

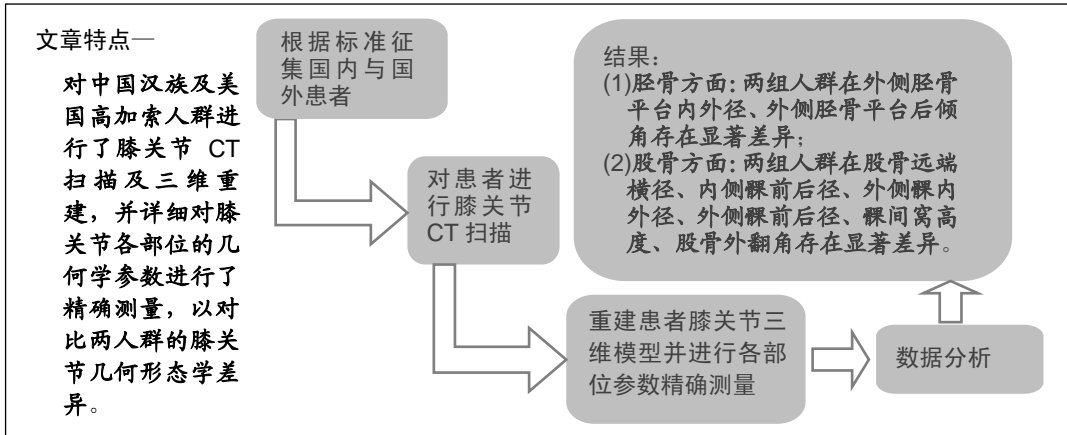
中国汉族人与美国高加索白人膝关节几何形态的比较

龚恒^{1,2}, 黄斌^{1,2}, 付立功², 刘华玮², 陈连旭^{1,2} (清华大学临床医学院, 北京市 100084; ²清华大学附属北京清华长庚医院骨科, 北京市 102218)

DOI:10.3969/j.issn.2095-4344.2897

ORCID: 0000-0002-3766-5386(龚恒)

文章快速阅读:



龚恒, 男, 1996 年生, 四川省成都市人, 汉族, 清华大学临床医学院在读硕士, 医师, 主要从事软骨组织再生及关节置换等研究。

通讯作者: 陈连旭, 博士, 主任医师, 副教授, 清华大学临床医学院, 北京市 100084; 清华大学附属北京清华长庚医院骨科, 北京市 102218

文献标识码: B

投稿日期: 2020-02-26

送审日期: 2020-03-04

录用日期: 2020-03-20

在线日期: 2020-06-03



文题释义:

膝关节置换: 其步骤大致为: 采用膝关节内侧弧形切口或正中切口, 切开发节囊, 暴露关节, 清除半月板、滑膜等软组织, 对股骨远端和胫骨近端进行截骨, 安装假体, 评估下肢力线, 处理髌骨, 逐层缝合。该术式是目前治疗严重膝骨关节病的重要方法。

胫骨平台后倾角: 是指胫骨平台平面在矢状面上与水平面所呈的一个夹角, 该角度的存在增大了膝关节的屈曲功能, 在进行膝关节置换过程中恢复该角度的正常大小极为重要, 直接与患者术后膝关节功能、假体寿命等相关。

摘要

背景: 有研究显示中国人膝关节胫骨近端前后径和横径均小于美国高加索人, 所以在膝关节形态学方面存在一定差异, 因此常发生进口假体系统应用于国人后出现匹配度不高的现象。

目的: 测量中国人和美国人股骨远端、胫骨近端的几何形态学参数, 比较其差异。

方法: 选择北京清华长庚医院骨科拟行前交叉韧带重建的中国汉族患者 50 例, 以及美国匹兹堡大学运动医学中心拟行前交叉韧带重建的高加索白人后裔患者 40 例, 对 90 例受试者膝关节进行 CT 扫描, 使用 AW Volume Share 5 软件进行三维重建, 利用 Geomagic 软件对胫骨近端和股骨远端的各项参数进行测量。

结果与结论: ①股骨远端测量参数中, 中国人的外侧胫骨平台内外径小于美国人($P=0.027$), 外侧胫骨平台后倾角大于美国人($P<0.05$); 两组间胫骨平台内外径、内侧胫骨平台外径、内侧胫骨平台前后径、外侧胫骨平台前后径与内侧胫骨平台后倾角比较差异均无显著性意义($P>0.05$); ②股骨远端测量参数中, 中国人的股骨远端横径、外侧髁内外径、内侧髁前后径、外侧髁前后径及髁间窝高度均小于美国人($P<0.05$), 股骨外翻角大于美国人($P<0.05$); 两组间内侧髁内外径、髁间窝宽度及滑车沟宽度比较差异无显著性意义($P>0.05$); ③结果表明, 中国人与美国人在膝关节形态学的多个参数存在差异, 有必要针对中国人设计更为个性化的膝关节假体。

关键词:

骨; 膝; 关节; 假体; 植入物; 全膝关节置换; 股骨远端; 胫骨近端; 形态学; 测量

中图分类号: R459.9; R322-33; R687.4+2

Gong Heng, Master candidate, Physician, School of Clinical Medicine, Tsinghua University, Beijing 100084, China; Department of Orthopedics, Beijing Tsinghua Changgung Hospital Affiliated to Tsinghua University, Beijing 102218, China

Corresponding author:

Chen Lianxu, MD, Chief physician, Associate professor, School of Clinical Medicine, Tsinghua University, Beijing 100084, China; Department of Orthopedics, Beijing Tsinghua Changgung Hospital Affiliated to Tsinghua University, Beijing 102218, China

Comparison of knee geometry between Chinese Han people and American Caucasians

Gong Heng^{1,2}, Huang Bin^{1,2}, Fu Ligong², Liu Huawei², Chen Lianxu^{1,2} (¹School of Clinical Medicine, Tsinghua University, Beijing 100084, China; ²Department of Orthopedics, Beijing Tsinghua Changgung Hospital Affiliated to Tsinghua University, Beijing 102218, China)

Abstract

BACKGROUND: Some studies have shown that the anterior and posterior diameters and transverse diameters of the proximal tibia of the Chinese knee are smaller than those of the Caucasian in the United States, so there are some differences in the morphology of the knee, so the phenomenon of low matching

degree often occurs when the imported prosthesis system is applied to the Chinese.

OBJECTIVE: To measure the geometric parameters of the distal femur and the proximal tibia of Chinese and American, compare the differences.

METHODS: The 50 Chinese Han patients planned to undergo anterior cruciate ligament reconstruction in the Department of Orthopedics, Beijing Tsinghua Changgung Hospital and 40 Caucasian patients planned for anterior cruciate ligament reconstruction at the University of Pittsburgh Sports Medicine Center were selected. The knee joints of 90 subjects were scanned by Computed Tomography.

Three-dimensional reconstruction was performed by AW Volume Share 5 software. The Geomagic software was used to measure the parameters of the distal femur and proximal tibia.

RESULTS AND CONCLUSION: (1) In the measurement parameters of the proximal femur, the inner and outer diameters of the lateral tibial plateau in Chinese were smaller than those of the American ($P=0.027$), and the posterior inclination of the lateral tibial plateau was greater in Chinese than that of the American ($P < 0.05$). There was no significant difference in the inner and outer diameters of the tibial plateau, the outer diameter of the medial tibial plateau, the anteroposterior diameter of the medial tibial plateau, the anteroposterior diameter of the lateral tibial plateau, and the posterior inclination angle of the medial tibial plateau between the two groups ($P > 0.05$). (2) In the measurement parameters of the distal femur, the transverse diameter of the distal femur, the medial and lateral diameters of the lateral condyle, the anteroposterior diameter of the medial condyle, the anteroposterior diameter of the lateral condyle, and the height of the intercondylar fossa were all less in Chinese than those of the American ($P < 0.05$); the valgus angle of the Chinese femur was greater than that of the American ($P < 0.05$). There was no significant difference in the inner and outer diameters of the medial condyle, the width of the intercondylar notch and the width of the trochlear groove between the two groups ($P > 0.05$). (3) There are some differences in many parameters of knee morphology between Chinese and American. It is necessary to design more individualized knee joint prosthesis for Chinese.

Key words: bone; knee; joint; prosthesis; implant; total knee replacement; distal femur; proximal tibia; morphology; measurement

0 引言 Introduction

全膝关节置换被誉为20世纪骨科学发展的重要里程碑,其适应证包括严重骨关节炎、风湿性关节炎、膝关节严重创伤等,已被广泛应用于临床。手术过程中“截骨”是极为重要的步骤,而膝关节假体与截骨面之间的匹配度是影响人工全膝关节置换手术成功与否及术后疗效的关键因素。目前中国进行膝关节置换时所使用的膝关节假体系统,大部分都是依据西方人膝关节形态学参数所设计的。由于人种之间存在一定差异,中国人乃至东亚人种的体型相较高加索人种都相对矮小。有研究表明,中国人的膝关节胫骨近端前后径和横径均小于高加索人^[1],所以二者在膝关节形态学方面存在一定差异,导致进口假体系统应用于国人后匹配度不高的现象经常发生。相关研究表明,膝关节假体与截骨面的不适应会明显引发患者膝关节疼痛及活动受限,影响膝关节的正常功能^[2]。也有文献说明世界各个民族之间的膝关节形态学数据均存在一定差异^[3]。因此研究中西方人股骨远端和胫骨近端的几何学形态差异,设计适合于中国人自己的人工关节假体很有必要。

试验中为获得膝关节的相关几何学参数,使用电子计算机断层扫描技术(CT)扫描了中、美两国人股骨远端、胫骨近端,获得相关数据,进一步用AW Volume share 5软件进行三维重建,获得准确的股骨远端和胫骨近端三维图像,然后利用Geomagic软件对股骨远端和胫骨近端进行测量,将所得的数据进行比较,发现中、美两国人膝关节的形态学差异。

1 对象和方法 Subjects and methods

1.1 设计 临床调查研究。

1.2 时间及地点 美国高加索人病例样本来源于2013年11月至2014年10月美国匹兹堡大学运动医学中心,中国样本来源于2015年1月至12月北京清华长庚医院。

1.3 对象 50例中国人,汉族,为北京清华长庚医院骨科进行前交叉韧带重建手术患者,男女比例和左右膝比例均

为1:1,年龄19-46岁,平均身高165.85 cm,平均体质量63.04 kg,平均体质量指数22.90 kg/m²。40例美国人,高加索白人后裔,为美国匹兹堡大学运动医学中心进行前交叉韧带重建手术患者,男女比例和左右膝比例均为1:1,年龄33-55岁,平均身高为168.4 cm,平均体质量为75 kg,平均体质量指数为26.45 kg/m²。所有入组人员均对试验知情同意。

入选标准: 所有患者无明显骨关节炎、风湿性或类风湿性关节炎表现,无膝关节畸形,既往能进行正常的体力活动,膝关节屈曲、伸直、内旋、外旋等功能正常,既往无膝关节外伤或手术史。

1.4 方法

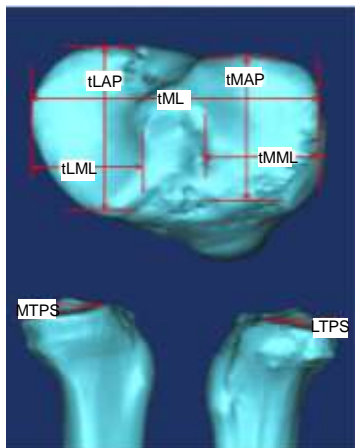
1.4.1 CT扫描与三维重建 所有膝关节均利用美国GE公司 Discovery 750 64排双源CT进行扫描,膝关节伸直中立位,CT焦距对准膝关节中心,CT扫描为患者整个下肢:自足底到股骨头。以关节线上、下方各20 cm为主要参考区域,断面扫描方向与股骨远端内、外髁关节面的水平面平行,层厚2.5 mm,间隔2.5 mm。利用GE公司的 Advantage workstation volume share 5软件将CT扫描数据进行三维重建成像,再利用Geomagic软件进行股骨远端和胫骨近端的测量。

90例膝关节CT扫描后,由同一医师进行三维重建。由2个不同的骨科医生分别进行独立的参数测定,最后取2次测定数据的均值做为最终测量结果。

1.4.2 图像和参数测量

胫骨近端参数的测量: 根据CT扫描结果重建胫骨近端三维图像(图1)。其中胫骨近端测量的参数为:①将胫骨平台中前部横径最大处定义为胫骨平台内外径;②以胫骨内、外侧髁间嵴为界,将胫骨平台划分为内侧胫骨平台和外侧胫骨平台,垂直于胫骨平台内外径线,取内、外侧胫骨平台最长前后径为内侧胫骨平台前后径和外侧胫骨平台前后径;③垂直于内侧胫骨平台前后径,取内、外侧胫骨平台

最长径为内侧胫骨平台横径和外侧胫骨平台横径; ④取膝关节中心点与踝关节中心点, 用直线连接2点, 将该线定义为胫骨机械轴, 因为胫骨解剖轴与机械轴相平行^[4], 遂在后期进行胫骨侧方投影时可将该机械轴作为胫骨解剖轴; ⑤将内侧胫骨平台矢状面进行投影, 在矢状面上做一内侧胫骨平台切线, 垂直于胫骨解剖轴做另一条线, 将该线与内侧胫骨平台切线之间的夹角定义为内侧胫骨平台后倾角, 以同样的方式定义外侧胫骨平台后倾角。共7个胫骨测量参数。

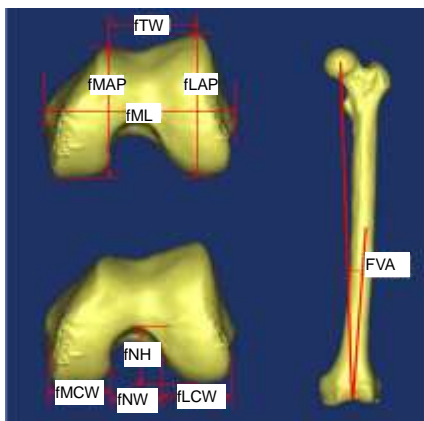


图注: tML: 胫骨平台内外径; tMML: 内侧胫骨平台内外径; tLML: 外侧胫骨平台内外径; tMAP: 内侧胫骨平台前后径; tLAP: 外侧胫骨平台前后径; MTPS: 内侧胫骨平台后倾角; LTPS: 外侧胫骨平台后倾角

图1 胫骨近端的三维图像和测量参数

Figure 1 Three-dimensional image of proximal tibia and measurement parameters

股骨远端参数的测量: 根据CT扫描结果重建股骨远端三维图像(图2)。其中胫骨远端测量的参数为: ①取股骨头中心点和膝关节中心点, 连接2点得到一条连线, 该线为股骨的机械轴, 股骨机械轴与股骨解剖轴之间的夹角为股骨外翻角; ②取股骨远端髁骨面内侧最高点和内侧髁最低点, 将两者之间的垂直距离定义为股骨内侧髁前后径, 同样的方式定义股骨外侧髁前后径; 以同样的方法定义股骨远端横径、股骨内侧髁内外径、股骨外侧髁内外径、滑车沟横径; ③由于髁间窝的横径由前到后并不一致, 所以取股骨内外髁之间的最大距离为髁间窝横径^[5]; ④髁间窝顶点与股骨外髁最低点之间的垂直距离为髁间窝高度。



图注: fML: 股骨远端横径; fMCW: 股骨内侧髁内外径; fMAP: 股骨内侧髁前后径; fLAP: 股骨外侧髁内外径; fLML: 股骨外侧髁前后径; fTW: 滑车沟宽度; fNW: 髁间窝宽度; fNH: 髁间窝高度; FVA: 股骨外翻角

图2 股骨远端的三维图像和测量参数

Figure 2 Three-dimensional image of distal femur and measurement parameters

1.5 主要观察指标 两组人群在胫骨近端及股骨远端的各部分参数差异。

1.6 统计学分析 采用SPSS 20.0软件中的均数t检验进行统计学分析。测量结果以 $\bar{x} \pm s$ 表示, 当 $P < 0.05$ 时差异有显著性意义。

2 结果 Results

2.1 胫骨近端参数测量结果 中国人和美国人之间胫骨近端参数的差别主要在外侧胫骨平台(表1)。美国人的内侧胫骨平台内外径和前后径稍大于中国人, 但差异无显著性意义($P > 0.05$); 美国人的外侧胫骨平台内外径显著大于中国人($P < 0.05$); 二者外侧胫骨平台前后径比较差异无显著性意义($P > 0.05$), 中国人稍大于美国人, 说明美国人的外侧胫骨平台较中国人更加扁长。在胫骨平台后倾角方面, 中国人普遍大于美国人, 而且二者外侧胫骨平台后倾角比较差异有显著性意义($P < 0.05$), 但内侧胫骨平台后倾角差异不大($P > 0.05$)。

表1 中国人与美国人胫骨近端参数的比较 ($\bar{x} \pm s$)
Table 1 Comparison of proximal tibia parameters between Chinese and American

测量指标	中国人(n=50)	美国人(n=40)	P值
胫骨平台内外径(mm)	72.44±6.97	74.76±6.21	0.104
内侧胫骨平台内外径(mm)	28.66±2.83	30.77±3.25	0.527
外侧胫骨平台内外径(mm)	29.43±3.73	31.41±2.84	0.027
内侧胫骨平台前后径(mm)	48.10±4.05	49.23±3.64	0.359
外侧胫骨平台前后径(mm)	42.05±3.94	40.49±3.92	0.096
内侧胫骨平台后倾角(°)	13.30±3.16	9.90±3.84	0.455
外侧胫骨平台后倾角(°)	9.95±2.91	7.76±4.01	0.032

2.2 股骨远端参数测量结果 在股骨远端参数测量中发现除了内侧髁内外径外、髁间窝宽度、滑车沟宽度无差异外, 美国人的股骨远端横径、内侧髁前后径、外侧髁内外径、外侧髁前后径、髁间窝高度显著大于中国人($P < 0.05$), 股骨外翻角显著小于中国人($P < 0.05$), 见表2。

表2 中国人与美国人股骨远端参数的比较 ($\bar{x} \pm s$)
Table 2 Comparison of distal femoral parameters between Chinese and American

测量指标	中国人(n=50)	美国人(n=40)	P值
股骨远端横径(mm)	80.97±8.25	83.77±5.45	0.000
内侧髁内外径(mm)	26.72±3.00	27.01±2.93	0.558
内侧髁前后径(mm)	62.35±5.37	65.104±3.31	0.000
外侧髁内外径(mm)	26.07±3.58	30.26±2.15	0.000
外侧髁前后径(mm)	64.22±5.32	66.31±4.03	0.009
髁间窝宽度(mm)	18.85±2.83	18.75±2.51	0.831
髁间窝高度(mm)	32.19±3.46	32.67±2.46	0.003
股骨外翻角(°)	9.20±1.57	9.01±2.89	0.010
滑车沟宽度(mm)	36.97±3.98	39.75±3.48	0.111

3 讨论 Discussion

根据测量数据发现, 中国人的外侧胫骨平台内外径明显小于美国人, 以往的研究也有类似的结论。一项早期的

研究通过分析胫骨平台的形态学参数发现,中国人膝关节的胫骨平台截面前后径、横径数据更趋于一致,形态更为规整^[6],但临床上应用的适合于美国人的进口膝关节胫骨假体大部分为“长扁状”。另一研究表明,东亚人胫骨平台的内外径小于西方人,但前后径大于西方人^[7],此次研究证实了以上结论,且进一步解释了上述差异主要是由外侧胫骨平台的差别造成的,这也是第一次具体到胫骨平台外侧区域的尺寸比较研究。

研究表明相较于美国人,中国人有更大的胫骨平台后倾角。更大的后倾角可加大中国人膝关节的伸曲范围,并且会加大关节活动中膝关节后方的间隙^[8-9],因此在假体型号相同的条件下,如果使用进口膝关节假体,患者术后出现疼痛和僵硬的可能性更大,也会影响膝关节的屈曲角度。针对不同人群膝关节后倾角存在差异这一结果,有人认为这与人们的日常活动、负重或体质量等有关^[10]。众所周知,人工膝关节术后胫骨平台后倾角对膝关节活动的前后稳定性有直接影响^[10-11],因此在手术中针对中国人胫骨近端截骨这一过程应该适当考虑与原本的解剖特点一致,防止不适当截骨造成胫骨后倾角度发生改变。此外,有研究认为在膝关节置换手术中,由于中、美两国人在外侧胫骨平台后倾角上存在一定差异,这会影响胫骨平台截骨面的大小^[8]。如果考虑加大胫骨平台后倾角,就增加截骨后的胫骨截骨面积,因此在手术过程中术者应充分考虑胫骨近端的解剖特点,注意不能单纯为了截骨面和胫骨假体的整合而减小截骨角度。作者在调查中观察到两国之间外侧胫骨平台后倾角的差异较大,但内侧胫骨平台后倾角不存在明显差异。一些研究说明内侧胫骨平台后倾角与整体胫骨平台后倾角关系更大,因为二者在膝关节运动中的接触面积更大,内侧膝关节间隙在整体膝关节运动中承担者更多的负荷^[12-13]。按照以上观点结合此次研究结果,作者认为在假体置换过程中针对两国人外侧胫骨平台的差异这一问题可以从假体外形设计和手术操作2个方面来共同克服。

研究发现中国人的膝关节胫骨近端各项数据均小于高加索人群^[14],虽然此次试验中并没有观测到如胫骨平台内外径等参数具有统计学意义的差异,但总体而言中国人的胫骨平台面积更小,所以在手术时应该选择相对更小的胫骨假体,但为了适合中国人胫骨平台后倾角特点又应该适当增大后倾截骨角度,这又不免又会增大截骨面积,这2个过程发生矛盾,因此在某些病例中可能会出现进口胫骨假体不适合国人的情况。因此可以认为在胫骨平台的解剖方面中、美两国人存在一定程度的差异,针对美国人的膝关节假体不一定能完全适合于中国人。有研究显示在中国部分地区的膝关节置换手术中,进口假体与胫骨截骨面的有效适应率仅有50%^[15]。

两人种间股骨外翻角也存在不同程度的差异。股骨外翻角可以指导膝关节置换后下肢的力线,而下肢力线又与假体的生存寿命直接相关,若存在力线偏移会导致股骨远

端假体松动,且力线偏移角度与假体松动率之间存在正相关关系^[16]。国内的研究说明国人的股骨外翻角与西方人不一致^[17],此次研究证实了以上观点。这一发现提示,在进行全膝关节置换时应当注意适当调整股骨内外髁的截骨量,以达到良好的力线恢复。

此外,股骨远端的差异还存在于股骨远端横径、内侧髁前后径、外侧髁内外径、外侧髁前后径这几项数据上,很容易看出中国人的股骨远端基本在各项数据上都小于美国人,且这一差异非常明显。其他研究也有类似的发现^[15, 18]。国内的研究表明应用进口假体时,当股骨髁假体前后径与截骨面的前后径相互吻合时,其内外径却常常偏小;反之则前后径偏大^[19]。MISIR等^[20]的一项针对土耳其人膝关节形态学的研究得到了类似的结论。这是因为膝关节假体股骨远端部分的尺寸设计是基于股骨远端横径的大小,忽视了假体前后径对于屈伸平衡技术的影响^[21]。所以,术中若是使用与直接测量数据相同型号的股骨远端假体,可能会导致假体与截骨面不贴合,影响手术的远期预后,严重时甚至可能导致假体松动或脱落。因此针对中国人膝关节的假体设计,要适当调整股骨假体的大小,同时关注股骨假体内外径和前后径的比例关系。

试验发现中国人的髁间窝高度明显小于美国人,这提示在手术中可能为了贴合进口假体的大小而过多地切除髁间窝周围骨质,过多切除局部骨质会减少支撑假体的骨质,在术后远期恢复时出现不可避免的应力集中和假体周围骨折^[22]。

总之,中国人的膝关节形态学尺寸方面整体小于美国人,其中以股骨远端的差异最大。事实上由于人种的不同,世界各民族人种的膝关节形态学尺寸都会存在不同程度的差异。HAFEI等^[23]发现阿拉伯人的膝关节解剖与高加索人、亚洲人都存在一定的差异,阿拉伯人的膝关节整体上小于高加索人,但大于亚洲人。巴西的研究也表明,巴西人植入进口的膝关节假体后由于膝关节尺寸和植入假体之间存在高于可接受范围的差异^[24],可能会损害术后患者的膝关节运动功能。

因此在膝关节的假体选择方面,对应于相同尺寸的胫骨假体,中国人应当选择更小一点的股骨假体。此外在胫骨假体的前后径相同的情况下,与西方人相比,中国人的胫骨假体内外径应该更小,也就是整体尺寸更趋近于均匀一致。另外,由于胫骨平台后倾角和外侧胫骨平台内外径的差异,在手术时截骨的角度选择会出现一定的矛盾,因此在假体设计时应该考虑设计专用于中国人的膝关节假体。

当然,此次研究还存在一些问题,比如所纳入的样本过少,没有将髌骨的形态纳入试验中等,此外,也没有将纳入的人群按照性别区分开,然后分别进行同性别的组间比较,目前的研究方案可能会使最终的数据不够精确,因为研究发现相同种族、不同性别的膝关节形态也会存在一定的差异^[1]。

中国人和美国人的膝关节形态存在明显差异, 这种差异会使接受膝关节置换的中国人在应用进口假体时出现假体与自身膝关节形态不匹配的现象, 影响置换后的效果, 可能会引起膝关节疼痛、功能紊乱, 严重时可能导致假体松动或脱落, 因此必须针对中国人的膝关节解剖特点设计专用于中国人的膝关节假体。在设计膝关节假体时, 对应于相同尺寸的胫骨假体, 中国人选用的股骨假体要比西方人小一些。在胫骨假体的前后径相同的情况下, 与西方人相比, 中国人胫骨假体的内外径应该更小(即几何形态应该更均匀)。假体设计和手术时还要考虑到国人股骨外翻角和外侧平台后倾角更大的特点。

作者贡献: 通讯作者进行试验设计、审校; 第一作者负责部分试验实施、试验评估及成文; 第二、三、四作者负责资料收集及试验实施。

经费支持: 该文章没有接受任何经费支持。

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不存在利益冲突。

写作指南: 该研究遵守《观察性临床研究报告指南》(STROBE指南)。

文章查重: 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。

文章外审: 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。

生物统计学声明: 该生物统计学方法已经清华大学临床医学院及清华大学附属北京清华长庚医院生物统计学专家审核。

文章版权: 文章出版前杂志已与全体作者授权人签署了版权相关协议。

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。

4 参考文献 References

- [1] YUE B, VARADARAJAN KM, AI S, et al. Differences of knee anthropometry between Chinese and white men and women. *J Arthroplasty*.2011;26(1):124-130.
- [2] KAWAHARA S, OKAZAKI K, OKAMOTO S, et al. A lateralized anterior flange improves femoral component bone coverage in current total knee prostheses.*Knee*.2016;23(4):719-724.
- [3] ROHILLA S, JAARSMA R, MAINI L, et al. Dimensions of distal femur in terms of total knee arthroplasty among different origins-A systematic review.*Journal of Arthroscopy and Joint Surgery*.2017;4(1):8-14.
- [4] 严广斌.解剖轴与机械轴[J].*中华关节外科杂志(电子版)*,2012, 6(4):653.
- [5] WADA M, TATSUO H, BABA H, et al. Femoral intercondylar notch measurements in osteoarthritic knees.*Rheumatology (Oxford)*.1999;38(6):554-558.
- [6] CHENG CK, LUNG CY, LEE YM, et al. A new approach of designing the tibial baseplate of total knee prostheses.*Clin Biomech(Bristol,Avon)*.1999;14(2):112-117.
- [7] UEHARA K, KADOYA Y, KOBAYASHI A, et al. Anthropometry of the proximal tibia to design a total knee prosthesis for the Japanese population.*J Arthroplasty*.2002;17(8):1028-1032.
- [8] MA QL, LIPMAN JD, CHENG CK, et al. A Comparison Between Chinese and Caucasian 3-Dimensional Bony Morphometry in Presimulated and Postsimulated Osteotomy for Total Knee Arthroplasty.*J Arthroplasty*.2017;32(9): 2878-2886.
- [9] 曲铁兵,曾纪洲,林源,等.华北地区成人正常胫骨内侧平台后倾角的测量及临床意义[J].*中华骨科杂志*,2003,23(8):10-13.
- [10] ERDEM M, GULABI D, CECEN GS, et al. Using fibula as a reference can be beneficial for the tibial component alignment after total knee arthroplasty, a retrospective study.*Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*.2015;23(7):2068-2073.
- [11] IORIO R, BOLLE G, CONTEDEUCA F, et al. Accuracy of manual instrumentation of tibial cutting guide in total knee arthroplasty.*Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2013; 21(10):2296-2300.
- [12] STIJAK L, HERZOG RF, SCHAI P. Is there an influence of the tibial slope of the lateral condyle on the ACL lesion? A case-control study.*Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2008;16(2):112-117.
- [13] CHIU KY, ZHANG SD, ZHANG GH. Posterior slope of tibial plateau in Chinese. *J Arthroplasty*.2000;15(2):224-227.
- [14] ZHANG K, HAN Q, WANG H, et al. Measurement of proximal tibial morphology in northeast Chinese population based on three-dimensional reconstruction computer tomography. *Medicine (Baltimore)*.2019;98(45):e17508.
- [15] LIU Z, YUAN G, ZHANG W, et al. Anthropometry of the proximal tibia of patients with knee arthritis in Shanghai.*J Arthroplasty*. 2013;28(5):778-783.
- [16] BAUWENS K, MATTHES G, WICH M, et al. Navigated total knee replacement. A meta-analysis. *J Bone Joint Surg Am*. 2007;89(2):261-269.
- [17] 肖建林,刘潼,秦彦国,等.基于CT图像三维重建测量股骨外翻角[J].*中国实验诊断学*,2011,15(12):2041-2043.
- [18] LI P, TSAI TY, LI JS, et al. Morphological measurement of the knee: race and sex effects.*Acta Orthop Belg*. 2014;80(2): 260-268.
- [19] 董纪元,张健,王岩.国人人工膝关节几何外形尺寸的初步探讨[J].*中国临床康复*,2006,10(8):28-31,193.
- [20] MISIR A, YILDIZ KI, KIZKAPAN TB. Wider femoral and mediolaterally narrower tibial components are required for total knee arthroplasty in Turkish patients.*Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*.2019;27(7):2155-2166.
- [21] SEEDHOM BB, LONGTON EB, WRIGHT V, et al. Dimensions of the knee. Radiographic and autopsy study of sizes required by a knee prosthesis.*Ann Rheum Dis*.1972;31(1):54-58.
- [22] SIDLER-MAIER CC, WADDELL JP. Incidence and predisposing factors of periprosthetic proximal femoral fractures: a literature review.*International Orthopaedics*. 2015; 39(9):1673-1682.
- [23] HAFEZ MA, SHEIKHEDREES SM, SAWEERES ES. Anthropometry of Arabian Arthritic Knees: Comparison to Other Ethnic Groups and Implant Dimensions.*J Arthroplasty*. 2016;31(5):1109-1116.
- [24] LOURES FB, DE ARAUJO GOES RF, DA PALMA IM, et al. Anthropometric study of the knee and its correlation with the size of three implants available for arthroplasty.*Rev Bras Ortop*. 2016;51(3):282-289.