

doi:10.3969/j.issn.2095-4344.2013.43.004 [http://www.crter.org]

李梁, 吴海山. 国人股骨远端形态测量在全膝关节置换与假体设计中的意义[J]. 中国组织工程研究, 2013, 17(43):7521-7526.

## 国人股骨远端形态测量在全膝关节置换与假体设计中的意义\*\*

李 梁<sup>1</sup>, 吴海山<sup>2</sup> (<sup>1</sup>解放军第113医院骨科, 浙江省宁波市 315040; <sup>2</sup>解放军第二军医大学附属上海长征医院, 上海市 200003)

### 文章亮点:

文章的创新点在于: ①通过 CT 断层扫描和三维重建测量了中国人股骨远端形态, 数据显示男女在股骨远端的形态上存在诸多差异。②目前通用的假体在设计上并不能完全与国人膝关节形态相匹配, 有必要针对国人特征对现有假体进行改良。

### 关键词:

骨关节植入物; 人工假体; 股骨远端; 膝关节; 性别差异; CT; 三维重建; 全膝关节置换; 人工假体; 省级基金

### 主题词:

股骨; 关节成形术, 置换, 膝; 成像, 三维; 体层摄影术, 螺旋计算机

### 基金资助:

上海市科委“公关一生物医药”重点项目资助(09441900200)\*, 项目名称: 基于中国人膝关节解剖及运动学特点的假体设计及快速制造技术研究。

### 摘要

**背景:** 详细了解国人的膝关节形态, 从而实现国人个性化、性别差异化全膝关节置换, 并设计研究符合国人特征的膝关节假体, 已越来越受到业界关注。

**目的:** 通过 CT 断层扫描及三维重建测量正常成年国人股骨远端的解剖形态并比较其性别差异。

**方法:** 对 70 名正常成年国人双侧膝关节行 CT 扫描, 男、女各 35 名, 年龄 21-60 岁, 通过三维重建或使用 Picasa 3.0 图像处理软件对其进行拼贴及重叠曝光等处理。在经过处理的图像上分别测量股骨远端前髁角、后髁角、滑车沟角的大小, 股骨远端横径与外侧髁高度及两者之间的比值。

**结果与结论:** ①国人股骨远端后髁角女性大于男性( $P < 0.05$ ); 国人股骨远端前髁角男性大于女性( $P < 0.05$ ); 国人滑车沟角性别间无明显差异。②国人男性的股骨远端横径、股骨远端外侧髁高度及股骨面率(横径/外上髁高度)均大于女性( $P < 0.05$ )。结果可见国人股骨远端的形态与西方人种不同, 存在性别差异。在全膝关节置换中假体的选择及其放置、股骨远端假体在设计时应体现出这些差异, 使之与国人的膝关节形态相匹配。

## Measurement of Chinese distal femur and its significances in total knee arthroplasty and prosthesis design

Li Liang<sup>1</sup>, Wu Hai-shan<sup>2</sup> (<sup>1</sup>Department of Orthopedics, 113 Hospital of PLA, Ningbo 315040, Zhejiang Province, China; <sup>2</sup>Shanghai Changzheng Hospital Affiliated to the Second Military Medical University, Shanghai 200003, China)

### Abstract

**BACKGROUND:** It has become increasingly concerned by the industry to detailed understand the morphology of people's knee joint, thus achieving personalized and gender differentiated total knee arthroplasty, in order to design the knee joint prosthesis that match the characteristics of Chinese people.

**OBJECTIVE:** To measure and characterize the morphological parameters of distal femur of normal adult Chinese people by CT tomography and three-dimensional reconstruction, and to discuss the differences between male and female in morphology of distal femur.

**METHODS:** Seventy normal Chinese adults (35 males and 35 females, aging from 21 to 60 years) received bilateral knee joint CT scan. The scanning images of distal femur which we needed were collected and handled with three-dimensional reconstruction or Picasa 3.0 software for collages and overlapping exposure. The posterior condylar angle, anterior condylar angle and trochlear angle were measured on the images that treated by the software, as well as the transverse diameter of distal femur, lateral condylar height, and the ratio between them.

**RESULTS AND CONCLUSION:** The mean posterior condylar angle of Chinese women was larger than that of Chinese men ( $P < 0.05$ ); the mean anterior condylar angle of Chinese men was larger than that of Chinese women ( $P < 0.05$ ); The transverse diameter of distal femur, lateral condylar height and the femoral surface ratio (diameter/epicondyle height) of Chinese men were larger than those of Chinese women ( $P < 0.05$ ). The results showed that differences exist in morphology of distal femur between Chinese and western people. Also, the differences exist between male and female in Chinese people. These differences should be concerned in the design of femoral prosthesis for Chinese people as well as in selecting and placing of femoral prosthesis before or during the total knee arthroplasty.

李梁★, 男, 1982 年生, 浙江省宁波市人, 汉族, 2012 年解放军第二军医大学毕业, 硕士, 主治医师, 主要从事骨关节外科学研究。  
liliang821004@hotmail.com

通讯作者: 吴海山, 教授, 博士生导师, 主任医师, 解放军第二军医大学附属上海长征医院, 上海市 200003

中图分类号: R318  
文献标识码: A  
文章编号: 2095-4344  
(2013)43-07521-06

收稿日期: 2013-04-13  
修回日期: 2013-06-28  
(201304151/M·C)

Li Liang★, Master, Attending physician, Department of Orthopedics, 113 Hospital of PLA, Ningbo 315040, Zhejiang Province, China  
liliang821004@hotmail.com

Corresponding author: Wu Hai-shan, Professor, Doctoral supervisor, Chief physician, Shanghai Changzheng Hospital Affiliated to the Second Military Medical University, Shanghai 200003, China

Received: 2013-04-13  
Accepted: 2013-06-28

**Subject headings:** femur; arthroplasty, replacement, knee; imaging, three-dimensional; cicatrix, hypertrophic  
**Funding:** "Public Relations-Biological Medicine" Key Project of Shanghai Science and Technology Commission, No. 09441900200\*

Li L, Wu HS. Measurement of Chinese distal femur and its significances in total knee arthroplasty and prosthesis design. Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu. 2013;17(43):7521-7526.

## 0 引言 Introduction

全膝关节置换作为一种严重膝关节疾患的终极治疗方案,目前已在我国各大中城市广泛开展,并获得了令人满意的疗效。据国内文献报道其10-15年的生存率为85%-90%<sup>[1]</sup>,西方学者报道全膝关节置换后20年的优良率在90%左右<sup>[2-3]</sup>,同时其置换后可能出现的各种并发症也逐渐受到了广泛的关注。

全膝关节置换后并发症的出现涉及到诸多因素,其中合理的膝关节假体设计以及定位对于置换后相关并发症的预防尤为重要<sup>[4]</sup>。目前,并没有根据中国人种专门设计相应假体。因此,全面地收集国人膝关节,寻找国人膝关节在形态学上区别于西方人种的各项参数及其性别差异,并以此为参照,设计出符合国人形态特征的假体,具有广泛的临床实用价值。

## 1 对象和方法 Subjects and methods

**设计:** CT断层扫描及三维重建测量正常成年人股骨远端的解剖形态。

**时间及地点:** 于2010年2月至2012年5月在解放军第二军医大学附属上海长征医院完成。

**对象:** 选择70名正常成年人,男35名,女35名,年龄21-60岁,平均41.5岁,其中男性平均年龄为42.2岁(21-60岁),女性平均年龄为40.7岁(27-57岁)。所有参与者均行双膝关节CT扫描。筛选条件:①女性为非妊娠期及哺乳期妇女。②参与者在日常生活中无任何双下肢关节明显疼痛。③双下肢无严重外伤史、膝关节既往未施行过手术治疗。④既往无严重膝关节疾患,无双下肢畸形及发育异常。⑤所有参与人员为自愿参与,并被告知相关风险。

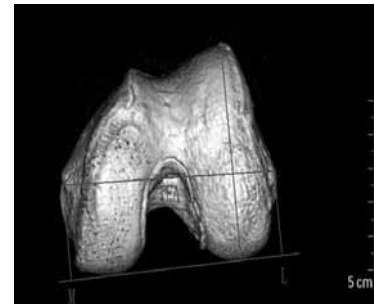
### 方法:

**膝关节CT扫描:** 受试者仰卧位,面朝上,下肢完全放平,肢体伸展,自然放松,双下肢保持伸直中立位,CT断层扫描方向与股骨远端内、外侧关节面的水平面平行。扫描范围:自髌骨上极以上5 cm至胫骨平台远端。实验研究所用的CT为德国SIEMENS公司生产的Somatom Sensation 64层CT,层厚为1 mm。

### 图像处理及相关参数的测量:

国人股骨远端横径(medial-lateral, ML)、外侧前后径(lateral anterior-posterior, LAP)及股骨面率(ML/LAP)的

测量:对CT扫描所得的断层图像进行三维重建,在所获得的三维图像上,分别作后髁线(PCL)、股骨远端内髁最凹点与外髁最凸点的连线(髁上轴, TEA)、外上髁最高点至后髁线的垂线,分别与后髁线相交并标记, ML即为内外径, LAP即为外侧髁高度,见图1, 2。分别测量内外径、外侧髁高度的具体数值,并计算股骨面率(ML/LAP)。



注: ML 即为股骨远端横径。

图 1 股骨远端横径的定位与标记

Figure 1 Location and labeling of transverse diameter of distal femur

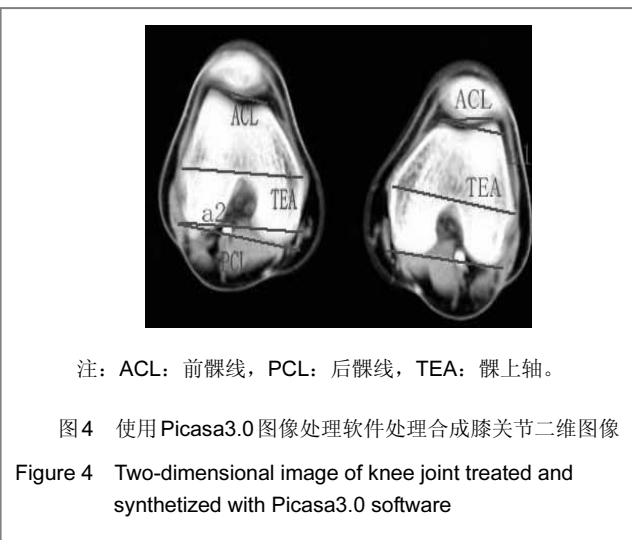
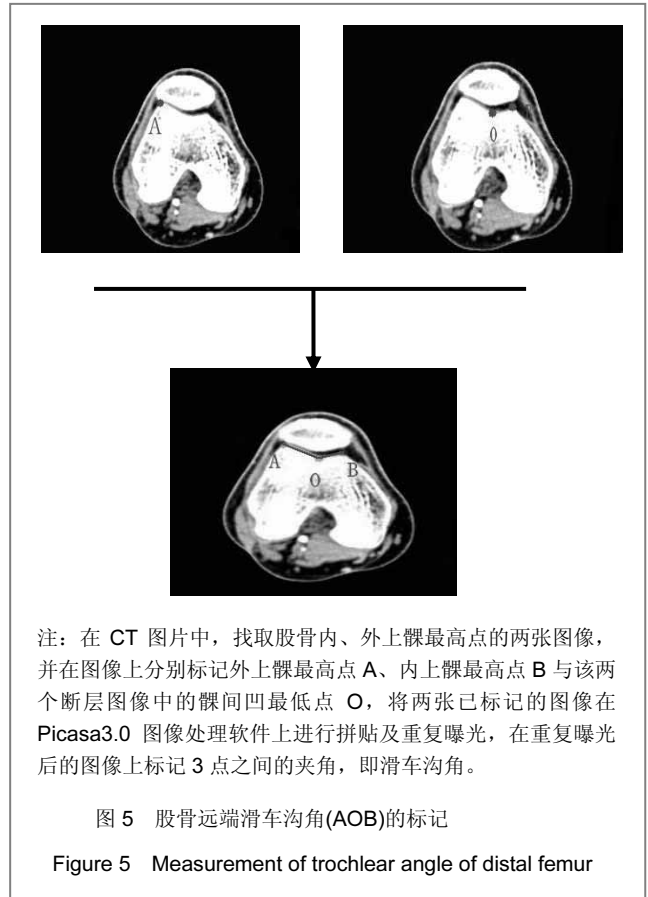


注: 侧位重建片可见 LAP 即为股骨外侧髁高度。

图 2 股骨外侧髁高度的定位与标记

Figure 2 Location and labeling of lateral condylar height

国人股骨远端后髁角(PCA)、前髁角(ACA)的测量:  
 ①从扫描所得的CT影像资料中根据要求选取所需层面的图像,见图3,使用Picasa3.0图像处理软件对所选图像进行拼贴及重复曝光,使其叠加在合成膝关节二维图像,见图4。②在重复曝光后所形成的图像上分别标记后髁线(PCL)、前髁线(ACL)及髁上轴(TEA)。③在图4上做髁上轴的平行线a1、a2分别与前髁线、后髁线相交,测量前髁线与a1的夹角(ACA)、后髁线与a2的夹角(PCA)。



国人股骨远端滑车沟角的测量：滑车沟角在CT断层成像中，每张CT断层图像均对应一个滑车沟角，且数值呈动态变化的趋势，而且在膝关节伸曲过程中，滑车沟角也随之发生变化，因此很难界定其具体数值。本实验所定义的滑车沟角为外上髁最高点A、内上髁最高点B与该两个断层图像中的髁间凹最低点O之间形成的夹角，在临床工作及假体测量上较容易定位。①在CT图片中，找取股骨内、外上髁最高点的两张图像，并在图像上分别标记外上髁最高点A、内上髁最高点B与该两个断层图像中的髁间凹最低点O。②将两张已标记的图像在Picasa3.0图像处理软件上进行拼贴及重复曝光。③在重复曝光后的图像上标记3点之间的夹角(即滑车沟角AOB)并测量，见图5。

**主要观察指标：**股骨远端前髁角(ACA)、后髁角(PCA)、股骨远端内外髁最高点之间的滑车沟角度(AOB)、股骨远端横径(ML)、外上髁高度(LAP)及两者之间比值的大小，即股骨面率(ML/LAP)。

**统计学分析：**按照上述方法处理所有70名受检者的影像学资料，分别对所得图像进行测量并记录数值，每个参数均测量3次，取平均值作为最终测量数值。使用SPSS16.0统计软件对数据进行统计学分析(角度均数保留小数点后1位，比值均数保留小数点后2位，采用四舍五入法修正数值)。采用t检验比较性别间的差异性(前提为经统计分析符合方差齐性，如方差不齐，则改用非参数检验的方法)，定义 $P \leq 0.05$ 为差异有显著性意义。

## 2 结果 Results

**2.1 国人股骨远端后髁角(PCA)的测量结果** 国人股骨远端后髁角的平均值为 $(5.8 \pm 1.4)^\circ$ ，其中男性股骨远端后髁角为 $(5.3 \pm 1.3)^\circ$ ，女性股骨远端后髁角为 $(6.3 \pm 1.2)^\circ$ 。男女性股骨远端后髁角数值均符合方差齐性( $F=0.14, P > 0.05$ )，经独立样本t检验，国人股骨远端后髁角大小的性别差异有显著性意义，女性大于男性( $t=3.56, P < 0.05$ )，见表1，所测得的股骨远端后髁角的标准差较大，其数值接近平均值的1/4，说明国人股骨远端后髁角大小的变异程度较大。

表 1 正常成年人 70 名股骨远端后髁角的测量结果

Table 1 Measurement results of posterior condylar angle of distal femur of 70 normal adult Chinese people ( $\bar{x}\pm s$ )

性别	后髁角(°)
男性	5.3±1.3
女性	6.3±1.2
总体	5.8±1.4
<i>t</i>	3.56
<i>P</i>	0.001

注: 国人股骨远端后髁角大小的性别差异有显著性意义, 女性大于男性。

**2.2 国人股骨远端前髁角的测量结果** 国人股骨远端前髁角的平均值为(9.0±1.4)°, 其中男性股骨远端前髁角为(9.4±1.3)°, 女性为(8.5±1.2)°。男女性股骨远端前髁角符合方差齐性( $F=0.23, P > 0.05$ ), 经独立样本 *t* 检验, 国人股骨远端前髁角性别差异有显著性意义, 男性大于女性( $t=2.87, P < 0.05$ ), 见表2。

表 2 正常成年人 70 名股骨远端前髁角的测量结果

Table 2 Measurement results of anterior condylar angle of distal femur of 70 normal adult Chinese people ( $\bar{x}\pm s$ )

性别	前髁角(°)
男性	9.4±1.3
女性	8.5±1.2
总体	9.0±1.4
<i>t</i>	2.87
<i>P</i>	0.005

注: 国人股骨远端前髁角性别间差异有显著性意义, 男性大于女性。

**2.3 国人滑车沟角的测量结果** 国人滑车沟角的平均值为(130.2±9.9)°, 其中男性为(129.1±9.0)°, 女性为(131.3±10.8)°。男女性滑车沟角的大小符合方差齐性( $F=1.06, P > 0.05$ ), 经独立样本 *t* 检验, 国人滑车沟角大小的性别差异无显著性意义( $t=0.94, P > 0.05$ ), 见表3。

表 3 正常成年人 70 名股骨远端滑车沟角大小的测量结果

Table 3 Measurement results of trochlear angle of distal femur of 70 normal adult Chinese people ( $\bar{x}\pm s$ )

性别	滑车沟角(°)
男性	129.1±9.0
女性	131.3±10.8
总体	130.2±9.9
<i>t</i>	0.94
<i>P</i>	0.352

注: 国人滑车沟角大小的性别差异无显著性意义。

**2.4 国人股骨远端横径、外侧髁高度及股骨面率的测量结果** 国人股骨远端横径的平均值为(78.9±6.3) mm, 其中男性平均值为(83.8±4.5) mm, 女性平均值为(73.9±3.1) mm, 性别间差异有显著性意义( $P < 0.05$ ), 男性大于女性。国人股骨远端外侧髁高度的平均值为(62.9±4.4) mm, 其中男性平均值为(66.3±2.8) mm, 女性平均值为(59.5±2.8) mm, 性别间差异有显著性意义( $P < 0.05$ ), 男性大于女性。国人股骨面率的平均值为1.25±0.03; 其中男性平均值为1.26±0.03, 女性平均值为1.24±0.04, 经独立样本 *t* 检验证实股骨面率的大小在性别间差异有显著性意义( $P < 0.05$ ), 男性大于女性, 见表4。

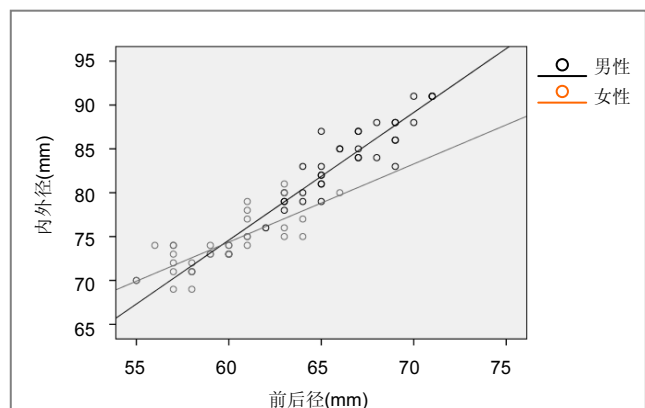
表 4 正常成年人 70 名股骨远端横径、外侧髁高度及两者比值的测量结果

Table 4 Measurement results of transverse diameter of distal femur, lateral condylar height and the ratio of transverse diameter/lateral condylar height of distal femur of 70 normal adult Chinese people ( $\bar{x}\pm s$ )

性别	股骨远端横径(mm)	外侧髁高度(mm)	股骨远端横径/外侧髁高度
男性	83.8±4.5	66.3±2.8	1.26±0.03
女性	73.9±3.1	59.5±2.8	1.24±0.04
总体	78.9±6.3	62.9±4.4	1.25±0.03
<i>P</i>	0.000	0.000	0.010

注: 国人股骨远端横径、外侧髁高度及股骨面率的大小在性别间差异有显著性意义, 男性大于女性。

从散点图上不难发现, 国人男性与女性在股骨远端横径和外侧髁高度的数值分布上存在明显的差异, 散点图上的斜率(ML/LAP)正反映了股骨面率的大小, 代表男性股骨面率均值的直线的斜率大于女性, 男性为1.26, 女性为1.24, 见图6。



注: 男性股骨面率均值的直线的斜率大于女性。

图 6 正常成年人 70 名股骨面率分布散点图

Figure 6 Scatter plot of femoral surface ratio (diameter/epicondyle height) of 70 normal adult Chinese people

### 3 讨论 Discussion

**3.1 股骨远端旋转对线特征及其性别差异在全膝关节置换中的意义** 在全膝关节置换中, 髌股关节相关并发症是置换后常见的并发症之一, 也是影响置换成功率及置换后关节活动度的重要因素之一, 其发生往往与髌骨轨迹异常有关<sup>[5-6]</sup>。其中, 股骨假体旋转对线不良是置换后引起髌股轨迹异常的主要原因之一。

将后髌线作为参照来确定股骨远端旋转对线的方法早已广泛应用于全膝关节置换中。国外学者已通过大量的研究证实, 西方人种的股骨远端后髌角的外旋角度为 $3^{\circ}$ 左右<sup>[7-8]</sup>。因此, 目前市场上广泛使用的各类型进口假体, 基本沿用了相对于后髌线外旋 $3^{\circ}$ 后髌截骨的方式, 或者直接通过局部假体厚度的调整将假体设计为 $3^{\circ}$ 外旋。

尽管如此, 使用股骨后髌参照, 进行外旋 $3^{\circ}$ 截骨的手术方式依然存在有一定的局限性。目前市场上通用的假体基本从欧美进口, 或仿制这类假体设计而成。但这类假体在设计时所参照的是西方人种的解剖形态学特征, 并且没有充分考虑到股骨远端后髌角可能存在的性别差异, 而且国人股骨远端后髌角的大小及其性别差异上与西方人种也可能存在不同。Yip等<sup>[9]</sup>通过对41例尸体进行直接测量后, 报道国人男性股骨远端后髌角为 $(5.1\pm 1.9)^{\circ}$ , 国人女性的股骨远端后髌角为 $(5.8\pm 1.8)^{\circ}$ , 性别差异有显著性意义。

这次实验结果与Yip等<sup>[9]</sup>的测量结论比较接近。根据上述实验结果并分析, 作者认为: 国人在接受全膝关节置换时, 理论上不应当完全按照国外及假体制造厂商所提供的标准, 尤其在使用传统的后髌参照截骨时, 男性的外旋角度应选择 $5^{\circ}$ , 女性应选择 $6^{\circ}$ 较为适宜。

**3.2 国人股骨远端滑车形态的性别差异及其在假体设计中的意义** 髌股关节是膝关节的重要组成部分, 其存在增加了伸膝装置的力臂<sup>[10]</sup>, 并对股四头肌的作用方向起导向作用, 在膝关节屈伸运动中发挥着不可替代的作用。由于髌股关节形态的多样性, 使髌股关节问题成为全膝关节置换后最常见并发症之一。

在这次实验中, 通过对国人股骨远端前髌角及滑车沟角的测量来间接地反映国人股骨滑车的形态特征。结果显示, 国人滑车沟角平均为 $(130.2\pm 9.9)^{\circ}$ , 其中男性为 $(129.1\pm 9.0)^{\circ}$ , 女性为 $(131.3\pm 10.8)^{\circ}$ , 在性别间无明显差异。这个结果与国外某品牌女性假体设计中需要增加滑车沟角的结论不完全相同。基于这次实验结果, 作者认为在设计国人女性膝关节假体时并不需要在传统型假体滑车沟的角度上进行过多的修正。

**3.3 国人股骨面率(ML/LAP)性别差异在全膝关节置换及膝关节假体设计中的意义** 全膝关节置换后的效果

优良与否与诸多因素相关, 其中不能忽略膝关节假体与患者的匹配程度对置换后疗效的影响, 因为全膝关节置换后很多并发症与假体和截骨面不匹配相关<sup>[11-13]</sup>。

西方学者曾就西方人种在股骨远端的性别差异进行过解剖学研究, 这些研究认为: 女性股骨远端不仅小于男性, 而且其形态上较男性更为狭窄<sup>[14-16]</sup>, 即女性股骨面率小于男性: 如Chin等<sup>[14]</sup>报道了其测量的男性股骨面率值为1.27, 女性为1.22。据各项资料统计, 女性出现骨关节炎、骨质疏松、自身免疫性疾病的风险高于男性<sup>[17-21]</sup>, 接受全膝关节置换的患者中, 近60%为女性患者<sup>[22-23]</sup>。而目前市场上所使用的膝关节假体, 绝大多数为男女通用型假体, 因此在全膝关节置换中使用传统型通用假体, 便可能出现与性别差异相关的并发症。Clarke等<sup>[24]</sup>发现在高加索人种中, 使用传统的通用型膝关节假体时, 女性股骨部件内外侧出现假体外悬(overhanging)的概率为17%, 而在男性患者中未发现此类情况。

实验证实国人股骨面率男性大于女性, 分析认为女性患者在接受全膝关节置换后理论上更容易出现假体不匹配的情况: 如股骨部件内外侧尺寸偏大造成假体外悬(overhanging), 导致膝关节假体的内外两端对两侧软组织长期的挤压和碰撞; 或出现过度充填(overstuffing)的情况, 造成髌股关节压力异常, 影响术后的伸膝功能。理论上, 国人女性同样会遇到如国外文献报道的出现因假体匹配不良而导致置换后疗效欠佳的情况。因此, 根据性别差异设计研制新型的女性假体, 有其理论依据。

实验所测得国人股骨面率的大小与市场上广泛使用的几种进口(或合资)假体的股骨面率的数值存在一定差异。张建等<sup>[25]</sup>曾对几个主要品牌的假体进行测量, 发现这些假体的股骨面率平均值为1.08-1.16。实验所测得的国人的股骨面率均大于这些测量数值, 间接地反映了国人与西方人种的股骨远端形态差异。因此在国人膝关节假体股骨面率的设置上, 应当略大于目前所普遍使用的假体, 使其更符合国人形态特征。

由于受到受检者的人数、年龄分布、体形特征差异及地域等方面的限制, 实验的结果并不能完全代表中国正常人群股骨远端的形态学特征。因此, 在后续工作中, 会继续搜集相关资料, 完善数据库, 并逐步改进测量方法, 使得结果更加准确和全面。下一步, 将根据数据库的资料, 并对国人膝关节及其假体的生物力学特性等方面进行研究, 通过电脑模拟等方法设计并改进现有的假体。

**作者贡献:** 实验设计为李梁、吴海山, 实验实施为李梁, 实验评估为李梁、吴海山, 资料收集为李梁。李梁成文, 吴海山审校, 吴海山对文章负责。

**利益冲突:** 课题未涉及任何厂家及相关雇主或其他经济组

织直接或间接的经济或利益的赞助。

**伦理要求:** 入选 70 例正常成年人均自愿参加实验。并由解放军第二军医大学伦理委员会批准。

**学术术语:** 股骨后髁轴是连接股骨后髁后侧最突出点的切线, 在术中可以直视定位。

**作者声明:** 文章为原创作品, 数据准确, 内容不涉及泄密, 无一稿两投, 无抄袭, 无内容剽窃, 无作者署名争议, 无与他人课题以及专利技术的争执, 内容真实, 文责自负。

#### 4 参考文献 References

- [1] 吕厚山. 膝关节置换的进展和现状[J]. 中华外科杂志, 2004, 42(1): 30-33.
- [2] Keating EM, Meding JB, Faris PM, et al. Long-term followup of nonmodular total knee replacements. Clin Orthop Relat Res. 2002;(404):34-39.
- [3] Buechel FF Sr. Long-term followup after mobile-bearing total knee replacement. Clin Orthop Relat Res. 2002;(404):40-50.
- [4] Tosi LL, Boyan BD, Boskey AL. Does sex matter in musculoskeletal health? The influence of sex and gender on musculoskeletal health. J Bone Joint Surg Am. 2005;87(7): 1631-1647.
- [5] Akagi M, Matsusue Y, Mata T, et al. Effect of rotational alignment on patellar tracking in total knee arthroplasty. Clin Orthop Relat Res. 1999;(366):155-163.
- [6] Worland RL, Jessup DE, Vazquez-Vela Johnson G, et al. The effect of femoral component rotation and asymmetry in total knee replacements. Orthopedics. 2002;25(10):1045-1048.
- [7] Berger RA, Rubash HE, Seel MJ, et al. Determining the rotational alignment of the femoral component in total knee arthroplasty using the epicondylar axis. Clin Orthop Relat Res. 1993;(286):40-47.
- [8] Griffin FM, Insall JN, Scuderi GR. The posterior condylar angle in osteoarthritic knees. J Arthroplasty. 1998;13(7):812-815.
- [9] Yip DK, Zhu YH, Chiu KY, et al. Distal rotational alignment of the Chinese femur and its relevance in total knee arthroplasty. J Arthroplasty. 2004 ;19(5):613-619.
- [10] Fulkerson JP, Hungerford DS. Biomechanics of the patellofemoral joint[A]// Disorders of the patellofemoral joint[M]. Baltimore: Williams & Wilkins, 1990:25-41.
- [11] Hofmann AA, Evanich JD, Ferguson RP, et al. Ten- to 14-year clinical followup of the cementless Natural Knee system. Clin Orthop Relat Res. 2001;(388):85-94.
- [12] Freeman MA, Todd RC, Bamert P, et al. ICLH arthroplasty of the knee: 1968--1977. J Bone Joint Surg Br. 1978;60-B(3): 339-344.
- [13] Insall IN. Revision of aseptic failed total knee arthroplasty[A]//W. Norman Scott. Insall & Scott Surgery of the Knee. New York: Churchill Livingstone, 1993:935-957.
- [14] Chin KR, Dalury DF, Zurakowski D, et al. Intraoperative measurements of male and female distal femurs during primary total knee arthroplasty. J Knee Surg. 2002;15(4): 213-217.
- [15] Hitt K, Shurman JR 2nd, Greene K, et al. Anthropometric measurements of the human knee: correlation to the sizing of current knee arthroplasty systems. J Bone Joint Surg Am. 2003;85-A Suppl 4:115-122.
- [16] Lonner JH, Jasko JG, Thomas BS. Anthropomorphic differences between the distal femora of men and women. Clin Orthop Relat Res. 2008;466(11):2724-2729.
- [17] Tosi LL, Boyan BD, Boskey AL. Does sex matter in musculoskeletal health? The influence of sex and gender on musculoskeletal health. J Bone Joint Surg Am. 2005;87(7): 1631-1647.
- [18] Csintalan RP, Schulz MM, Woo J, et al. Gender differences in patellofemoral joint biomechanics. Clin Orthop Relat Res. 2002;(402):260-269.
- [19] Kurtz S, Mowat F, Ong K, et al. Prevalence of primary and revision total hip and knee arthroplasty in the United States from 1990 through 2002. J Bone Joint Surg Am. 2005;87(7): 1487-1497.
- [20] Poilvache PL, Insall JN, Scuderi GR, et al. Rotational landmarks and sizing of the distal femur in total knee arthroplasty. Clin Orthop Relat Res. 1996;(331):35-46.
- [21] Ritter MA, Harty LD, Davis KE, et al. Predicting range of motion after total knee arthroplasty. Clustering, log-linear regression, and regression tree analysis. J Bone Joint Surg Am. 2003;85-A(7):1278-1285.
- [22] Rand JA, Ilstrup DM. Survivorship analysis of total knee arthroplasty. Cumulative rates of survival of 9200 total knee arthroplasties. J Bone Joint Surg Am. 1991;73(3):397-409.
- [23] Font-Rodriguez DE, Scuderi GR, Insall JN. Survivorship of cemented total knee arthroplasty. Clin Orthop Relat Res. 1997;(345):79-86.
- [24] Clarke HD, Hentz JG. Restoration of femoral anatomy in TKA with unisex and gender-specific components. Clin Orthop Relat Res. 2008;466(11):2711-2716.
- [25] 张建, 董纪元, 付忠田. 人膝关节尺寸与5种人工膝关节假体尺寸的对照[J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2009, 13(4):635-638.