

• 骨骼肌肉影像学 •

复发性髌骨不稳 MRI 测量的影响因素及其预测价值

曹慧芳, 李慧明, 刘璐, 杨慧敏

【摘要】 目的:探讨复发性髌骨不稳 MRI 测量的影响因素及其预测价值。**方法:**选择初次髌骨脱位采取保守治疗并确诊为复发性髌骨不稳的患者 57 例, 定义为复发组; 另选择初次髌骨脱位采取保守治疗但未出现复发性髌骨不稳的患者 60 例, 定义为对照组。导出 MRI 图像后进行测量, 测量指标包括髌骨偏移指数(BSO)、滑车适合角(CA)、髌骨倾斜角(PTA)、股骨外侧滑车倾斜角(LTI)、股骨滑车面对称性、滑车沟角度(SA)、股骨滑车深度、胫骨结节-股骨滑车沟距离(TT-TG)、髌韧带长度与髌骨最长径之比(ISR)、髌骨后下缘至胫骨平台前方距离与髌骨后缘长径之比(C-D)。采用多因素 Logistic 回归分析复发性髌骨不稳的影响因素, 建立受试者工作特征(ROC)曲线分析潜在测量指标预测复发性髌骨不稳的准确性并探讨联合指标预测复发性髌骨不稳的价值。**结果:**多因素 Logistic 回归分析结果显示 LTI($P=0.048$)、ISR($P=0.000$)和 TT-TG($P=0.025$)是复发性髌骨不稳的独立影响因素。ISR 预测的准确度最高(AUC=0.891), 显著高于 TT-TG 和 LTI(AUC 分别为 0.785 和 0.676), 差异有统计学意义($P<0.05$)。三项测量指标(LTI、ISR 和 TT-TG)联合预测复发性髌骨不稳的准确性最高(AUC=0.938), 显著高于三项测量指标单独预测复发性髌骨不稳的 AUC($P<0.05$), 其敏感度为 91.23%, 特异度为 83.33%。**结论:**ISR、LTI 和 TT-TG 三项测量指标联合预测能准确评估初次髌骨脱位后复发性髌骨不稳的发生风险。

【关键词】 髌骨不稳; 髌骨脱位; 磁共振成像; 影响因素分析; 预测

【中图分类号】 R684.7; R445.2 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2019)09-1024-05

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2019.09.018

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Influencing factors and predictive value of MRI characteristics of recurrent patella instability CAO

Hui-fang, LI Hui-ming, LIU Lu, et al. Department of Radiology, Guangdong Province Public Security Frontier General Hospital, Shenzhen 518029, China

【Abstract】 Objective: To analyze the influencing factors of MRI of recurrent patella instability and explore their predictive value. **Methods:** A total of fifty-seven patients with recurrent patella instability who underwent conservative treatment in primary patella dislocation were enrolled in recurrence group. 60 patients without recurrent patella instability after conservative treatment in primary patella dislocation were enrolled in the control group. Measurements were performed after exporting MRI images. The measurement parameters included tibial offset index (BSO), trochlear congruence angle (CA), patellar tilt angle (PTA), lateral trochlear inclination (LTI), trochlear facet asymmetry, sulcus angle (SA), trochlear depth, tibial tuberosity-trochlear groove distance (TT-TG), insall-salvati ratio (ISR), caton-deschamps index (CD). Multivariate logistic regression was used to analyze the influencing factors of recurrent patella instability. The accuracy of ROC curve analysis for predicting recurrent patella instability was established and the value of combined indicators to predict recurrent patella instability was explored. **Results:** Multivariate logistic regression analysis showed that LTI ($P=0.048$), ISR ($P=0.000$) and TT-TG ($P=0.025$) were independent influencing factors of recurrent patella instability. The prediction accuracy of ISR was the highest (AUC=0.891), which was significantly higher than the AUC of TT-TG and LTI ($P<0.05$). The combination of three MRI measurements predicting the recurrence of patella instability were the most accurate (AUC=0.938), which was significantly higher than AUC ($P<0.05$). The sensitivity was 91.23%, and the specificity was

83.33%。**Conclusion:** The combination of ISR, LTI and TT-TG can accurately assess the recurrence of patella instability after primary patella dislocation.

【Key words】 Patella instability; Patellar Dislocation; Magnetic resonance imaging; Root Cause Analysis; Forecasting

髌骨脱位经保守治疗后,出现复发性髌骨不稳的情况非常常见,文献报道其复发率为 40%~60%^[1,2]。这是由于复发性髌骨不稳患者其自身髌股关节存在一定的解剖异常^[3],因此临床上需要早期预测潜在的复发性髌骨不稳情况从而调整治疗方式。MRI 具有软组织分辨力高、无电离辐射等优势^[4,5],是目前公认的评估髌股线性排列及软骨解剖最佳的影像学手段^[6,7]。但 MRI 多用于髌骨脱位的诊断,其是否能用于复发性髌骨不稳的预测目前未见相关文献报道。因此,本研究以首次髌骨脱位并经保守治疗后,出现复发性髌骨不稳的患者为研究对象,分析其导致复发性髌骨不稳的影像学影响因素,并探讨预测复发性髌骨不稳的 MRI 测量指标,旨在帮助临床选择更适合的治疗方式来提高髌骨的稳定性。

材料与方法

1. 研究对象

选择 2016 年 1 月—2019 年 1 月在我院就诊并确诊为复发性髌骨不稳的患者 80 例作为研究对象。病例纳入标准:①患者首次髌骨脱位的原因是直接暴力伤或间接性扭伤;②患者首次髌骨脱位时仅进行了保守治疗;③患者首次髌骨脱位时在我院接受 MRI 检查并保留完整影像资料;④首次髌骨脱位至复发性髌骨不稳的时间<3 年。病例排除标准:患者有类风湿关节炎、骨关节炎等慢性病史。本研究共纳入患者 57 例(排除 23 例)并定义为复发组,其中男 16 例,女 41 例,年龄 14~29 岁,平均(20.3±5.2)岁,左膝 28 例,右膝 29 例;首次髌骨脱位的病因分别为滑倒扭伤 20 例,跳跃扭伤 21 例,转体扭伤 16 例。另选择 2014 年 1 月~2016 年 1 月在我院就诊并同样采取保守治疗的髌骨脱位患者 60 例,均于 2019 年 1 月通过电话随访得知未出现复发性髌骨不稳,平均随访时间为(3.8±0.4)年,且保留完整的影像学资料,作为本研究的对照组。对照组 60 例患者中男 16 例,女 44 例,年龄 14~27 岁,平均(19.5±4.3)岁。复发组与对照组患者的年龄、性别比例差异无统计学意义(年龄: $t=0.909$, $P=0.365$;性别: $\chi^2=0.029$, $P=0.865$)。所有患者均对本研究知情同意,本研究获我院伦理委员会批准。

2. MRI 检查及测量

所有患者均采用 Siemens 3.0T SKYRA 超导型磁共振成像仪和膝关节专用线圈行 MRI 检查。矢状

面 T₁WI 扫描参数:TR 381 ms,TE 8.3 ms,视野 150 mm×150 mm,矢状面脂肪抑制 T₂WI-FS 扫描参数:TR 3001.36 ms,TE 62.00 ms,视野 170 mm×170 mm,冠状面质子密度加权成像(proton density weighted image,PDWI)扫描参数:TR 2830 ms,TE 45 ms,视野 150 mm×150 mm,横轴面脂肪抑制 T₂WI-FS 扫描参数:TR 2890.48 ms,TE 62.00 ms,视野 170 mm×170 mm。以上序列扫描层厚为 3 mm,层间距为 0.3 mm,矩阵 256×256。患者取仰卧位,嘱患者放松下肢同时膝关节伸直外旋 5°~10°(或在扫描时膝关节向内侧偏 5°~10°)。

导出膝关节 MRI 图像后使用脱机软件进行测量,测量指标包括髌骨偏移指数(tibial offset index,BSO)、滑车适合角(trochlear congruence angle,CA)、髌骨倾斜角(patellar tilt angle,PTA)、股骨外侧滑车倾斜角(lateral trochlear inclination,LTI)、股骨滑车面对称性、滑车沟角度(sulcus angle,SA)、股骨滑车深度、胫骨结节-股骨滑车沟距离(tibial tuberosity-trochlear groove distance,TT-TG)、髌韧带长度与髌骨最长径之比(Insall-Salvati Ratio,ISR)、髌骨后下缘至胫骨平台前方距离与髌骨后缘长径之比(Caton-Deschamps index,C-D)。其中 ISR 和 C-D 在矢状面 PDWI 图像上测量,其余指标均在轴面 T₂WI-FS 图像上测量:①以股骨滑车凹最低点与参考线的垂线平移至髌骨最大横截面层面中测量 BSO(图 1a);②在股骨滑车凹最低点层面测量 CA(图 1b);经髌骨最大横截面层面测量 PTA(图 1c);③选用滑车近端层面(保证滑车软骨全覆盖),以软骨下骨板作为基线,测量 LTI(图 1d)、股骨滑车面对称性、SA(图 1e)和股骨滑车深度(图 1f);④分别选取经股骨滑车沟最深横截面(图 1g)及胫骨结节最凸点横截面(图 1h)测量 TT-TG 距离;⑤髌韧带长度与髌骨最长径比值定义为 ISR,髌骨后下缘至胫骨平台前方距离与髌骨后缘长径比值定义为 C-D(图 1i)。

3. 统计学分析

采用 SPSS 19.0 和 Medcalc 软件进行统计学分析。符合正态分布的计量资料以均值±标准差($\bar{x} \pm s$)表示,组间比较采用 t 检验。采用多因素 Logistic 回归分析复发性髌骨不稳的影响因素,采用受试者工作特征(receiver operating characteristic,ROC)曲线分析潜在测量指标预测复发性髌骨不稳的准确性,基于

Logistic 回归模型建立联合预测指标,探讨联合指标预测复发性髌骨不稳的价值。以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

本研究共纳入复发组患者 57 例,对照组患者 60 例,均通过软件脱机分析患者的 MRI 影像学资料并进行了 BSO、CA、PTA、LTI、SA、股骨滑车面对称性、滑车深度、TT-TG、ISR、C-D 等指标的测量。

1. 复发组与对照组的 MRI 测量指标比较

比较复发组与对照组的 MRI 测量指标,结果显示复发组患者的 BSO、PTA、LTI、TT-TG 和 ISR 高于对照组,差异均具有统计学意义(P 值均 <0.05);两组患者的 CA、SA、股骨滑车面对称性、滑车深度和 C-D 等数据差异均无统计学意义(P 值均 >0.05 ,表 1)。

表 1 复发组与对照组的 MRI 测量指标比较

测量指标	复发组 (n=57)	对照组 (n=60)	<i>t</i> 值	<i>P</i> 值
BSO(%)	83.31±7.10	79.97±7.62	2.451	0.016
CA(°)	29.18±5.61	29.00±6.09	0.162	0.871
PTA(°)	23.87±4.51	20.57±4.49	3.965	0.000
LTI(°)	10.36±2.36	8.75±2.06	3.925	0.000
SA(°)	146.29±3.59	146.36±3.63	0.108	0.914
股骨滑车面对称性	0.44±0.06	0.45±0.06	0.790	0.431
滑车深度(mm)	4.26±0.73	3.98±0.85	1.911	0.059
TT-TG(mm)	15.04±2.33	12.22±2.68	6.080	0.000
ISR	1.42±0.07	1.27±0.09	10.012	0.000
C-D	1.22±0.08	1.20±0.08	1.621	0.108

2. 复发性髌骨不稳的多因素 Logistic 回归分析

将两组比较存在统计学差异的测量指标进一步行多因素 Logistic 回归分析,以筛选复发性髌骨不稳的独立影响因素,结果显示 BSO 和 PTA 对复发性髌骨不稳无明显影响,差异无统计学意义($P>0.05$)。而 LTI($P=0.048$)、ISR($P=0.000$)和 TT-TG($P=0.025$)是复发性髌骨不稳的独立影响因素。根据优势比(odds ratio,OR)值,对复发性髌骨不稳影响最大的是 ISR(OR=8.512),其次是 LTI 和 TT-TG(OR 分别为 1.338、1.322,表 2)。

表 2 复发性髌骨不稳 MRI 测量的多因素 Logistic 回归分析

指标	回归系数(B)	标准误差(SE)	Wals	<i>P</i> 值	OR	95%CI	
						下限	上限
BSO	0.027	0.044	0.394	0.530	1.028	0.944	1.119
LTI	0.291	0.147	3.901	0.048	1.338	1.002	1.786
ISR	2.865	5.103	8.080	0.000	8.512	3.861	18.818
PTA	0.137	0.071	3.775	0.052	1.147	0.999	1.318
TT-TG	0.279	0.125	5.025	0.025	1.322	1.036	1.688

3. MRI 测量指标预测复发性髌骨不稳的 ROC 曲线分析

MRI 测量指标预测复发性髌骨不稳的曲线下面积(area under curve,AUC)存在较大差异,ISR 预测的准确度最高,其 AUC 达到 0.891,敏感度为 100%,

但特异度较低(60.00%)。TT-TG 和 LTI 的 AUC 均低于 ISR(表 3),差异有统计学意义($P<0.05$)。三项测量指标联合预测复发性髌骨不稳的准确度最高(AUC=0.938),显著大于三项测量指标单独预测复发性髌骨不稳的 AUC(图 2),差异均有统计学意义(P 值均 <0.05),其拟合方程为 $\text{logit}(P)=-37.681+22.687\times\text{ISR}+0.339\times\text{LTI}+0.281\times\text{TT-TG}$;最佳诊断点为 0.340,诊断敏感度为 91.23%,特异度为 83.33%。

表 3 MRI 测量指标预测复发性髌骨不稳的 ROC 曲线分析

指标	AUC	95%CI	最佳诊断点	敏感度(%)	特异度(%)
ISR	0.891*	0.820~0.941	1.29	100	60.00
TT-TG	0.785*	0.700~0.856	11.12	100	46.67
LTI	0.676*	0.583~0.759	11.18	40.35	93.33
联合	0.938	0.878~0.974	0.340	91.23	83.33

注:与联合指标比较,* $P<0.05$ 。

讨 论

髌骨脱位的保守治疗主要包括股四头肌锻炼、绷带包扎或护膝保护,主要针对病情较轻以及拒绝手术的患者^[8,9],然而由于这类患者往往髌骨关节存在一些解剖异常,虽然程度较轻,但也因此容易反复出现复发性髌骨不稳的情况^[10,11]。由于反复的髌骨脱位或半脱位对患者伤害较大,因此临床上需要能够早期预测复发性髌骨不稳的方法从而及时调整治疗方式。本研究对比了我院出现复发性髌骨不稳以及首次髌骨脱位后未出现复发性髌骨不稳患者的 MRI 影像学资料,试图从影像学角度分析复发性髌骨不稳的影响因素,并从中找出能够预测复发性髌骨不稳的指标。

本研究对比了复发组与对照组 MRI 的测量指标,发现 BSO、PTA、LTI、TT-TG 和 ISR 在两组中差异有统计学意义,而 CA、SA、股骨滑车面对称性、滑车深度和 C-D 在两组中差异无统计学意义。BSO 是用于描述髌骨外移程度的主要指标,可以用来衡量髌骨轨迹异常,是反映髌骨半脱位的定量指标^[12]。PTA 用于描述髌骨倾斜程度,PTA 增大往往是由松弛的内侧髌股韧带和股内斜肌导致的。PTA 与 BSO 一样也可以用于衡量髌骨轨迹异常,但角度不同,PTA 是反映髌骨内外侧支持力量平衡性的定量指标^[13],LTI 是用于描述股骨滑车发育不良的主要指标,LTI 过小提示股骨外侧滑车面发育扁平,伸膝过程中对抗髌骨外移的阻力减弱,会导致髌骨迁移至滑车沟外的危险性增高^[14]。TT-TG 是指股骨髁间凹与胫骨结节之间的距离,TT-TG 增大说明胫骨出现了过度外旋,会导致髌骨外侧脱位,是临床常用指标,TT-TG >20 mm 是手术干预指征^[15]。ISR 是描述髌骨位置的主要指标,

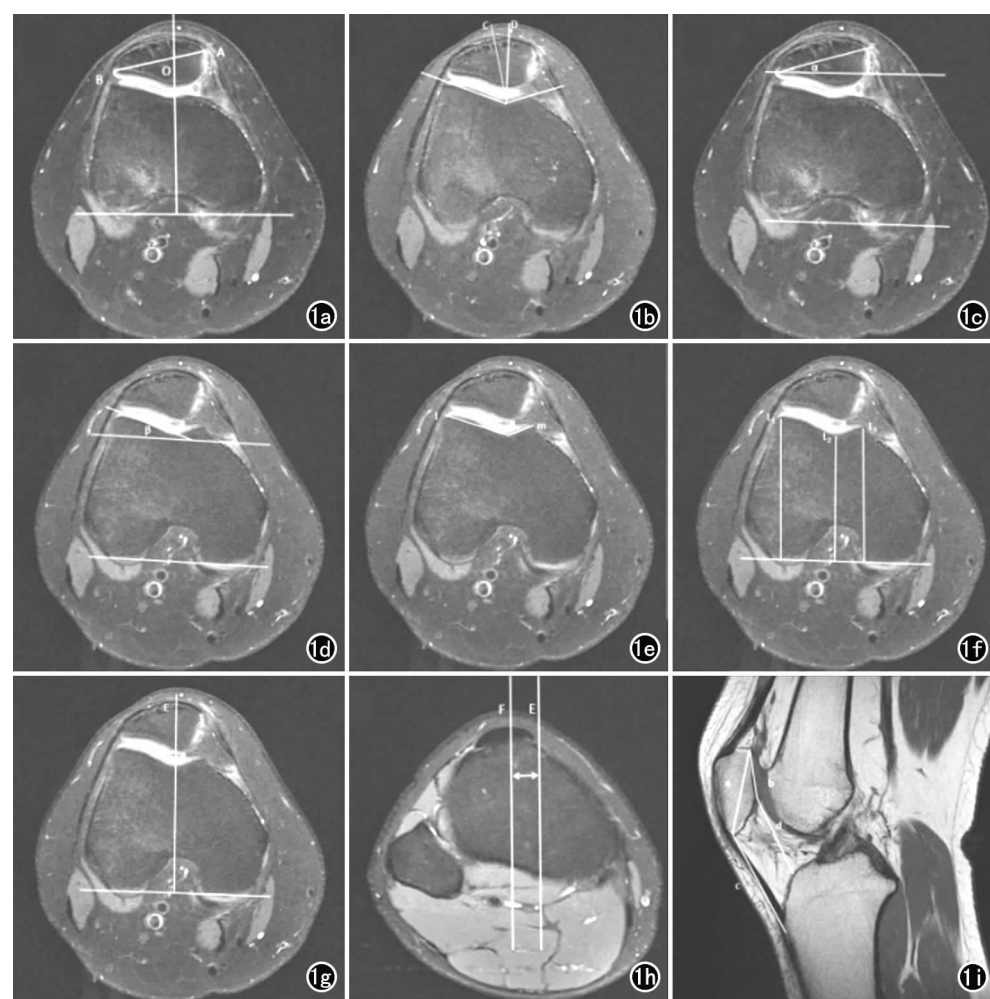


图 1 复发性髌骨不稳的 MRI 测量。a)BSO 的测量:AB 是髌骨横断面的最长横径,OB 是髌骨在股骨滑车凹中线外侧的部分,BSO=OB/AB;b)CA 的测量:CA=股骨滑车沟的角平分线 D 与股骨滑车凹最低点和髌骨嵴最低点连线 C 的夹角;c)PTA 的测量:PTA 为髌骨长轴与参考线(以股骨内外后髁连线为参考线)的夹角(α);d)LTI 的测量:LTI 为股骨外侧滑车面与参考线的夹角(β);e)股骨滑车面对称性的测量:股骨滑车面对称性=内侧滑车面长度(m)/外侧滑车面长度(l);SA 的测量:SA=m 与 l 的夹角;f)股骨滑车深度的测量:股骨滑车深度=[股骨外侧滑车最凸点(L1)+股骨内侧滑车最凸点(L3)]/2-滑车沟最凹点到参考线的垂直距离(L2);g)TT-TG 的测量:TT-TG=股骨滑车沟最凹点(E)和胫骨结节最凸点(F)之间的垂直距离。h)TT-TG 的测量;i)ISR 的测量:ISR=髌韧带长度(c)/髌骨最长径(a);C-D 的测量:C-D=髌骨后下缘至胫骨平台前方距离(d)/髌骨后缘长径(b)。

ISR>1.2 提示高位髌骨,高位髌骨会导致屈膝时髌骨移位至滑车沟的距离增加,从而磨损关节面下软骨,是髌骨不稳的重要危险因素之一^[16]。

本研究进一步分析了复发性髌骨不稳的影响因素,发现 LTI、ISR 和 TT-TG 是患者初次髌骨脱位后,发生复发性髌骨不稳的独立影响因素。其中 ISR 对复发性髌骨不稳的影响最大(OR=8.512),说明 ISR 的细微变化能够显著提高患者出现复发性髌骨不稳的风险。为了分析 LTI、ISR 和 TT-TG 预测复发性髌骨

不稳的准确性,笔者对 LTI、ISR、TT-TG 及其三者的联合绘制了 ROC 曲线。结果显示 ISR 确实是预测复发性髌骨不稳较理想的指标,其单独预测的 AUC 接近 0.9,而且敏感度达 100%;说明利用 ISR 预测患者是否会出现复发不容易出现遗漏,但特异度比较低,表明单独依靠 ISR 预测复发会出现一定概率的误诊。三项指标联合预测的 AUC 提高到 0.938,提示三项测量指标联合预测复发性髌骨不稳的准确性最好。三项测量指标联合预测复发性髌骨不稳的最佳诊断点为 0.340,其敏感度为 91.23%,特异度为 83.33%。临床上可通过 MRI 测量患者的 LTI、ISR 和 TT-TG,然后利用 SPSS 软件基于 Logistic 回归模型拟合方程计算其预测复发性髌骨不稳的概率,若其概率 > 0.340 则提示其存在发生复发性髌骨不稳的风险。

本研究存在以下不足之处:①在选择研究对象时未考虑研究对象从事的职业以及是否存在过度运动的可能,因此可能存在选择偏倚;②本研究的指标均通过脱机分析软件在导出的 MRI 图像上进行测量,无法确定该方法是否存在因不同设备间的传输造成的测量误差;③有关髌骨解剖结构的测量指标很多,本研究并不能确保所测指标一定是预测复发性髌骨不稳的最准确指标,需要临床进一步扩大样本量进行验证。另外需要注意的是,复发性髌骨不稳的出现受到偶然因素的影响,所以本研究结果仅可用于预测患者出现复发性髌骨不稳的风险,并不能排除患者髌骨复发的可能。

综上所述,ISR、LTI、TT-TG 三个指标的联合对

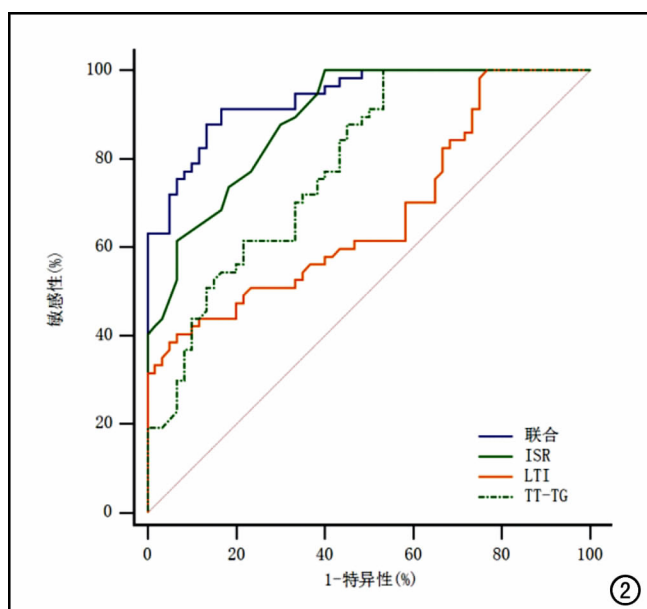


图 2 ISR、TT-TG、LTI 及联合指标预测复发性髌骨不稳的 ROC 曲线分析。

预测患者初次髌骨脱位后,发生复发性髌骨不稳具有较高的临床应用价值,可为临床选择更适合的治疗方式来提高髌骨的稳定性提供参考依据。

参考文献:

- [1] 王乾君,王宇泽,王小虎,等.复发性髌骨脱位治疗的现状及进展[J].中国矫形外科杂志,2015,23(15):1392-1395.
- [2] 杨信信,李睿,耿彬,等.髌骨脱位相关预测指标研究进展[J].中国矫形外科杂志,2018,26(22):68-72.
- [3] Schorn D, Yangstrathoff S, Gosheger G, et al. Long-term outcomes after combined arthroscopic medial reefing and lateral release in patients with recurrent patellar instability-a retrospective analysis[J]. BMC Musculoskelet Disord, 2017, 18(1):277.
- [4] 刘周,李丽,李天然,等. MRI 在肺部感染性疾病中的应用初探[J]. 新发传染病电子杂志, 2017, 2(3):244-248.
- [5] 刘仁伟,方进智,张玉忠. 脑膜血管型神经梅毒的 MRI 表现分析[J]. 新发传染病电子杂志, 2018, 3(1):25-29.
- [6] Yue RA, Arendt EA, Tompkins MA. Patellar height measurements on radiograph and magnetic resonance imaging in patellar instability and control patients[J]. J Knee Surg, 2017, 30(9):943-950.
- [7] Falkowski AL, Camathias C, Jacobson JA, et al. Increased magnetic resonance imaging signal of the lateral patellar facet cartilage: a functional marker for patellar instability? [J]. Am J Sports Med, 2017, 45(10):2276-2283.
- [8] 张志光,毕树雄,胡鹏,等. 髌骨脱位治疗的研究进展[J]. 中华损伤与修复杂志(电子版), 2018, 13(2):142-145.
- [9] 李宁,张志强. 复发性髌骨脱位诊治及治疗选择[J]. 中华临床医师杂志(电子版), 2017, 11(6):992-996.
- [10] 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):61-66.
- [11] 曹万全,杨自权,王刚,等. 复发性髌骨脱位的治疗进展[J]. 中国骨伤, 2017, 30(3):282-286.
- [12] 高畅,徐磊,冯阳,等. MRI 对复发性髌骨不稳的解剖学危险因素的测量与评估[J]. 实用放射学杂志, 2017, 33(3):438-442.
- [13] 郭振中,王孟飞,张宁,等. 关节镜下内侧髌股韧带重建联合外侧支持带松解治疗复发性髌骨脱位的疗效观察[J]. 医学临床研究, 2018, 35(4):638-641.
- [14] 闫斌,艾克帕尔·吾不利,桂和,等. MR 定量测量指标在青少年髌骨不稳中的诊断应用价值[J]. 中国医药导报, 2018, 15(34):144-148.
- [15] Heidenreich MJ, Camp CL, Dahm DL, et al. The contribution of the tibial tubercle to patellar instability: analysis of tibial tubercle-trochlear groove (TT-TG) and tibial tubercle-posterior cruciate ligament (TT-PCL) distances[J]. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2015, 25(8):2347-2351.
- [16] 过哲,于爱红,张晶,等. 髌腱-股骨外侧髌摩擦综合征的 MRI 表现[J]. 中医正骨, 2018, 30(2):41-44.

(收稿日期:2019-04-01 修回日期:2019-06-20)