

• 骨骼肌肉影像学 •

髌股关节解剖学参数评估髌腱-股外侧髌撞击综合征:基于 MRI 的对照研究

瞿晓春,李勇,姚尧,刘滔

【摘要】 目的:基于 MRI 对比分析髌股关节解剖学定量参数(滑车沟角、外侧滑车倾斜度、外侧滑车长度、滑车沟深度、Insall-Salvati 指数)在评估髌腱-股骨外侧髌撞击征(PT-LFCFS)中的价值。**方法:**回顾性将 2018 年 6 月—2021 年 6 月在本院经临床诊断为 PT-LFCFS 的 31 例患者和髌骨高位但无 PT-LFCFS 的 20 例患者及 30 例健康志愿者(正常对照组)纳入本研究。所有受试者行膝关节 MRI 扫描(矢状面 T_1 WI 及横轴面、冠状面和矢状面脂肪抑制质子加权成像),测量滑车沟角、外侧滑车倾斜度、外侧滑车长度、滑车沟深度和 Insall-Salvati 指数,采用方差分析比较各定量参数值在 3 组间的差异,进一步采用最小差异法(LSD)进行组间两两比较。**结果:**滑车沟角和 Insall-Salvati 指数在 3 组间的差异均具有统计学意义($P < 0.05$),而外侧滑车倾斜度、外侧滑车长度及滑车沟深度在 3 组间的差异均无统计学意义($P > 0.05$)。组间两两比较结果显示,Insall-Salvati 指数在 PT-LFCFS 组与髌骨高位组之间的差异无统计学意义($P = 0.541$),在 PT-LFCFS 组与对照组、髌骨高位组与对照组之间的差异均有统计学意义($P < 0.001$);滑车沟角的组间差异均有统计学意义($P < 0.001$)。在鉴别 PT-LFCFS 与高位髌骨时,滑车沟角和 Insall-Salvati 指数的 ROC 曲线下面积分别为 0.877 和 0.551。**结论:**MRI 能较准确地评估髌股关节解剖变异。滑车沟角可能是髌腱-股骨外侧髌撞击征发生的重要解剖危险因素。

【关键词】 髌腱-股骨外侧髌撞击综合征;髌骨高位;解剖学参数;磁共振成像;危险因素

【中图分类号】 R445.2;R684.7 **【文献标志码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2023)04-0480-05

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2023.04.018

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Evaluation of anatomical parameters of patello-femoral joint in patellar tendon-lateral femoral condyle friction syndrome: a comparative analysis based on MRI QU Xiao-chun, LI Yong, YAO Yao, et al. Department of Radiology, the Suining Central Hospital, Sichuan 629000, China

【Abstract】 Objective: To compare the value of anatomical parameters of sulcus angle, lateral trochlear inclination, lateral trochlear length, trochlear depth and Insall-Salvati index in patellar tendon-lateral femoral condyle friction syndrome (PT-LFCFS). **Methods:** The data of 31 cases with PT-LFCFS, 20 cases with patella alta (PA group) and 30 cases of healthy control (HC group) were confirmed by clinic were analyzed retrospectively. All subjects underwent knee joint MRI scan (T_1 WI sagittal, axial, coronal and sagittal PD fat suppression). The data of anatomical parameters in patello-femoral joint were compared by variance analysis. The least difference method (LSD) was used to compare the anatomical parameters difference between each two groups. **Results:** The mean sulcus angle and Insall-Salvati index were different among different groups ($P < 0.001$). There was no significant difference between PT-LFCFS and control group in Insall-Salvati index ($P = 0.541$), and was significant difference between the other groups ($P < 0.001$). There were significant difference between different groups in Sulcus angle. The areas of sulcus angle and Insall-Salvati index in differential diagnosis of PT-LFCFS and patella alta were 0.877 and 0.551, respectively. **Conclusion:** MRI can provides accurate assessment of the anatomical variation of the patellofemoral joint. Sulcus angle may be an important anatomic risk factor in patellar tendon-lateral femoral condyle friction syndrome.

【Key words】 Patellar tendon-lateral femoral condyle friction syndrome; Anatomy parameters;

作者单位:629000 四川遂宁,遂宁市中心医院放射科(瞿晓春,李勇,刘滔);遂宁市第三人民医院放射科(姚尧)

作者简介:瞿晓春(1974—),女,四川射洪人,副主任医师,主要从事骨肌系统影像诊断工作。

通讯作者:李勇, E-mail: lny2008hy@163.com

Magnetic resonance imaging; Risk factors

髌腱-股骨外侧髌撞击综合征(patellar tendon-lateral femoral condyle friction syndrome, PT-LFCFS)是髌股关节在正常屈曲运动中,由于存在髌股关节排列异常,髌腱与股骨外侧髌反复撞击造成的损伤^[1]。学者 Chung^[2]于 2001 年首次对该疾病的影像学表现进行了总结。国外文献报道的此病的发病率为 1.3%~50.0%,差异较大^[3];目前国内尚无关于 PT-LFCFS 的流行病学调查结果。近年来的研究表明,PT-LFCFS 患者可能存在导致髌股关节不稳的解剖发育异常,但 PT-LFCFS 的具体形成机制仍然不明确,髌股关节的解剖量化指标较多,对不同的测量参数在 PT-LFCFS 发生和发展过程中重要程度的对比研究较少且有一定争议^[3-6]。本研究回顾性搜集相关病例,对比分析 PT-LFCFS、髌骨高位及健康志愿者的髌股关节解剖参数值的差异,旨在探讨与 PT-LFCFS 关系密切的解剖学参数,进一步提高对 PT-LFCFS 的影像诊断水平。

材料与方法

1. 一般资料

回顾性搜集 2018 年 6 月—2021 年 6 月经临床明确诊断为 PT-LFCFS 患者的病例资料。PT-LFCFS 的临床诊断标准:①患者慢性膝关节疼痛时间>3 个月;②MRI 检查证实髌腱-股骨外侧髌间脂肪垫水肿^[6]。病例排除标准:①受检膝关节有髌骨脱位、外伤或手术史;②受检膝关节有肿瘤病史;③膝关节有滑膜病变(如膝关节内侧滑膜皱襞综合征、滑膜软骨瘤病和色素沉着绒毛结节性滑膜炎等)。

髌骨高位组纳入标准:MRI 检查证实有髌骨高位(Insall-Salvati 指数>1.2),但无髌腱-股骨外侧髌间脂肪垫水肿,也无膝关节前部疼痛病史及体征。病例排除标准同 PT-LFCFS 组。

对照组为健康志愿者,病例排除标准:①后期 MRI 检查证实存在髌骨高位和/或 PT-LFCFS;②后期 MRI 检查证实膝关节存在半月板、韧带及骨软骨损伤;③有膝关节滑膜病变(同 PT-LFCFS 组);④髌骨低位。

PT-LFCFS 组共纳入 31 例患者,男 20 例,女 11 例,中位年龄 25.0 岁($P_{25}=20.0$ 岁, $P_{75}=27.0$ 岁);髌骨形态(Wiberg 分型标准)^[8],Ⅱ型 18 例,Ⅲ型 13 例;滑车形态(Dejour 分型标准)^[8],A 型 5 例,B 型 5 例,C 型 21 例,D 型 1 例。

髌骨高位组纳入 20 例,男 12 例,女 8 例,中位年龄 30.5($P_{25}=27.0$, $P_{75}=37.0$)岁;髌骨形态,Ⅱ型 11

例,Ⅲ型 8 例;滑车形态,A 型 3 例,B 型 2 例,C 型 13 例,D 型 2 例。

对照组 30 例,男 18 例,女 12 例,中位年龄 24 岁($P_{25}=23.0$ 岁, $P_{75}=30.0$ 岁);髌骨形态,Ⅰ型 1 例,Ⅱ型 18 例,Ⅲ型 11 例;滑车形态,A 型 18 例,B 型 5 例,C 型 7 例。

2. MRI 检查方法

所有患者行膝关节 MRI 平扫。使用 Siemens Vida 1.5T 及 GE Signa Premier 3.0T 磁共振扫描仪和膝关节专用线圈。患者取仰卧位、足先进,受检膝关节自然稍弯曲并辅助固定,扫描中心位于髌骨下缘,扫描序列包括矢状面 FSE- T_2 WI 及压脂质子密度加权成像(PDWI),总扫描时间约 7 min。冠状面和矢状面压脂 PDWI:TR 2269 ms,TE 42 ms,视野 160 mm×160 mm,矩阵 352×288,层厚 4.0 mm,间隔 0.4 mm,带宽 41.67 kHz,激励次数 2;横轴面压脂 PDWI:TR 4167 ms,TE 68 ms,视野 160 mm×160 mm,矩阵 400×320,层厚 4.0 mm,间隔 1.0 mm,带宽 41.67 kHz,激励次数 2;矢状面 FSE- T_2 WI:TR 595 ms,TE Min Full,视野 160 mm×160 mm,矩阵 416×288,层厚 4.0 mm,间隔 0.4 mm,带宽 62.5 kHz,激励次数 2。

3. 观察内容及参考标准

由 2 位放射科主治医师(骨骼肌肉诊断方向)采用单盲法独立分析 MRI 征象并进行髌股关节解剖学参数的测量,取 2 者测量值的平均值作为最终测量值。测量指标包括滑车沟角、外侧滑车倾斜度、外侧滑车长度、滑车沟深度和 Insall-Salvati 指数^[7-8]。

4. 统计学方法

使用 SPSS 26.0 软件进行统计学分析。各定量指标先进行正态分布检验,符合正态分布的指标测量值以均数±标准差表示,组间比较采用方差分析,并采用最小显著性差异检验(least significant difference, LSD)进行多重比较。采用 ROC 曲线分析评估各指标对 PT-LFCFS 的诊断效能。检验水准 $\alpha=0.05$ 。

结 果

1. 三组间髌股关节解剖参数的比较

统计分析结果显示 5 项解剖学参数的测量值均符合正态分布且方差齐(P 值分别为 0.359、0.992、0.199、0.241 及 0.965)。

三组间髌股关节解剖学参数的测量值及组间比较的方差分析结果见表 1。滑车沟角和 Insall-Salvati 指数在 3 组间的差异均具有统计学意义($P<0.05$),3 组中以 PT-LFCFS 组的这 2 项指标的测量值最高

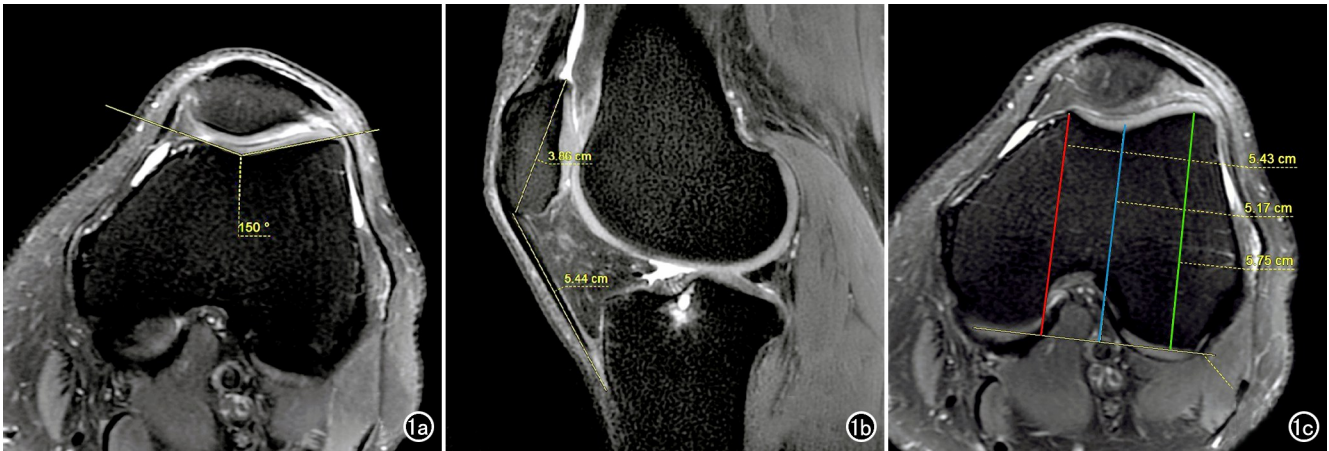


图 1 PT-LFCFS 患者,男,30 岁,右膝关节 MRI 图像。a)横轴面脂肪抑制 PDWI,股骨内、外侧髁顶点至股骨滑车底的连线(黄色线条)所形成的夹角为股骨滑车沟角,本例滑车沟角为 150°;b)矢状面脂肪抑制 PDWI,在矢状面髌骨中部层面,测量髌骨最长对角线长度及髌腱长度(分别为 3.86 和 5.44cm),髌骨最长对角线长度/髌腱长度=Insall-Salvati 指数,本例 Insall-Salvati 指数为 1.41,诊断为髌骨高位;c)横轴面脂肪抑制 PDWI,测量股骨内侧髁顶点至股骨髁后部连线(红色)的距离为 5.43cm,股骨外侧髁顶点至股骨髁后部连线(绿色)的距离为 5.75cm,股骨滑车底至股骨髁后部连线(蓝色)的距离为 5.17cm,计算出滑车沟的深度为 4.20mm。

(图 1a~b);3 组的外侧滑车倾斜度、外侧滑车长度及滑车沟深度的测量值相近(图 1c),3 组间的差异均无统计学意义($P>0.05$)。

组间多重比较:Insall-Salvati 指数在 PT-LFCFS 组与高位组之间的差异无统计学意义($P=0.541$),在 PT-LFCFS 组与对照组间的差异有统计学意义($P<0.001$),在高位组与对照组间的差异有统计学意义($P<0.001$);滑车沟角在 3 组中进行两两比较,差异均有统计学意义($P=0.000$)。

2. 滑车沟角及 Insall-Salvati 指数诊断 PT-LFCFS 的效能

在鉴别 PT-LFCFS 与高位髌骨时,滑车沟角和 Insall-Salvati 指数的 AUC 分别为 0.877 和 0.551,详见表 2 及图 2。在鉴别 PT-LFCFS 与正常组时,滑车沟角和 Insall-Salvati 指数的 AUC 分别为 0.992 和

0.995,详见表 2 及图 3。

讨 论

1. PT-LFCFS 概述

PT-LFCFS 多见于年轻人。长期、反复髌腱-股骨外侧髁撞击将不可避免降低患者的生活质量,增加痛苦,最终导致骨性关节炎的发生^[3,6,9]。本组中绝大多数 PT-LFCFS 患者的年龄小于 27 岁($P_{75}=27$ 岁),与文献报道较为符合^[1,7]。需要注意的是,本组中有 7 位患者为双侧发病,约占 45.2%(14/31)。其原因可能与患者的双膝关节同时存在发育异常有关;这也提示当患者单侧膝关节发生 PT-LFCFS 时,应注意排除对侧膝关节发病的可能。目前尚未见对本病的临床及影像学表现进行总结的文献报道,需要进行大样本的总结分析。

表 1 三组的髌股关节解剖参数值及组间比较结果

指标	PT-LFCFS 组 (n=31)	高位组 (n=20)	对照组 (n=30)	F 值	P 值
滑车沟角	145.45±3.96°	137.55±5.53°	132.27±4.20°	66.903	0.000
外侧滑车倾斜度	12.42±1.26°	12.25±1.25°	11.8±1.24°	1.956	0.148
Insall-Salvati 指数	1.41±0.12	1.40±0.09	1.04±0.11	106.348	0.000
外侧滑车长度/mm	22.71±2.49	22.60±1.88	22.63±2.27	0.016	0.984
滑车沟深度/mm	3.71±0.74	4.10±0.77	4.20±0.84	2.959	0.058

表 2 滑车沟角及 Insall-Salvati 指数鉴别 PT-LFCFS 的效能

诊断指标	鉴别 PT-LFCFS 与高位髌骨				鉴别 PT-LFCFS 与正常			
	AUC	敏感度	特异度	约登指数	AUC	敏感度	特异度	约登指数
滑车沟角	0.877	90.3%	80.0%	0.722	0.992	96.8%	93.3%	0.903
Insall-Salvati 指数	0.551	67.7%	35.0%	0.237	0.995	93.5%	100.0%	0.935

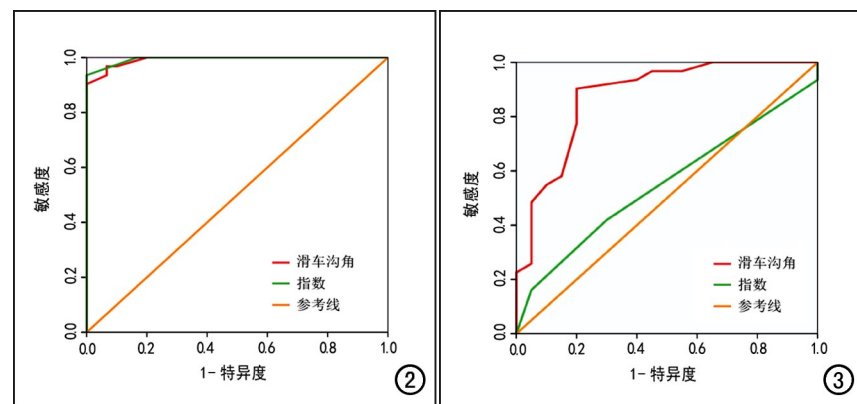


图 2 滑车沟角和 Insall-Salvati 指数鉴别 PT-LFCFS 与高位髌骨的 ROC 曲线, AUC 分别为 0.877 和 0.551。图 3 滑车沟角和 Insall-Salvati 指数鉴别 PT-LFCFS 与正常组的 ROC 曲线, AUC 分别为 0.992 和 0.995。

虽然 PT-LFCFS 的发病机制仍然不明确,但是多数学者认为 PT-LFCFS 的发生、发展与股骨下端发育异常和髌骨屈曲运动中轨迹异常有关。髌股关节是一个非常复杂的动态稳定系统。静态稳定结构(被动稳定系统)主要为髌股关节骨性结构及髌韧带;动态稳定结构(主动稳定系统)主要为股四头肌肌腱。屈曲运动中,当髌股关节处于动态稳定状态时,髌股关节正常功能不受影响;若动态稳定出现紊乱,就会导致髌骨运动轨迹的潜在异常和撞击,包括髌骨轻微轨迹异常、倾斜、不稳定及脱位;PT-LFCFS 为髌骨不稳的表现之一,也是前膝痛的重要原因之一。

2. 解剖学参数在 PT-LFCFS 重要程度分析

部分研究认为髌骨高位在 PT-LFCFS 的形成中起着重要作用^[3,10-11]。但本研究结果认为虽然 Insall-Salvati 指数在鉴别 PT-LFCFS 组与正常组效能很高,但在鉴别 PT-LFCFS 组与高位组方面几乎无效能。其可能的原因是 Insall-Salvati 指数与髌韧带长度密切相关,而髌韧带属于髌股关节静态稳定结构。当髌股关节发育异常时,髌韧带长度增加,是髌骨反复轨迹异常的结果,而不是原因。这与临床实际工作所见较为吻合。实际工作中,高位髌骨并不少见,但 PT-LFCFS 发病率却远低于高位髌骨。因此,笔者认为高位髌骨可能并不是造成 PT-LFCFS 的主要原因。

本研究中,PT-LFCFS 的发生与滑车沟角密切相关。髌骨在屈曲运动中,髌骨存在向外横向运动的趋势,而保证髌骨动态稳定的静态稳定结构中,股骨滑车形态起着非常重要的作用。若股骨滑车较浅、平,股骨滑车沟角增加,股骨滑车外侧面抵抗髌骨向外横向运动的能力减弱,髌骨向外上轨迹异常,导致髌腱与股骨外侧髌的撞击。这与部分国内外学者的研究结果类似^[6,10,12]。另外,PT-LFCFS 的发生还与滑车沟深度

有关。当滑车沟较浅时,其动态固定髌骨的能力降低,髌骨横向增加,进而导致 PT-LFCFS 的发生。但本研究结果提示滑车深浅可能在 PT-LFCFS 发生中作用较小。另外,本研究结果显示正常组的滑车沟深度相对较浅,其可能与测量时以关节软骨面作为基准有关。部分研究结果表明滑车沟底部的软骨厚度要大于两侧^[13]。滑车沟底部软骨相对较厚,滑车沟深度相对变浅。

需要进一步指出的是,PT-LFCFS 仍然是多种危险因素共同作用的结果。与正常组比较,PT-LFCFS 组存在高位髌骨、股骨滑车角度增加和股骨滑车变浅等改变。此外,部分国外研究者还认为股骨外髌侧面的形态及高度与 PT-LFCFS 有关^[14]。但上述结果仍然存在一定争议,对股骨外髌形态的判断等尚未有统一标准。总之,对 PT-LFCFS 的重要危险因素及发病机制仍然需要进一步研究。

3. 本研究的局限性

本研究中仅分析了部分常用的评估髌股关节不稳的解剖学指标。部分评估髌股关节不稳的指标,如胫骨结节-股骨滑车距离、髌骨形态、股骨滑车形态和髌腱-股骨外侧髌之间的距离等指标,并没有被纳入研究。其中,胫骨结节-股骨滑车距离与髌骨外移程度有关,部分研究者认为其在 PT-LFCFS 的发生中作用相对较小,且受膝关节扫描角度的影响^[15];本研究组也缺乏测量此指标的工作软件,因此并没有将其纳入研究。对髌骨及股骨滑车形态的评估,一般采用 Wiberg 分型及 Dejour 分型,本组资料提示各组间髌骨形态的差异无统计学意义,故笔者未将这 2 个分型纳入本研究。正常对照组中,滑车形态的异常明显少于 PT-LFCFS 组和高位髌骨组,这也与实际符合。髌股关节存在发育异常,进而导致髌股关节不稳,这已经是多数学者的共识。现阶段的研究重点在于何种解剖测量参数与 PT-LFCFS 发生密切相关。所以本研究将股骨滑车形态变异的部分指标进行了对比研究,进一步明确何种解剖变异在 PT-LFCFS 的发生机制中起主要作用,这也是本研究的创新点。

综上所述,PT-LFCFS 常伴有多种导致髌股关节不稳的解剖异常,其中滑车沟角的增加可能是其发生的重要解剖危险因素。在临床实际工作中,应注意对滑车形态进行全面评估,为临床治疗提供依据。

参考文献:

[1] Matcuk GR, Cen SY, Keyes V, et al. Superolateral Hoffa fat-pad e-

- dema and patellofemoral maltracking: predictive modeling [J]. AJR, 2014, 203(2): 207-212.
- [2] Chung CB, Skaf A, Roger B, et al. Patellar tendon-lateral femoral condyle friction syndrome: MR imaging in 42 patient [J]. Skeletal Radiol, 2001, 30(12): 694-697.
- [3] 曹慧芳, 李慧明, 刘璐, 等. 复发性髌骨不稳 MRI 测量的影响因素及其预测价值 [J]. 放射学实践, 2019, 34(9): 1024-1028.
- [4] 任翠, 朱巧, 郎宁, 等. 创伤相关性膝关节髌下脂肪垫病变的 MRI 表现 [J]. 实用放射学杂志, 2021, 37(6): 980-984.
- [5] Clouthier, Allison L, Borschneck, et al. Influence of articular geometry and tibial tubercle location on patellofemoral kinematics and contact mechanics [J]. J Appl Biomech, 2022, 38(1): 1-9. DOI: 10.1123/jab.2021-0162.
- [6] Li Jia, Sheng B, Liu X, et al. Sharp margin of antero-inferior lateral femoral condyle as a risk factor for patellar tendon-lateral femoral condyle friction syndrome [J]. Eur Radiol, 2020, 30(4): 2261-2269.
- [7] Kai-Jonathan M, Lennart WM, Miriam L, et al. Diagnostic imaging of patellofemoral instability [J]. Rofo, 2021, 93(9): 1019-1033.
- [8] 周元博, 黄文亮, 王晋东. 胫骨结节-滑车沟距离与股骨滑车发育形态相关的影像学分析 [J]. 中国组织工程研究, 2021, 25(27): 4390-4394.
- [9] Wang Kang, Ding CH, Hannon Michael J, et al. Quantitative signal intensity alteration in infrapatellar fat pad predicts incident radiographic osteoarthritis; the Osteoarthritis Initiative [J]. Arthritis Care Res (Hoboken), 2019, 71(1): 30-38. DOI: 10.1002/acr.23577.
- [10] 陈小龙, 赵衡, 胡蓉, 等. 髌下脂肪垫水肿与滑车及髌股关节形态相关性的 MRI 评估 [J]. 中国组织工程研究, 2021, 25(15): 2410-2415.
- [11] 何容涵, 李智勇, 史德海, 等. 髌股关节不稳相关解剖结构的 MRI 分析 [J]. 中华解剖与临床杂志, 2015, (3): 191-195.
- [12] 高畅, 王文涛, 徐磊, 等. MR 定量测量指标对复发性髌骨不稳的诊断价值 [J]. 放射学实践, 2017, 32(10): 1051-1056.
- [13] Pascual-Leone N, Ellis HB, Green DW, et al. Patellar instability: will my patella dislocate again [J]. Curr Opin Pediatr, 2022, 34(1): 76-81.
- [14] Widjajahakim R, Roux M, Jarraya M, et al. Relationship of trochlear morphology and patellofemoral joint alignment to superolateral Hoffa fat pad edema on MR images in individuals with or at risk for osteoarthritis of the knee: the most study [J]. Radiology, 2017, 284(3): 806-814.
- [15] Su P, Hu HJ, Li S, et al. (TT-TG)/TW is the optimal indicator for diagnosing a lateralized 2 tibial tubercle in recurrent patellar dislocation requiring surgical 3 stabilization [J]. Arthroscopy, 2021, 38(4): 1288-1298.

(收稿日期: 2022-05-25 修回日期: 2022-07-24)

《请您诊断》栏目征文启事

《请您诊断》是本刊 2007 年新开辟的栏目, 该栏目以临床上少见或容易误诊的病例为素材, 杂志在刊载答案的同时配发专家点评, 以帮助影像医生更好地理解相关影像知识, 提高诊断水平。栏目开办 13 年来受到广大读者欢迎。《请您诊断》栏目荣获第八届湖北精品医学期刊“特色栏目奖”。

本栏目欢迎广大读者踊跃投稿, 并积极参与《请您诊断》有奖活动, 稿件一经采用稿酬从优。

《请您诊断》来稿格式要求: ①来稿分两部分刊出, 第一部分为病例资料和图片; 第二部分为全文, 即病例完整资料(包括病例资料、影像学表现、图片及详细图片说明、讨论等); ②来稿应提供详细的病例资料, 包括病史、体检资料、影像学检查及实验室检查资料; ③来稿应提供具有典型性、代表性的图片, 包括横向图片(X 线、CT 或 MRI 等不同检查方法得到的影像资料, 或某一检查方法的详细图片, 如 CT 平扫和增强扫描图片)和纵向图片(同一患者在治疗前后的动态影像资料, 最好附上病理图片), 每帧图片均需详细的图片说明, 包括扫描参数、序列、征象等, 病变部位请用箭头标明。

具体格式要求请参见本刊(一个完整病例的第一部分请参见本刊正文首页, 第二部分请参见 2 个月后的杂志最后一页, 如第一部分问题在 1 期杂志正文首页, 第二部分答案则在 3 期杂志正文末页)

栏目主持: 石鹤 联系电话: 027-69378385 15926283035