

膝关节旋转与髌骨不稳

郭宗磊¹, 王业华², 刘广奎¹<https://doi.org/10.12307/2023.281>

投稿日期: 2022-04-05

采用日期: 2022-05-13

修回日期: 2022-06-01

在线日期: 2022-07-02

中图分类号:

R459.9; R319; R684

文章编号:

2095-4344(2023)13-02099-05

文献标识码: B

文章快速阅读: 髌骨不稳与膝关节旋转之间解剖参数的相关性



文题释义:

髌骨不稳: 是膝关节的常见疾病, 常见于儿童与青少年, 女性多见。影响髌骨不稳的因素很多, 包括髌骨形状、髌骨倾斜、股骨滑车发育不良、胫骨结节-滑车沟距离过大。

膝关节旋转角度: 股骨髁后缘连接线和在胫骨结节水平胫骨后缘连线之间的角度。

摘要

背景: 髌骨不稳与胫骨、股骨以及软组织的一系列解剖形态异常有关, 髌骨不稳与膝关节旋转之间的关系尚未得到充分研究。

目的: 分析膝关节旋转角度对髌骨不稳的影响因素及两者之间的相关性。

方法: 纳入2018年9月至2021年11月徐州医科大学附属医院收治的膝关节骨性关节炎患者96例, 收集患者膝关节三维CT与髌骨(merchant位)X射线片影像资料, 通过测量胫骨近端旋转角度、股骨远端旋转角度、膝关节旋转角度、髌骨倾斜角度及髌骨外移距离等影像学参数, 分析膝关节旋转与髌骨不稳之间的相关性。

结果与结论: ①Pearson相关性分析显示, 膝关节旋转角度与髌骨倾斜角度($R=0.440, P < 0.001$)、髌骨外侧移位距离($R=0.453, P < 0.001$)中等相关, 随着膝关节外旋转角度的增加, 髌骨倾斜角度与髌骨外侧移位距离均增加; 胫骨近端旋转角度与髌骨倾斜角度($R=0.578, P < 0.001$)和髌骨外侧移位距离($R=0.654, P < 0.001$)呈现强相关, 胫骨近端外旋转角度的增加, 髌骨倾斜角度和髌骨外侧移位距离随之增加; 股骨远端旋转与髌骨倾斜角度、髌骨外侧移位距离无相关性; ②结果显示, 在影像学表现中, 髌骨外侧移位距离相比髌骨倾斜角度受膝关节旋转角度的影响小, 胫骨近端旋转角度与膝关节旋转角度强相关, 膝关节旋转的改变主要是受胫骨近端旋转影响, 而股骨远端旋转与膝关节旋转无相关性。

关键词: 膝关节骨性关节炎; 膝关节旋转; 胫骨近端旋转; 股骨远端旋转; 髌骨不稳; 髌骨倾斜角度

Knee rotation and patellar instability

Guo Zonglei¹, Wang Yehua², Liu Guangluan¹

¹Xuzhou Medical University, Xuzhou 221000, Jiangsu Province, China; ²Department of Orthopedics, Affiliated Hospital of Xuzhou Medical University, Xuzhou 221000, Jiangsu Province, China

Guo Zonglei, Master candidate, Physician, Xuzhou Medical University, Xuzhou 221000, Jiangsu Province, China

Corresponding author: Wang Yehua, Chief physician, Department of Orthopedics, Affiliated Hospital of Xuzhou Medical University, Xuzhou 221000, Jiangsu Province, China

Abstract

BACKGROUND: Patellar instability is associated with a series of anatomical abnormalities of tibia, femur and soft tissue. The relationship between patellar instability and knee rotation is not well established.

OBJECTIVE: To analyze the influential factors of knee rotation on patellar instability and the correlation between them.

METHODS: A total of 96 patients with knee osteoarthritis admitted to the Affiliated Hospital of Xuzhou Medical University from September 2018 to November 2021 were included. The image data of knee joint three-dimensional CT and patella (merchant position) X-ray film were collected. The correlation between knee rotation and patellar instability was analyzed by measuring the imaging parameters such as proximal tibia rotation, distal femur rotation, knee rotation, patellar tilt angle, and lateral patellar displacement distance.

¹徐州医科大学, 江苏省徐州市 221000; ²徐州医科大学附属医院骨科, 江苏省徐州市 221000

第一作者: 郭宗磊, 男, 1996年生, 山东省济宁市人, 汉族, 徐州医科大学在读硕士, 医师, 主要从事骨外科学研究。

通讯作者: 王业华, 主任医师, 徐州医科大学附属医院骨科, 江苏省徐州市 221000

<https://orcid.org/0000-0003-4984-4610> (郭宗磊)

引用本文: 郭宗磊, 王业华, 刘广奎. 膝关节旋转与髌骨不稳 [J]. 中国组织工程研究, 2023, 27(13):2099-2103.



RESULTS AND CONCLUSION: (1) Pearson's correlation analysis showed that knee rotation was moderately correlated with patellar tilt angle ($R=0.440, P < 0.001$) and lateral patellar displacement distance ($R=0.453, P < 0.001$). With the increase of knee external rotation, both patellar tilt angle and lateral patellar displacement distance increased. Proximal tibial rotation was strongly correlated with patellar tilt angle ($R=0.578, P < 0.001$) and lateral patellar displacement distance ($R=0.654, P < 0.001$). With the increased external rotation of proximal tibia, the patellar tilt angle and lateral patellar displacement distance increased. There was no correlation of distal femoral rotation with patellar tilt angle and lateral patellar displacement distance. (2) These findings indicate that in imaging findings, the lateral patellar displacement distance is less affected by knee rotation than the patellar tilt angle. The proximal tibial rotation was strongly correlated with knee rotation. The rotation of the knee joint was mainly affected by the proximal tibial rotation, while the distal femur rotation was not correlated with the rotation of the knee joint.

Key words: knee osteoarthritis; knee rotation; proximal tibia rotation; distal femur rotation; patellar instability; patellar tilt angle

How to cite this article: GUO ZL, WANG YH, LIU GL. Knee rotation and patellar instability. *Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu*. 2023;27(13):2099-2103.

0 引言 Introduction

髌骨不稳是造成髌骨软化、髌股关节炎的重要原因^[1]。髌骨的稳定性依赖于髌骨、胫骨和股骨之间的骨性结构，膝关节周围软组织的完整性以及周围肌肉之间的相互作用^[2]。常见造成髌骨不稳的主要因素有4个：股骨远端滑车形态异常、高位髌骨、胫骨结节外侧移位及髌骨内侧软组织稳定性不足^[3-4]。除了上述原因以外，最近对髌骨不稳的研究主要集中在胫骨、股骨骨性结构扭转对其的影响^[5-10]。

ABADIE 等^[11]的研究中系统地阐述了股骨内扭转增加时会导致髌骨半脱位，造成髌骨不稳。但现有的研究将整个股骨内扭转分为3个部分，认为股骨整体扭转角度是由颈扭转和轴扭转引起的，股骨远端对髌骨稳定性的影响不大。而对于胫骨的研究也将整个胫骨外扭转分为了3个部分，胫骨近端约占整个胫骨外部扭转的1/3，以胫骨结节为解剖标志划分的胫骨近端在整个胫骨外旋中起到了明显的作用^[12]，并且髌韧带直接附着于胫骨结节处，胫骨近端尤其是胫骨结节以上的胫骨部分，对髌骨稳定性的影响程度相较于股骨远端可能会更大。

胫骨近端和股骨远端骨性结构的旋转以及两者之间的相对旋转与髌骨稳定性的关系，国内鲜有报道。此次研究的目的是将髌骨不稳和膝关节轴位联系起来，分析膝关节旋转对髌骨倾斜和位移的影响，假设随着股骨远端内旋转或胫骨近端外旋转增加，髌骨外侧移位距离和髌骨倾斜角度增加。

1 对象和方法 Subjects and methods

1.1 设计 回顾性病例研究，进行 Pearson 相关系数分析。

1.2 时间及地点 试验于2020年11月至2022年1月在徐州医科大学附属医院完成。

1.3 对象 选择2018年9月至2021年11月因膝关节疼痛就诊于徐州医科大学附属医院骨科的原发性膝关节骨性关节炎患者，按纳入标准和排除标准筛选后，共纳入96例患者。患者对试验知情同意。研究获徐州医科大学附属医院伦理委员会批准。

纳入标准：原发性膝关节骨性关节炎患者；膝关节关节炎 Kellgren-Lawrence II、III级者；膝关节内翻畸形 $\leq 10^\circ$ 者；髌股软骨关节面无明显磨损、髌股关节间隙存在者。

排除标准：髌骨 Wiberg 分型 III、IV 型者；胫骨平台骨缺损者；股骨滑车发育不良者；膝关节明显伸直受限者；双下肢有骨折者。

1.4 方法

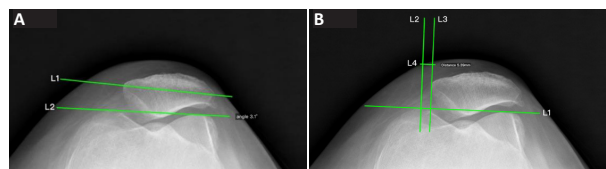
1.4.1 一般资料 收集记录患者的一般资料包括年龄、性别、体质量指数。

1.4.2 影像学资料 入院后，所有患者拍摄膝关节三维 CT、髌骨轴位 (merchant 位) X 射线片，记录患者膝关节相关解剖学参数测量结果：股骨远端旋转角度、胫骨近端旋转角度、膝关节旋转角度、髌骨倾斜角度和髌骨外侧移位距离。

1.4.3 图像分析和测量 由2名经验丰富的肌肉骨骼放射科医师使用 PACS 程序分别将断层层面叠加而成。所有旋转参数均在2个 CT 层面叠加后测量。用来评价髌骨稳定性的影像学标准与已发表的研究中通常使用的标准相同：髌骨外侧移位距离与髌骨倾斜角度^[13]。

髌骨倾斜角度：为股骨内、外髌最高点连线与髌骨切位的最大横径延长线形成的夹角，见图 1A。

髌骨外侧移位：为经股骨内髌最高点做股骨内、外髌最高点连线的垂线与髌骨内缘的距离，记为髌骨外移距离，见图 1B。



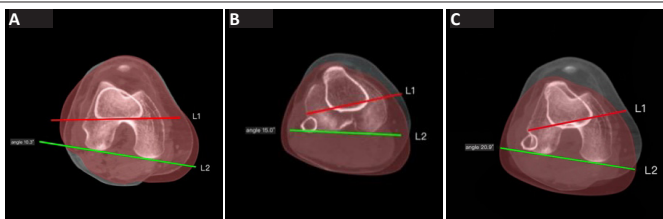
图注：A 为髌骨倾斜角度的测量，L1 为髌骨切位位的最大横径，L2 为股骨内、外髌最高点连线，L1、L2 延长线形成的夹角记为髌骨倾斜角度；B 为髌骨外侧移位距离的测量，L1 为股骨内、外髌最高点连线，L2 为股骨内髌在股骨内、外髌连线的垂线，L3 为髌骨内侧缘在股骨内、外髌连线的垂线，L4 为 L2、L3 之间的垂直距离，即为髌骨外侧移位距离

Figure 1 | Measurement of related parameters of patella on axial radiographs

股骨远端旋转角度：为在股骨骨干与干骺端远端连接处的后皮质线和连接双髌后缘的线之间的角度，第1层面在骨干干骺端远端连接处，第2层面在股骨远端，股骨远端旋转是在股骨骨干 - 干骺端远端交界水平的后皮质线和连接两髌后缘的线之间测量的，见图 2A。

胫骨近端旋转角度：是后交叉韧带止点处连接胫骨平台后缘的线和在胫骨结节水平胫骨后缘连线之间的角度，第1层在胫骨近端后交叉韧带止点处，第2层在胫骨结节水平，见图 2B。

膝关节旋转角度：股骨髌后缘连接线和在胫骨结节水平胫骨后缘连线之间的角度，通过2个切面的叠加来测量，见图 2C。



图注：A 为股骨远端旋转角度测量，L1 为股骨骨干与干骺端远端连接处的后皮质线，L2 为股骨髁后缘的连线，L1、L2 延长线之间形成的夹角即为股骨远端旋转角；B 为胫骨近端旋转角度的测量，L1 为在胫骨结节水平胫骨后缘连线，L2 为后交叉韧带止点处连接胫骨平台后缘的线，L1、L2 延长线的夹角即为胫骨近端旋转角度；C 为膝关节旋转角度的测量，L1 为在胫骨结节水平胫骨后缘连线，L2 为股骨髁后缘的连线，L1、L2 延长线的夹角即为膝关节旋转角度

图 2 | 膝关节三维中膝关节旋转相关参数测量

Figure 2 | Measurement of knee joint rotation parameters in three-dimensional knee joint

1.5 主要观察指标 96 例患者的胫骨近端旋转角度、股骨远端旋转角度、膝关节旋转角度、髌骨倾斜角度及髌骨外移距离等影像学参数。

1.6 统计学分析 采用 SPSS 26.0 统计软件进行统计学分析。计量资料用 $\bar{x} \pm s$ 表示，计数资料采用例数表示。使用 Shapiro-Wilk 检验判断连续型数据是否服从正态分布。以膝关节旋转、股骨远端旋转以及胫骨近端旋转为自变量，髌骨倾斜角以及髌骨外移距离为因变量进行线性回归分析。计算 Pearson 相关系数，确定膝关节旋转、股骨远端旋转、胫骨近端旋转、髌骨外移距离和髌骨倾斜角之间的相关性。 $P < 0.05$ 认为差异有显著性意义。该文统计学方法已经徐州医科大学生物统计学专家审核。

2 结果 Results

2.1 患者一般资料 96 例患者中，男 37 例，女 59 例；左膝 46 例，右膝 50 例；年龄 59-75 岁，平均 (65.20 ± 5.90) 岁；平均体质指数 (27.4 ± 4.7) kg/m^2 。

2.2 膝关节骨关节炎患者不同参数与髌骨倾斜角度的相关分析 96 例患者的胫骨近端旋转角度、股骨远端旋转角度、膝关节旋转角度与髌骨倾斜角的 Pearson 相关性分析，见表 1。

表 1 | 膝关节骨关节炎患者髌骨不稳与相关影像学参数的相关系数
Table 1 | Correlation coefficient between patellar instability and related imaging parameters in patients with knee osteoarthritis

参数	膝关节旋转角度		胫骨近端旋转角度		股骨远端旋转角度	
	R 值	P 值	R 值	P 值	R 值	P 值
髌骨外移距离	0.453	< 0.001	0.654	< 0.001	-0.069	0.506
髌骨倾斜角度	0.440	< 0.001	0.578	< 0.001	-0.021	0.841

结果显示，胫骨近端旋转角度、膝关节旋转角度与髌骨倾斜角度呈正相关，胫骨近端旋转角度与膝关节旋转角度增大均增加髌骨倾斜角度。胫骨近端旋转角度与髌骨倾斜角度的相关性系数 ($R=0.578$) 大于膝关节旋转角度与髌骨倾斜角

度的相关性系数 ($R=0.440$)。股骨远端旋转角度与髌骨倾斜角度无明显相关性 ($P=0.841$)。胫骨近端旋转角度、股骨远端旋转角度、膝关节旋转角度与髌骨倾斜角的散点图，见图 3。

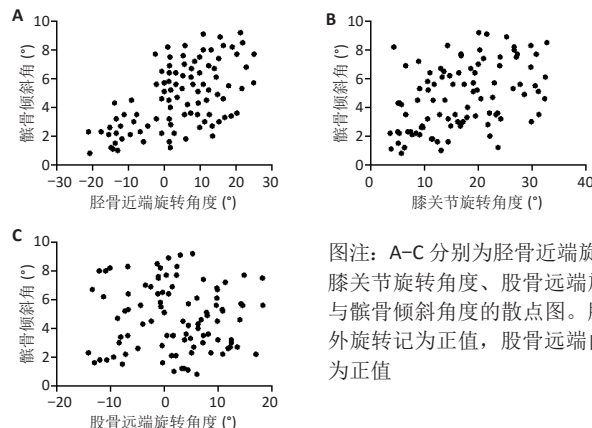


图 3 | 膝关节骨性关节炎患者髌骨倾斜角度与不同参数之间的散点图
Figure 3 | Scatter diagram between patellar tilt angle and different parameters in patients with knee osteoarthritis

2.3 膝关节骨关节炎患者不同参数与髌骨外侧移位的相关分析 96 例患者胫骨近端旋转角度、股骨远端旋转角度、膝关节旋转角度与髌骨外侧移位的 Pearson 相关性分析，见表 1。结果显示，胫骨近端旋转角度、膝关节旋转角度与髌骨外侧移位距离呈正相关，胫骨近端旋转角度与膝关节旋转角度增大均增加髌骨外侧移位距离。胫骨近端旋转角度与髌骨外侧移位距离的相关性系数 ($R=0.654$) 大于膝关节旋转角度与髌骨外侧移位距离的相关性系数 ($R=0.453$)。股骨远端旋转角度与髌骨外侧移位距离无明显相关性 ($P=0.506$)。胫骨近端旋转角度、股骨远端旋转角度、膝关节旋转角度与髌骨外侧移位距离的散点图，见图 4。

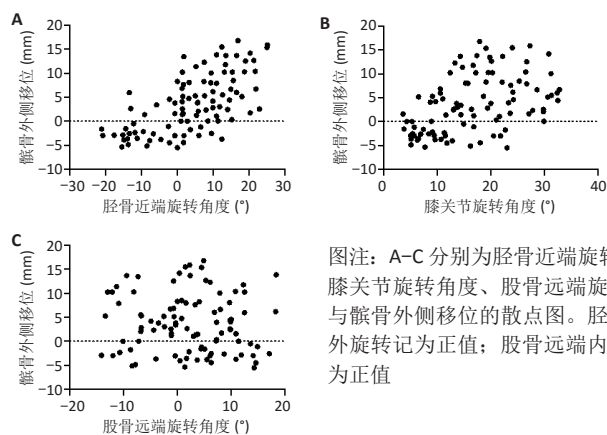


图 4 | 膝关节骨性关节炎患者髌骨外侧移位与不同参数之间的散点图
Figure 4 | Scatter plot between lateral patellar displacement and different parameters in patients with knee osteoarthritis

2.4 胫骨近端、股骨远端旋转角度与膝关节旋转角度的组间相关分析 当观察组间关系时发现，胫骨近端旋转角度与膝关节旋转角度显著相关 ($R=0.623$, $P < 0.01$)，股骨远端旋转校对与膝关节旋转角度无相关性 ($P=0.192$)。

3 讨论 Discussion

此次研究最重要的发现是, 胫骨近端外旋转角度增大导致髌骨外侧移位距离增加及髌骨倾斜角度增大, 膝关节旋转相较于胫骨近端外旋转对髌骨不稳的影响较小。

目前研究发现下肢的旋转对髌骨力学起着重要影响, 旋转异常可造成髌股关节对位异常、髌骨支持带的紧张, 导致髌股关节接触面积和压力的改变, 引起髌骨不稳定甚至造成膝前痛的发生。学者在尸体生物力学研究中发现, 胫骨近端旋转和髌骨稳定性之间存在密切关系。在髌骨不稳定的情况下, 胫骨近端内旋转明显增加了错位阈值, 减少了髌骨的外侧位移和倾斜度^[13]。并且, 早期研究将胫骨近端旋转对髌骨造成的影响主要集中在对髌骨内外侧面压力的改变上, 髌股关节的应力分布受胫骨近端旋转的影响, 过度的胫骨内旋或外旋会致内、外侧髌股关节面过度负荷, 导致髌股关节软骨和软骨下组织发生一系列的损伤, 加速髌股关节的退变^[9, 14-15]。LEE等^[16]通过实验验证了胫骨旋转对髌骨的影响, 在胫骨外旋转15°时(超出中点)固定胫骨, 会导致膝关节在所有屈曲角度平均和峰值髌骨接触压力显著增加; 同时, 增加的压力被选择性地定位在外侧髌骨关节面, 内旋固定胫骨对髌骨接触区域或压力的影响很小。

此次研究测量结果表明, 随着胫骨近端外旋转角度的增加, 髌骨的外侧移位距离及髌骨倾斜角度随之增加, 这与之前相关作者认为胫骨近端旋转所致髌骨外侧面上的压力和接触面积增加的研究结果相一致^[14-15]。

膝关节旋转也可能是导致髌骨不稳的相关因素。增加的髌骨倾斜度和髌骨外侧移位可能和膝关节旋转相关^[17]。在评估胫骨近端与股骨远端相对位置对髌骨的影响中, 胫骨结节-股骨滑车沟距离作为一个影响髌骨不稳的因素已经得到很多作者印证, 随着胫骨结节-股骨滑车沟距离的增加, 髌骨外侧移位距离和髌骨倾斜角度随之增加^[18-19]。近期, 在一项对膝关节不同屈曲状态时胫骨近端旋转和股骨远端旋转相对位置的研究中, 研究者根据膝关节screw-home机制, 通过对比胫骨近端与股骨远端的相对位置, 得出膝关节完全伸展时比膝关节屈曲15°时有更大的外旋角度, 胫骨结节-股骨滑车沟距离在膝关节伸展时应高于膝关节屈曲15°时^[20]。MARQUEZ-LARA等^[21]研究在不同的膝关节位置测量胫骨结节-股骨滑车沟距离, 在膝关节完全伸展时平均达到17.3 mm, 在膝关节屈曲15°时平均为11.4 mm。随着膝关节外旋转角度的增大, 胫骨结节-股骨滑车沟距离也会随之增加, 而膝关节旋转造成的胫骨结节-股骨滑车沟距离增加可能通过髌骨不稳的形式表现出来。最近一项对41例儿童患者的研究发现, 与年龄和性别匹配的对照组相比, 髌骨不稳定患者的膝关节旋转(膝关节水平上胫骨相对于股骨的相对外旋转)明显更高, 髌骨不稳患者的膝关节外旋转平均比对照组多7.7°^[22]。研究推测膝关节外旋转可能造成髌骨不稳定, 因为胫骨近端外旋转导致胫骨结节的外侧化、外侧倾斜增加、内侧软组织减弱和力向量改变, 上述因素均可导致髌骨稳定

性下降。

之前的研究认为过度的股骨内扭转是髌骨不稳的一个危险因素。股骨内部扭转超过15°-25°被认为是股骨旋转截骨术的指征^[23]。但是现有的研究将整个股骨扭转分为3个部分, 通过股骨MRI扫描股骨4条参考线测量不同水平的股骨扭转, 以确定不同水平对股骨总扭转的贡献, 发现各扭转水平(颈扭转、轴扭转、远端扭转)在高扭转组、低扭转组和对照组之间均有显著性差异。虽然不同水平的股骨扭转均导致高扭转组扭转过度、低扭转组扭转不足, 但是当在任何一个组中比较这3个水平的股骨扭转时, 发现颈部扭转和轴扭转与整体的股骨扭转之间存在很强的相关性。这项研究结果表明, 股骨整体的扭转主要归因于不同程度的股骨颈扭转, 而股骨远端对股骨整体的扭转影响较小。该实验测量的节段与此次研究选择的测量节段一致^[24]。

有学者认为足部位置可能会影响膝关节的旋转测量。此次研究影像学参数为膝关节完全伸展时所测量, 根据螺钉机械原理, 完全伸展时膝关节是不能主动进行旋转^[25], 因此, 如果在膝关节完全伸展的情况下, 脚主动地向内或向外旋转, 只会影响髌关节的旋转, 而不是膝关节的旋转。此外, 只有膝关节屈曲20°及以上, 胫股关节处于解锁状态, 才可能会发生膝关节旋转, 从而改变髌骨位置。此次研究中所有的三维CT都是在膝关节完全伸直的情况下进行的, 此时的足部位置不会影响膝关节旋转。

目前对于髌骨不稳患者的处理主要集中在膝关节软组织平衡(如: 内侧支持带紧缩术和外侧支持带松解术^[26-27])以及通过内移胫骨结节来改变膝关节力线, 纠正因Q角增大导致髌骨外侧不稳定的胫骨结节内移术。此次研究结果提示, 胫骨近端外旋转角度的增加也可能是导致髌骨不稳的因素之一, 因此, 对于将行膝关节置换并且合并髌骨不稳的患者, 应当考虑胫骨近端旋转对髌骨带来的影响。PAULOS等^[28]通过对比胫骨近端去旋转截骨术和胫骨结节移位术对髌骨不稳患者的术后疗效发现, 接受胫骨近端去旋转截骨术患者的所有临床功能评分均较术前明显改善, 并优于接受胫骨结节移位术的患者。PAULOS的这项研究提示, 对将行膝关节置换并且合并髌骨不稳的患者, 行胫骨近端去旋转截骨术可能是改善髌骨不稳定的一种方式。

研究的主要局限性是它的静态特性, 当股四头肌收缩和膝关节屈曲角度发生改变时, 髌骨倾斜和外侧移位的动态评估结果可能会有所不同。

结论: 这项研究的结果增加了膝关节旋转对髌骨位置影响的认知。膝关节旋转改变了髌骨影像学的测量值, 胫骨近端旋转增加了髌骨不稳。因此, 在膝关节骨性关节炎髌骨不稳的病例中, 可能还应考虑相关的旋转异常, 以便更好地理解其三维病理, 并可能予以纠正。

作者贡献: 郭宗磊进行试验设计, 试验实施为郭宗磊、刘广奎, 试验评估为郭宗磊, 王业华, 资料收集为郭宗磊, 郭宗磊成文, 王业华审核。

利益冲突: 文章的全部作者声明, 在课题研究和文章撰写过程中不存在利益冲突。

开放获取声明: 这是一篇开放获取文章, 根据《知识共享许可协议》“署名-非商业性使用-相同方式共享 4.0”条款, 在合理引用的情况下, 允许他人以非商业性目的基于原文内容编辑、调整和扩展, 同时允许任何用户阅读、下载、拷贝、传递、打印、检索、超级链接该文献, 并为之建立索引, 用作软件的输入数据或其它任何合法用途。

版权转让: 文章出版前全体作者与编辑部签署了文章版权转让协议。

出版规范: 该研究遵守《观察性临床研究报告指南》(STROBE 指南)。文章出版前已经过专业反剽窃文献检测系统进行 3 次查重。文章经小同行外审专家双盲外审, 同行评议认为文章符合期刊发稿宗旨。

4 参考文献 References

- [1] KOH JL, STEWART C. Patellar instability. *Orthop Clin North Am.* 2015; 46(1):147-157.
- [2] KURODA R, NAGAI K, MATSUSHITA T, et al. A new quantitative radiographic measurement of patella for patellar instability using the lateral plain radiograph: 'patellar width ratio'. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2017;25(1):123-128.
- [3] ASKENBERGER M, JANARV PM, FINNBOGASON T, et al. Morphology and anatomic patellar instability risk factors in first time traumatic lateral patellar dislocations. A prospective magnetic resonance imaging study in skeletally immature children. *Am J Sports Med.* 2017;45(1):50-58.
- [4] BARZAN M, MAINE S, MODENESE L, et al. Patellofemoral joint alignment is a major risk factor for recurrent patellar dislocation in children and adolescents: a systematic review. *JISAKOS.* 2018;3(5):287-297.
- [5] DAI Y, LI H, LI F, et al. Association of Femoral Trochlear Dysplasia and Tibiofemoral Joint Morphology in Adolescent. *Med Sci Monit.* 2019; 25:1780-1787.
- [6] GILLESPIE D, MANDZIAK D, HOWIE C. Influence of posterior lateral femoral condyle geometry on patellar dislocation. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2015;135(11):1503-1509.
- [7] LIU X, JI G, WANG X, et al. CT-based morphological analysis of the posterior femoral condyle in patients with trochlear dysplasia. *Knee.* 2017;24(2):231-236.
- [8] TANAKA MJ, D'AMORE T, ELIAS JJ, et al. Anteroposterior distance between the tibial tuberosity and trochlear groove in patients with patellar instability. *Knee.* 2019;26(6):1278-1285.
- [9] SNOW M. Tibial Torsion and Patellofemoral Pain and Instability in the Adult Population: Current Concept Review. *Curr Rev Musculoskelet Med.* 2021;14(1):67-75.
- [10] NOONAN B, COOPER T, CHAU M, et al. Rotational Deformity-When and How to Address Femoral Anteversion and Tibial Torsion. *Clin Sports Med.* 2022;41(1):27-46.
- [11] ABADIE P, GALAUD B, MICHAUT M, et al. Distal femur rotational alignment and patellar subluxation: a CT scan in vivo assessment. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2009;95(4):267-271.
- [12] LIN YF, JAN MH, LIN DH, et al. Different effects of femoral and tibial rotation on the different measurements of patella tilting: An axial computed tomography study. *J Orthop Surg Res.* 2008;3:5.
- [13] CHASSAING V, VENDEUVRE T, BLIN JL, et al. How tibial tubercle torsion impacts patellar stability: A biomechanics study. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2020;106(3):495-501.
- [14] 张权, 黄煌渊, 陈世益. 胫骨扭转畸形与髌骨不稳 [J]. *中华骨科杂志*, 1999,19(4):218.
- [15] FOUILLERON N, MARCHETTI E, AUTISSIER G, et al. Proximal tibial derotation osteotomy for torsional tibial deformities generating patellofemoral disorders. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2010;96(7):785-792.
- [16] LEE TQ, MORRIS G, CSINTALAN RP. The influence of tibial and femoral rotation on patellofemoral contact area and pressure. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2003;33(11):686-693.
- [17] KAISER P, LOTH F, ATTAL R, et al. Static patella tilt and axial engagement in knee extension are mainly influenced by knee torsion, the tibial tubercle-trochlear groove distance (TTTG), and trochlear dysplasia but not by femoral or tibial torsion. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2020;28(3):952-959.
- [18] WHITE AE, OTLANS PT, HORAN DP, et al. Radiologic Measurements in the Assessment of Patellar Instability: A Systematic Review and Meta-analysis. *Orthop J Sports Med.* 2021;9(5):2325967121993179.
- [19] BOUTRIS N, DELGADO DA, LABIS JS, et al. Current evidence advocates use of a new pathologic tibial tubercle-posterior cruciate ligament distance threshold in patients with patellar instability. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2018;26(9):2733-2742.
- [20] BARAHONA M, GUZMÁN M, BARRIENTOS C, et al. Collaborating Authors. The Distance between Tibial Tubercle and Trochlear Groove Correlates with Knee Articular Torsion. *J Knee Surg.* 2021;34(9): 918-923.
- [21] MARQUEZ-LARA A, ANDERSEN J, LENCHIK L, et al. Variability in patellofemoral-alignment measurements on MRI: influence of knee position. *AJR Am J Roentgenol.* 2017;208(5):1097-1102.
- [22] KAISER P, SCHMOELZ W, SCHÖTTLE PB, et al. Isolated medial patellofemoral ligament reconstruction for patella instability is insufficient for higher degrees of internal femoral torsion. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2019;27(3):758-765.
- [23] SCHRÖTER S, NAKAYAMA H, IHLE C, et al. Torsional Osteotomy. *J Knee Surg.* 2020;33(5):486-495.
- [24] FRITZ B, BENSLEER S, LEUNIG M, et al. MRI Assessment of Supra- and Infratrochanteric Femoral Torsion: Association With Femoroacetabular Impingement and Hip Dysplasia. *AJR Am J Roentgenol.* 2018;211(1): 155-161.
- [25] KIM HY, KIM KJ, YANG DS, et al. Screw-Home Movement of the Tibiofemoral Joint during Normal Gait: Three-Dimensional Analysis. *Clin Orthop Surg.* 2015;7(3):303-309.
- [26] SCHORN D, YANG-STRATHOFF 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. *BMC Musculoskelet Disord.* 2017;18(1):277.
- [27] CIVAN O, SANCMIS M, TOPCUOGLU N, et al. Long-term results of arthroscopic medial reefing for patellar instability. *Knee.* 2020;27(4): 1182-1189.
- [28] PAULO S, SWANSON SC, STODDARD GJ, et al. Surgical correction of limb malalignment for instability of the patella: a comparison of 2 techniques. *Am J Sports Med.* 2009;37(7):1288-1300.

(责任编辑: GW, ZN, ZH)