 to 97 years, mean age was 51 years). The incidence of PMMRL lesions was calculated, the types of PMMRL lesions were classified and analyzed, and concomitant signs such as medial meniscal tear, medial meniscal extrusion, bone marrow edema at the attachment point of the PMMRL, spontaneous osteonecrosis (SONK), anterior cruciate ligament (ACL) injury and cartilage lesion were also analyzed. **Results:** All the PMMRL lesions of the knee occurred in people over 50 years old. The incidence of PMMRL lesions was 6.1% (198/3241): degeneration 1.2% (40/3241), partial tears 1.8% (58/3241), and complete tears 3.1% (100/3241). Radial tears accounted for 35.4% (56/158) of all cases. Of the concomitant injuries of PMMRL injury, medial meniscus tears accounted for 40.9% (81/198). Medial meniscus extrusion 64.1% (127/198). Marrow edema at the posterior root attachment point 47% (93/198); SONK 11.6% (23/198); ACL degeneration 12.6% (25/198), ACL tear 5% (10/198); Chondral wear (grade III and IV) on the internal femoral tibial compartment, lateral femoral tibial compartment and patellofemoral compartment respectively 70.3% (139/198), 34.9% (68/198) and 70.7% (140/198). **Conclusion:** The incidence of PMMRL lesions of the knee was about 6.1%, most of which occurred in people over 50 years old. PMMRL lesions were often associated with injuries of adjacent structures.

【Key words】 Knee joint; Medial meniscus; Posterior meniscus root lesion; Magnetic resonance imaging

内侧半月板后角根部 (posterior medial meniscus root ligament, PMMRL) 是内侧半月板附着于后交叉韧带与后髁间窝外侧半月板后角根部之间的纤维结构^[1], 对半月板的稳定性起重要作用, 它可以防止内侧半月板脱出, 避免了关节软骨承受过多的负荷, 降低膝关节退变的速度。虽然 PMMRL 撕裂是近年来认识到的比较常见的病变, 但 PMMRL 撕裂的发生率及伴发损伤情况缺乏可靠数据。MRI 显示 PMMRL 撕裂的敏感度为 100%, 特异度为 94.6%, 准确度为 97.2%, 与关节镜诊断结果差异无统计学意义^[2]。本研究回顾性分析了本院 3241 例膝关节 MR 图像, 统计膝关节 PMMRL 损伤的发生率, 并分析了 PMMRL 损伤的类型以及常见的伴发损伤, 从而提高对 PMMRL 损伤的认识。

材料与方法

1. 研究对象

收集 2015 年 1 月—2021 年 6 月于本院接受膝关节 MRI 检查但未行膝关节手术的患者 3241 例, 其中男 1257 例, 女 1984 例, 年龄 2~97 岁, 平均 (51±16) 岁。

2. 仪器与方法

采用 GE Discovery MR750 3.0T 和 Philips Ingenia CX 3.0T MR 扫描仪和膝关节表面线圈行膝关节 MRI 扫描。横轴面 FSE 序列脂肪抑制质子密度加权像 (proton density weighted image, PDWI), TR 2000 ms, TE 35 ms, 回波链长度 2, 矩阵 384×320, 层厚 4 mm, 层间距 1 mm, FOV 18 cm×18 cm, 冠状面 FRFSE 序列脂肪抑制 PDWI (TR 2000 ms, TE 38 ms, 回波链长度 2, 矩阵 320×256, 层厚 4 mm, 层间距 0.4 mm, FOV 16 cm×16 cm), 矢状面 FRFSE 序列脂肪抑制 PDWI (TR 1846 ms, TE 45 ms, 回波链长度 2, 矩阵 320×256, 层厚 4 mm, 层间距 0.4 mm, FOV 16 cm×16 cm) 和矢状面 FSE 序列 T₁WI (TR 400 ms, TE 5.8 ms, 矩阵 352×256, 层厚 4 mm, 层间距 0.4 mm, FOV 16 cm×16 cm)。

3. 图像分析

由放射科 1 名主治医师和 1 名骨关节方向的主任医师共同分析图像, 评价以下几点: ①PMMRL 损伤: 首先在冠状面确定 PMMRL 的位置; 之后参照冠状面, 在矢状面上确定半月板后角根部的位置。若冠状面和 (或) 矢状面 MRI 显示后角根部增粗、信号增高或形态失常或后角根部出现达到关节面的异常高信号,

则定义为半月板后角根部损伤。②PMMRL 损伤类型分为: 退变 (图 1)、部分撕裂、完全撕裂 (图 2); 根据 PMMRL 撕裂的位置, 将其分为半月板后角连接部撕裂 (图 3) 和中间部撕裂及胫骨附着点处撕裂 (图 4); 根据撕裂类型分为放射状撕裂和非放射状撕裂。③内侧半月板损伤: 包括退变和撕裂 (图 5), 同时观察内侧半月板撕裂是否与内侧半月板后角根部撕裂相延续。④内侧半月板脱出 (图 6): 内侧半月板外缘与胫骨平台软骨边缘间的水平距离 ≥ 3 mm。⑤PMMRL 附着点处骨髓水肿 (图 7)。⑥自发性骨坏死 (spontaneous osteonecrosis, SONK) 的诊断标准: 内侧股胫间室股骨或胫骨关节面塌陷 (低信号带) 合并骨髓水肿、关节面下迂曲应力不全骨折线合并骨髓水肿或明显软骨剥脱骨块形成 (图 8)。⑦前交叉韧带 (anterior cruciate ligament, ACL) 损伤: 包括变性和撕裂。⑧软骨退变: 参照国际软骨修复协会 (International Cartilage Repair Society, ICRS) 分级标准对软骨损伤分级, 标准如下: I 度, 表浅的、钝性的缺口和表浅的开裂; II 度, 损伤小于软骨厚度的一半; III 度, 损伤 $\geq$ 软骨厚度的一半但未达到软骨下骨; IV 度, 全层软骨撕裂合并软骨下骨暴露。将膝关节软骨分为内侧股胫间室、外侧股胫间室及髁间室三部分。

4. 统计学分析

计算 PMMRL 损伤的发生率; 分析 PMMRL 不同损伤类型的发病率以及各种常见伴发损伤的发生率。

结果

1. 内侧半月板后角根部损伤

PMMRL 损伤全部发生于 50 岁以上的人群, 最小年龄为 52 岁; PMMRL 损伤在所有膝关节 MRI 检查的人群中发生率为 6.1% (198/3241): 退变 1.2% (40/3241), 部分撕裂 1.8% (58/3241), 完全撕裂 3.1% (100/3241); 在 50 岁以上人群中发生率为 11.1% (198/1777)。根据撕裂的位置分为半月板后角连接部撕裂、中间部撕裂及胫骨附着点处撕裂; 在 PMMRL 撕裂的病例中, 后角连接部撕裂占 73.4% (116/158), 中间部撕裂 25.3% (40/158), 胫骨附着点处撕裂 1.3% (2/158); 所有撕裂的病例中, 放射状撕裂占 35.4% (56/158), 见图 1~4。

2. 伴发的其他征象

伴发损伤中, 内侧半月板撕裂占 40.9% (81/198), 其中与 PMMRL 撕裂相延续的病例占 27.2% (43/158), 没有合并内侧半月板撕裂的 117 例 PM-

讨论

膝关节半月板根部撕裂大部分发生于后角根部,且以 PMMRL 撕裂最常见,其原因可能为 PMMRL 是所有半月板根部最硬的部分,同时也是承受压力最大的部分^[3]。本研究病例数量多,提供了最具代表性的数据,明确内侧半月板后角根部损伤的发生率和伴随损伤情况。本组资料中有 198 例患者诊断为 PMMRL 损伤,在所有人群中的发生率为 6.1%;PMMRL 损伤全部发生在 50 岁以上的人群,在 50 岁以上人群中发生率为 11.1%,这与 Hwang 等^[4]报道的 PMMRL 病变好发于老年人基本相符。与 PMMRL 损伤相比,外侧半月板后角根部撕裂好发于年轻人,且有明确的外伤史^[5]。Choi 等^[6]报道的 PMMRL 病变发生率为 28.6%,与本研究资料相差较大,其原因可能为膝关节 MR 检查的人群不同,在我国磁共振检查费用相对偏低,患者具有普遍性。

PMMRL 撕裂的位置不同,临床上采取的治疗方法也不同,因此明确 PMMRL 撕裂的位置对临床诊疗具有重要的意义。本研究根据撕裂的位置,将 PM-

MRL 撕裂分为 3 种类型;本组病例中半月板后角连接部撕裂发生率最高,胫骨附着点处撕裂发生率最低。由于半月板后角根部主要是由韧带组成,而半月板后角为纤维软骨,两种不同组织连接部结构比较薄弱,因而更容易发生损伤。本研究显示放射状撕裂占 35.4%;由于放射状撕裂破坏半月板抵抗环形张力的能力,使相邻关节骨软骨失去半月板缓冲保护,加剧软骨变性和造成邻近关节骨挫伤,进而加剧膝关节退变^[7]。

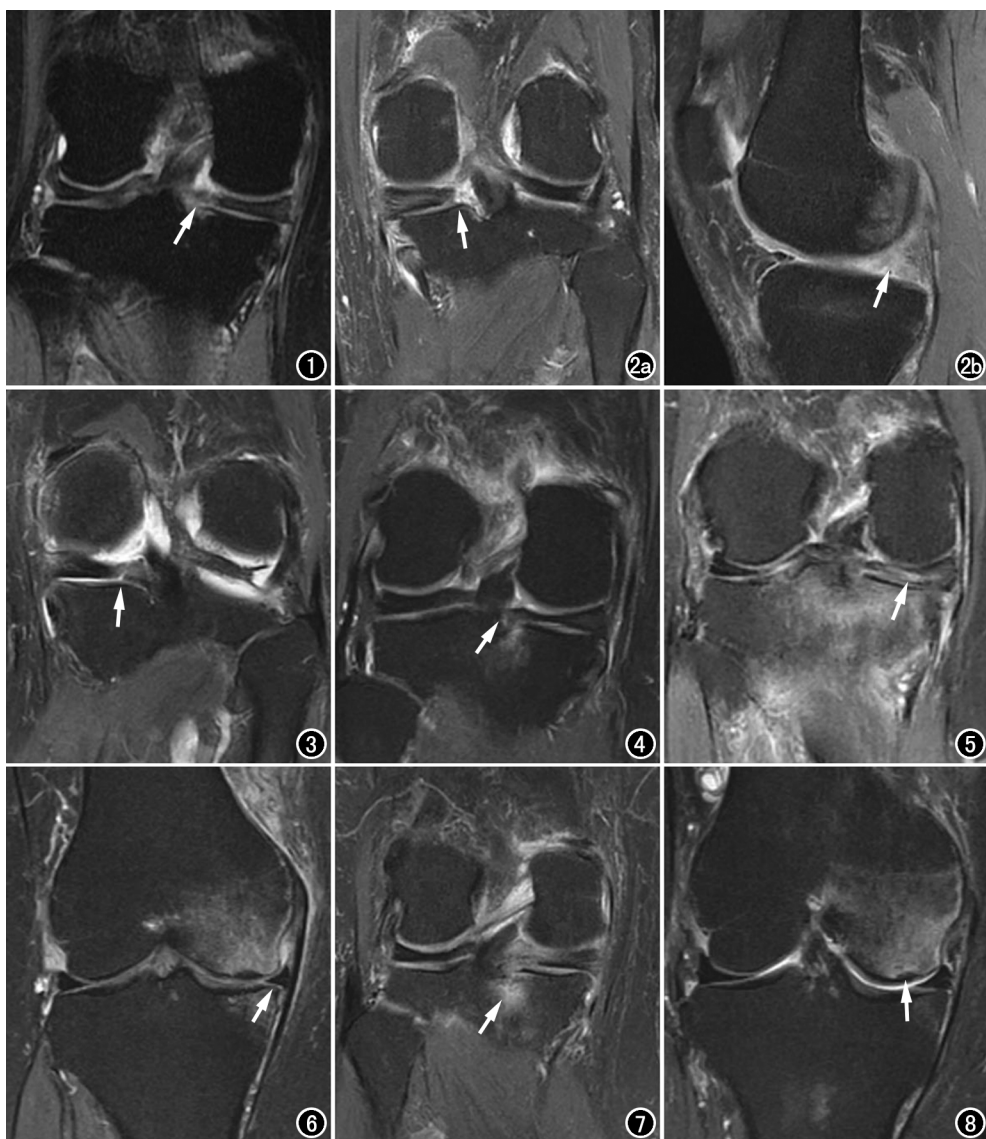


图 1 冠状面脂肪抑制 PDWI 示 PMMRL 退变(箭)。图 2 脂肪抑制 PDWI 示 PMMRL 完全撕裂。a) 冠状面(箭); b) 矢状面图像(箭)。图 3 冠状面脂肪抑制 PDWI 示 PMMRL 与后角连接部撕裂(箭)。图 4 冠状面脂肪抑制 PDWI 示 PMMRL 胫骨附着点处撕裂(箭)。图 5 冠状面脂肪抑制 PDWI 示 PMMRL 撕裂伴内侧半月板撕裂(箭)。图 6 冠状面脂肪抑制 PDWI 示 PMMRL 撕裂伴内侧半月板脱出(箭)。图 7 冠状面脂肪抑制 PDWI 示 PMMRL 胫骨附着点骨髓水肿(箭)。图 8 冠状面脂肪抑制 PDWI 示 PMMRL 撕裂伴自发性骨坏死(箭)。

MRL 损伤的病例全部合并内侧半月板 II 级损伤信号;内侧半月板脱出 64.1%(127/198);内侧半月板后角根部附着点处骨髓水肿 47.0%(93/198);SONK 11.6%(23/198);ACL 变性 12.6%(25/198),ACL 撕裂 5.1%(10/198);在 PMMRL 撕裂的病例中,内侧股胫间室、外侧股胫间室及髌股间室关节软骨 III~IV 级损伤分别占 70.3%(139/198)、34.9%(68/198)、70.7%(140/198),见表 1 和图 5~8。

表 1 198 例内侧半月板后角根部损伤的伴发损伤

伴随症状	发生例数	发生率
内侧半月板撕裂	81	40.9%
内侧半月板脱出	127	64.1%
内侧半月板后角根部止点骨髓水肿	93	47.0%
自发性骨坏死	23	11.6%
前交叉韧带变性	25	12.6%
前交叉韧带撕裂	10	5.1%
内侧股胫间室软骨Ⅲ、Ⅳ级损伤	139	70.3%
外侧股胫间室软骨Ⅲ、Ⅳ级损伤	68	34.9%
髌股间室软骨Ⅲ、Ⅳ级损伤	140	70.7%

本组资料中,40.9%的 PMMRL 撕裂同时伴有内侧半月板撕裂,没有合并内侧半月板撕裂的 PMMRL 撕裂病例全部合并半月板Ⅱ级损伤信号,其原因为 PMMRL 撕裂后,股骨、胫骨关节表面与内侧半月板后角的直接摩擦,从而导致内侧半月板的损伤、撕裂。本组病例中,PMMRL 撕裂的病例中有 64.1%的病例同时合并有内侧半月板脱出。大量研究报道,半月板脱出与 PMMRL 密切相关^[8]。半月板内缘依靠半月板根部附着于胫骨平台,以此维持半月板的稳定性,半月板根部撕裂后会导致半月板不稳定,从而脱出。半月板脱出后,胫股关节曲面吻合度下降,股骨、胫骨间的接触面积减小,接触后应力增大,随着脱出的进展,半月板缓解关节面受力的能力减弱,导致关节软骨受损^[9]。有研究表明,外侧半月板后角根部撕裂后半月板脱出较内侧少见,因为外侧半月板后角有两个独立的附着点,即根部的骨性附着点和板股韧带附着点;当板股韧带完整时,即使后角根部出现撕裂,也不一定导致外侧半月板脱出^[10]。

PMMRL 附着点处骨髓水肿是由于半月板后角根部持续承受异常应力所致,它预示着不久将发生后根部的撕裂^[11]。PMMRL 撕裂常常合并 SONK,内侧半月板后角根部撕裂,使股胫间室应力增大,改变了膝关节的生物力学机制,膝关节异常应力负荷作用于软骨下骨可引起该部位的不全骨折;Yamagami 等^[12]发现 62.2%的 SONK 患者合并 PMMRL 病变。本研究显示 PMMRL 损伤仅有 5%合并 ACL 的撕裂。而外侧半月板后角根部撕裂伴 ACL 撕裂的发生率远高于 PMMRL 损伤^[5]。从生物力学方面分析,ACL 撕裂后,胫骨前移造成外侧半月板被动前移,使板股韧带张力增大,其牵拉外侧半月板后角,易造成外侧半月板后角根部撕裂。PMMRL 损伤常常合并关节软骨重度退变,以内侧股胫间室、髌股间室为著,其原因在于内侧股胫间室承载着人体大部分的负荷,因此当内侧半月板后角根部撕裂时,半月板稳定性受到破坏,关节软骨接触应力增加,进而加快内侧股胫间室软骨的退变^[13]。

本研究为单中心数据量迄今为止最大、数据代表性较强。本研究不足之处:①缺乏关节镜证实,但 MRI 是诊断半月板根部撕裂最好的影像检查方法,诊断 PMMRL 撕裂的准确性在 90%以上,因此本文结果是可信的;②本研究为单中心结果,下一步可以评估多中心数据;③由于本研究未与对照组进行统计分析,因此伴发损伤是否与 PMMRL 损伤具有相关性需进一步研究。

总之,PMMRL 损伤常发生于老年人,发病率约为 6.1%左右。PMMRL 损伤常合并其他伴发损伤,这有助于解释 MRI 上多种异常信号之间的逻辑性,并帮助诊断 MRI 上显示的各种异常。

参考文献:

[1] Villegas DF,Donahue TL.Collagen morphology in human meniscal attachments;a SEM study[J].Connect Tissue Res,2010,51(5):327-336.

[2] 汪睿,钱银锋,王紫明,等.半月板根部撕裂与膝骨性关节炎严重度的关系[J].放射学实践,2019,34(6):664-667.

[3] Vedi V,Spouse E,Williams A,et al.Meniscal movement;an in-vivo study using dynamic MRI[J].J Bone Joint Surg Br,1999,81(1):37-41.

[4] Hwang BY,Kim SJ,Lee SW,et al.Risk factors for medial meniscus posterior root tear[J].Am J Sports Med,2012,40(7):1606-1610.

[5] Koo JH,Choi SH,Lee SA,et al.Comparison of medial and lateral meniscus root tears[J].PLoS One,2015,10(10):e0141021.

[6] Choi JY,Chang EY,Cunha GM,et al.Posterior medial meniscus root ligament lesions: MRI classification and associated findings[J].AJR,2014,203(6):1286-1292.

[7] 夏占统,龚静山,李富兴,等.半月板根部放射状撕裂 MR 表现[J].医学影像学杂志,2013,23(9):1468-1470.

[8] 李达,梁洁,刘存兵,等.内侧半月板半脱位与后根部撕裂的相关性[J].中国医学影像技术,2016,32(3):433-436.

[9] 王晶,赵建,李荣品,等.膝关节关节炎软骨下假囊肿与膝关节稳固结构损伤关系的 MRI 分析[J].放射学实践,2020,35(4):543-546.

[10] Brody JM,Lin HM,Hulstyn MJ,et al.Lateral meniscus root tear and meniscus extrusion with anterior cruciate ligament tear[J].Radiology,2006,239(3):805-810.

[11] Umans H,Morrison W,DiFelice GS,et al.Posterior horn medial meniscal root tear;the prequel[J].Skeletal Radiol,2014,43(6):775-780.

[12] Yamagami R,Taketomi S,Inui H,et al.The role of medial meniscus posterior root tear and proximal tibial morphology in the development of spontaneous osteonecrosis and osteoarthritis of the knee[J].Knee,2017,24(2):390-395.

[13] Bae JY,Park KS,Seon JK,et al.Biomechanical analysis of the effects of medial meniscectomy on degenerative osteoarthritis[J].Med Biol Eng Comput,2012,50(1):53-60.

(收稿日期:2022-01-13 修回日期:2022-02-25)