

·临床研究论著·

# 内翻型弓形股骨对膝骨性关节炎下肢力线的影响

石磊<sup>1</sup> 王少杰<sup>1</sup> 叶锋<sup>2</sup> 钟华<sup>2</sup> 郑欣鹏<sup>1</sup> 赵洪海<sup>1</sup> 覃基政<sup>1</sup> 夏春<sup>1</sup>

**【摘要】目的** 探讨股骨弓形形态与股骨远端关节线方向的相关性。**方法** 纳入 2018 年至 2019 年因膝骨性关节炎在我院行初次全膝关节置换的病例共 126 例(187 膝),其中男 39 例(47 膝),女 87 例(140 膝),年龄为(68.1±3.7)岁(61~79 岁)。术前均拍摄下肢全长片。收集术前胫股机械轴内侧角(HKA)、股骨弓形角(FBA)、股骨下段外翻角(dAMA)、股骨远端关节线外侧机械角(mLDFA)、胫骨近端关节线内侧机械角(mMPTA)以及胫股关节线夹角(JLCA),依据 FBA 大小分为显著弓形组(FBA>4°)、轻度弓形组(4°≥FBA>2°)、非弓形组(2°≥FBA≥0°)。比较上述形态学参数的组间差异,并分析显著弓形组内各参数相关性。**结果** 显著弓形组内股骨弓形、股骨下段外翻、股骨侧关节线内翻以及膝内翻最显著(FBA=5.1°±0.6°,dAMA=7.0°±1.6°,mLDFA=94.5°±1.0°,HKA=171.4°±4.3°,P<0.001);而非弓形组内胫骨侧关节线内翻和胫股关节面内翻最显著(mMPTA=86.7°±1.6°,P<0.05;JLCA=-4.4°±2.5°,P<0.001)。显著弓形组内 FBA 与 mLDFA 存在较强相关性(r=0.607,P<0.01)。**结论** 弓形股骨与膝骨性关节炎的股骨关节线内翻显著相关,并使下肢整体内翻增加。

**【关键词】** 弓形股骨;股骨远端关节线;膝骨性关节炎;全膝关节置换术

**Varus Femoral Bowing Impairs Lower Limb Alignments in Osteoarthritic Knees.** SHI Lei<sup>1</sup>, WANG Shao-jie<sup>1</sup>, YE Feng<sup>2</sup>, ZHONG Hua<sup>2</sup>, ZHENG Xin-peng<sup>1</sup>, ZHAO Hong-hai<sup>1</sup>, QIN Ji-zheng<sup>1</sup>, XIA Chun<sup>1</sup>. <sup>1</sup>Department of Joint Surgery, Zhongshan Hospital of Xiamen University, Xiamen 361004, China; <sup>2</sup>Department of Radiology, Zhongshan Hospital of Xiamen University, Xiamen 361004, China

Corresponding author: WANG Shao-jie, E-mail: wangshaojie@xmu.edu.cn

**【Abstract】 Objective** To explore the potential connection between femoral bowings and distal femoral joint line orientations. **Methods** The study enrolled 126 patients (187 knees) of primary total knee arthroplasty (TKA) due to primary knee osteoarthritis in our hospital during the year 2018-2019 with routine pre-operative whole limb radiographs, including 39 males (47 knees) and 87 females (140 knees), aged (68.1±3.7) (61-79) years old. The collected individual morphological variables were pre-operative hip-knee-ankle (HKA), femoral bowing angle (FBA), distal femoral anatomic-mechanic angle (dAMA), mechanical lateral distal femoral angle (mLDFA), mechanical medial proximal tibial angle (mMPTA) and joint line convergence angle (JLCA). All cases were divided into three groups: conspicuous femoral bowings (group A, FBA>4°), mild femoral bowings (group B, 4°≥FBA>2°), and minimal bowing femurs (group C, 2°≥FBA≥0°). The intergroup differences of the above morphological parameters were compared, and the bivariate correlations of the parameters were analyzed within the group A. **Results** Greater femoral bowings, greater distal femoral valgus anatomic orientation, greater varus femoral joint line orientation and greater genu-varus deformity were demonstrated in group A (FBA=5.1°±0.6°, dAMA=7.0°±1.6°, mLDFA=94.5°±1.0°, HKA=171.4°±4.3°, P<0.001). The greater varus tibial joint line orientation and greater varus femoral-tibial joint line angulation were found in group C (mMPTA=86.7°±1.6°, P<0.05; JLCA=-4.4°±2.5°, P<0.001). FBA presented a strong positive correlation with mLDFA (r=0.607, P<0.01). **Conclusion** Femoral bowing was strongly correlated with varus orientation of distal femoral joint line, accompanied by a featured varus deformity in the lower limb alignment.

**【Key words】** Femoral bowing; Distal femoral joint line; Knee osteoarthritis; Total knee arthroplasty

DOI:10.3969/j.issn.1674-8573.2021.06.008

基金项目:国家自然科学基金(82072404);2020年福建省“雏鹰计划”青年拔尖人才项目

作者单位:1. 厦门大学附属中山医院关节与运动医学科,福建厦门 361004;2. 厦门大学附属中山医院影像科,福建厦门 361004

通信作者:王少杰, E-mail: wangshaojie@xmu.edu.cn

下肢力线纠正是全膝关节置换术(total knee arthroplasty, TKA)治疗严重膝骨性关节炎(knee osteoarthritis, KOA)的关键环节。研究表明,TKA术后下肢机械轴力线位于中立位 $\pm 3^\circ$ 范围内,膝关节假体长期生存率较高<sup>[1-2]</sup>。经典的TKA原则要求股骨假体垂直于股骨机械轴放置,因此术中股骨远端截骨外翻角必需符合股骨下段外翻角,后者为股骨下段解剖轴相对股骨机械轴的夹角(distal anatomic-mechanic angle, dAMA)。由于dAMA的个体差异较大,根据术前测量采用个体化的截骨外翻角可以提高股骨侧机械轴纠正的准确性<sup>[3-4]</sup>。弓形股骨是常见的股骨形态学变异,dAMA在弓形股骨可由常见的 $4^\circ\sim 7^\circ$ 显著增大至 $9^\circ$ 以上<sup>[5]</sup>,股骨远端截骨外翻角随之增大,在使用股骨髓内定位的情况下TKA力线纠正的误差将显著增加<sup>[6-8]</sup>,同时也不利于内翻膝内侧软组织紧张的改善<sup>[9]</sup>。另一方面,股骨远端关节线方向在弓形股骨病例可能处于轻度内翻位,与常见直股骨病例的中立或外翻位关节线不同<sup>[10]</sup>,对TKA术中的软组织平衡亦可能产生影响。股骨远端关节线方向与股骨弓形角是否密切相关,目前未见相关报道,有待进一步观察。本研究基于较大样本量的双下肢全长正位片影像的测量,获取我国KOA人群TKA术前下肢力线分布情况,收集相关影像学解剖参数指标并分析下肢畸形的来源,尝试探讨股骨弓形形态与关节线方向的相关性,以期指导TKA手术治疗。

## 资料与方法

### 一、纳入标准与排除标准

**纳入标准:**原发性膝关节OA,且拟行初次TKA手术者,原发病包括炎性膝关节病(包括类风湿性关节炎、痛风性关节炎等)、感染性关节炎、创伤性关节炎(关节内、关节外骨折并畸形愈合、韧带松弛)。

**排除标准:**①继发性OA;②合并膝关节各向不稳者;③重度膝关节畸形,显著的股骨内外髁发育不良、胫骨平台骨缺损超过3 cm、关节内外翻超过 $30^\circ$ 、屈曲挛缩超过 $30^\circ$ 、膝关节反屈超过 $10^\circ$ 等;④影

像资料不规范,包括未能完善术前下肢全长摄片者,以及术前下肢全长片存在显著的肢体内旋位异常者。

### 二、一般资料

本研究经厦门大学附属中山医院伦理委员会批准(批准号:ky2017021)。

自2018年1月至2019年1月我院行初次TKA 273例,共126例(187膝)纳入本研究,其中男39例(47膝),女87例(140膝),年龄为 $(68.1\pm 3.7)$ 岁(61~79岁),身体质量指数(body mass index, BMI)为 $(31.6\pm 3.6)$  kg/m<sup>2</sup>(24.3~38.8 kg/m<sup>2</sup>)。

依据股骨弓形角(femoral bowing angle, FBA)值所在区间分为显著弓形组(FBA $> 4^\circ$ )、轻度弓形组( $4^\circ\geq FBA > 2^\circ$ )、非弓形组( $2^\circ\geq FBA\geq 0^\circ$ )。各组间年龄、BMI及性别分布均基本均衡,详见表1。

### 三、影像学图像采集

病人行术前立位下肢全长正位片拍摄。体位:病人背靠片夹站立,片盒和X线发射头之间的距离统一为200 cm,双膝关节尽可能伸直以减少残余屈膝或过伸,双足使用防旋鞋固定于跗趾内旋 $15^\circ$ 以减少下肢体位的内外旋偏差。拍摄:髌、膝、踝三段顺序拍摄成像,拍摄中心位于相应水平正中线上。

### 四、影像学测量

医学影像存储与通讯系统收集图片数据并使用专用图像处理平台拼接成下肢全长影像,使用关节外科专用术前规划软件Orthoview(Meridian Technique公司,英国)进行术前影像形态学数据的测量,见图1。

1. 胫股机械轴内侧角(hip-knee-ankle alignment, HKA):H点为股骨头中心,K点为股骨远端内外髁最低点连线CC'的中点,A点为距骨关节面的中点。三点相连组成的内侧HKA角即为所测值,大于 $180^\circ$ 提示膝关节外翻,小于 $180^\circ$ 则为内翻。

2. dAMA:以上述H、K点连线HK为股骨侧机械轴,自股骨髁间切迹内侧约1 cm处K'骨缘向股骨下段髓腔作直线K'F,使直线距离股骨内侧皮质内缘最小距离达4 mm。K'F为直径8 mm的股骨髓内定

表1 弓形股骨分组基本资料比较

	显著弓形组 (89膝)	轻度弓形组 (56膝)	非弓形组 (42膝)	Levene值	P值	统计值	P值
年龄( $\bar{x}\pm s$ ,岁)	68.2 $\pm$ 3.7	68.3 $\pm$ 3.8	67.4 $\pm$ 3.5	1.151	0.319	F=0.871	0.420
BMI( $\bar{x}\pm s$ ,kg/m <sup>2</sup> )	32.0 $\pm$ 3.7	31.4 $\pm$ 3.4	31.2 $\pm$ 3.6	1.062	0.348	F=0.804	0.449
女性占比(%)	74.2	75.0	76.2	-	-	$\chi^2=0.063$	0.975

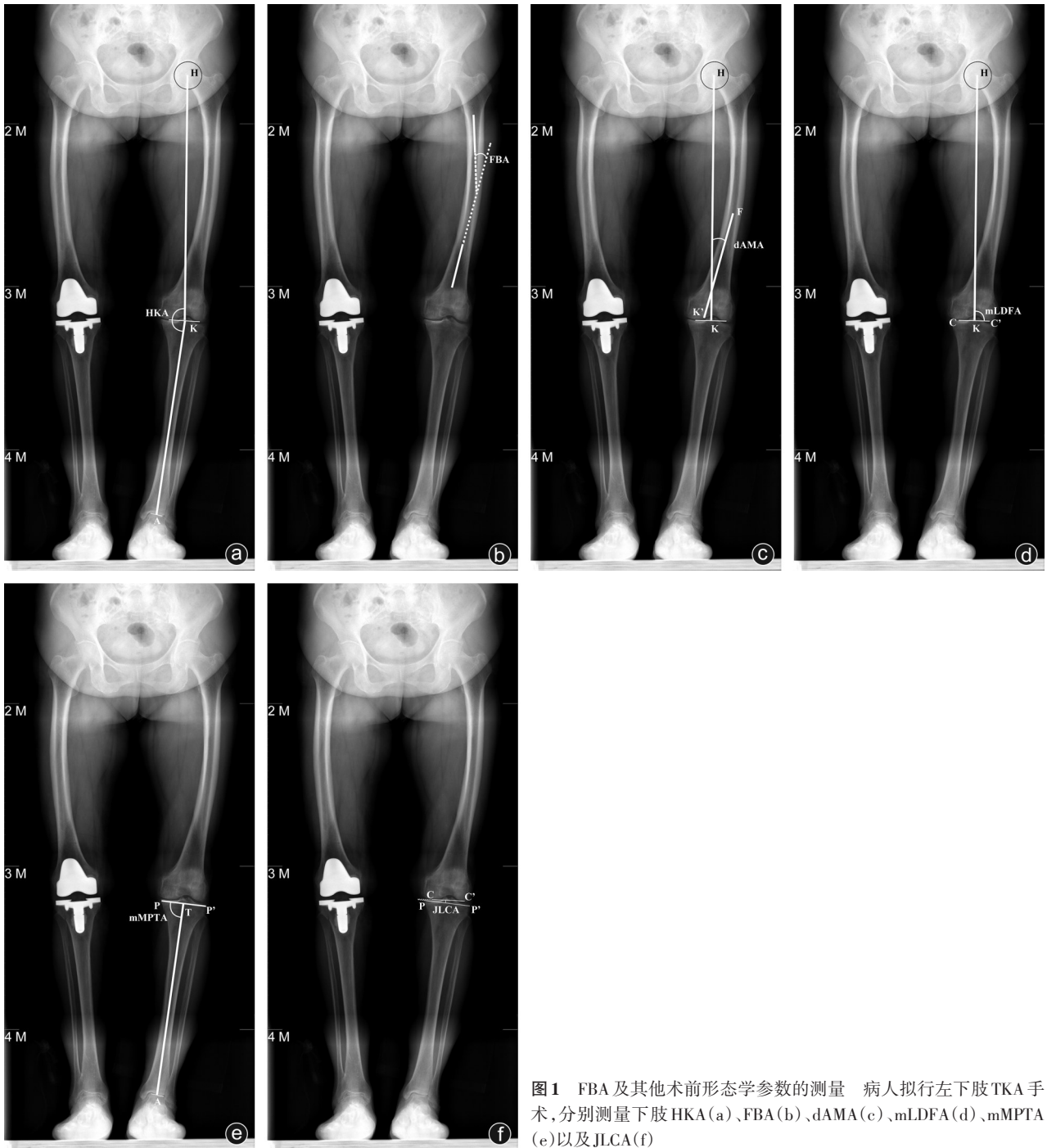


图 1 FBA 及其他术前形态学参数的测量 病人拟行左下肢 TKA 手术, 分别测量下肢 HKA(a)、FBA(b)、dAMA(c)、mL DFA(d)、mMPTA (e) 以及 JLCA(f)

位杆术中位置并代表股骨下段解剖轴, K'F 与 HK 所形成锐角即为 dAMA。髓内定位系统下, 为使股骨远端截骨导板垂直于机械轴, 需设置外翻角大小等于 dAMA 角。

3. FBA: 股骨自小转子下缘至内上髁上缘分为四等分, 其中近、远侧四分之一髓腔的中轴线(各段髓腔两端轴心连线)所形成锐角大小为 FBA。当股骨弓形形态凸向外侧时增加了下肢整体的内翻角度, 故称为内翻型弓形股骨; 反之凸向内侧称为外翻型。

4. 股骨远端关节面外侧角 (mechanical lateral distal femoral angle, mL DFA): 股骨远端内外髁最低点连线 CC 与股骨机械轴 HK 之间的外侧夹角, mL DFA 大于 90° 提示股骨远端关节线内翻, 反之小于 90° 则为关节线外翻。

5. 胫骨平台关节面内侧角 (mechanical medial proximal tibial angle, mMPTA): 胫骨平台关节线(内外侧平台最低点切线)PP' 与胫骨机械轴 TA 之间的内侧夹角, P、P' 分别为胫骨平台关节线与胫骨内、外侧骨皮质交点, T 为 PP' 的中点, A 为距骨顶的

中点。

6. 股胫关节面夹角 (joint line convergence angle, JLCA): 股骨关节线 CC' 与胫骨平台关节线 PP' 延长线相交并形成的锐角, 开口向外时为负数, 表示关节间隙内翻, 反之开口向内时为正值表示关节间隙外翻。

### 五、质量控制

由 2 名中级以上职称的影像专科医师分别对所有影像学形态参数独立进行测量, 影像医师对所有病人的基础资料和病史、症状、体征均不知情, 每人间隔 2 周完成一遍参数测量, 共测量 2 遍, 得到 4 套完整的数据资料。再对 4 套数据资料进行观察者间、观察者内数据信度评估, 组间相关系数 (inter-class correlation coefficient, ICC) 分析得到上述四项形态学参数的观察者内 ICC 值在 0.86~0.92 之间, 而观察者间 ICC 值在 0.78~0.88 之间, 均提示良好的可重复性和可靠性。相关数据均取四次测值的均值供下一步统计分析。

### 六、统计学分析

数据分析使用 SPSS 21.0 版 (IBM 公司, 美国)。连续计量资料包括年龄、BMI、HKA、FBA、dAMA、mLDFA、mMPTA、JLCA, 符合正态分布的计量资料均采用均数±标准差 ( $\bar{x}\pm s$ ) 进行表述。组间计量资料比较采用单因素方差分析, 女性占比的组间比较采用  $\chi^2$  检验。各参数两两相关性分析使用 Pearson 相关性分析。各统计分析显著性水平为  $P < 0.05$ 。

## 结 果

### 一、FBA 的组间比较

显著弓形组占比最大, 为 47.6%, 所有弓形股骨病例 (显著弓形组+轻度弓形组) 合并占比达 77.5%, 三组间 FBA 值比较, 差异有统计学意义 ( $F=836.141$ ,

$P < 0.001$ ), 见表 2。

### 二、其他股骨形态学参数的组间比较

HKA 提示, 多数病例的膝关节处于内翻位 ( $172.8^\circ \pm 4.5^\circ$ , 小于  $180.0^\circ$  者占 92.5%), 显著弓形组下肢整体内翻显著增加 ( $P < 0.05$ ), 而在轻度弓形组与非弓形组之间的差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。

mLDFA 可见多数病例股骨远端关节线处于内翻位 ( $92.5^\circ \pm 2.6^\circ$ , 大于  $90.0^\circ$  者占 78.1%, 大于  $94.0^\circ$  者占 34.2%), 组间两两比较, 差异均有统计学意义 ( $P$  均  $< 0.05$ )。mLDFA 显示显著弓形组和轻度弓形组内绝大多数病例的股骨远端关节线均处于内翻位, 其中显著弓形组为  $92.5^\circ \sim 96.8^\circ$ ; 轻度弓形组为  $90.0^\circ \sim 94.7^\circ$ , 仅 2 例 (3.6%) 处于中立位 ( $90.0^\circ$ ), 无关节线外翻位病例; 而非弓形组内绝大多数 mLDFA 处于外翻位 ( $85.8^\circ \sim 90.1^\circ$ ), 中立位者 (mLDFA= $90.0^\circ \sim 90.1^\circ$ ) 6 例 (14.3%), 无显著内翻位者。

mMPTA 可见多数病例胫骨近端关节线亦处于内翻位 ( $87.1^\circ \pm 1.7^\circ$ , 小于  $90.0^\circ$  者占 94.1%, 小于  $87.0^\circ$  者占 47.1%), 轻度弓形组胫骨侧关节线内翻最少, 且只在轻度弓形组与非弓形组间存在微弱差异 ( $P < 0.05$ )。显著弓形组与轻度弓形组间 dAMA 的差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。非弓形组 JLCA 内翻最大, 在显著弓形组、轻度弓形组均较小且差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。见表 2。

### 三、相关性分析

显著弓形组内 6 个形态学参数的两两相关性分析可见, FBA 与 mLDFA ( $r=0.607$ ,  $P < 0.01$ )、dAMA ( $r=0.570$ ,  $P < 0.01$ ) 都存在较强统计学相关性, 但与 HKA ( $r=-0.233$ ,  $P < 0.05$ ) 相关性较弱, 与 mMPTA ( $r=-0.102$ ,  $P > 0.05$ ) 相关性不显著。而 HKA 与 mMPTA ( $r=0.928$ ,  $P < 0.01$ )、JLCA ( $r=0.960$ ,  $P < 0.01$ ) 都存在强相关性, 见表 3。

表 2 FBA 与下肢各形态学参数的组间比较

	显著弓形组 (89 膝)	轻度弓形组 (56 膝)	非弓形组 (42 膝)	Levene 值	P 值	F 值	P 值
占比 (%)	47.6	29.9	22.5	-	-	-	-
FBA ( $\bar{x}\pm s$ , °)	5.1±0.6	3.4±0.5*	1.1±0.4 <sup>§</sup>	2.067	0.130	836.141	<0.001
dAMA ( $\bar{x}\pm s$ , °)	7.0±1.6	6.6±1.3	5.7±1.7 <sup>§</sup>	2.327	0.100	8.463	<0.001
mLDFA ( $\bar{x}\pm s$ , °)	94.5±1.0	92.3±1.1*	88.5±1.1 <sup>§</sup>	0.368	0.693	464.764	<0.001
mMPTA ( $\bar{x}\pm s$ , °)	87.0±1.7	87.5±1.6	86.7±1.6 <sup>§</sup>	0.393	0.676	3.046	0.050
JLCA ( $\bar{x}\pm s$ , °)	-1.1±2.7	-1.1±2.6	-4.4±2.5 <sup>§</sup>	0.257	0.774	26.774	<0.001
HKA ( $\bar{x}\pm s$ , °)	171.4±4.3	174.2±4.6*	173.8±3.9*	0.036	0.964	8.520	<0.001

注: 与显著弓形组比较, \* $P < 0.05$ ; 与轻度弓形组比较, <sup>§</sup> $P < 0.05$

表 3 显著弓形组 6 个下肢形态学参数的两两相关性分析

参数	FBA	dAMA	mLDFA	mMPTA	JLCA
FBA	-	-	-	-	-
dAMA	$r=0.570^{**}$	-	-	-	-
mLDFA	$r=0.607^{**}$	$r=0.503^{**}$	-	-	-
mMPTA	$r=-0.102$	$r=0.050$	$r=0.057$	-	-
JLCA	$r=-0.081$	$r=-0.113$	$r=0.029$	$r=0.896^{**}$	-
HKA	$r=-0.233^*$	$r=-0.170$	$r=-0.196$	$r=0.928^{**}$	$r=0.960^{**}$

注: \* $P < 0.05$ , \*\* $P < 0.01$

## 讨 论

本研究通过对下肢影像形态参数的分析,证实了股骨弓形形态与股骨远端关节线的方向密切相关,弓形角越大则股骨远端关节线越倾向于内翻。

### 一、弓形股骨与下肢内翻关系密切

弓形股骨在亚洲各国人群中的占比均高于欧美人种<sup>[5,10-12]</sup>。Lasam 等<sup>[10]</sup>的研究纳入 367 例韩国病人,发现 88% 的 TKA 病例存在弓形股骨,44.2% 的病例 FBA 大于 5°。考虑到 FBA 大于 4° 以上即可对 TKA 股骨假体角度的精确性产生显著的影响<sup>[7,8,13]</sup>,本研究以 FBA > 4° 为界划分显著弓形股骨组,该组在样本总体的占比为 47.6%,而所有弓形股骨病例(FBA > 2°)占比为 77.5%,与文献报道基本一致。组间比较显示,虽然显著弓形组下肢力线 HKA 的内翻较其他两组显著增加( $P < 0.001$ ),但是胫骨侧关节线 mMPTA 内翻并无显著增加( $P$  均 > 0.05),关节内 JLCA 内翻小于非弓形组( $P < 0.001$ )。可见股骨侧关节线 mLDFA 内翻的增加才是弓形股骨病例下肢内翻增加的主要因素,本研究数据也证实显著弓形股骨组的 mLDFA 内翻显著大于其他两组( $P < 0.001$ )。

TKA 术前股骨远端关节线的方向在多数文献<sup>[14-18]</sup>显示处于轻度外翻位(0.5°~3.0°),但弓形股骨在纳入样本中并不多见,亦未单独针对弓形股骨病例分析股骨远端情况。Bellemans 等<sup>[19]</sup>对年轻健康人群的研究也显示股骨远端关节线相对于机械轴轻度外翻(mLDFA=87.9°±0.4°),但纳入人群的股骨弓形形态普遍不明显(FBA=0.20°±1.77°)。弓形股骨较大的 dAMA 使股骨内外髁相应内翻,股骨远端关节线相对于股骨机械轴存在内翻倾向。Mullaji 等<sup>[5]</sup>曾报道印度 TKA 病人相比健康人群存在更大的 FBA 和更内翻的股骨远端关节线,股骨远端关节线在 TKA 组平均内翻 2.6°,而在非手术组平均外翻 1.1°。Lasam 等<sup>[10]</sup>报道的韩国病例中,TKA 组 80.3% 的股骨远

端关节线处于内翻位,31.3% 的关节线内翻超过 3°。本研究显示 92.5% 的 TKA 病例存在膝内翻(HKA < 180°),78.1% 的病例存在关节线内翻(mLDFA > 90°),而 34.2% 的关节线内翻超过 4°(mLDFA > 94°),与文献结果相似。同时,股骨侧关节线的内翻在显著弓形组显著大于轻度弓形组(mLDFA=94.5°±1.0° vs. 92.3°±1.1°,  $P < 0.05$ ),在非弓形组则轻度外翻(mLDFA=88.5°±1.1°),支持弓形股骨是股骨关节线内翻重要因素的观点。

### 二、弓形股骨对 TKA 发展与改良的影响

股骨弓形形态属于膝关节外的内翻因素,而传统 TKA 严格垂直于机械轴截骨,试图通过关节内截骨来纠正关节外的内翻不利于关节软组织的平衡<sup>[20]</sup>。由于弓形股骨下段的外翻角 dAMA 较直股骨显著增大<sup>[5]</sup>,股骨假体垂直于股骨机械轴放置使远端截骨外翻角相应增大<sup>[5,9]</sup>,不仅增加手术误差的风险<sup>[7-8,13]</sup>,也不利于缓解偏高的膝关节内侧软组织张力,使软组织松解的需求增加<sup>[12,21]</sup>。在弓形股骨病例的 TKA 改良倾向于轻度内翻股骨侧截骨并接受术后残留轻度的膝关节内翻。Lee 等<sup>[22]</sup>报道了弓形股骨 TKA 病例在导航下主动选择股骨假体轻度内翻位放置、胫骨假体中立位放置,术后相对于机械轴,股骨假体和肢体力线均残留轻度内翻(股骨假体内翻 2.8°±1.3°,下肢整体内翻 2.8°±1.5°),而功能评分、病人满意度以及假体生存率均有良好表现。股骨侧残留轻度内翻对术后下肢整体力线的影响并不大。

本研究亦存在一定局限性。首先研究对象的选取可能存在偏倚,病人的年龄、性别、种族等特征的偏倚需要更大样本量和多中心的研究方能进一步消除;其次,虽已采取严格的标准化摄片操作,对冠状面二维影像的研究仍无法完全消除肢体旋转体位的不一致性所带来的误差,三维影像分析有助于进一步消除系统误差。再次,股骨髁发育不良和软骨下骨塌陷可能一定程度上影响股骨远端关节线的方向。消除软骨下骨塌陷所致误差需使用三维影像分

析,估算病变前关节面形态;股骨髁发育不良多发生在股骨外髁,一般认为同一肢体正常股骨内外髁的半径大致相等,差异不超过 0.2 mm<sup>[23]</sup>,借助三维 CT 影像参考同侧股骨内髁最大径有助于股骨外髁发育不良的判定和形态学修正<sup>[24]</sup>。

综上所述,弓形股骨存在 KOA 的远端关节线内翻状态,冠状面上 FBA 与关节线内翻角存在显著的相关性。

### 参 考 文 献

- [1] Lotke PA, Ecker ML. Influence of positioning of prosthesis in total knee replacement[J]. *J Bone Joint Surg Am*, 1977, 59(1): 77-79.
- [2] Ritter MA, Faris PM, Keating EM, et al. Postoperative alignment of total knee replacement. Its effect on survival[J]. *Clin Orthop Relat Res*, 1994(299): 153-156.
- [3] Shi X, Li H, Zhou Z, et al. Comparison of postoperative alignment using fixed vs. individual valgus correction angle in primary total knee arthroplasty with lateral bowing femur [J]. *J Arthroplasty*, 2016, 31(5): 976-983.
- [4] Mullaji A, Kanna R, Marawar S, et al. Comparison of limb and component alignment using computer-assisted navigation versus image intensifier-guided conventional total knee arthroplasty: a prospective, randomized, single-surgeon study of 467 knees[J]. *J Arthroplasty*, 2007, 22(7): 953-959.
- [5] Mullaji AB, Marawar SV, Mittal V. A comparison of coronal plane axial femoral relationships in Asian patients with varus osteoarthritic knees and healthy knees [J]. *J Arthroplasty*, 2009, 24(6): 861-867.
- [6] Mullaji AB, Shetty GM, Lingaraju AP, et al. Which factors increase risk of malalignment of the hip-knee-ankle axis in TKA? [J]. *Clin Orthop Relat Res*, 2013, 471(1): 134-141.
- [7] Sebastian AS, Wilke BK, Taunton MJ, et al. Femoral bow predicts postoperative malalignment in revision total knee arthroplasty [J]. *J Arthroplasty*, 2014, 29(8): 1605-1609.
- [8] Yau WP, Chiu KY. Cutting errors in total knee replacement: assessment by computer assisted surgery [J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2008, 16(7): 670-673.
- [9] Almaawi AM, Hutt JRB, Masse V, et al. The impact of mechanical and restricted kinematic alignment on knee anatomy in total knee arthroplasty[J]. *J Arthroplasty*, 2017, 32(7): 2133-2140.
- [10] Lasam MP, Lee KJ, Chang CB, et al. Femoral lateral bowing and varus condylar orientation are prevalent and affect axial alignment of TKA in Koreans[J]. *Clin Orthop Relat Res*, 2013, 471(5): 1472-1483.
- [11] Yau WP, Chiu KY, Tang WM, et al. Coronal bowing of the femur and tibia in Chinese: its incidence and effects on total knee arthroplasty planning [J]. *J Orthop Surg (Hong Kong)*, 2007, 15(1): 32-36.
- [12] Kobayashi H, Akamatsu Y, Kumagai K, et al. Influence of coronal bowing on the lower alignment and the positioning of component in navigation and conventional total knee arthroplasty [J]. *Orthop Traumatol Surg Res*, 2017, 103(2): 251-256.
- [13] Thienpont E, Schwab PE, Cornu O, et al. Bone morphotypes of the varus and valgus knee [J]. *Arch Orthop Trauma Surg*, 2017, 137(3): 393-400.
- [14] McEwen PJ, Dlaska CE, Jovanovic IA, et al. Computer-assisted kinematic and mechanical axis total knee arthroplasty: a prospective randomized controlled trial of bilateral simultaneous surgery [J]. *J Arthroplasty*, 2020, 35(2): 443-450.
- [15] Young SW, Walker ML, Bayan A, et al. The Chitranjan S. Ranawat award : no difference in 2-year functional outcomes using kinematic versus mechanical alignment in tka: a randomized controlled clinical trial [J]. *Clin Orthop Relat Res*, 2017, 475(1): 9-20.
- [16] Howell SM, Papadopoulos S, Kuznik KT, et al. Accurate alignment and high function after kinematically aligned TKA performed with generic instruments [J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2013, 21(10): 2271-2280.
- [17] Theodore W, Twigg J, Kolos E, et al. Variability in static alignment and kinematics for kinematically aligned TKA [J]. *Knee*, 2017, 24(4): 733-744.
- [18] Matsumoto T, Takayama K, Ishida K, et al. Kinematically aligned total knee arthroplasty: alternative standardized technique? [J]. *Ann Transl Med*, 2017, 5(Suppl 1): S10.
- [19] Bellemans J, Colyn W, Vandenuecker 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.
- [20] Thienpont E, Parvizi J. A new classification for the varus knee [J]. *J Arthroplasty*, 2016, 31(10): 2156-2160.
- [21] An VVG, Twigg J, Leie M, et al. Kinematic alignment is bone and soft tissue preserving compared to mechanical alignment in total knee arthroplasty [J]. *Knee*, 2019, 26(2): 466-476.
- [22] Lee HJ, Lim JW, Lee DH, et al. Slight under-correction using individualized intentional varus femoral cutting leads to favorable outcomes in patients with lateral femoral bowing and varus knee [J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2020, 28(5): 1579-1586.
- [23] Howell SM, Howell SJ, Hull ML. Assessment of the radii of the medial and lateral femoral condyles in varus and valgus knees with osteoarthritis [J]. *J Bone Joint Surg Am*, 2010, 92(1): 98-104.
- [24] Niki Y, Nagai K, Sassa T, et al. Comparison between cylindrical axis-reference and articular surface-reference femoral bone cut for total knee arthroplasty [J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2017, 25(12): 3741-3746.

(收稿日期: 2021-09-06)

(本文编辑: 龚哲妮)

### 引用格式

石磊, 王少杰, 叶锋, 等. 内翻型弓形股骨对膝骨性关节炎下肢力线的影响 [J]. *骨科*, 2021, 12(6): 523-528. DOI: 10.3969/j.issn.1674-8573.2021.06.008.