

· 骨骼肌肉影像学 ·

MR 薄层斜冠状面评估膝关节后外侧小结构的价值

姜铃霞, 姚伟武, 梁凯轶, 陈颖敏, 周慧, 朱莉

【摘要】 目的:探讨 MR 薄层斜冠状面评估正常膝后外侧小结构-腓韧带(PFL)、弓状韧带(Ar)及豆腓韧带(FFL)的价值,提高对相应结构的认识。**方法:**60 名膝后外侧角(PLC)未损伤者行常规方位及薄层斜冠状位 MR 扫描,采用四分法评价不同方位显示 PFL、Ar 及 FFL 的价值,并分析毗邻的 Ar 与 FFL 两条韧带间是否存在相关性。**结果:**MR 薄层斜冠状面显示 PFL、FFL 的评分均优于常规冠状面($P < 0.05$),显示 Ar 的评分两种方位无明显差异($P > 0.05$)。薄层斜冠状面上 PFL、FFL 的显示率分别为 87% (52/60)、35% (21/60),表现为清晰连续的条状低信号。Ar 的显示率分别为完全显示 37% (22/60)、部分显示 47% (28/60)、未显示 16% (10/60),Ar 与 FFL 显示情况间呈负相关($r_s = -0.417$, $P = 0.001$)。**结论:**MR 薄层斜冠状面较常规冠状面更易于显示 PFL 及 FFL,是用于更精确显示膝后外侧小结构的有效补充方位;毗邻的 Ar 与 FFL 因形态显示上密切相关,在共同维护 PLC 区稳定方面可能兼具功能相关性。

【关键词】 膝关节; 斜冠状面; 腓韧带; 弓状韧带; 豆腓韧带; 磁共振成像

【中图分类号】 R445.2; R684 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2021)11-1419-05

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2021.11.016

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Preliminary study on the value of MR oblique coronal thin-slice scan in evaluating the posterolateral small structures of the knee joint JIANG Ling-xia, YAO Wei-wu, LIANG Kai-yi, et al. Department of Radiology, Jiading Central Hospital, Shanghai University of Medical & Health Sciences, Shanghai 201800, China

【Abstract】 Objective: The aim of this study was to explore the value of MR oblique coronal thin-slice scan in evaluating the posterolateral small structures of normal knee joint, including popliteal fibular ligament (PFL), arcuate ligament (Ar) and fabellofibular Ligament (FFL), and to improve the understanding of these structures. **Methods:** Sixty patients without injury to the posterolateral corner (PLC) of knee joint underwent conventional and thin-slice oblique coronal MR scans. Four-division method was used to evaluate the value of PFL, Ar and FFL in different directions, and correlation between the adjacent Ar and FFL ligaments was analyzed. **Results:** The oblique coronal thin slice images showed that the scores of PFL and FFL were better than those of conventional coronal position ($P < 0.05$), and there was no significant difference between the two directions of Ar scores ($P > 0.05$). The display rates of PFL and FFL on the oblique coronal thin slice images were 87% (52/60) and 35% (21/60), all were shown as clear and continuous stripe-like structure with low signal. The display rate of Ar was full display 37% (22/60), partial display 47% (28/60), and non-display 16% (10/60). There was a significant correlation between Ar and FFL classification display rate ($r_s = -0.417$, $P = 0.001$). **Conclusion:** The MR oblique coronal thin-slice scan of knee joint is better to display PFL and FFL than the conventional coronal scan. It is an effective supplementary scan for more accurate display of the posterolateral small structure of the knee. Adjacent Ar and FFL are related to maintaining the stability of the posterolateral corner of the knee joint. Adjacent Ar and FFL are closely related due to their morphological display, and may have functional relevance in jointly maintaining the stability of

作者单位: 201800 上海, 上海健康医学院附属嘉定区中心医院放射科及上海市卫健委智慧影像重点实验室(姜铃霞、梁凯轶、陈颖敏、周慧、朱莉); 200336 上海, 上海交通大学医学院附属同仁医院放射科(姚伟武)

作者简介: 姜铃霞(1986—), 女, 江苏人, 硕士, 主治医师, 主要从事骨关节系统影像诊断研究。

通讯作者: 姚伟武, Email: yaoweiwu@yahoo.com

基金项目: 2019 年交大医工交叉重点项目(YG2019ZDB09); 嘉定区卫生健康系统“嘉医新星”青年人才培养项目(2019JDJYXX002); 上海市嘉定区医学重点专科(2020-jdxyzdsk-02)

the PLC area.

【Key words】 Knee joint; Oblique coronal plane; Popliteofibular ligament; Arcuate ligament; Fabellofibular ligament; Magnetic resonance imaging

腓腓韧带 (popliteofibular ligament, PFL) 是提供膝关节后外侧角 (posterolateral complex/corner, PLC) 静态稳定性最重要的三大结构之一^[1], 国外文献描述它是一根“短而强壮的”肌腱束, 几乎与腓肌腱 (popliteus tendon, PT) 等宽。弓状韧带 (arcuate ligament, Ar) 和豆腓韧带 (fabellofibular ligament, FFL) 亦是维持 PLC 区稳定的重要结构^[1-2], 因它们结构细小且解剖学位置邻近, 常规 MR 上辨识较困难, 导致临床上对其认识不足。Ar 因走行范围较广, 较早的文献对其描述不一, 目前国内外公认 Ar 呈“Y”形结构, 分内侧肢、外侧肢两部分; FFL 位于 Ar 后方, 腓骨 (F) 为其一端锚定物; Ar 及 FFL 的下端均止于腓骨茎突。磁共振成像 (MRI) 标准方位就可以很好地显示 PLC 区较大结构, 但受限于常规层厚 (3~4 mm) 及标准冠状面、矢状面、横轴面, 对于 PFL、Ar、FFL 这些具有重要功能但空间关系复杂、结构较小的韧带的精确显示显然不够。目前国外诸多文献均推荐加扫薄层斜冠状面, 可以有效解决这一问题, 国内少见相关报道。本文旨在探讨 MR 薄层斜冠状面评估正常膝后外侧小结构 (PFL、Ar、FFL) 的价值, 旨在提高对相应韧带的认识及诊断能力。

材料与方法

1. 研究对象

选择符合纳入标准且无排除标准的成年人入组研究。纳入标准为: 年龄 ≥ 18 岁, 体格检查无 PLC 区压痛及膝关节不稳定征象; 排除标准为有膝关节手术史、关节炎、关节病史。本组纳入的研究对象共 60 名, 男 32 名, 女 28 名, 年龄范围为 23~79 岁, 平均年龄 44 岁, 左膝 29 名, 右膝 31 名。

2. MRI 检查方法

所有入组对象 MRI 扫描均采用联影 uMR 780 3.0T MR 扫描仪和 12 通道膝关节专用线圈。扫描时受检者仰卧位足先进, 膝关节屈曲约 20~30°。常规扫描序列及方位包括: 矢状面质子脂肪抑制序列 (PDWI-FS)、冠状面 PDWI-FS、横轴面 PDWI-FS、矢状面 T₁WI。以上序列扫描参数: 视野 (FOV) 160 mm × 160 mm, 体素大小 0.7 mm × 0.5 mm × 0.4 mm, 层厚 3~4 mm。所有受检者加扫薄层斜冠状面 PDWI 及 PDWI-FS 序列, 扫描方式为矢状面定位、与 PT 平行, 范围包括腓骨茎突及腓骨小头 (图 1a、b), 扫描参数: TR 2899 ms, TE 42.64 ms, 层厚 2 mm, 层间距

0.2 mm, 激发翻转角 90°, 回聚翻转角 135°, 扫描时间分别为 87 s、131 s。扫描完成后, 所有图像上传至 PACS 系统。

3. MRI 图像分析

由两名中高年资骨肌方向放射科医师采用四分法^[2]共同对 PLC 区 3 条小韧带在 MR 标准方位及薄层斜冠状面图像上的显示情况进行评分, 两位医生存在异议时经商讨后决定, 若未达成一致意见时则请示上级医师评估结果。0 分: 不能显示, 且未发现韧带继发性损伤征象; 1 分: 单层显示韧带 < 50%; 2 分: 单层显示韧带 > 50%, 但不能同一层面完整显示韧带结构; 3 分: 同一层面能完整显示韧带结构。同时统计 3 条小韧带的显示率。

4. 统计学分析

采用统计软件 SPSS 23.0 进行分析, 以 $P < 0.05$ 为差异具有统计学意义。采用两独立样本非参数检验 (U 检验) 分析标准冠状面和薄层斜冠状面显示 PLC 区 3 条小韧带评分的差异; 采用计数资料的相关性分析判断 Ar、FFL 二者分类显示率之间是否存在相关性。

结 果

1. MR 标准冠状面与薄层斜冠状面显示 3 条小韧带的价值

本组研究中, 4 名受检者 MR 图像上显示有 PLC 区小韧带继发性损伤征象 (腓骨茎突骨髓水肿), 予以排除, 其余 60 名 PLC 区无损伤且图像质量符合诊断要求者纳入分析。薄层斜冠状面和标准冠状面显示 PFL、Ar 与 FFL 的评分结果详见表 1。薄层斜冠状面对于 PFL、FFL 的评分均优于标准冠状面 ($P < 0.05$), 薄层斜冠状面显示 Ar 的评分优势不明显 ($P > 0.05$)。

表 1 三条小韧带在 MR 标准冠状面与薄层斜冠状面上显示评分比较

韧带	标准冠状面				薄层斜冠状面				U 值	P 值
	0 分	1 分	2 分	3 分	0 分	1 分	2 分	3 分		
PFL	18	20	12	10	8	0	4	48	712.0	<0.01
FFL	49	0	5	6	39	0	0	21	1447.5	0.016
Ar	15	10	18	17	10	12	16	22	1608.0	0.29

2. 薄层斜冠状位上 PFL、FFL 的显示情况

MR 薄层斜冠状面上, PFL 和 FFL 的显示率分别为 87% (52/60)、35% (21/60)。PFL 起自腓肌 (P)-腓肌腱 (PT) 结合部, 远端附着点位于腓骨茎突的内侧面。FFL 通常一端锚定在骨质 F, F 若缺位, 则 FFL 起自于股骨外髁的后方、与外侧腓肠肌肌腱融合, 垂直

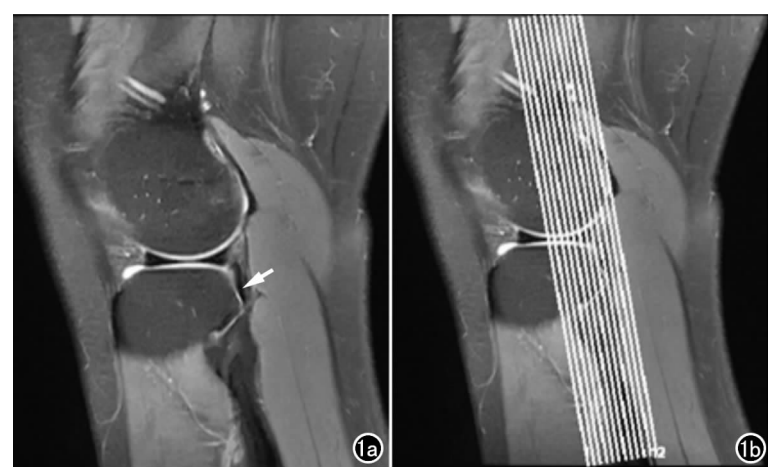


图 1 薄层斜冠状面定位图像。a) PDWI 标准矢状面上显示正常低信号腓肌腱(PT, 箭); b) 定位线平行于 PT, 层厚 2mm, 范围包括腓骨小头及茎突。

走行, 向下止于腓骨茎突, 其腓骨茎突附着点位于 PFL 附着点的外侧。两条韧带在 MR 各序列上表现均为清晰连续的条状低信号结构(图 2a~c)。

3. 弓状韧带(Ar)显示情况及 Ar、FFL 二者之间的相关性

本组研究中, Ar 完全显示者为 37% (22/60); Ar 部分显示(内侧肢或外侧肢)为 47% (28/60); Ar 不能显示者为 16% (10/60), 见图 2d~f。MR 图像上, Ar 与 FFL 两条毗邻小韧带显示关系为: Ar 完全显示且 FFL 显示者为 2 例、FFL 未显示者为 20 例, Ar 部分显示且 FFL 显示者为 13 例、FFL 未显示为 15 例, Ar 未显示且 FFL 显示者为 6 例、FFL 未显示者为 4 例, 见图 3; 经二分类变量的相关性分析, Ar 与 FFL 二者显示情况间呈负相关 ($r_s = -0.417, P = 0.001$)。

讨 论

1. 薄层斜冠状面与标准冠状面显示 PLC 区小韧带的价值、局限性

PLC 区结构复杂, 需观察者熟悉该区域解剖结构

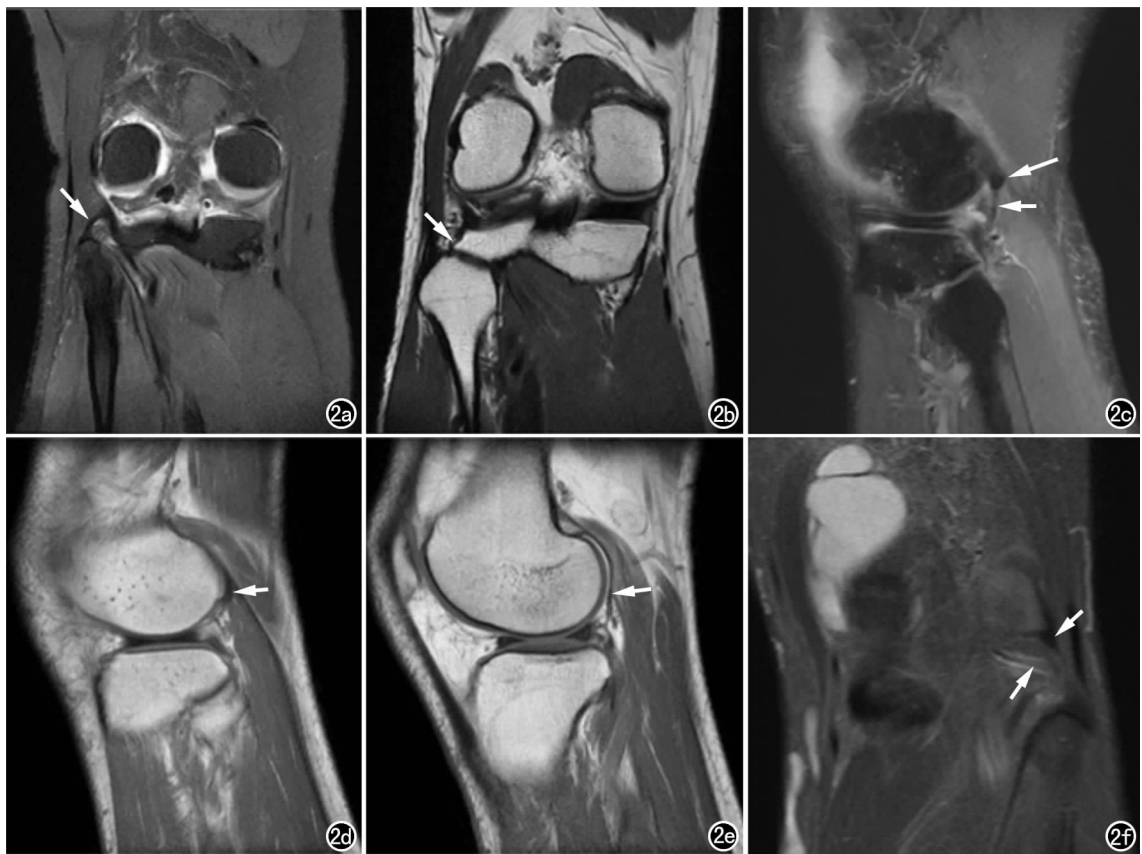


图 2 腓肌腱(PFL)MR 图像。a) PDW-FS 薄层斜冠状面示完整、连续的 PFL, 其一端附着于腓肌-肌腱结合部, 一端附着于腓骨茎突(箭); b) PDW 薄层斜冠状面示低信号的 PFL 结构(箭), 与邻近脂肪信号对比鲜明; c) 豆腓韧带(FFL)MR 图像, PDW-FS 矢状面示低信号的腓豆骨(F, 长箭)及 FFL(短箭); d) T₁ WI 矢状面示正常低信号的 Ar 外侧肢(箭); e) T₁ WI 矢状面示正常低信号的 Ar 内侧肢, 与膝后外侧关节囊密不可分(箭); f) PDW-FS 斜冠状面示“Y”形 Ar 全貌(箭)。

Ar 与 FFL 分类显示关系

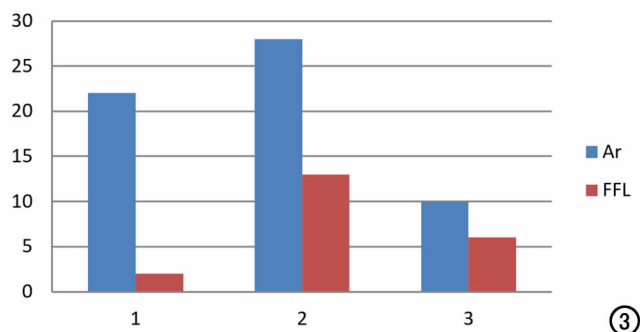


图 3 毗邻的 Ar 与 FFL 分类显示关系。注:横坐标 1、2、3 分别代表 Ar 完全显示、单侧肢显示及未显示三类 MR 显示情况,纵坐标代表各自显示例数。

逐层辨认,其三大重要功能结构包括:外侧副韧带(lateral collateral ligament, LCL)、腓肌腱(PT)与腓韧带(PFL)。MR 标准冠状面对于 LCL、PT 的显示率基本接近 100%,但对于 PFL 的显示不是很理想,据报道敏感度为 68.8%、特异度为 66.7%^[3]。Yu 等^[4]学者于 1996 年采用了平行于 PT 的倾斜冠状位这一特殊扫描方位,使得 PLC 区小结构的显示率较常规方位得到提高,但受限于当时的技术条件(扫描层厚为 3 mm),斜冠状面上 PFL、FFL、Ar 的显示率分别为 53%、48%、46%,而常规方位分别为 8%、10%、34%。目前国外大多数文献均推荐在膝标准冠状面、矢状面、横轴面的基础上补充与 PT 平行的薄层斜冠状面,用于观察 PLC 区小结构。原因就在于 PLC 小结构相对于 PLC 较大结构(如 LCL、PT)具有一定的倾斜度,常规标准方位往往不能完全显示小韧带全貌,加之韧带细小(宽度小于 3 mm)、空间关系复杂等因素,MR 图像上较难辨识。本研究中,薄层斜冠状面对于 PFL、FFL 的显示均优于常规冠状面,薄层斜冠状面上 PFL、FFL 的显示率分别为 87%、35%,而标准冠状面上 PFL、FFL 显示率分别为 68%、18%,且薄层斜冠状面上显示的 PFL 均为完整结构(MR 图像评估为 3 分),而标准冠状面上只有约 17%显示的是完整韧带结构。由此可见,对于 PLC 小结构,特别是对于准确显示 PFL 这一重要功能性韧带,薄层斜冠状面较标准冠状位具备较明显优势。

2. 正常 PFL、FFL 与 Ar 的起止点、走行及空间关系

MRI 是目前唯一无创显示关节韧带的影像学手段。PFL、FFL、Ar 在各序列 MR 图像上均表现为条片状、菲薄的低信号韧带结构^[5]。PFL 的解剖起止点较简单、固定,它起自于 P-PT 结合部,远端附着点位于腓骨茎突的内侧面,冠状面是显示其韧带起止点的最佳方位,但常规冠状面因层厚及扫描角度限制,往往不能显示 PFL 全貌,而在本组研究中,薄层斜冠状面能完整显示出 87% 的 PFL 结构,较标准冠状面优势明显。文献认为 PFL 损伤的间接征象有两个:①腓骨茎突的骨折或骨髓水肿;②P-PT 结合部的水肿。本组研究中有 4 名受检者因具备其中一项 PFL 间接损伤征象,予排除本次研究,确保入组病例 PLC 区未损伤。

FFL 被视作股二头肌短头关节囊臂远端边缘的增厚结构,国外解剖学及 MR 影像学报道其存在率约 30%~40%^[6]。一般腓肠肌外侧头内的腓豆骨(F)为其锚定物,据报道, F 在亚洲人群中的存在率约 20%^[7]。F 若存在,则 FFL 相对容易定位(图 2c); F 若缺位,则 FFL 起自于股骨外髁的后方、与外侧腓肠肌肌腱融合,垂直走行,向下止于腓骨茎突,这种情况下标准 MR 方位上较难分辨。空间排列上,FFL 位于 Ar 内侧肢后方,文献报道膝下外侧血管可作为二者分界的标记^[8]。MR 斜冠状面及矢状面是观察 FFL 走行的最佳方位,斜冠状面可清晰显示其走行方向及附着点,矢状面上可看到 FFL 位于 Ar 内侧肢及膝下外侧血管的后方,而横轴面上显示该韧带位于腓肠肌外侧头(LHG)的正前方。国外文献报道,连续观察膝横轴面图像,可间接判定 FFL 是否伴有损伤^[9]。

Ar 可看作为膝后外侧关节囊的增厚加固结构,它呈“Y”形外观,分为内侧肢、外侧肢两部分,下端均附着于腓骨茎突顶端,解剖学附着点毗邻 PFL 附着点,位于其外侧。Ar 外侧肢沿着关节囊向上走行附着于股骨外髁,Ar 内侧肢则向内上走行,越过 P-PT 结合部,汇入后外侧关节囊及腓斜韧带^[1]。国外文献报道有 48%~71% 的尸检标本中可明确 Ar 单侧肢或完整结构。因 Ar 结构菲薄且走行范围较广,MR 矢状面上容易观察 Ar 内外侧肢(图 2d、e),MR 冠状面偶能观察到该“Y”形韧带全貌(图 2f)。据笔者经验,MR 矢状面非抑脂序列(T₁WI 或 PDWI)是观察 Ar 的重要序列,因 Ar 周围为脂肪组织,低信号的韧带与高信号脂肪组织形成鲜明对比,更易辨识细小韧带;MR 横轴面及冠状面作为重要补充,可用于观察 Ar 走行方向、附着点及与膝后侧关节囊的关系。另外,在一些关节液较多的病例,MR 抑脂序列上在高信号滑液的衬托下,低信号的 Ar 较容易辨识。对于 MR 图像上 Ar 结构辨识困难的膝关节病例,完整、连续的后外侧关节囊可作为间接判定 Ar 完整无损伤的标志。

3. 毗邻的弓状韧带与豆腓韧带间的关联性

如前所述,Ar 与 FFL 为 PLC 区空间位置相邻的细小韧带结构。文献报道,Ar、FFL 二者无论在尸检标本上,还是在 MR 图像上均存在个体差异^[8,10],且其

空间走行、位列关系较复杂且难以理解,因此其临床关注度较低。2004 年曾有日本学者从组织形态学角度研究了 212 例膝关节标本的 Ar、F 及 FFL 三组结构^[7],结果表明,具有坚硬、骨化的 F 的膝关节标本上常常可以发现 FFL 较粗壮,而 Ar 与 FFL 的厚度呈负相关,研究表明,若 FFL 的厚度超过 5 mm(几乎与 LCL 类似),发现 Ar 的概率很小;而如果 FFL 较细或者不能确定是否存在,则 Ar 一般很容易被辨识。据此,他们得出二者在维护 PLC 区稳定方面具有此消彼长的协同效应。Rosas 在 Radiographics 上发表的关于 PLC 区各结构的详细解读中提到类似论点^[10],即 Ar 与 FFL 二者在解剖及功能方面呈负相关。本研究中,笔者分析了 60 例 PLC 未损伤者膝关节 MR 图像,将 Ar 分为完全显示、单侧肢显示、未显示三组,其中,Ar 完全显示 22 例(占比约 37%)、单侧肢显示 38 例(占比约 47%),未显示 10 例(占比约 16%)。总体上,Ar 至少一侧肢显示者约占 84%,这一比例高于国外研究(约 48%~71%),分析原因可能有:①因 Ar 内侧肢融合于膝后外侧关节囊,且二者信号一致,导致将部分增厚的关节囊结构误认为 Ar 结构;②本研究样本量较小,导致结果阳性率增高;③国外研究对象为尸检标本,对于 Ar 的识别更直观、准确。本研究中将 FFL 分为显示、未显示两组,FFL 显示 21 例(占比 35%),FFL 未显示 39 例(占比 65%)。综合 MR 图像上 Ar 与 FFL 分类显示率情况,22 例 Ar 完全显示者只有 2 例 FFL 可显示,28 例 Ar 部分显示者中有 13 例 FFL 可显示,而 10 例 Ar 未显示中有 6 例 FFL 可显示(图 3)。采用两分类变量的相关性分析,Ar、FFL 二者的 MR 图像显示率间呈负相关($r_s = -0.417$, $P = 0.001$),据此推断它们在功能上可能存在协同性关系。但由于影像学研究的局限性及样本量远小于国外研究,尚待进一步证实其解剖与功能上的一致性。

目前,由于国内运动医学发展的相对滞后,学者们更关注 PLC 区较大韧带结构,有关 PLC 区小结构的研究报道较少。PFL、Ar、FFL 解剖上虽细小、菲薄,功能上却意义重大,其中,PFL 是提供膝后外侧静态稳定性的三大功能结构之一,而 Ar 与 FFL 通过加固 PT 等较大韧带结构来维持 PLC 区的稳定^[11]。一旦受损,势必影响到 PLC 区总体的稳定,进而影响整个膝关节的稳定性。可靠有效的 MR 扫描方位、方式,加上观察者熟悉小韧带正常解剖、走行,才能对揭示其损伤的直接或间接征象提高警觉性^[12]。

4. 不足与展望

本研究的不足之处:①本组小韧带的显示评分是基于研究者的主观经验确定,无解剖的证实和对照;②因扫描时间限制,本组研究未加扫薄层标准冠状面,以

便更精准地与薄层斜冠状面对比分析。笔者今后将在上述研究基础上,进一步探讨薄层斜冠状面对于 PLC 区小韧带损伤的价值,并进行临床 PLC 区损伤机制与相应损伤结构间的相关性研究。

综上,PLC 区小韧带以 PFL 最为重要,且相对易于观察,薄层斜冠状面(层厚 2 mm、平行于 PT 定位)比标准冠状面更完整、直观显示出 PFL 这一重要功能性韧带,对于 FFL 的显示也具有一定价值。Ar 与 FFL 为共同维护 PLC 区稳定的重要功能结构,它们在 MR 图像上都有各自的显示特点,总体而言,需结合各个方位及序列全面观察。毗邻的 Ar 与 FFL 因形态显示上具有一定关联性,在共同维护 PLC 区稳定方面可能兼具功能相关性。临床上,熟悉这些小结构的正常表现,才能对 PLC 区损伤进行全面评估。

参考文献:

- [1] Porrino J, Sharp JW, Ashimolowo T, et al. An update and comprehensive review of the posterolateral corner of the knee[J]. Radiol Clin North Am. 2018, 56(6):935-951.
- [2] 赵晓梅, 黄耀渠, 伍琼慧, 等. MR 三维 SPACE 序列评估正常膝后外侧角韧带结构的价值[J]. 临床放射学杂志, 2018, 37(3):476-480.
- [3] Crespo B, James EW, Metsavaht L, et al. Injuries to posterolateral corner of the knee; a comprehensive review from anatomy to surgical treatment[J]. Rev Bras Ortop. 2015, 50(4):363-370.
- [4] Yu JS, Salonen DC, Hodler J, et al. Posterolateral aspect of the knee: improved MR imaging with a coronal oblique technique[J]. Radiology, 1996, 198(1):199-204.
- [5] Jadhav SP, More SR, Riascos RF, et al. Comprehensive review of the anatomy, function, and imaging of the popliteus and associated pathologic conditions[J]. Radiographics, 2014, 34(2):496.
- [6] Diamantopoulos A, Tokis A, Tzurbakis M, et al. The posterolateral corner of the knee: evaluation under microsurgical dissection[J]. Arthroscopy, 2005, 21(7):826-833.
- [7] Minowa T, Murakami G, Kura H, et al. Does the fabella contribute to the reinforcement of the posterolateral corner of the knee by inducing the development of associated ligaments[J]. J Orthop Sci. 2004, 9(1):59-65.
- [8] 杨敏, 韩福刚. 正常膝关节后外侧角解剖学及 MRI 研究进展[J]. 实用放射学杂志, 2012, 28(4):621-623.
- [9] Collins MS, Bond JR, Crush AB, et al. MRI injury patterns in surgically confirmed and reconstructed posterolateral corner knee injuries[J]. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2015, 23(10):1-7.
- [10] Rosas HG. Unraveling the posterolateral corner of the knee[J]. Radiographics, 2016, 36(6):1776-1791.
- [11] Kim YC, Chung IH, Yoo WK, et al. Anatomy and magnetic resonance imaging of the posterolateral structures of the knee[J]. Clin Anat, 2015, 10(6):397-404.
- [12] 李顶夫, 雷益, 陆伟, 等. 膝关节后内侧结构生物力学意义及损伤的 MRI 表现[J]. 放射学实践, 2011, 26(6):645-648.

(收稿日期:2021-02-01 修回日期:2021-05-15)