

膝关节损伤的 MRI 诊断研究进展

周慧 张惠卿 牛广明

膝关节损伤是指发生在车祸、摔伤、扭伤、登山、过度锻炼及长期疲劳性慢性损伤中所引起的膝关节不适的疾病。一般包括内外侧半月板损伤、前后交叉韧带损伤、内外侧副韧带损伤、骨挫伤等。如果不准确诊断延误治疗将会导致骨性关节炎、行走障碍的发生,严重影响关节寿命,为患者的生活造成诸多不便。因此,准确诊断对指导临床治疗有重要意义^[1]。

普通 X 线(摄片的)密度和空间分辨率低,部分解剖部位重叠,而且还受投照条件的影响,对细微无移位的骨折容易漏诊,尤其对于胫骨平台后缘的骨折常遗漏。由于受 X 射线本身的局限性,无法很好显示半月板、周围软组织情况^[2]。多层螺旋 CT (MSCT) 适用于症状重,不方便去除石膏及翻转体位的患者,可短时间扫描。通过三维重建立体显示损伤部位,包括 X 线易漏诊区。三维重建一般采用 MPR、MIP、VRT 技术。MPR 可任意平面重组,可较好显示较深骨折线和不规则骨折线^[3],但 MPR 重建的骨折线还不够完整,需结合 MIP 技术,MIP 密度对比度高,可任意旋转切割重叠部分,使骨折线显示更清晰。VRT 技术主要用于重建复杂解剖部位模型,可清晰显示骨碎片及移位的断端^[4]。但以上技术对微小断端移位易漏诊及对软组织病变显示欠佳。因此普通 X 线和 CT 基本可以满足临床对于膝关节骨折和脱位的诊断,但对半月板损伤、软组织损伤、软骨损伤、骨挫伤患者的诊断不是很敏感^[5]。关节镜的有创性、局部有感染时不能进行检查、检查死角等问题在一定程度上限制了其使用。而 MRI 对 H 质子有极高的敏感性,即使骨质破坏不明显,只有轻微骨髓水肿,在 X 线、CT 上不能显示明显骨折线,在 MRI T2WI/STIR/FS-PD 上也会呈点片状长 T1WI、长 T2WI 信号。MRI 的软组织分辨率高、多方位成像的特点,使其不但可清晰显示膝关节的细微的解剖结构,而且对膝关节各组成结构的损伤、复杂的复合伤具有极高的敏感性^[6]。因此, MRI 现已成为诊断膝关节损伤最普遍、最常用的检查方法。本文就膝关节损伤的 MRI 诊断研究进展作一概述。

一、膝关节 MRI 成像技术

近年来随着 MRI 在膝关节损伤诊断中的逐渐普及,扫描技术种类也越来越多,包括快速自旋回波(fast spin echo, FSE) T1WI、二维短 T1 翻转恢复序列(short inversion recovery, 2D-STIR)、FSE T2WI 压脂(FS-T2WI)、二维脂肪抑制质子密度加权像(FS-PD)、三维成像技术(3D-FSE-cube T2WI)、T2-mapping 等。FSE-T1WI 信噪比较高,解剖结构显示较清,

对骨髓、半月板病变的敏感性较高,软骨与软骨下骨分界显示也较清,但是对软骨骨折显示不是很敏感。2D-STIR 易受化学位移干扰使软骨与周围组织分界不清,但对骨髓病变显示清晰。FS-T2WI 可去除脂肪对病变显示的干扰。FS-PD 采集的信号幅度由质子密度决定,因此对骨髓水肿、半月板损伤的显示更加清晰。病变与脂肪组织在 T2WI/PD 中一般均为高信号,这就对鉴别诊断增加难度,压脂技术可去除脂肪组织信号,尤其化学饱和法和在去除脂肪组织的同时不影响其他组织信号强度。三维成像技术现还处于研究阶段,能容积采集信号,图像较薄,可利用 MIP、VR 重建技术实现任意方位整体观察膝关节。目前国内学者对 3D-FSE-cube T2WI 在前交叉韧带(anterior cruciate ligament, ACL) 损伤的诊断中研究较多^[7-8],有研究表明 3D-FSE-cube T2WI 在对 ACL 撕裂、内外侧半月板撕裂的检出的敏感性和特异性差别不大^[9]。还有研究认为其对 ACL 不完全撕裂更敏感^[10],因为常规扫描层较厚,ACL 宽度为 10~12 mm,容易漏诊或误诊,而三维扫描层较薄,可消除部分容积效应的影响,况且常规扫描需患者外旋 10°~15°,对于严重患者配合较困难,三维扫描后重组技术可不受体位限制就能完整任意方位显示 ACL。重建技术中 MIP 的价值最大,其可显示扫描区 ACL 的任意结构,部分撕裂呈线状高信号,完全撕裂可见连续性完全中断,且残余韧带呈明显团块状或假瘤状改变。VR 对形态改变较敏感,适用于明显部分撕裂或完全撕裂者。T2-mapping 也是一种处于临床研究阶段的技术,可在形态学改变之前为临床提供对于软骨有无损失以及治疗后随访评估的客观评价^[10]。研究显示^[11],软骨内 T2 值与年龄有关,年龄越长,软骨表层至深层的 T2 值也逐渐增长。

二、膝关节各解剖结构损伤机制

韧带主要是由胶原纤维构成,胶原纤维内的氢原子是固定是多肽形成的网架上。半月板主要是由纤维软骨构成,缺乏参与 MRI 成像的游离氢质子。这样的微观结构决定了它们不能参与 MRI 成像。因此正常韧带及半月板在任何序列上均呈低信号。损伤时,其微观结构被打破,出现水肿、出血的异常信号。尤其在 2D-STIR、FS-T2WI、FS-PD 显示更清楚。水肿和出血的高信号与周围脂肪组织低信号分界清楚。这样对韧带的损伤诊断及分级判定更为准确。

三、膝关节损伤的 MRI 表现

1. ACL: ACL 是膝关节最容易损伤的韧带之一,根据文献报道,其被 MRI 检出的准确率为 92%~100%^[12]。韧带中段损伤约占 72%,股骨外侧髁附着处损伤约占 18%,胫骨附着处损伤约占 4%^[13]。正常 ACL 的 MRI 表现主要利用矢状面观察, T1WI 和 T2WI 均表现为自前下斜行向后上的连续、笔直的低信号影,纤维束走向分明,且在低信号的纤维束中有细线样的稍

DOI:10.3877/cma.j.issn.1674-0785.2013.15.080

作者单位: 010050 呼和浩特, 内蒙古医科大学研究生学院(周慧);
武警内蒙古总队医院特诊科(张惠卿); 内蒙古医科大学附属医院磁共振室
(牛广明)

通讯作者: 张惠卿, Email: m18686097798_1@163.com

高信号,这是由于在 ACL 中下段后部的纤维之间存在少量的脂肪组织、疏松结缔组织^[14]。因此 ACL 信号强度一般高于后交叉韧带 (posterior cruciate ligament, PCL)。正常 ACL 前后径常大于宽径。部分撕裂的 ACL 内局部出血水肿使其信号增粗形态变圆,横断面图像 ACL 宽径的增大常比矢状面显示前后径改变更加显著。

ACL 损伤包括部分撕裂和完全撕裂。ACL 部分撕裂可见到部分正常的低信号韧带纤维束^[14]。完全撕裂直接征象^[13]: (1) 韧带的连续性中断; (2) 韧带松弛、扭曲呈波浪状或弹簧状改变; (3) 韧带增粗, 信号增高, 边缘毛糙, 韧带附着处团块状低信号影, 各种序列均不显示正常 ACL。间接征象^[14]: (1) 胫骨前移; (2) PCL 呈“?”征; (3) PCL 角 $<105^\circ$; (4) 半月板后移征; (5) 对吻性骨挫伤; (6) PCL 指数 <3 ; (7) Blumensaat 角; (8) ACL 与胫骨平台夹角 $<45^\circ$ 。Mellado 等^[15]认为根据 ACL 连续性程度可鉴别完全撕裂和部分撕裂。ACL 损伤具备以上两种或两种以上直接征象时,其诊断的准确率显著提高,可达 95% 以上^[16]。ACL 与胫骨平台夹角 $<45^\circ$ 、胫骨前移征、PCL 角、PCL 指数、Blumensaat 角在 ACL 损伤中出现的概率较大,而半月板后移征、对吻性骨挫伤在 ACL 损伤中出现的概率较小。而胫骨前移征、外侧半月板后角后移以及 PCL 指数过大多见于 ACL 慢性疲劳性损伤中,可能与 ACL 撕裂后影响关节稳定性所致。

MRI 由于其对氢质子的特殊敏感性在诊断 ACL 有无撕裂时可出现假阳性可能,李欣^[14]分析其原因为有可能出现嗜伊红变性或黏液样变性而出现芹菜茎征^[17]的异常高信号;或者韧带扭伤水肿但无撕裂,以致韧带内出现异常高信号;或者由于韧带中下段后部或股骨外侧髁后内侧的脂肪组织或疏松结缔组织产生部分容积效应;或者由于成像的因素使其在矢状面上显示不佳。

2. PCL: PCL 是膝关节韧带中最坚韧,完全撕裂的发生率较低的。损伤常见于严重外伤,据有关研究表示实质部撕裂占 68%, 韧带远端撕裂占 19%, 远端撕裂占 4%^[18]。PCL 完全撕裂的直接征象^[14]: (1) PCL 连续性中断; (2) 各种序列均未显示 PCL; (3) PCL 在 FS-T2WI/FS-PDWI/STIR 呈不规则局限性或弥漫性高信号,其内未见有连续性完好的低信号纤维束; (4) PCL 的连续性完整,只是胫骨附着点胫骨平台后部有线样骨折线,胫骨撕脱的碎片与 PCL 相连。MRI 诊断 PCL 断裂敏感性和特异性与 ACL 相比较低^[19]。可能与魔角效应有关,但这种现象通过抑脂技术可消除。因此矢状位 T1WI、FS-T2WI/FS-PDWI/STIR 作为常规扫描序列非常必要^[20]。

3. 内外侧副韧带: 膝关节内外侧副韧带在维持关节稳定性中起着非常重要的作用。内侧副韧带 (MCL) 理论上是从近端到远端向前下走行的,外侧副韧带 (LCL) 理论上是从近端到远端向后下走行的,因此冠状位扫描一般需连续至少 2 个层面显示。以前人们忽视了侧副韧带损伤,只针对 ACL、PCL 的修复、重建,术后症状非但未见缓解,反而症状更重。随着人们对侧副韧带认识的加深,其功能也引起人们的重视,有学者^[21]认为侧副韧带 III 级损伤必须进行修复。而且膝关节损伤

中单纯侧副韧带损伤极少见,部分损伤常合并股骨髁及胫骨平台韧带附着处的骨挫伤或骨折。MCL 完全撕裂还可累及关节囊缘内侧及后部、内侧半月板、ACL。MCL 较易损伤,尤其股骨附着处,中部、远端少见^[22]。

4. 半月板: 半月板的功能是缓冲吸收震荡,保护关节软骨,为关节提供润滑作用,传递应力,使关节稳定性增加。其在膝关节损伤中发生病变的概率非常高,由于半月板主要是由纤维软骨构成,在 X 线照射下不显影,故 X 线的诊断价值不大; CT 是横断面扫描,无法全面显示半月板。而 MRI 软组织分辨率高,可任意角度成像的优势使其能够清晰显示半月板的结构、病变,从而正确的诊断和分级。

根据半月板撕裂的部位和形态,又可将半月板撕裂分为纵行撕裂、桶柄样撕裂、横行或放射状撕裂、斜行撕裂、花边褶样撕裂。纵行撕裂是指半月板内的高信号影在矢状位上垂直或平行于胫骨平台。桶柄样撕裂是指通常发生于内侧半月板或体部的撕裂。矢状位边缘层正常半月板体部的蝴蝶结形态消失。若向内侧移位的碎片移动到 PCL 前方,即形成双 PCL 征。有的桶柄样撕裂还可见增大的前角(高度 ≥ 6 mm)。冠状位在髁间层面还可见到移位的内侧半月板碎片。横行或放射状撕裂也是垂直撕裂的一种,是指矢状位上半月板内的高信号影有连续 1~2 层与胫骨平台垂直。斜行撕裂是由纵行、横行(放射状)和其他类型撕裂组成的一种复合性撕裂。撕裂的高信号影起于半月板的游离缘以曲线形态延伸至半月板内部。在轴位上,若只见到 III 级撕裂信号延伸到半月板上下面的征象,即可推断为斜行撕裂。花边褶样撕裂是一种极其少见的撕裂, MRI 征象为半月板游离缘的花边皱褶。由于此型撕裂有时缺乏其他可证明半月板撕裂的临床症状,一般认为属于一种正常变异。

半月板的分级对于临床治疗方案的选择有重要意义。Stoller 等^[23]将半月板损伤依据在 MRI 上的信号分为三级。I、II 级损伤一般只做保守治疗, III 级损伤各种亚型的半月板均可见到纤维软骨的撕裂,因此一般情况不提倡保守治疗,常需半月板修补术或部分切除术、全切术。

盘状半月板是一种解剖形态变异的半月板,其不能与股骨髁关节面完全吻合,接触的面积小于正常半月板,膝关节急剧屈、伸、旋转等运动均可造成半月板损伤、撕裂、关节软骨骨折^[24]。据统计,盘状半月板发病率为 3%~5%,合并撕裂的发生率高达 38%~88%^[25]。

盘状半月板的 MRI 诊断标准^[26]: (1) 矢状位 3 层或 3 层以上显示半月板前后角相连的蝴蝶结样改变; (2) 半月板体部最窄处的宽度 >15 mm; (3) 冠状位髁间棘层面,同层的半月板宽度与胫骨平台宽度比值(板面比) $>20\%$; (4) 盘状半月板外侧缘高度与对侧相比 >2 mm 以上。以上诊断方法简单易行,应用较广泛。有研究表明,根据 MRI 诊断结果,需要采取手术治疗的有 37% 是根本没有必要的^[27]。有文献表明^[28-29],与关节镜或手术的金标准相比, MRI 诊断半月板损伤存在误诊的情况。现总结原因如下: (1) 周边复杂的解剖结构。如连接于内外侧半月板前角的膝横韧带; (2) 半月板有丰富血管区撕裂愈合后可形成纤维血管瘢痕的异常信号易误诊为半月板撕裂^[30];

(3) 以 4~5 mm 层厚扫描时, 有可能漏诊半月板微小的撕裂和边缘撕裂。

5. 骨挫伤: 自从 Mink 等^[31]于 1987 年首次提出骨挫伤的概念以来, 骨挫伤的诊断逐渐引起人们的重视。骨挫伤是指外伤所致的骨髓出血、水肿、骨小梁的细微骨折。而这细微的病理改变不足以明显改变 X 线衰减系数。因此 X 线平片、CT 均不显示。MRI 以其对氢质子的高度敏感性, 成为了惟一能发现骨挫伤的影像学检查方法^[32]。膝关节骨挫伤是引起损伤后疼痛的常见原因, 临床症状有时与半月板损伤类似, 较难鉴别。MRI 可清晰显示骨挫伤及半月板的损伤。

骨挫伤表现为骨皮质下髓质区的形态各异的斑点状或地图样的长 T1、长 T2 信号影, 边界不清, 信号分布不均匀。PDWI 或抑脂序列是最为敏感的序列, 可见斑点状高信号影, 边界清晰, 信号不均匀。

根据骨挫伤的分布, 又将膝关节损伤分为五种类型。即轴向旋转性损伤、仪表盘式损伤、过伸型损伤、夹击损伤和骸骨外侧脱位型损伤。骨挫伤的分布如同损伤的脚印, 可间接推断损伤机制。从而对临床症状做出合理解释, 有助于确切诊断膝关节损伤。

骨挫伤被认为是一种良性自限性骨病。Boks 等^[33]经随访研究发现, 损伤 6~12 个月后, MRI 征象为网格状的患者可完全愈合, 地图样的高达 67% 的患者出现关节软骨后遗症。据 Fomer 等^[34]统计发现 2 年后骨挫伤可以不愈合。这种愈合较缓的现象对于与其他骨病的鉴别有着重要意义。

四、问题

MRI 在膝关节损伤的应用越来越广泛, 但对于膝关节损伤的成分定量测量及软骨病变的显示还有待于临床进一步研究。

参 考 文 献

- [1] 王俊, 李德菊. MRI 对膝关节韧带损伤的诊断价值. 内蒙古中医药, 2012(12): 105-106.
- [2] 牛广明, 苏秉亮, 主编. 临床比较影像学. 北京: 科学出版社, 2007: 12.
- [3] 韩立海, 陈建伟. 容积 CT 扫描在胫骨平台骨折中的临床价值. 实用医技杂志, 2010, 17: 831.
- [4] 吴锦禄. 螺旋 CT 在膝关节骨折中的应用. 实用医技杂志, 2011, 1: 35.
- [5] 俞国有, 阮建江, 陈浩军, 等. X 线与 MRI 对膝关节内侧副韧带损伤的表现分析. 中国医学影像学杂志, 2011, 19: 377-379.
- [6] Stork A, Feller JF, Sanders TG, et al. Magnetic resonance imaging of the knee ligaments. Semin Roentgenol, 2000, 35: 256-276.
- [7] 吴永刚, 杨进军. MR 成像技术在大学生足球运动员前交叉韧带损伤诊断中的应用. 实用放射学杂志, 2011, 27: 1260-1262.
- [8] 张继良, 史大鹏, 藏卫东, 等. 膝关节前交叉韧带的 MRI 三维成像研究. 磁共振成像, 2011, 2: 38-41.
- [9] Kijowski R, Davis KW, Woods MA, et al. Knee joint: comprehensive assessment with 3D isotropic resolution fast spin-echo MR imaging—diagnostic performance compared with that of conventional MR imaging at 3.0 T. Radiology, 2009, 252: 486-495.
- [10] 吕英茹, 陈爽, 蒋胜洪, 等. 不同年龄段膝关节软骨 T2 弛豫时间测量及临床意义的初步探讨. 临床放射学杂志, 2011, 30: 1170-1173.
- [11] Mosher TJ, Liu Y, Torok CM. Functional cartilage MRI T2 mapping: evaluating the effect of age and training on knee cartilage response to running. Osteoarthritis Cartilage, 2010, 18: 358-364.
- [12] Han Y, Kurzencwyg D, Hart A, et al. Measuring the anterior cruciate ligament's footprints by three-dimensional magnetic resonance imaging. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2012, 20: 986-995.
- [13] 吕涵青, 胡元明, 陈健湘. MRI 对膝关节前交叉韧带撕裂的诊断价值. 中国 CT 和 MRI 杂志, 2010, 8: 65-67.
- [14] 李欣. MRI 与关节镜诊断膝关节韧带损伤的比较研究. 医学影像学杂志, 2010, 20: 1178-1182.
- [15] Mellado JM, Calmet J, Olona M, et al. Magnetic resonance imaging of anterior cruciate ligament tears: reevaluation of quantitative parameters and imaging findings including a simplified method for measuring the anterior cruciate ligament angle. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2004, 12: 217-224.
- [16] 郭吉敏, 刘春霖, 曹满瑞, 等. 前交叉韧带损伤的 MRI 相关征象分析. 放射学实践, 2010(11): 1268-1272.
- [17] 黄耀渠. 前交叉韧带“芹菜茎征”及其意义. 临床放射学杂志, 2011, 30: 389-392.
- [18] Ahn JH, Lee YS, Yoo JC, et al. Results of arthroscopic all-inside repair for lateral meniscus root tear in patients undergoing concomitant anterior cruciate ligament reconstruction. Arthroscopy, 2010, 26: 67-75.
- [19] 尤壮志, 季晓君, 李志军, 等. 低场强关节磁共振成像在膝关节交叉韧带损伤中的临床应用研究[J/CD]. 中华临床医师杂志: 电子版, 2011, 5: 4105-4115.
- [20] 程志亮, 高倩倩, 马虹. MR 成像序列在膝关节交叉韧带损伤中的应用研究. 医疗卫生装备, 2011, 32: 71-72.
- [21] 张雷, 陈涛, 李莉, 等. 膝关节侧副韧带 MRI 显示方法分析. 实用放射学杂志, 2010, 26: 71-73.
- [22] 章跃武, 朱希松, 吴渭贤, 等. 膝关节内侧副韧带的 MRI 诊断价值. 医学影像学杂志, 2010, 20: 1527-1529.
- [23] Stoller DW, Martin C, Crues JV 3rd, et al. Meniscal tears: pathologic correlation with MR imaging. Radiology, 1987, 163: 731-735.
- [24] 王继琛, 朱雪娥. MRI 诊断膝关节半月板病变. 中国医学影像学技术, 2011, 27: 425-427.
- [25] 徐春黎. 膝关节盘状半月板分型及损伤的 MRI 诊断. 医学理论与实践, 2010, 23: 76-77.
- [26] 黄文光, 陈海燕. 膝关节半月板撕裂的低场 MRI 及关节镜表现评估. 华西医学, 2011, 26: 222-225.
- [27] Ben-Galim P, Steinberg EL, Amir H, et al. Accuracy of magnetic resonance imaging of the knee and unjustified surgery. Clin Orthop Relat Res, 2006, 447: 100-104.
- [28] 尹东, 孙可, 满育平, 等. 膝半月板损伤的临床、MRI 及关节镜对比研究. 中国矫形外科杂志, 2007, 15: 1872-1874.
- [29] 潘昊, 彭永海, 王俊文, 等. 关节镜下使用带鞘可吸收挤压钉固定胫骨端重建前交叉韧带[J/CD]. 中华腔镜外科杂志: 电子版, 2009, 2: 54-57.
- [30] 高元桂, 蔡幼铨, 蔡祖龙. 磁共振成像诊断学. 北京: 人民军医出版社, 2011: 680.
- [31] Mink JH, Deutsch AL. Occult cartilage and bone injuries of the knee: detection, classification, and assessment with MR imaging. Radiology, 1989, 170: 823-829.
- [32] Uçar BY, Necmioğlu S, Bulut M, et al. Determining bone bruises of the knee with magnetic resonance imaging. Open Orthop, 2012, 6: 464-467.
- [33] Boks SS, Vroegindewij D, Koes BW, et al. Follow-up of occult bone lesions detected at MR imaging: systematic review. Radiology, 2006, 238: 853-862.
- [34] Roemer FW, Bohndorf K. Long-term osseous sequelae after acute trauma of the knee joint evaluated by MRI. Skeletal Radiol, 2002, 31: 615-623.

(收稿日期: 2013-05-20)

(本文编辑: 吴莹)