

基于MRI评估中老年膝关节内侧骨关节炎与前交叉韧带损伤的相关性研究

荣青青¹, 汤 德², 张秀莉^{3*}

(1. 徐州医科大学医学影像学院, 江苏 徐州 221004; 2. 徐州医科大学附属沭阳医院影像科, 江苏 沭阳 223600;
3. 徐州医科大学附属医院医学影像科, 江苏 徐州 221000)

[摘要] **目的** 探讨基于核磁共振成像(magnetic resonance imaging, MRI)评估中老年膝关节内侧骨关节炎(medial knee osteoarthritis, mKOA)与前交叉韧带(anterior cruciate ligament, ACL)损伤的相关性。**方法** 连续纳入2020年3月—2024年12月徐州医科大学附属沭阳医院骨科收治的mKOA合并ACL损伤的患者80例纳入试验组,另选择同期就诊的性别、年龄相匹配且未合并ACL损伤的mKOA患者80例作为对照组,所有患者均接受MRI检查。应用半定量统计评分(MRI osteoarthritis knee score, MOAKS)系统对mKOA进行量化并在MRI图像上测量相关指标,比较并分析上述指标组间差异,通过多元Logistic回归分析确定mKOA合并ACL损伤的影响因素。**结果** 与对照组比较,试验组MOAKS总评分、内侧间室评分、外侧间室评分、髌股关节评分、Hoffa滑膜炎及关节腔积液评分均较高(均 $P<0.05$)。与对照组比较,试验组内侧间室软骨磨损、BMLs、骨赘及内侧半月板MOAKS评分均显著升高(均 $P<0.05$);且试验组内侧间室各亚区软骨MOAKS评分均显著升高(均 $P<0.05$)。与对照组比较,试验组髌间凹骨赘MOAKS总评分、髌间凹骨赘内侧MOAKS评分、髌间凹外侧骨赘MOAKS评分、胫骨外侧平台后倾角、前向胫骨移位均显著升高,但髌间凹宽度指数显著降低(均 $P<0.05$)。多元Logistic回归分析结果显示,内侧间室总评分及软骨评分、髌间凹内侧骨赘评分为mKOA合并ACL损伤的独立影响因素(均 $P<0.05$)。**结论** 在中老年mKOA患者中,ACL损伤与内侧间室结构损伤密切相关,且髌间凹内侧骨赘增生是导致此类患者发生ACL损伤的关键骨性形态学危险因素。

[关键词] 骨关节炎;膝;前交叉韧带损伤;磁共振成像 doi:10.3969/j.issn.1007-3205.2026.01.012

[中图分类号] R684.3 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 1007-3205(2026)01-0081-08

A study on the correlation between medial knee osteoarthritis and anterior cruciate ligament injury in middle-aged and elderly adults based on MRI evaluation

RONG Qing-qing¹, TANG De², ZHANG Xiu-li^{3*}

(1. School of Medical Imaging, Xuzhou Medical University, Jiangsu Province, Xuzhou 221004, China;

2. Department of Radiology, Shuyang Hospital Affiliated to Xuzhou Medical University,

Jiangsu Province, Shuyang 223600, China; 3. Department of Medical Imaging,

the Affiliated Hospital of Xuzhou Medical University,

Jiangsu Province, Xuzhou 221000, China)

[Abstract] **Objective** To investigate the correlation between medial knee osteoarthritis (mKOA) and anterior cruciate ligament (ACL) injury based on magnetic resonance imaging (MRI) evaluation in middle-aged and elderly individuals. **Methods** A total of 80 patients with mKOA combined with ACL injury admitted to the Department of Orthopedics, Shuyang Hospital Affiliated to Xuzhou Medical University from March 2020 to December 2024 were consecutively enrolled as the experimental group. Another 80 patients with mKOA but without ACL injury, matched for gender and age, who visited the hospital during the same period were selected as the control group. All patients underwent MRI examination. The MRI osteoarthritis knee score (MOAKS) semi-quantitative scoring system was

[收稿日期] 2025-11-15

[基金项目] 江苏省自然科学基金青年项目(BK20230453)

[作者简介] 荣青青(1987—),女,江苏沭阳人,徐州医科大学医学影像学院医学硕士研究生,从事医学影像学诊断研究。

*通信作者。E-mail: zhangxl201103@163.com

applied to quantify mKOA, and relevant parameters were measured on MRI images. Differences in these parameters between the two groups were compared and analyzed. Multivariate logistic regression analysis was performed to identify influencing factors for mKOA combined with ACL injury. **Results** Compared with the control group, the experimental group showed significantly higher total MOAKS score, medial compartment score, lateral compartment score, patellofemoral joint score, and Hoffa-synovitis/effusion-synovitis score (all $P<0.05$). Compared with the control group, the experimental group exhibited significantly higher scores for medial compartment cartilage wear, bone marrow lesions (BMLs), osteophytes, and the MOAKS score of the medial meniscus (all $P<0.05$). Furthermore, the MOAKS scores for cartilage in all subregions of the medial compartment were significantly higher in the experimental group (all $P<0.05$). Compared with the control group, the experimental group demonstrated significantly higher total MOAKS scores for intercondylar osteophyte, medial intercondylar notch osteophyte, lateral intercondylar osteophyte, lateral tibial plateau posterior slope, and anterior tibial translation; However, the intercondylar notch width index was significantly lower (all $P<0.05$). Multivariate Logistic regression analysis revealed that the total medial compartment score, medial compartment cartilage score, and medial intercondylar osteophyte score were independent influencing factors for mKOA combined with ACL injury (all $P<0.05$). **Conclusion** In middle-aged and elderly patients with mKOA, ACL injury is closely associated with structural damage in the medial compartment. Moreover, osteophyte proliferation in the medial intercondylar notch is a key osseous morphological risk factor contributing to ACL injury in these patients.

[Key words] osteoarthritis, knee; anterior cruciate ligament injuries; magnetic resonance imaging

膝关节骨关节炎 (knee osteoarthritis, KOA) 是一种以关节软骨进行性磨损、软骨下骨硬化、继发性骨赘及滑膜炎等为主要特征的退行性疾病^[1]。其中, 内侧间室因其承重负荷较大, 成为骨关节炎最易累及的部位。研究^[2-3]指出, 我国 KOA 总体患病率为 15%, 60 岁以上人群患病率高达 50%。ACL 损伤的危险因素涵盖了个体解剖、遗传内分泌、神经肌肉因素、环境变量等诸多方面^[4-7]。前交叉韧带 (anterior cruciate ligament, ACL) 是维持膝关节前向与旋转稳定性的主要结构, 其创伤性损伤是继发性膝骨关节炎的危险因素。在无明显急性外伤史的中老年内侧骨关节炎 (medial knee osteoarthritis, mKOA) 患者中, ACL 形态异常的患病率显著高于健康人群, 这可能是由于 mKOA 病理状态下 ACL 发生退变与结构失效。目前, 探讨基于核磁共振成像 (magnetic resonance imaging, MRI) 定义的 mKOA 严重程度及其具体组件与 ACL 损伤类型之间的关联研究尚少。本研究旨在探讨 MRI 评估 mKOA 与 ACL 损伤的相关性。现报告如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料 连续纳入 2020 年 3 月—2024 年 12 月徐州医科大学附属沭阳医院骨科收治的 mKOA 合并 ACL 损伤的患者 80 例纳入试验组, 另选择同期就诊的性别、年龄相匹配且未合并 ACL 损伤的 mKOA 患者 80 例作为对照组。所有研究对象均接

受 MRI 检查。试验组: 男性 18 例, 女性 62 例; 年龄 50~83 岁, 平均 (64.05±7.54) 岁; 对照组: 男性 21 例, 女性 59 例; 年龄 53~78 岁, 平均 (62.10±5.70) 岁。mKOA 诊断标准参照中华医学会骨科学分会《中国骨关节炎诊治指南 2018 年版》^[8] 及《美国风湿病协会诊断标准 2012 版》^[9], 满足以下诊断标准①+ (②、③、④、⑤条中的任意 2 条) 可诊断为膝骨关节炎: ①近 1 个月内反复的膝关节疼痛; ②X 线片 (站立位或负重位) 示关节间隙变窄、软骨下骨硬化和 (或) 囊性变、关节边缘骨赘形成; ③年龄≥50 岁; ④晨僵时间≤30 min; ⑤活动时有关节摩擦音 (感)。纳入标准: ①年龄≥50 岁; ②X 线图像 K-L 分级为 II、III、IV 级的中重度 KOA 患者; ③均有 MRI 图像, 且临床资料完整。排除标准: ①有明确的膝关节外伤、骨折或手术史; ②合并继发性关节炎, 如创伤性关节炎、类风湿性关节炎等; ③合并膝关节感染病史, 如膝关节结核、化脓性膝关节炎等; ④合并膝关节肿瘤; ⑤MRI 图像质量较差。

本研究经医院伦理委员会审批通过 (批准文号: SYYY-LL-202532)。

1.2 研究方法 所有患者入组后均接受膝关节 MRI 检查 (西门子 Skyra 3.0 T 磁共振), 具体流程如下: ①扫描前, 患者取仰卧位, 选择脚先进方式, 通过膝关节专用线圈包裹并固定膝关节, 将线圈中心对准髌骨下缘水平, 确保膝关节处于对称和自然放松的姿势 (通常允许轻度外旋, 10~

15°); ②扫描序列与核心参数, 矢状面快速自旋回波-T1加权成像, 重复时间(repetition time, TR)=440 ms, 回波时间(echo time, TE)=13.6 ms, 层厚=5 mm, 视野(field of view, FOV)=200 mm×200 mm; 矢状位脂肪抑制质子密度加权成像, TR=2 020 ms, TE=30.3 ms, 层厚=5 mm, FOV=200 mm×200 mm; 冠状位脂肪抑制质子密度加权成像, TR=2 260 ms, TE=39 ms, 层厚=4 mm, FOV=180 mm×180 mm; 横断面脂肪抑制质子密度加权成像, TR=2 020 ms, TE=35.3 ms, 层厚=5 mm, FOV=160 mm×160 mm; ③图像后处理与存储, 扫描获取的所有原始图像传送至影像科后处理工作站, 进行分析及评估。

1.3 临床观察指标

1.3.1 MRI图像分析及数据收集 通过医学影像通信与管理系统(picture archiving and communication system, PACS)应用半定量统计评分(MRI osteoarthritis knee score, MOAKS)系统^[10]对KOA进行量化, 包括软骨、骨髓、半月板、骨赘、滑膜炎评分, 并在MRI图像上测量股骨髁间凹宽度指数、前向胫骨移位及胫骨外侧平台后倾角。由2名以上高年资影像诊断医师通过PACS系统独立分析图像, 若评分存在不一致时, 经协商后达成一致, 测量指标取平均值。

1.3.2 MOAKS评分计算方法

1.3.2.1 关节软骨 对髁下区以外的14个特定区域进行评估, 依据各分区内软骨缺损面积所占的百分比进行分级, 具体标准如下: 0分表示无缺损; 1分表示缺损范围<10%; 2分表示缺损范围为10%~75%; 3分表示缺损面积>75%。

1.3.2.2 软骨下骨髓病变(bone marrow lesions, BMLs) 评估各亚区域内骨髓损伤范围的占比, 并依据以下标准进行分级: 0分(无损伤)、1分(<33%)、2分(33%~66%)、3分(>66%)。

1.3.2.3 骨赘 于髁骨、股骨内外侧髁及胫骨平台共12个特定位置进行评估, 测量各区域中最长骨赘自基部至尖端的尺寸, 并依其长度进行分级: 0分(无)、1分(<3 mm)、2分(3~5 mm)、3分(>5 mm)。

1.3.2.4 关节腔积液 关节积液量依据MRI表现为4级: 0分(生理性)、1分(少量, 髁后间隙可见连续性滑液信号)、2分(中量, 伴髁上囊轻度膨隆)、3分(大量, 可见关节囊扩张)。

1.3.2.5 Hoffa滑膜炎 采用Hoffa滑膜炎评分, 于矢状面T2/PD脂肪抑制序列上评估脂肪垫内弥漫性高信号的范围: 0分(正常)、1分(<33%)、2分(33%~66%)、3分(>66%)。

1.3.2.6 半月板 半月板评估采用两部分评分系统: 第一部分评估半月板挤压程度, 于4个指定区域测量半月板最远端至胫骨边缘的距离, 并依据距离划分为4个等级, 0分(<2 mm)、1分(2.0~2.9 mm)、2分(3.0~4.9 mm)、3分(≥5.0 mm); 第二部分评估半月板形态与信号异常, 分别对内外侧半月板的前角、体部及后角共6个区域进行观察, 记录包括信号异常、撕裂、半月板囊肿等异常表现, 各项异常存在计1分, 不存在则计0分。

1.3.3 相关指标测量

1.3.3.1 髁间凹宽度指数(notch width index, NWI) NWI为髁间凹宽度与股骨髁宽度之比。

1.3.3.2 胫骨外侧平台后倾角(posterior tibial slope of the lateral plateau, LPTS) 采用Hudek法, 选择包含后交叉韧带附着处的中央矢状位图像, 确保胫骨前后侧皮质呈凸状。在胫骨上端画两个圆, 上圆与胫骨近端前后侧皮质相切, 下圆与胫骨前后侧皮质相切且经过上圆圆心。连接2个圆心的直线即为胫骨骨纵轴。连接胫骨外侧平台最前端及最后端皮质边缘的切线。测量胫骨纵轴垂线与胫骨外侧平台切线的夹角即为LPTS。

1.3.3.3 前向胫骨移位(anterior tibial translation, ATT) 在T2WI序列上选择膝关节的外侧髁间窝矢状位层面, 首先沿股骨远端的后侧皮质画一条直线, 并将其向胫骨方向延伸, 即为股骨后皮质线; 而后测量胫骨平台后缘最突出点到上述股骨后皮质线的垂直距离即为ATT。

1.4 统计学方法 应用SPSS 27.0统计软件分析数据。不符合正态分布的定量资料以M(QR)表示, 组间比较采用秩和检验; 服从正态分布的计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示, 组间比较采用独立样本 t 检验; 计数资料比较采用 χ^2 检验。采用多因素Logistic回归分析确定mKOA合并ACL的危险因素。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结 果

2.1 2组临床资料比较 与对照组比较, 试验组MOAKS总评分、内侧间室评分、外侧间室评分、髁股关节评分、Hoffa滑膜炎及关节腔积液评分均较高, 差异有统计学意义($P < 0.05$); 2组性别、

年龄差异无统计学意义 ($P>0.05$)。见表1。

表1 2组临床资料比较

Table 1 Comparison of clinical data between the two groups

($n=80$)

组别	女性 (例数, %)	年龄 ($\bar{x} \pm s$, 岁)	MOAKS 总分 ($\bar{x} \pm s$, 分)	内侧间室评分 ($\bar{x} \pm s$, 分)
对照组	59 (73.80)	62.10 $\pm$ 5.70	30.89 $\pm$ 4.18	17.11 $\pm$ 3.93
试验组	62 (77.50)	64.05 $\pm$ 7.54	52.49 $\pm$ 15.36	27.35 $\pm$ 6.65
$\chi^2/t/Z$ 值	0.581	1.845	12.140	11.849
P 值	0.305	0.067	<0.001	<0.001
组别	外侧间室评分 ($\bar{x} \pm s$, 分)	髌股关节评分 ($\bar{x} \pm s$, 分)	Hofa 滑膜炎评分 [M (QR), 分]	关节腔积液评分 [M (QR), 分]
对照组	3.53 $\pm$ 1.11	7.50 $\pm$ 1.71	1.00 (0.00)	1.00 (0.00)
试验组	7.83 $\pm$ 3.66	13.65 $\pm$ 5.76	1.00 (1.00)	1.00 (1.00)
$\chi^2/t/Z$ 值	6.664	9.148	4.361	3.565
P 值	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

2.2 2组膝关节内侧间室及各亚区软骨 MOAKS 评分比较 与对照组比较, 试验组内侧间室软骨磨损、BMLs、骨赘及内侧半月板 MOAKS 评分均

显著升高; 各亚区软骨 MOAKS 评分均显著升高, 差异有统计学意义 ($P<0.05$)。见表2。

表2 2组膝关节内侧间室及各亚区软骨 MOAKS 评分比较

Table 2 Comparison of MOAKS scores for knee cartilage in the medial compartment and its subregions between the two groups

($n=80$, 分)

组别	内侧间室各亚区软骨 MOAKS 评分				
	股骨中区($\bar{x}\pm s$)	股骨后区[M(QR)]	胫骨前区[M(QR)]	胫骨中区[M(QR)]	胫骨后区[M(QR)]
对照组	2.39±0.49	0.00(1.00)	1.00(1.75)	1.00(1.00)	0.00(0.00)
试验组	2.93±0.27	2.00(1.00)	2.00(2.00)	3.00(1.00)	1.50(2.00)
t/Z 值	8.626	2.239	2.495	2.382	2.578
P 值	<0.001	0.025	0.013	0.017	0.006

组别	内侧间室 MOAKS 评分			
	软骨磨损[M(QR)]	BMLs($\bar{x}\pm s$)	骨赘($\bar{x}\pm s$)	内侧半月板($\bar{x}\pm s$)
对照组	6.00(1.75)	3.37±1.56	4.10±1.03	3.89±1.55
试验组	11.00(5.75)	5.15±2.32	7.14±1.53	5.29±1.81
t/Z 值	2.794	5.672	14.732	5.256
P 值	0.005	<0.001	<0.001	<0.001

2.3 2组骨性测量指标比较 与对照组比较, 试验组髌间凹骨赘 MOAKS 总评分、髌间凹内侧骨赘 MOAKS 评分、髌间凹外侧骨赘 MOAKS 评分、PTS 及 ATT 均显著升高, NWI 显著降低, 差异有统计学意义 ($P<0.05$)。见表3。

2.4 多元 Logistic 回归分析 mKOA 合并 ACL 损伤的独立影响因素 以 mKOA 合并 ACL 损伤 (是=1, 否=0) 作为因变量, 以内侧间室评分及其三分位分组 [Q1 (9~17)=1, Q2 (18~23)=2, Q3 (24~42)=3] 作为自变量, 根据临床经验及单因素分析结果, 将性别、年龄、NWI、LPTS、ATT (均为连续变量) 作为协变量, 分别进行多元 Logistic 回归分析, 结果显示, 内侧间室总评分

为 mKOA 合并 ACL 损伤的独立影响因素, 内侧间室评分三分位与前交叉韧带损伤风险呈显著线性趋势 ($P=0.011$)。随着内侧间室评分升高, 前交叉韧带损伤风险逐渐增加, 见表4。进一步将内侧间室各组件分别纳入分析, 在调整相同协变量后, 结果显示, 内侧间室软骨评分 (OR=1.37, 95%CI: 1.00~1.88, $P=0.048$)、内侧间室骨赘 (OR=9.46, 95%CI: 2.10~42.69, $P=0.003$) 与髌间凹内侧骨赘评分 (OR=14.29, 95%CI: 2.43~83.94, $P=0.003$) 是 mKOA 合并 ACL 损伤的独立影响因素, 见表5。后续对髌间凹内侧骨赘进行分层调整分析, 发现在未调整模型及逐步调整性别、年龄、NWI、ATT、LPTS 乃

表3 2组骨性测量指标比较
Table 3 Comparison of osseous morphometric parameters between the two groups

(n=80)

组别	髌间凹骨赘评分(分)		
	总评分($\bar{x}\pm s$)	内侧评分($\bar{x}\pm s$)	外侧评分[M(QR)]
对照组	1.96 $\pm$ 0.74	1.26 $\pm$ 0.44	1.00(1.00)
试验组	4.24 $\pm$ 1.35	2.44 $\pm$ 0.65	1.00(2.00)
t/Z值	13.321	13.321	3.159
P值	<0.001	<0.001	0.002
组别	NWI ($\bar{x}\pm s$)	LPTS [M(QR),°]	ATT [M(QR),mm]
对照组	0.25 $\pm$ 0.03	4.00(1.00)	0.00(0.75)
试验组	0.17 $\pm$ 0.05	5.50(3.00)	0.00(2.00)
t/Z值	14.325	6.199	2.761
P值	<0.001	<0.001	0.006

至其他内侧间室组件后,髌间凹内侧骨赘始终表现出强大的独立预测价值(OR=11.06,95%CI:1.38~88.29,P=0.023),见表6。

3 讨 论

KOA作为老年患者常见退行性关节疾病,其致残率及复发率均较高^[11],临床表现为持续性疼痛、活动受限和关节畸形,其中内侧间室为骨关节炎最易累及的部位;治疗方案分为保守治疗及手术治疗^[12]。近年来,随着人口老龄化进程加剧,其患病率持续攀升,已成为导致中老年患者功能

障碍乃至残疾的主要原因,临床危害较大且累及范围广泛,由关节软骨病变开始,逐步累及软骨下滑膜、骨板等组织,导致软骨变形及骨赘产生^[13-14]。ACL在维持膝关节稳定性方面具有重要作用,具有防止胫骨相对于股骨向前滑移、预防膝关节内、外旋转功能,受损后膝关节稳定性改变进而出现运动学改变^[15-16]。研究^[17]指出,KOA患者多见ACL受损,占比高达28.7%。ACL损伤后发生KOA风险升高4倍,且单纯mKOA患者与合并ACL损伤患者存在软骨磨损分布差异性^[18]。但是,围绕中老年人群膝关节mKOA与ACL损伤之间的相关性研究较少,明确两种疾病之间的相关性,对于制定KOA个体化的防治策略具有实际临床应用意义。

本研究基于MRI评估了中老年mKOA与ACL损伤相关性,在mKOA进程中,ACL损伤与一系列关节内结构退变及骨性形态改变密切相关,多项MRI评估指标被确定为mKOA合并ACL损伤的独立危险因素^[19]。

本研究发现,与对照组比较,试验组患者年龄较大,且膝关节整体退变程度(MOAKS总分)及内侧、外侧间室的退变评分更高。提示ACL损伤并非一个孤立事件,而是与膝关节整体退行性改变的严重程度密切相关^[20],ACL作为维持膝关节稳定的核心结构,其功能失能可能加速关节内

表4 多元Logistic回归分析mKOA对ACL损伤的独立影响

Table 4 Multivariate Logistic regression analysis of the independent effect of mKOA on ACL injury

变量	未调整		调整后	
	OR值(95%CI)	P值	OR值(95%CI)	P值
内侧间室评分	1.42(1.28~1.59)	<0.001	1.29(1.05~1.59)	0.017
内侧间室评分分组				
Q1(低分位)	1	—	1	—
Q2(中分位)	6.66(2.26~19.63)	0.001	22.63(1.67~475.68)	0.015
Q3(高分位)	99.36(27.07~364.76)	<0.001	31.02(2.41~398.70)	0.008
趋势检验	10.21(5.30~19.67)	<0.001	4.14(1.39~12.29)	0.011

表5 多元Logistic回归分析mKOA内侧间室各组件对ACL损伤的独立影响

Table 5 Multivariate Logistic regression analysis of the independent effects of medial compartment components in mKOA on ACL injury

内侧间室各组件	未调整		调整后	
	OR(95%CI)	P值	OR(95%CI)	P值
软骨磨损	1.82(1.53~2.18)	<0.001	1.37(1.00~1.88)	0.048
BMLs	1.71(1.36~2.14)	<0.001	1.08(0.72~1.61)	0.724
内侧半月板	1.63(1.32~2.00)	<0.001	1.48(0.93~2.37)	0.101
内侧间室骨赘	4.20(2.77~6.36)	<0.001	9.46(2.10~42.69)	0.003
髌间凹内侧骨赘	18.71(8.14~43.03)	<0.001	14.29(2.43~83.94)	0.003

表6 多元Logistic回归分析髌间凹内侧骨赘对ACL损伤的独立影响
Table 6 Multivariate Logistic regression analysis of the independent effect of medial intercondylar osteophytes on ACL injury

变量模型	回归系数	标准误	Wald χ^2 值	P值	OR值	95%CI
模型1	2.929	0.425	47.559	<0.001	18.710	8.142~43.033
模型2	2.940	0.430	46.837	<0.001	18.910	8.153~43.912
模型3	2.660	0.903	8.670	0.003	14.290	2.434~83.941
模型4	2.403	1.060	5.138	0.023	11.060	1.383~88.292

模型1: 未调整

模型2: 模型1+性别+年龄

模型3: 模型2+NWI+ATT+LPTS

模型4: 模型3+内侧间室软骨磨损+内侧间室BMLs+内侧半月板

异常应力的分布,从而导致软骨、半月板等结构的磨损进一步加剧,形成恶性循环^[15-16]。而mKOA患者出现的关节退变和力线改变也可能增加ACL的机械负荷,导致其退变加剧甚至出现断裂等情况^[21],由此可见,两者之间互相产生不良影响。本研究分析了mKOA内侧间室结构损伤对ACL的影响,结果发现ACL损伤组的内侧间室软骨磨损、BMLs、骨赘形成以及内侧半月板损伤的严重程度均显著高于单纯mKOA组,内侧间室所有亚区的软骨MOAKS评分在mKOA合并ACL损伤的患者中均升高,以胫骨内中区更加明显。ACL损伤导致膝关节前向稳定性下降^[22-23],是导致胫骨相对于股骨的前向平移的潜在增加,患者胫股关节的接触点和接触应力出现改变。内侧半月板是膝关节稳定性维持的次级结构^[24],ACL损伤后常代偿性承受额外负荷,这也是mKOA合并ACL组内侧半月板损伤更严重的原因之一。本研究结果显示,试验组外侧间室评分与髌股关节评分亦显著高于对照组。这提示mKOA合并ACL损伤所引发的病理改变并非局限于内侧。分析原因为mKOA所致的内侧软骨磨损及内翻畸形等导致膝关节正常力线与负荷分布改变,加剧ACL损伤,两者之间构成恶性循环,加速了内侧病变进展,同时诱发外侧间室软骨的退变性磨损及髌股关节的适应性改变^[25-27]。

多元Logistic回归分析结果表明,在控制性别、年龄、NWI、LPTS及ATT等混杂因素后,仍观察到内侧间室评分与ACL损伤风险呈显著正向梯度:①连续型mKOA每增加1分,ACL损伤OR为1.29(1.05~1.59);②三分位趋势检验 $P=0.011$,随着内侧间室评分的升高,ACL损伤风险逐渐增加。内侧软骨退变导致胫骨平台内旋稳定性下降,使ACL在动态外翻-内旋体位下承受额

外拉力;当退变达到高分位区间时,韧带载荷可能突破“临界阈值”,增加抬升断裂风险^[28-30]。这一发现为运动医学门诊提供了可操作的“红线指标”对Q3层人群可提前实施神经肌肉训练、外侧楔形鞋垫或胫骨截骨等一级预防措施,有望把ACL损伤的防控窗口前移。

进一步将内侧间室各组件分别纳入分析,在调整相同协变量后,结果显示内侧间室软骨及骨赘评分是ACL损伤的独立危险因素,尤其是髌间凹内侧骨赘,其OR值高达14.29,表明该因素是ACL损伤的强预测因子,与既往研究结论存在一致性^[31]。后续对髌间凹内侧骨赘进行分层调整分析,发现在未调整模型及逐步调整性别、年龄、NWI、ATT、LPTS乃至其他内侧间室组件后,髌间凹内侧骨赘始终表现出强大的独立预测价值(OR=11.06, 95%CI: 1.38~88.29, $P=0.023$)。本研究采用4个递进模型评估髌间凹内侧骨赘与ACL损伤的独立关联。即使在最小调整(模型2仅控制性别、年龄)到最大调整(模型4进一步纳入NWI、ATT、LPTS乃至其他内侧间室组件后)后,OR值始终维持在10以上,且95%CI下限均>1,提示该骨性指标与ACL损伤之间存在稳健且强烈的剂量-反应关系。

髌间凹内侧骨赘导致ACL损伤的可能机制,首先,骨赘突向髌间凹前内侧,使ACL通道在伸直位进一步狭窄;日常负重活动产生的反复低能量撞击,导致前内束纤维微撕裂^[32]。其次,50岁以上人群ACL血供已开始减少,成纤维细胞增殖与I型胶原合成能力下降,微损伤修复速度低于损伤累积,韧带横截面积逐渐缩小、弹性模量降低。再次,骨赘作为“额外杠杆支点”延长了ACL在股骨附着处的有效力臂,同一胫骨前移角度下韧带张力增加,加速残余纤维疲劳。最终,

当累积损伤达到疲劳阈值后,轻微活动即可诱发剩余纤维级联断裂^[31-34]。

以往研究多聚焦于年轻运动员的急性ACL损伤^[35-36],强调动态外翻-内旋暴力,本研究的对象是年龄 ≥ 50 岁且否认任何急性外伤史的中老年人群,提示ACL损伤机制并非传统意义上的“暴力撕裂”,而是一种慢性退行性“微损伤-疲劳断裂”过程。骨赘高度是影响ACL极限载荷下降的原因之一。本研究Logistic回归分析显示,髌间凹内侧骨赘存在使ACL损伤OR值达14.29(95%CI: 2.43~83.94),远高于文献报道的性别或髌间窝狭窄^[37]等传统解剖危险因素,提示在中老年人群中,髌间凹内侧骨赘的相对危险度可能居首。更重要的是,本文采用骨赘MOAKS评分,为临床提供了可快速应用的量化指标,提高了筛查的可操作性。

然而,本研究为单中心回顾性病例对照设计,首先,仅能揭示mKOA与ACL损伤之间的相关性,尚未明确两者之间的因果关系;其次,样本量相对有限,特别是在探究某些亚组(如不同性别、年龄分层)或进行多变量调整时,统计效能可能不足,部分结果置信区间较宽;最后,本研究为横断面分析,缺乏对患者关节功能进展和ACL损伤发生时间的纵向随访数据,无法动态观察二者相互影响的进程。未来的研究可通过多中心、前瞻性队列设计,纳入更全面的临床与生物力学变量,并利用更先进的定量影像技术进行验证,以进一步阐明mKOA与ACL损伤之间的病理机制与时序关系。

综上所述,在中老年mKOA患者中,ACL损伤与内侧间室结构损伤密切相关,髌间凹内侧骨赘增生是导致此类患者发生ACL损伤的关键骨性形态学危险因素。

[参考文献]

- [1] 陈锋,梁超,杨玉山,等.开放性胫骨高位截骨术与全膝关节置换术治疗老年重度膝关节骨关节炎的效果[J].中国老年学杂志,2025,45(16):3897-3900.
- [2] 廖德发.我国骨性关节炎流行病学调查现状[J].微创医学,2017,12(4):521-524.
- [3] Arumugam A, Bjorklund M, Mikko S, et al. Effects of neuromuscular training on knee proprioception in individuals with anterior cruciate ligament injury: A systematic review and GRADE evidence synthesis [J]. BMJ Open, 2021, 11(5): e49226.
- [4] Jha V, Pandit A. Notch volume measured on magnetic resonance imaging is better than 2-dimensional notch parameters for predicting noncontact anterior cruciate ligament injury in males[J]. Arthroscopy, 2021, 37(5):1534-1543.
- [5] Poulsen E, Goncalves GH, Bricca A, et al. Knee osteoarthritis risk is increased 4-6 fold after knee injury-a systematic review and meta-analysis[J]. Br J Sports Med, 2019, 53(23):1454-1463.
- [6] Snoeker B, Turkiewicz A, Magnusson K, et al. Risk of knee osteoarthritis after different types of knee injuries in young adults: A population-based cohort study[J]. Br J Sports Med, 2020, 54(12):725-730.
- [7] 王善安,杨友刚,戚世鹏,等.前交叉韧带损伤合并内侧胫骨平台骨性关节炎患者临床特点分析[J].成都医学院学报,2019,14(3):371-374.
- [8] 中华医学会骨科学分会关节外科学组.骨关节炎诊疗指南(2018年版)[J].中华骨科杂志,2018,38(12):705-715.
- [9] Hochberg MC, Altman RD, April KT, et al. American college of rheumatology 2012 recommendations for the use of nonpharmacologic and pharmacologic therapies in osteoarthritis of the hand, hip, and knee [J]. Arthritis Care Res (Hoboken), 2012, 64(4):465-474.
- [10] Ruschke K, Meier C, Ullah M, et al. Bone morphogenetic protein 2/SMAD signalling in human ligamentocytes of degenerated and aged anterior cruciate ligaments [J]. Osteoarthritis Cartilage, 2016, 24(10):1816-1825.
- [11] 施展鸿,白国昌.全膝关节置换治疗膝关节骨性关节炎的价值分析[J].中国现代药物应用,2026,20(3):67-69.
- [12] 丁恩新,黄贤星,邹国民,等.膝关节内侧间室骨性关节炎单髁置换术后近中期患者满意度及其影响因素分析[J].中国骨与关节损伤杂志,2025,40(12):1307-1310.
- [13] 陈聪,马惜花,吴萌,等.MRI评估骨关节炎髌间窝狭窄与前交叉韧带损伤的相关性研究[J].第三军医大学学报,2016,38(23):2535-2541.
- [14] 黄玮,翟秀燕.膝骨关节炎患者MRI特征及与内侧副韧带慢性损伤的关系[J].现代科学仪器,2024,41(6):164-168.
- [15] 韩广波,李皓恒,高冯.创伤后膝关节关节炎发展中前交叉韧带损伤的作用与意义[J].中国组织工程研究,2020,24(15):2440-2446.
- [16] 刘佳,高娟,李嫚,等.Ligs关节韧带数字体像仪与KT-1000测量前交叉韧带损伤后膝关节前向不稳定的对比研究[J].中国运动医学杂志,2023,42(1):14-18.
- [17] 张玥,朱慧,许亚春,等.基于影像模型对膝内翻骨性关节炎患者前交叉韧带损伤的诊断价值[J].生物医学工程与临床,2024,28(4):527-532.
- [18] Zhang Q, Guo W, Liu Z, et al. Risk factors for lateral compartmental cartilage wear in varus knee osteoarthritis [J]. Zhonghua Wai Ke Za Zhi, 2015, 53(5):357-361.
- [19] 罗平.前交叉韧带与膝骨关节炎的结构改变及膝关节置换术的相关性研究[D].广州:南方医科大学,2024.
- [20] 严浩.骨关节炎关节退变对前交叉韧带力学性质的影响[D].大连:大连医科大学,2022.
- [21] 刘爱峰,巩树伟,何建浩,等.膝关节退行性骨关节炎动物模型研究进展[J].中国中医骨伤科杂志,2020,28(3):85-88.

- [22] 郑崑,李旭,洪雷,等.前交叉韧带撕裂合并外侧半月板后角根部损伤导致膝关节高度前外旋转不稳定[J].中国运动医学杂志,2019,38(8):643-651.
- [23] 张鸿,李京蔚,王新春.膝关节前交叉韧带损伤患者MRI影像特点及对膝关节稳定性的评估价值[J].全科医学临床与教育,2025,23(6):514-517.
- [24] 卢士学,丁磊,陈琪,等.关节镜下膝关节内侧半月板后角损伤的治疗进展[J].中国骨伤,2025,38(6):651-656.
- [25] Marc DB, Gilbert J, Cruickshank M, et al. The effectiveness of knee bracing in non-operative soft tissue and degenerative knee injuries: A systematic review [J]. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2025, 33(12):4446-4465.
- [26] Deviantri R, der Veen HC, Lubis AM, et al. Responsiveness of the indonesian versions of the anterior cruciate ligament-return to sport after injury score, the international knee documentation committee subjective knee form, and the lysholm score in patients with ACL injury [J]. Orthop J Sports Med, 2023, 11(8):23259671231187069.
- [27] Neuman P, Kostogiannis I, Fridén T, et al. Knee laxity after complete anterior cruciate ligament tear: A prospective study over 15 years [J]. Scand J Med Sci Sports, 2012, 22(2):156-164.
- [28] Beck S, Dittrich F, Busch A, et al. Unloader bracing in osteoarthritis of the knee-is there a direct effect on the damaged cartilage?[J]. Knee, 2023, 40:16-23.
- [29] 梁钰琪,牛东生,李立新,等.膝关节外侧间室软骨退变对膝关节内侧单髁置换手术的影响[J].中国骨与关节损伤杂志, 2017, 32(4):354-356.
- [30] 陈春君,李政甜,杜刚.前交叉韧带损伤相关的解剖因素分析[J].广西医学,2021,43(1):4-6.
- [31] 吴冰.前交叉韧带双束重建后移植物之间压力的生物力学及影像学研究[D].广州:广州医科大学,2016.
- [32] 黄竞敏,胡文晋,李冬超,等.前交叉韧带退变与髌间窝撞击及内侧半月板撕裂的相关性研究[J].中国修复重建外科杂志, 2016, 30(12):1478-1482.
- [33] 叶子扬,叶秀云,胡艇.前交叉韧带断裂合并半月板撕裂的解剖学影响因素分析[J].中医正骨,2023,35(10):21-25.
- [34] 文涛,薛华明,马童,等.前交叉韧带损伤对膝关节前内侧骨性关节炎单髁置换术效果的短期影响[J].中国骨与关节损伤杂志, 2015, 30(12):1259-1262.
- [35] 赵逢源,陈拿云,蒋艳芳,等.30例冬季项目运动员前交叉韧带损伤的临床表现特点[J].中国运动医学杂志, 2020, 39(10):760-763.
- [36] 黄楷,白伦浩,毕擎,等.竞技体育运动员前交叉韧带损伤后重返运动的手术与康复治疗专家共识(2025版)[J].中华创伤杂志, 2025, 41(4):325-338.
- [37] 张晓敏.前交叉韧带损伤与MRI测量股骨髌间窝宽度及髌间窝宽度指数的相关性分析[J].影像研究与医学应用, 2021, 5(16):59-60.

(本文编辑:赵丽洁)