

膝骨关节炎影像学分级同胫股及髌股关节轴线角相关性分析

于潇, 马勇, 郭杨, 王凌, 龚震, 黄利佳

(南京中医药大学附属医院骨伤科, 江苏 南京 210000)

【摘要】 目的:探讨膝骨关节炎影像学分级与胫股及髌股关节轴线角的相关性。方法:回顾性分析 2018 年 9 月至 2020 年 12 月行立位双下肢 X 线及膝关节侧位片检查的中老年 KOA 患者 739 例(1 026 膝)。其中 K-L 0 级患者 63 例(95 膝);K-L 1 级 100 例患者(130 膝);K-L 2 级 161 例患者(226 膝);K-L 3 级 187 例患者(256 膝);K-L 4 级 228 例患者(319 膝)。依据膝关节中心和髌关节中心与踝关节中心连线的相对位置将患膝分为内翻组 844 膝及外翻组 182 膝。根据 Install-Salvati 法将患膝重新分为高位髌骨(髌骨高度 >1.2 mm)347 膝、中位髌骨(髌骨高度 0.8~1.2 mm)561 例、低位髌骨(髌骨高度 <0.8 mm)118 膝 3 组。测量并比较各组股骨下角,胫骨上角,股骨颈干角,股骨胫骨角,关节间隙角,髌-膝-踝角,髌骨股骨角及髌骨高度。结果:(1)在内翻型 KOA 组中,不同 K-L 分级患者的髌-膝-踝角、胫骨角、股骨下角、胫骨上角、关节间隙角、股骨颈干角比较,差异有统计学意义($P<0.05$)。髌-膝-踝角、胫骨角、股骨下角、胫骨上角、关节间隙角与 K-L 分级在 0.01 水平具有显著正相关性($P<0.05$);股骨颈干角与 K-L 分级在 0.01 水平具有显著负相关性($P<0.05$)。(2)在外翻型 KOA 组中,不同 K-L 分级患者的髌-膝-踝角、胫骨角、股骨下角、胫骨上角、关节间隙角、股骨颈干角组间比较,差异有统计学意义($P<0.05$)。髌-膝-踝角、胫骨角、股骨下角、胫骨上角、股骨颈干角与 K-L 分级在 0.01 水平具有显著负相关性($P<0.05$);关节间隙角与 K-L 分级在 0.01 水平具有显著正相关性($P<0.05$)。(3)高位髌骨组中不同 K-L 分级的髌骨高度、髌骨股骨角组间比较,差异有统计学意义($P<0.05$);中位髌骨组中不同 K-L 分级的髌骨高度、髌骨股骨角比较,差异无统计学意义($P>0.05$);低位髌骨组中不同 K-L 分级的髌骨高度比较,差异无统计学意义($P>0.05$),髌骨股骨角比较,差异有统计学意义($P<0.05$)。高位髌骨组髌骨高度及髌骨股骨角与 K-L 分级在 0.01 水平具有显著正相关性($P<0.05$);中位髌骨组中髌骨高度及髌骨股骨角与 K-L 分级不具有相关性($P>0.05$)。低位髌骨组髌骨高度与 K-L 分级不具有相关性($P>0.05$),髌骨股骨角与 K-L 分级在 0.05 水平具有显著负相关性($P<0.05$)。结论:股骨下角、胫骨角、关节间隙角、髌-膝-踝角、股骨颈干角及高位髌骨与内翻型 KOA 的 K-L 分级相关,可将其用于 KOA 的早期诊断以及为 KOA 保守治疗疗效分析提供客观数据。

【关键词】 膝骨关节炎; 胫股关节; 髌股关节; 轴线角; 双下肢全长片

中图分类号:R684.3

DOI:10.12200/j.issn.1003-0034.2023.04.013

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Correlation analysis between imaging classification of varus knee osteoarthritis and axis angle of tibiofemoral and patellofemoral joints

YU Xiao, MA Yong, GUO Yang, WANG Ling, GONG Zhen, HUANG Li-jia (Department of Traumatology & Orthopedics, Affiliated Hospital of Nanjing University of Chinese Medicine, Nanjing 210000, Jiangsu, China)

ABSTRACT Objective To explore correlation between imaging classification of knee osteoarthritis (KOA) and axis angle of tibiofemoral and patellofemoral joints. **Methods** A retrospective analysis of 739 middle-aged and elderly patients with KOA (1 026 knee joints) who underwent vertical X-ray examination of both lower limbs and lateral knee joints from September 2018 to December 2020. Among them, 63 patients with K-L 0 grade (95 knee joints), 100 patients with K-L 1 grade (130 knee joints), 161 patients with K-L 2 grade (226 knee joints), 187 patients with K-L 3 grade (256 knee joints), and 228 patients of K-L 4 grade (319 knee joints). According to relative position of knee joint center and line between hip joint center and ankle joint center, the affected knee was divided into varus group (844 knees joints) and valgus group (182 knees joints). According to Install-Salvati method, the affected knee was divided into three groups, such as high patella (patella height >1.2 mm, 347 knees joints), median patella (patella height ranged from 0.8 to 1.2 mm, 561 knees joints), and low patella (patella height <0.8 mm, 118 knees joints). Lower femur angle, upper tibia angle, femoral neck shaft angle, femoral tibial angle, joint gap angle, hip-knee-ankle angle, patella-femoral angle and patella height among different groups were observed and compared. **Re-**

通讯作者:郭杨 E-mail:drguoyang@126.com

Corresponding author:GUO Yang E-mail:drguoyang@126.com

results (1) In varus KOA group, there were statistical differences in hip-knee-ankle angle, tibiofemoral angle, lower femoral angle, upper tibial angle, joint space angle, and femoral neck shaft angle of patients with different K-L grades ($P<0.05$). Hip-knee-ankle angle, tibiofemoral angle, lower femoral angle, upper tibial angle, joint space angle and K-L grade were significantly positively correlated at 0.01 ($P<0.05$); femoral neck shaft angle and K-L grade showed negative correlation at 0.01 ($P<0.05$). (2) In valgus KOA group, hip-knee-ankle angle, there were statistical differences in tibiofemoral angle, inferior femoral angle, superior tibial angle, joint space angle, and femoral neck shaft angle of patients with different K-L grades ($P<0.05$). Hip-knee-ankle angle, tibiofemoral angle, lower femoral angle, upper tibial angle, and femoral neck shaft angle showed negative correlation with K-L grades at level of 0.01 ($P<0.05$); joint gap angle and K-L grades showed significantly positive correlation at level of 0.01 ($P<0.05$). (3) In high patella group, there were statistically differences in patellar height and patellar femoral angle of different K-L grades ($P<0.05$); there were no statistical difference in patella height and patellar femoral angle of different K-L grades in median patella group. There was no significant difference in patella height in low patella group with different K-L grades ($P>0.05$), and there was statistical difference in patellofemoral angle ($P<0.05$). Patellar height and patella-femoral angle of high patella group were significantly positively correlated with K-L grades at the level of 0.01 ($P<0.05$); patella height and patella-femoral angle were not correlated with K-L grades in median patella group ($P>0.05$). There was no correlation between height of patella and K-L grade in low patella group ($P>0.05$). There was significant negative correlation between patella-femoral angle and K-L grade at level of 0.05 ($P<0.05$). **Conclusion** Inferior femoral angle, tibiofemoral angle, joint gap angle, hip-knee-ankle angle, femoral neck shaft angle and high patella are related to K-L classification of varus KOA, which could be used for early diagnosis and provide objective data for efficacy analysis of conservative treatment.

KEYWORDS Knee osteoarthritis; Tibiofemoral joint; Patellofemoral joint; Axis angle; Full-limb radiographs

膝骨关节炎(knee osteoarthritis, KOA)是一种以膝关节疼痛、肿胀和功能障碍为主要特点的退行性骨关节病。流行病学研究显示近年我国 KOA 总体发病率为 22.1%, 其中男性患者所占比例略低为 9.4%, 女性患者占 12.8%, 女性、高龄、高体重及过早绝经是膝骨关节炎的危险因素^[1]。因此, 随着我国社会人口老龄化, KOA 的发病率将显著上升, 严重影响患者生活质量。目前认为膝关节生物力学异常是造成 KOA 发生发展的重要因素, 主要包括: 下肢负荷异常、下肢肌力异常、下肢对线异常等。而胫股及髌股关节轴线角可以很好地反应下肢对线情况。因此, 对膝骨关节炎影像学分级与胫股及髌股关节轴线角之间的关系进行研究具有十分重要的意义。本文对内翻型膝骨关节炎影像学分级与胫股及髌股关节轴线角的相关性进行研究。

1 资料与方法

1.1 病例选择

1.1.1 诊断标准 参照 2018 年中华医学会骨科分会制定的《骨关节炎诊治指南》^[2]。(1)近 1 个月内反复膝关节疼痛。(2)X 线片(站立或负重位)示关节间隙变窄、软骨下骨硬化和(或)囊性变、关节缘骨赘形成。(3)年龄 ≥ 50 岁。(4)晨僵 ≤ 30 min。(5)活动时有关节摩擦音(感)。综合临床、实验室及 X 线检查, 满足(1)及(2)、(3)、(4)、(5)中任意 2 条时, 可诊断膝关节骨性关节炎。

1.1.2 纳入标准 (1)符合上述 KOA 诊断标准。(2)年龄 40~79 岁。(3)影像学资料清晰, 摄片姿势标准。

1.1.3 排除标准 (1)其他非退行性因素引起的关节炎, 如创伤、血友病等。(2)下肢手术史, 包括骨折、截骨、韧带重建手术等。(3)各种原因导致的双下肢骨骼畸形, 可影响冠状或矢状面的影像学信息。(4)肌力 <4 级无法自主站立的患者, 如中风、脊髓灰质炎或瘫痪。(5)同时存在有脊柱畸形、髋关节或踝关节疾病。(6)合并肝、肾、造血系统、内分泌系统等严重原发性疾病及精神病患者。

1.2 临床资料

自 2018 年 9 月至 2020 年 12 月共纳入 739 例患者(男 207 例, 女 532 例), 1 026 膝(内翻型 844 膝, 外翻型 182 膝)。其中 K-L 0 级患者 63 例(男 25 例, 女 38 例), 95 膝(外翻型 30 例, 内翻型 65 例); K-L 1 级患者 100 例(男 39 例, 女 61 例), 130 膝(外翻型 33 例, 内翻型 97 例); K-L 2 级患者 161 例(男 47 例, 女 114 例), 226 膝(外翻型 54 例, 内翻型 172 例); K-L 3 级患者 187 例(男 43 例, 女 144 例), 256 膝(外翻型 40 例, 内翻型 216 例); K-L 4 级患者 228 例(男 53 例, 女 175 例), 319 膝(外翻型 25 例, 内翻型 294 例)。

在 K-L 0 级 95 膝中, 低位髌骨有 9 膝(9.47%), 中位髌骨有 55 膝(57.89%), 高位髌骨有 31 膝(32.63%)。在 K-L 1 级 130 膝, 低位髌骨有 21 膝(16.15%), 中位髌骨有 63 膝(48.46%), 高位髌骨有 46 膝(35.38%)。在 K-L 2 级 226 膝中, 低位髌骨有 30 膝(13.27%), 中位髌骨有 119 膝(52.65%), 高位髌骨有 77 膝(34.07%)。在 K-L 3 级 256 膝, 低位髌骨有 33 膝(12.89%), 中位髌骨有 133 膝(51.95%),

高位髌骨有 90 膝(35.16%)。在 K-L 4 级 319 膝,低位髌骨有 25 膝(7.83%),中位髌骨有 191 膝(59.87%),高位髌骨有 103 膝(32.29%)。各组患者性别、年龄、KOA 分型及髌骨位置比较,差异有统计学意义($P < 0.05$)。见表 1。本研究方案经南京市中医药大学附属医院(江苏省中医院)伦理委员会批准(批号:2017NL-124-02)。

1.3 观察项目与方法

1.3.1 拍摄方法 采用岛津 DR 摄片机型号为:R-30H,曝光量为 100 mA/s,频率为 50~60 Hz。所有研究对象采用无支具状态下脱鞋双下肢站立位,双手抓握两边栏杆,双足外旋 8°~10°,使髌骨中心位于股骨内外侧髁中间,投射球管对准双膝关节连线中点投射,距膝关节 2.4 m 拍摄双下肢全长片,所得图像经 GE Healthcare-Centricity RIS CE V3.0 系统处理后得到双下肢全长图像。摄膝关节侧位 X 线片时,被检测膝关节屈曲 30°,另一侧抬腿踩在踏板上,髌骨下缘 1 mm 置于 IP 板中心。球管瞄准膝关节间隙垂直投射,获得膝关节侧位片。

1.3.2 胫股及髌股关节轴线角的确定 (1)胫股关节轴线的确定。①以股骨头中心为髌关节中心 H。②以股骨全长中线处髓腔中点确立股骨中点 F,以膝关节平面上 10 cm 处股骨髓腔中点确立股骨中点 f,两点连线 Ff 即为股骨机械轴。③以胫骨髌间棘突为胫股关节中心 K。④以距骨中心为踝关节中心 A。见图 1。

(2)胫股关节轴线角的确定。①股骨下角(femoral angle, F 角):股骨解剖轴 Ff 与股骨两髁远端切线的外侧夹角。②胫骨上角(tibial angle, T 角):胫骨解剖轴 KA 与内外侧胫骨平台中点连线的外侧夹角。③股骨颈干角(femoral neck-shaft angle, FNS 角):股骨颈纵轴与股骨干解剖轴 Ff 的内下侧夹角。④胫股角(femoral-tibial angle, FT 角):股骨解剖轴



图 1 膝关节轴线角测量图 1a. 双下肢站立位全长 X 线片测量图。H, 髌关节中心;Hn, 股骨颈长轴;Ff, 股骨机械轴;kA, 胫骨机械轴;c, 两股骨髁切线;p, 胫骨关节面切线 1b. 膝关节侧位 X 线片测量图。D, 髌骨中心;C, 股骨髌间窝上方松质骨区中点;S, 胫骨上端后缘与腓骨相交点;BC, CS 垂线;m, 髌骨长轴;l, 胫骨粗隆至髌骨下缘距离 Fig.1 Measurement of knee joint axis angle 1a. Full-limb X-ray of both lower extremities on standing position. H, hip center;Hn, long axis of femoral neck;Ff, femur mechanical axis;kA, tibial axis;c, tangent of two femoral condyles;p, tangent of tibial articular surface 1b. Lateral X-ray of knee joint. D, patellar center;C, midpoint of cancellous bone area above intercondylar fossa of femur;S, the intersection of tibia and fibula;BC, CS vertical;m, long axis of patella;l, the distance from the tibial tuberosity to the lower edge of the patella

Ff 与胫骨解剖轴 KA 的外侧夹角。⑤关节间隙角(joint space angle, JS 角):股骨两髁远端切线与内外侧胫骨平台中点连线的外侧夹角。⑥髌-膝-踝角(hip-knee-ankle angle, HKA 角):髌关节中心 H、胫股关节中心 K、踝关节中心 A 三点连线的外侧角。

表 1 各组膝骨关节炎患者一般资料比较 Tab.1 Comparison of general data of patients with knee osteoarthritis among each groups

组别	例数	膝数	性别/例		年龄($\bar{x} \pm s$)/岁	KOA 分型/膝		髌骨位置/膝		
			男	女		外翻型	内翻型	低位	中位	高位
K-L 0 级	63	95	25	38	51.41±8.41	30	65	9	55	31
K-L 1 级	100	130	39	61	56.41±10.04	33	97	21	63	46
K-L 2 级	161	226	47	114	60.94±9.63	54	172	30	119	77
K-L 3 级	187	256	43	144	62.99±8.94	40	216	33	133	90
K-L 4 级	228	319	53	175	67.39±6.82	25	294	25	191	103
χ^2 值			119.207		162.780	45.719		287.023		
P 值			0.000		0.000	0.000		0.000		

注:表 1 对患者性别、年龄进行统计时,若存在患者双膝同时患病,则依据患者 K-L 等级更高的一侧患肢入组统计

(3) 髌股关节轴线角的确定。①髌骨股骨角 (patellar femur angle, PF 角): 膝关节侧位片上记髌骨关节面中心为 D, 股骨髁间窝上方松质骨区中点 C, 胫骨上端后缘与腓骨相交点 S。以 C 为中心, 做 CS 垂线 b, 角 PCB 即为髌骨股骨角。②髌骨高度 (patellar height): 胫骨粗隆至髌骨下缘距离及其与髌骨长轴之比。

1.3.3 分组方法 在研究胫股关节轴线角同膝骨关节炎影像学分级相关性时, 依据膝关节中心和髌关节中心与踝关节中心连线的相对位置将患者分为内翻组 (膝关节中心在髌关节中心与踝关节中心连线的内侧) 及外翻组 (膝关节中心在髌关节中心与踝关节中心连线的内侧), 当患者膝关节中心在髌关节中心与踝关节中心连线上时则并入内翻组讨论。

在研究髌股关节轴线角同膝骨关节炎影像学分级相关性时, 依据 Install-Salvati 法将患者分为高位髌骨 (髌骨高度 > 1.2 mm)、中位髌骨 (髌骨高度 0.8~1.2 mm)、低位髌骨 (髌骨高度 < 0.8 mm) 3 组。

1.4 统计学处理

采用 SPSS 23.0 软件进行统计学分析。符合正态分布的定量资料以均数±标准差 ($\bar{x} \pm s$) 表示, 使用 K-S 检验对定量样本进行正态性检验; 采用 Kruskal-Wallis H 检验对多组独立样本进行比较; 符合正态分布的间隔尺度资料采用 Person 相关系数进行相关性分析, 不符合正态分布或为定序尺度资料的采用 Spearman 等级相关进行相关性分析; 以 $P < 0.05$ 为差

异有统计学意义。

2 结果

2.1 胫股关节轴线角结果比较及相关性分析

2.1.1 内翻组 KOA 患者胫股关节轴线角比较 不同 K-L 分级的内翻组 KOA 患者的髌-膝-踝角、胫股角、股骨下角、胫骨上角、关节间隙角、股骨颈干角组间比较, 差异有统计学意义 ($P < 0.05$)。见表 2。

2.1.2 内翻组 KOA 患者胫股关节轴线角与 K-L 分级的相关性分析 髌-膝-踝角、胫股角、股骨下角、胫骨上角、关节间隙角与 K-L 分级在 0.01 水平具有显著正相关性; 股骨颈干角与 K-L 分级在 0.01 水平具有显著负相关性。见表 3。

2.1.3 外翻组 KOA 患者胫股关节轴线角结果比较 不同 K-L 分级的外翻组 KOA 患者的髌-膝-踝角、胫股角、股骨下角、胫骨上角、关节间隙角、股骨颈干角组间比较, 差异有统计学意义 ($P < 0.05$)。见表 4。

2.1.4 外翻组 KOA 患者胫股关节轴线角与 K-L 分级的相关性分析 髌-膝-踝角、胫股角、股骨下角、胫骨上角、股骨颈干角与 K-L 分级在 0.01 水平具有显著负相关性; 关节间隙角与 K-L 分级在 0.01 水平具有显著正相关性。见表 5。

2.2 不同髌骨高度组中髌股关节轴线角结果比较

高位髌骨组中不同 K-L 分级的髌骨高度、髌骨股骨角组间比较, 差异有统计学意义 ($P < 0.05$); 中位髌骨组中不同 K-L 分级的髌骨高度、髌骨股骨角比较, 差异无统计学意义 ($P > 0.05$); 低位髌骨组中不同

表 2 内翻组 KOA 患者胫股关节轴线角比较 ($\bar{x} \pm s$)

Tab.2 Comparison of axis angle of tibiofemoral joint in KOA patients in varus group ($\bar{x} \pm s$)

组别	膝数	HKA 角	FT 角	F 角	T 角	JS 角	FNS 角
K-L0 级组	65	181.62±1.31	175.11±1.97	81.00±1.68	92.58±1.82	0.80±0.27	129.08±4.77
K-L1 级组	97	182.32±1.41	176.07±1.68	80.26±2.31	93.32±2.18	1.46±0.51	128.56±4.43
K-L2 级组	172	183.92±1.79	175.84±1.99	81.03±2.38	93.01±2.44	2.25±0.64	126.73±4.94
K-L3 级组	216	186.38±2.91	178.19±2.52	83.41±2.48	94.10±2.27	3.87±1.26	126.62±4.93
K-L4 级组	294	191.40±4.97	182.89±4.53	85.07±1.97	96.12±2.41	7.52±2.74	124.80±5.03
χ^2 值		498.489	430.831	316.548	232.782	651.207	81.336
P 值		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

单位: °

注: HKA 角, 髌-膝-踝角; FT 角, 胫股角; F 角, 股骨下角; T 角, 胫骨上角; JS 角, 关节间隙角; FNS 角, 股骨颈干角。下同

表 3 内翻组 KOA 患者胫股关节轴线角与 K-L 分级的相关性分析

Tab.3 Correlation analysis between axis angle of tibiofemoral joint and K-L grade in KOA patients in varus group

检验值	HKA 角	FT 角	F 角	T 角	JS 角	FNS 角
r 值	0.769	0.701	0.595	0.504	0.878	-0.281
P 值	0.000**	0.000**	0.000**	0.000**	0.000**	0.000**

注: *表示在 0.05 级别 (双尾) 相关性显著。 **表示在 0.01 级别 (双尾) 相关性显著。下同

K-L 分级的髌骨高度比较, 差异无统计学意义 ($P > 0.05$), 髌骨股骨角比较, 差异有统计学意义 ($P < 0.05$)。见表 6。

2.3 不同髌骨高度组中髌股关节轴线角与 K-L 分级的相关性分析

高位髌骨组髌骨高度及髌骨股骨角与 K-L 分级在 0.01 水平具有显著正相关性; 中位髌骨组髌骨高度及髌骨股骨角与 K-L 分级不具有相关性; 低位髌骨组髌骨高度与 K-L 分级不具有相关性。髌骨股

骨角与 K-L 分级具有在 0.05 水平具有显著负相关性。见表 7。

3 讨论

3.1 KOA 患者一般情况分析

随着年龄的增大, 罹患 KOA 的风险与 KOA 的严重程度在逐步上升。性别方面, 女性患者不同分级的患者群均占大多数, 且所占比重随着 K-L 等级的提高逐渐升高, 这与 KOA 流行病学相吻合。由此, 高龄、女性是膝关节关节炎的高风险因素。KOA 分型方

表 4 外翻组 KOA 患者股关节轴线角比较 ($\bar{x} \pm s$)

Tab.4 Comparison of axis angle of tibiofemoral joint in KOA patients in valgus group ($\bar{x} \pm s$)

单位: °

组别	膝数	HKA 角	FT 角	F 角	T 角	JS 角	FNS 角
K-L 0 级组	30	179.18±0.58	173.39±1.46	80.39±2.54	93.47±2.37	0.82±0.24	129.49±4.57
K-L 1 级组	33	178.48±0.80	172.32±1.79	79.38±2.25	93.37±2.40	1.35±0.53	127.42±4.86
K-L 2 级组	54	177.28±1.56	171.04±2.10	79.50±2.11	91.92±3.02	1.83±0.60	127.29±3.88
K-L 3 级组	40	176.23±2.05	168.17±3.44	78.23±2.26	92.64±2.91	2.78±0.71	125.32±6.10
K-L 4 级组	25	173.37±4.82	164.16±5.85	78.20±2.32	89.76±2.16	3.65±1.58	124.98±4.79
χ^2 值		73.935	81.164	19.183	32.667	113.593	16.331
P 值		0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.003

表 5 外翻组 KOA 患者股关节轴线角与 K-L 分级的相关性分析

Tab.5 Correlation analysis between axis angle of tibiofemoral joint and K-L grade in KOA patients in valgus group

检验值	HKA 角	FT 角	F 角	T 角	JS 角	FNS 角
r 值	-0.669	-0.304	-0.333	-0.787	0.626	-0.289
P 值	0.000**	0.000**	0.000**	0.000**	0.000**	0.000**

表 6 不同髌骨高度组中髌股关节轴线角比较 ($\bar{x} \pm s$)

Tab.6 Comparison of patellofemoral joint axis angles in different patella height groups ($\bar{x} \pm s$)

单位: °

组别	高位髌骨组			中位髌骨组			低位髌骨组		
	膝数	髌骨高度	髌骨股骨角	膝数	髌骨高度	髌骨股骨角	膝数	髌骨高度	髌骨股骨角
K-L 0 级组	31	1.33±0.10	22.36±4.93	55	1.04±0.10	16.01±6.43	9	0.71±0.08	15.52±5.80
K-L 1 级组	46	1.32±0.11	21.59±6.00	63	1.06±0.10	17.83±5.29	21	0.74±0.04	9.79±2.48
K-L 2 级组	77	1.35±0.13	22.94±5.50	119	1.05±0.10	16.78±5.59	30	0.75±0.04	10.60±2.62
K-L 3 级组	90	1.35±0.13	22.38±5.36	133	1.04±0.10	16.41±5.37	33	0.75±0.03	9.55±3.38
K-L 4 级组	103	1.39±0.16	24.81±6.85	191	1.04±0.10	18.03±4.74	25	0.74±0.04	9.80±3.06
χ^2 值		9.759	10.367		3.472	9.284		3.911	10.879
P 值		0.045	0.035		0.482	0.054		0.418	0.028

表 7 不同髌骨高度组中髌股关节轴线角与 K-L 分级的相关性分析

Tab.7 Correlation analysis of patellofemoral joint axis angle and K-L grade in different patella height groups

检验值	髌骨高度			髌骨股骨角		
	高位髌骨组	中位髌骨组	低位髌骨组	高位髌骨组	中位髌骨组	低位髌骨组
r 值	0.158	-0.048	-0.052	0.128	0.077	-0.212
P 值	0.003**	0.256	0.579	0.017*	0.070	0.021*

面,内翻型 KOA 在不同分级的患者群均占大多数,且所占比重随着 K-L 等级的提高逐渐升高。这与正常膝关节解剖因素相关,75%的负荷是通过膝关节内侧间室传递^[3]。这种生理上的内外侧间室压力的不平衡,导致了膝关节外侧间室骨骺生长快于内侧间室,导致了大多数人存在膝关节的内翻趋势,这种趋势在青少年发育的过程中即有表现。对于 20 多岁的健康青年而言,有 32%的男性和 17.2%的女性存在 3°以上的膝内翻^[4]。男性相对女性而言,有着更为倾斜的胫骨关节面,女性相对于男性而言有着更大的 Q 角^[5]。更大的 Q 角引发髌骨向外向上移位的倾向,导致在膝关节活动的过程中更大的内收力矩,进而导致了膝关节的内翻。这也可以解释为什么虽然青年男性膝内翻比例更高,但中老年 KOA 患者中无论是比例还是内翻严重程度都是女性更高,这是高内收力矩长期作用的结果。

3.2 KOA 进展过程中胫股关节轴线角动态变化

3.2.1 HKA 角与 FT 角 对于内翻型 KOA 患者而言,膝关节中心在髌关节与踝关节连线外侧,重力延股骨干传导至膝关节,股骨内侧髁及胫骨平台内侧受到明显的挤压作用。随着 HKA 角及 FT 角的增大,该作用更为明显,膝关节内侧间室压力显著上升。间室内压力的上升,加速了关节软骨的破坏,诱发并加重 KOA,反映在影像学中 K-L 分级的提升。外翻型 KOA 的发生则是与内翻型 KOA 相反的过程。

3.2.2 FNS 角与 F 角 本研究结果发现,内翻组和外翻组 FNS 角随着 K-L 等级的升高逐渐降低,但尚未出现髌内翻(股骨颈干角 $<110^\circ$);内翻组 F 角随着 K-L 等级的升高逐渐升高,外翻组 F 角随着 K-L 等级的升高逐渐出现髌内翻(FNS 角 $<110^\circ$);内翻组 F 角随着 K-L 等级的升高逐渐升高,外翻组 F 角随着 K-L 等级的升高逐渐降低。对国人内翻型 KOA 股骨轴线角的研究也提供了类似的研究结果^[6]。FNS 角的减小会急剧增加股骨颈受到的压应力和股骨干受到的内翻拉应力^[7-8]。这种股骨干所有向外的拉应力来源于 FNS 角降低后髌关节外展力矩的增加所造成的内外侧肌力不平衡。同时随着年龄的增长,长久的外侧拉应力导致股骨的弧形扭曲。这可能解释了内翻型 KOA 的发展过程是伴有 FNS 角的减小及 F 角增大的股骨整体扭曲,类似拉弓过程中弓柄的形变过程。MATSUMOTO 等^[9]认为,内翻型 KOA 的发生最早是由股骨干的横向弯曲引发的,随后出现股骨内侧髁的内翻及胫骨平台的受压,伴随着胫骨平台的移位,导致 T 角及 JS 角变大。本研究同时提示,FNS 角的减低并不仅仅局限于内翻型 KOA,外翻型 KOA 同样伴有 FNS 角的减低。国内外对于 FNS 角

的研究指出,该角的减低与年龄及性别相关^[10-11]。但是,这似乎难以解释外翻型 KOA 的发生,外翻型 KOA 的产生通常与胫骨及股骨畸形相关^[12]。F 角的降低往往代表着股骨外侧髁本身的发育不良^[13]。股骨外侧髁的发育不良,导致整个股骨力线的外翻造成外侧间室压力升高,进而导致外翻型 KOA。但这一过程缺乏有力数据支持,有关外翻型 KOA 过程中股骨的形变过程尚需进一步研究。

3.2.3 T 角 内翻组 T 角随着 K-L 等级的升高逐渐升高,外翻组 T 角随着 K-L 等级的升高逐渐降低。“不均匀沉降”理论可以很好地用来解释内翻组 T 角的升高,腓骨的支撑导致胫骨内侧平台的塌陷速度快于外侧平台,由此导致胫骨关节面的整体上倾。对于外翻型 KOA 而言,股骨外侧髁的发育不良,导致整个股骨力线的外翻造成外侧间室压力升高,外侧胫骨平台受压塌陷,胫骨下角降低。但同时也有研究指出,外翻型 KOA 大多数来源于胫骨的畸形而非股骨^[14]。因此,对于外翻型 KOA 的发生过程尚需进一步研究,但外翻型 KOA 过程中,T 角的降低是毫无疑问的,意味着胫骨外侧平台的塌陷要早于内侧平台,或者存在平台整体的向外侧倾斜。

3.2.4 TS 角 无论外翻组还是内翻组,JS 角与 K-L 等级均成正相关。区别在于在不同 KOA 分型中,JS 角方向不一样。在内翻型 KOA 中,随着 K-L 等级的提升,股骨下端内翻扭曲,股骨内侧髁下沉,外侧髁升高,内侧胫骨平台受压明显,胫骨上段扭曲,胫骨平台移位,内侧平台下沉,外侧平台升高,但扭曲程度小于股骨下端。这一过程导致造成股骨两髁远端切线和内外侧胫骨平台中点连线的上倾,同时股骨两髁远端切线有着更明显的上倾,最终引起关节间隙角在膝关节内侧的明显增大。外翻型 KOA 则与之相反,股骨下端的外翻和胫骨平台的移位造成关节间隙角在膝关节外侧的增大。

3.3 KOA 进展过程中髌股关节轴线角动态变化

KOA 患者较正常人股骨内外侧髁高度更大、宽度更小^[15]。狭长的股骨滑车意味着髌骨与滑车的接触更少,髌股关节面压力更大,存在 KOA 与髌骨关节炎共病病机。临床 KOA 患者以髌股型和内侧-髌股型最为常见,其中髌股型患者占总样本的 28.5%,内侧-髌股型患者数占总样本的 23.2%^[16]。根据本研究结果,高位髌骨较低位髌骨更为常见,且与 KOA 的关联性更强,这可能与膝关节的解剖特点相关。从骨性结构层面上来看,高位髌骨间接反映出股骨滑车的发育不良,内侧滑车更高、外侧滑车更低平、滑车深度更浅,增加髌股不稳的风险^[17]。从软组织层面来看,股四头肌无力是高位髌骨、髌骨外移发生的重

要因素,可以同时引发 KOA 和髌骨关节炎,且同时发病的可能性大于独立发病^[18]。股内侧肌的肌纤维类型导致其力量的异常下降早于其他股四头肌,从而引发股内侧肌和股外侧肌力量的不平衡^[19]。在屈膝动作初始,过高的髌骨位置、过长的髌腱使得髌骨进入股骨滑车的过程延长,侧向活动度增大,更易受牵拉产生过大的外侧移位。这种来自于股四头肌的外侧牵拉作用在 0°伸膝位更为明显,因为该姿势下髌骨失去股骨滑车的骨性限制,从而导致髌骨轨迹不良。髌骨外侧移位增加,髌股关节在伸膝装置中的省力作用下降,应力集中于髌股关节外侧间室及胫股关节内侧间室,髌股关节及胫股关节内压力上升,软骨损伤风险增加。髌股关节异常在整体 KOA 发病中有着重要作用,髌骨位置可以经验性的应用于评估下肢骨解剖关系与 KOA 的进展。

综上所述,内翻型 KOA 的发生最早是由整根股骨的扭曲引发的,包括 FNS 角的降低、股骨干的横向弯曲和股骨内侧髁的内翻伴随着内侧胫骨平台的受压,胫骨平台的移位,引发一系列角度的变化。外翻型 KOA 来源于外侧股骨髁的发育不良,导致股骨的内倾,外侧胫骨平台的受压,胫骨平台的移位,引发一系列角度的变化。同时,高位髌骨在膝关节侧位 X 线片中需要被重视,因其与 KOA 的发生密切相关。因此,后续研究可以将膝关节轴线角作为保守治疗 KOA 疗效评价的客观依据,通过比较 KOA 经正骨手法治疗前后膝关节轴线角的改变以判断疗效,同时亦可以用于有效手法的筛选。

参考文献

[1] 辛丽维. 中国膝关节骨关节炎流行病学调查现状[J]. 双足与保健,2018,27(20):73-74.
XIN L W. Epidemiological survey of knee osteoarthritis in China [J]. Chin Reflexo,2018,27(20):73-74. Chinese.

[2] 中华医学会骨科学分会关节外科学组. 骨关节炎诊治指南(2018 年版)[J]. 中华骨科杂志,2018,38(12):705-715.
OSTEOPOROSIS GROUP OF CHINESE ORTHOPAEDIC ASSOCIATION. Guidelines for the diagnosis and treatment of osteoarthritis (2018 edition)[J]. Chin J Orthop,2018,38(12):705-715. Chinese.

[3] HSU R W, HIMENO S, COVENTRY M B, et al. Normal axial alignment of the lower extremity and load-bearing distribution at the knee[J]. Clin Orthop Relat Res, 1990(255):215-227.

[4] BELLEMANS J, COLYN W, VANDENNEUCKER H, et al. The chitranjan ranawat award: is neutral mechanical alignment normal for all patients? : the concept of constitutional varus[J]. Clin Orthop Relat Res, 2012,470(1):45-53.

[5] LU Y, ZHENG Z L, LV J, et al. Relationships between morphological changes of lower limbs and gender during medial compartment knee osteoarthritis[J]. Orthop Surg, 2019, 11(5):835-844.

[6] LU Y, ZHENG Z L, CHEN W, et al. Dynamic deformation of femur during medial compartment knee osteoarthritis[J]. PLoS One, 2019,

14(12):e0226795.

[7] 鞠杨,陈永兰,孙华飞,等. 股骨形态及应力应变的三维有限元分析[J]. 力学与实践,2007,29(3):61-65,70.
JU Y, CHEN Y L, SUN H F, et al. Three-dimensional finite element analysis of femoral shape and stress and strain[J]. Mech Engin, 2007,29(3):61-65,70. Chinese.

[8] 张伊卓,宋雅伟,卞雯文. 股骨颈的实验力学研究[J]. 中国骨质疏松杂志,2015,21(9):1065-1068,1086.
ZHANG Y Z, SONG Y W, BIAN W W. Experimental mechanics study of femoral neck[J]. Chin J Osteoporos,2015,21(9):1065-1068,1086. Chinese.

[9] MATSUMOTO T, HASHIMURA M, TAKAYAMA K, et al. A radiographic analysis of alignment of the lower extremities: initiation and progression of varus-type knee osteoarthritis[J]. Osteoarthritis Cartilage, 2015,23(2):217-223.

[10] JIANG N, PENG L, AL-QWBANI M, et al. Femoral version, neck-shaft angle, and acetabular anteversion in Chinese Han population: a retrospective analysis of 466 healthy adults[J]. Medicine (Baltimore), 2015,94(21):e891.

[11] BOESE C K, FRINK M, JOSTMEIER J, et al. The modified femoral neck-shaft angle: age- and sex-dependent reference values and reliability analysis[J]. Biomed Res Int, 2016,2016:8645027.

[12] EBERBACH H, MEHL J, FEUCHT M J, et al. Geometry of the Valgus knee: contradicting the dogma of a femoral-based deformity [J]. Am J Sports Med, 2017,45(4):909-914.

[13] PAPE D, LORBACH O, STEIMER O. Analyse der deformity and preoperative planung einer knienahen osteotomie[J]. Arthroscopie, 2007,20(4):277-290.

[14] 叶永平,蒋焱,曾炳芳. 膝骨关节炎病因、X 线片及临床表现分析[J]. 临床骨科杂志,2000,3(3):169-173.
YE Y P, JIANG Y, ZENG B F. Analysis of the etiology, X-ray film and clinical manifestations of knee osteoarthritis[J]. J Clin Orthop, 2000,3(3):169-173. Chinese.

[15] 褚立希,王锋. 膝骨关节炎 X 线片生物力学及形态学测量分析[J]. 中西医结合学报,2004,2(6):432-434.
CHU LX, WANG F. X-ray biomechanics and morphological analysis of knee osteoarthritis[J]. J Intra Med, 2004,2(6):432-434. Chinese.

[16] EBERBACH H, MEHL J, FEUCHT M J, et al. Geometry of the valgus knee contradicting the dogma of a femoral-based deformity [J]. Am J Sports Med, 2017,45(4):909-914.

[17] 徐鑫. 高位髌骨与股骨滑车发育不良的相关性分析[D]. 山东大学,2019.
XU X. Correlation analysis of high patella and femoral trochlear dysplasia[D]. Shandong University, 2019. Chinese.

[18] BAKER K R, XU L, ZHANG Y Q, et al. Quadriceps weakness and its relationship to tibiofemoral and patellofemoral knee osteoarthritis in Chinese: the Beijing osteoarthritis study[J]. Arthritis Rheum, 2004,50(6):1815-1821.

[19] STEFANIK J J, GUERMAZI A, ZHU Y Y, et al. Quadriceps weakness, patella Alta, and structural features of patellofemoral osteoarthritis[J]. Arthritis Care Res (Hoboken), 2011,63(10):1391-1397.

(收稿日期:2021-10-25 本文编辑:李宜)