

人体膝关节股骨后髁角度的MRI测量

许红生, 赵志江, 孟位明, 张磊, 张小伟(涿州市医院骨二科, 河北省涿州市 072750)

文章亮点:

1 文章创新性应用中青年人群 MRI 资料对膝关节股骨髁上轴线、后髁轴线及股骨后髁角度进行测量, 并观察髁上轴线变异情况, 以期辅助定位股骨旋转, 从而使股骨假体在术中能够正确的对位旋转力线, 为临床行膝关节置换提供影像学依据。

2 测量结果提示, MRI 测量股骨后髁角具有较大优越性, 人工全膝关节置换过程中髁上轴线变异性较小, 可参照后髁角度定位安装股骨假体, 避免膝关节置换后并发症发生。

3 本文结果为全膝关节置换过程中股骨假体定位提供了充分的影像学依据, 可以依据股骨内上髁凹陷标志进行定位, 但需进一步扩大选定人群比例, 加强股骨基础解剖学研究以及不同年龄人群的相关对比研究。

关键词:

植入物; 关节植入物; 全膝关节置换; 股骨; 后髁角; 核磁共振

主题词:

关节成形术, 置换, 膝; 股骨; 磁共振成像

基金资助:

河北省卫生厅指令性课题(20130688)

摘要

背景: 全膝关节置换过程中股骨假体旋转力线良好非常重要, 研究显示后髁角度是确定力线的重要依据, 后髁角度为股骨后髁轴与股骨手术髁上轴之间角度, MRI 测量可清晰显示后髁软骨、外上髁突起及内上髁凹陷, 从而保证测量数据的准确。

目的: 测量保定北部地区人群中膝关节后髁角度, 为临床实施全膝关节置换过程中确定股骨假体旋转力线提供影像学依据。

方法: 应用核磁共振机对入选中青年人群膝关节进行扫描, 取膝关节伸直中立位, 扫描平面垂直于膝关节机械轴, 选择 T1 像上最佳膝关节轴位平面, 由两名观察者独自分析图像, 通过 Bravo viewer 6.0 影像软件观察股骨内上髁存在率, 画出股骨髁上轴线及后髁线并测量两条轴线之间角度, 即股骨后髁角度。

结果与结论: 入选人群男性股骨后髁角度为(2.73±1.28)°, 女性股骨后髁角度为(2.35±1.37)°, 不同性别间差异无显著性意义。提示 MRI 测量股骨后髁角具有较大优越性, 人工全膝关节置换过程中髁上轴线变异性较小, 可参照后髁角度定位安装股骨假体, 避免膝关节置换后并发症发生。

许红生, 赵志江, 孟位明, 张磊, 张小伟. 人体膝关节股骨后髁角度的 MRI 测量[J]. 中国组织工程研究, 2014, 18(26):4236-4240.

Femoral posterior condylar angle of human knee joint: magnetic resonance imaging measurement

Xu Hong-sheng, Zhao Zhi-jiang, Meng Wei-ming, Zhang Lei, Zhang Xiao-wei (Second Department of Orthopedics, Zhuozhou Municipal Hospital, Zhuozhou 072750, Hebei Province, China)

Abstract

BACKGROUND: The good rotational alignment of femoral prosthesis was very important in total knee arthroplasty. The research has shown that the posterior condylar angle was important to determine the alignment. The posterior condylar angle is the angle between the posterior condylar axis and the femoral epicondylar axis. MRI can clearly show the condylar cartilage, the projections of lateral epicondyle and the medial epicondyle depression, thus ensuring accuracy of measurement data.

OBJECTIVE: To measure the posterior condylar angle of knee joint in the northern part of Baoding City in China, and to provide image evidence for identifying the rotational alignment of femoral prosthesis during total knee arthroplasty.

METHODS: The knee was extended on a neutral position when MRI machine was applied to scan knee joint. The scanning plane was perpendicular to the mechanical axis of the knee. The best T1 axial plane of the knee was chosen, and two observers analyzed images independently. Existence rate of femoral medial epicondyle was observed using Bravo viewer 6.0 imaging software. The posterior condylar angle between posterior condylar axis and the femoral condyle axis was measured.

RESULTS AND CONCLUSION: The posterior condylar angle was (2.73±1.28)° in males and (2.35±1.37)° in females on average, which did not show significant difference. The results showed that the MRI had great superiority in measuring the posterior condylar angle. The variability of the epicondylar axis was small in total

许红生, 男, 1981年生, 河北省保定市人, 汉族, 2010年青岛大学医学院毕业, 硕士, 主治医师, 主要从事骨与关节创伤、关节外科方面的研究。

通讯作者: 赵志江, 副主任医师, 涿州市医院骨二科, 河北省涿州市 072750

doi:10.3969/j.issn.2095-4344.2014.26.025
[http://www.crter.org]

中图分类号:R318

文献标识码:B

文章编号:2095-4344

(2014)26-04236-05

稿件接受: 2014-05-22

Xu Hong-sheng, Master, Attending physician, Second Department of Orthopedics, Zhuozhou Municipal Hospital, Zhuozhou 072750, Hebei Province, China

Corresponding author: Zhao Zhi-jiang, Associate chief physician, Second Department of Orthopedics, Zhuozhou Municipal Hospital, Zhuozhou 072750, Hebei Province, China

Accepted: 2014-05-22

knee arthroplasty. Posterior condylar angle can be referenced to position femoral prosthesis and to avoid the complications after knee replacement.

Subject headings: arthroplasty, replacement, knee; femur; magnetic resonance imaging

Funding: the Mandatory Project of Health Department of Hebei Province, No. 20130688

Xu HS, Zhao ZJ, Meng WM, Zhang L, Zhang XW. Femoral posterior condylar angle of human knee joint: magnetic resonance imaging measurement. Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu. 2014;18(26):4236-4240.

0 引言 Introduction

在60岁以上人群中膝关节骨性关节炎患者高达1/3, 随着年龄增长逐步增加^[1]。对于晚期膝关节骨性关节炎患者, 保守治疗往往难以奏效, 膝关节疼痛明显、下肢力量减退、关节僵硬及功能丧失等严重影响患者的生活质量, 需要手术治疗, 人工全膝关节置换是缓解疼痛、改善功能、矫正畸形的标准及有效治疗方法^[2-3], 而置换过程中股骨假体旋转力线良好对于术后膝关节功能良好及维持长期最大功能非常重要, 力线不良直接影响屈膝间隙的平衡和髌骨运动轨迹, 力线不良导致较多并发症, 包括假体磨损、早期失败、髌股关节疼痛等^[4-9]。为避免以上并发症, 使膝关节置换后长期功能良好, 目前有多种假体定位方法, 包括解剖标志定位、影像学方法定位^[6, 10-11], 最常应用解剖参考轴线进行定位, 目前已有研究显示常用的轴线包括包括股骨髁上轴、股骨髁前后轴、股骨后髁轴、股骨前滑车轴; 股骨后髁角度是最常应用的参照定位股骨髁旋转角度。股骨髁上轴线为膝关节的运动解剖轴线, 与膝关节的屈伸轴相接近^[11-13], 最常用作参考轴线; 股骨后髁轴相对容易定位, 但后髁关节面磨损影响后髁轴线定位; 股骨后髁角度定义为后髁轴和手术髁上轴之间的角度, 对于术后膝关节功能恢复及提高假体生存率非常重要^[12-13]。已有多项影像学研究用于定位股骨后髁角度, 包括X射线、CT及MRI, 但是应用MRI研究膝关节的后髁角度具有很大优势^[14-18], 图像可以清晰显示软骨, 控制扫描方向, 清楚显示骨性定位标志, 而且测量结果准确。目前国内所用的股骨外旋截骨参数多参考西方发达国家的标准, 由于不同地区、不同人种甚至不同性别之间的解剖尚存在差异^[19]。

文章对保定北部地区人群行膝关节MRI扫描, 观察膝关节股骨髁解剖学资料及股骨后髁角度, 以期为膝关节置换提供数据参考。

1 对象和方法 Subjects and methods

设计: 测量学试验。

时间及地点: 于2012年4月至2013年7月在涿州市医院医学影像科进行膝关节临床影像学测量试验。

对象: 回顾性分析2012年4月至2013年7月因膝关节疼痛于涿州市医院行膝关节MRI扫描病例的影像学资料。

患者诉膝关节疼痛症状, 共筛选出52例104膝, 其中男27例54膝, 年龄18-38岁; 女25例50膝, 年龄18-40岁; 其中膝关节积液患者64膝, 膝关节半月板损伤患者

40膝。

纳入标准: ①主诉膝关节疼痛者。②患者下肢冠状位图像上无膝关节内外翻畸形, 矢状位图像上无股骨屈度过大畸形, 股骨后髁软骨髁清晰显示无脱落及缺损者。③对治疗及试验方案知情同意, 且得到涿州市医院伦理委员批准者。

排除标准: ①MRI检查示股骨髁软骨损伤、膝关节周围骨折者。②MRI图像上不能清晰显示内上髁凹陷者。

设备与器械: 所有患者均应用本院西门子1.5T核磁共振机(型号为MAGNETOM_ESSENZA)进行膝关节扫描, 扫描者为影像科具备副主任医师资格的医师实施, 扫描参数基本相同, 扫描参数: T1加权像, 自旋回波(SE)序列, TR=440 ms, TE=16 ms, 层厚2 mm, 层距2 mm, 矩阵大小冠状面和矢状面为320×256, 横断面为320×256。MRI图像清晰显示膝关节股骨后髁软骨。图像分析、轴线定位及角度测量软件为Bravo viewer 6.0影像软件。

方法:

股骨后髁角度测量方法: 所有入选人群均行膝关节MRI扫描, 患者平卧于扫描工作台, 双下肢取外展中立位, 避免强迫性伸展过度, 检查过程中适当固定腿部, 以减少扫描过程中肢体移动, 使扫描平面垂直于膝关节机械轴, 行膝关节矢状位、横断面及冠状面扫描, 冠状面和矢状面扫描范围为膝关节线上下各40 cm, 横断面扫描范围为股骨远端10 cm范围。

由两名观察者独自分析图像, 画出股骨髁上轴线及后髁线并测量两条轴线之间角度。

膝关节MRI成像分为T1及T2像、质子抑制成像、压脂像, 然后在入选图像上, 选择T1像上最佳膝关节轴位平面, 能够清楚显示股骨内外上髁及膝关节后方软骨, 应用Bravo viewer6.0影像软件数据工具测量股骨后髁角度。手术髁上轴定义为外上髁最突起部位和内上髁内侧沟的连线, 临床髁上轴即外上髁最突起和内上髁最突起部位连线, 后髁轴为股骨后髁之间连线。后髁角度定义为后髁轴和手术髁上轴之间的角度(图1)。

主要观察指标: 股骨内上髁凹陷存在率, 内外上髁形态, 后髁轴、髁上轴、及两条轴线之间相关角度。

统计学分析: 第一作者进行统计学处理, 数据采用SPSS 16.0统计软件包进行分析, 所有数据用 $\bar{x} \pm s$ 表示, 测得数据之间比较采用 t 或 χ^2 检验, $P < 0.05$ 为差异有显著性意义。

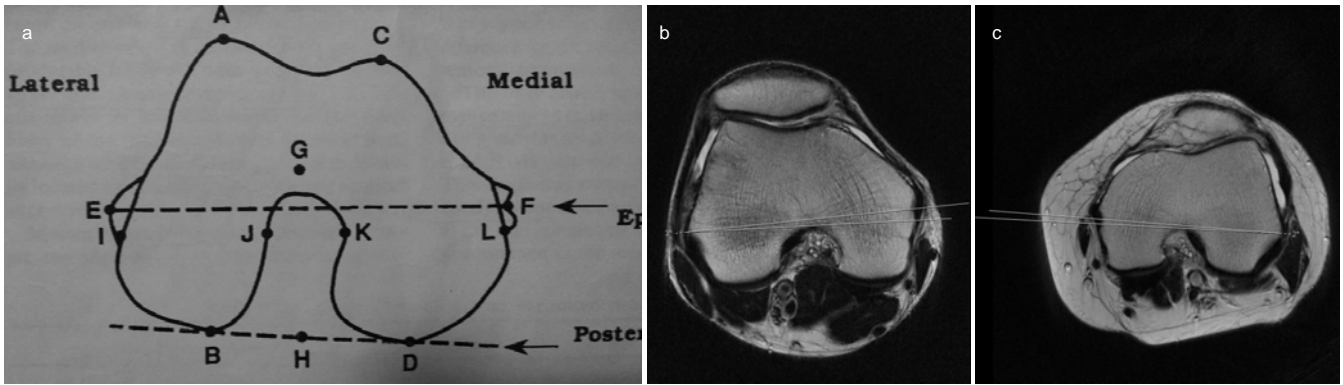


图1 股骨后髁角度测量方法

Figure 1 Measurement method of femoral posterior condylar angle

图注: 图中 a 为股骨后髁角度测量示意图, EF 为手术髁上轴, BD 为后髁轴; b 为股骨后髁角外旋 3°; c 为股骨后髁角外旋 2°。

表1 不同性别间股骨内上髁凹陷标志及后髁角度比较

Table 1 Comparison of medial epicondyle depression and posterior condylar angle of the femur between both genders

观察指标	男	女	P
股骨内上髁凹陷存在率(n%)	25/93	23/92	> 0.05
股骨后髁角度($\bar{x}\pm s, ^\circ$)	2.73 \pm 1.28	2.35 \pm 1.37	> 0.05

表注: MRI 观察股骨内上髁凹陷存在率以及测量股骨后髁角度, 男性与女性之间差异无显著性意义。

2 结果 Results

2.1 参与者数量分析 根据纳入、排除标准, 共52例104膝纳入观察, 男27例54膝, 女25例50膝, 全部进入结果分析, 无脱落。

2.2 测量结果 所有入选人群中, 52例104膝共4例膝关节无股骨内上髁凹陷标志, 占所有人群比例为8%, 男性及女性各2例, 此4例未测量股骨后髁角度, 两组之间比较差异无显著性意义。

总平均后髁角度为(2.51 \pm 1.31) $^\circ$, 数值之间无较大个体差异, 男性与女性相比, $P=0.17$, $P > 0.05$, 差异无显著性意义; 且两侧膝关节股骨后髁角度相比差异无显著性意义(表1)。

3 讨论 Discussion

人工全膝关节置换过程中, 股骨假体力线良好非常重要, 全膝关节置换过程中股骨假体旋转定位为关键步骤之一, 股骨假体旋转对位不良, 特别是过度内旋会导致不正常的髌股运动轨迹, 引起髌骨半脱位、全脱位、髌股关节早期磨损和膝前区疼痛, 它也会影响膝关节屈曲时内外翻的稳定性, 导致胫骨假体扭转应力的增加, 使胫骨假体磨损或松弛, 导致假体早期失效^[20-24], 给患者造成经济及心理上巨大压力。

股骨假体后髁角度为确定股骨假体力线的参考依据, 不同人种, 不同地区、不同性别股骨假体后髁角度不同, 应依据不同患者参照股骨后髁角度行截骨, 许多学者经过大量研究试图在股骨髁上寻找到恒定可靠、能

重复应用的旋转参照轴线, 目前最少有4条参照轴线定位角度用来确定股骨旋转角度, 包括股骨髁上轴、股骨髁前后轴、股骨后髁轴、股骨前滑车轴, 而每条参考轴线均有其优缺点, 股骨髁上轴线最符合膝关节运动解剖轴线^[3,10-13]。

本文主要进行股骨髁上轴线、后髁轴线及股骨后髁角度数值测量, 辅助定位股骨旋转, 从而使股骨假体在术中能够正确的对位旋转力线, 并观察髁上轴线定位难易及变异情况。

3.1 股骨髁上轴线 研究表明股骨髁上轴线为膝关节运动轴的中心轴线, 最为准确, 本文即选用髁上轴线, 但是髁上轴线分为手术髁上轴线与临床髁上轴线, 手术髁上轴线为股骨内上髁与外上髁最高点之间连线, 而临床髁上轴为内上髁凹陷不明显时, 内外上髁最高点之间连线, 手术髁上轴最为参考较为准确。

Yoshino等^[25]行膝关节CT扫描测量膝关节后髁角度, 对日本48个膝关节骨关节炎患者实施全膝关节置换前进行CT扫描, 33个膝关节中检测到内上髁轴内侧凹陷, 骨性关节炎越严重, 检测到内侧凹陷越困难, 所有膝关节均能发现到内上髁最突起部位, 平均后髁角度为(3.0 \pm 1.6) $^\circ$ 。Sun等^[11-26]对国人49个骨性关节炎膝关节和10个正常膝关节进行CT扫描, 80%的患者可以观察到股骨内上髁凹陷, 可以精确定位髁上轴, 测量股骨后髁角度平均为2.36 $^\circ$ (范围为0 $^\circ$ -7.5 $^\circ$), 左侧膝关节平均角度为2.59 $^\circ$ (范围为0 $^\circ$ -7.5 $^\circ$), 右侧膝关节平均角度为2.10 $^\circ$ (范围为0 $^\circ$ -5.8 $^\circ$)。

而本文中应用MRI扫描测量本地区90%以上均能发现内上髁凹陷存在, 与Yoshino研究结果不同, 可能与选用MRI解剖结构更加显示清晰有关。

3.2 后髁轴线 股骨后髁轴线为股骨双后髁之间连线, 在膝内翻的患者中, 后髁改变较大、形态学已经不正常, 难以依靠其进行准确旋转对线, 容易引起过度内旋, 患者的股骨后髁磨损情况逐渐加重, 导致后髁轴相对于髁上轴倾斜增大, 势必引起所测量的后髁角度改变。

洪源等^[27]对就诊患者64例(118个膝关节), 采用CT扫描结合Photoshop软件对股骨远端影像学图像处理, 进行后髁角测量, 与手术的28个膝关节术中股骨假体外旋进行相关性分析, 结果显示年龄组中80岁以上的右膝后髁角与70岁以下组差异有显著性意义, 考虑与股骨后髁软骨磨损有关, 显示骨关节炎患者依据后髁角决定股骨假体的旋转易造成误差。

本文中入选人群行MRI显示所有膝关节后髁软骨均正常, 未发现磨损及软骨病变。

3.3 股骨后髁角度 本文为精确测量股骨后髁角度大小, 应用磁共振对膝关节进行扫描, 研究这些骨性标志具有以下优点: 可以清晰显示软骨, 控制扫描方向, 清楚显示骨性定位标志而且测量结果准确^[18]。

纪小孟等^[28]选取膝关节无疾病, 无畸形的健康成人86例(122膝), 在磁共振横断面图像上定位手术髁上轴、临床髁上轴、前后轴线及股骨后髁轴, 测量股骨后髁角、髁扭转角后轴线的垂线及后髁轴线的夹角, 结果显示MRI定位股骨远端参照轴线股骨后髁角度相对恒定可靠, 手术髁上轴可作为全膝置换股骨假体旋转对位参照轴线。

姜侃等^[29]对80例哈萨克族志愿者160个正常膝关节进行MRI扫描, 重建股骨远端模型, 测量正常哈萨克族股骨远端轴线, 分性别及侧别分组, 分析两组间的差异有无显著性意义, 其中股骨后髁角与髁扭转角男性大于女性, 建议施行人工全膝关节置换时, 根据个体股骨远端形态特征、性别差异正确地选择对线标志, 以确保患者置换后效果良好。

李军等^[30]对华南地区正常成人志愿者71例(142膝), 通过螺旋CT扫描膝关节, 测量股骨远端髁扭转角, 结果股骨髁扭转角性别之间差异有显著性意义, 平均股骨远端髁扭转角为 $(6.66 \pm 1.97)^\circ$, 建议对华南人的人工全膝关节置换过程中, 传统的外旋 3° 截骨可能会导致对线不佳, 应该适当提高旋转对线的外旋度数。

Thomas等^[31]对55例行全膝关节置换后患者行膝关节MRI扫描, 测量股骨后髁角度, 结果显示对于所有的植入物, MRI评估股骨假体旋转观察者内和观察者间均有非常好的可靠性。

Frankie等^[32]对104例膝关节MRI影像进行分析, 所有人群的股骨后髁角度为 $(3.11 \pm 1.75)^\circ$, 年龄小于40岁人群中 $(2.71 \pm 1.56)^\circ$, 大于40岁人群, 股骨后髁角度为 $(3.50 \pm 1.86)^\circ$, 而且随年龄增大, 后髁角度逐渐增加。Won等^[33]应用CT扫描测量正常韩国人群股骨后髁轴角度为男性 $(3.9 \pm 1.0)^\circ$, 女性为 $(2.8 \pm 1.0)^\circ$ 。覃承诤等^[34]通过MRI测量华南地区人正常膝关节100例, 男女各50例, 行股骨远端轴位MRI扫描, 结果男性股骨后髁角度为 $(3.86 \pm 0.28)^\circ$, 女性股骨后髁角度为 $(3.19 \pm 0.33)^\circ$, 且男性股骨后髁角度大于女性($P < 0.001$), 无侧别差异。以上数据表明不同国家和人种之间股骨后髁角度存在差异。

综上所述, MRI对于显示股骨髁上轴准确定位, 且可清晰显示后髁软骨, 有助于后髁轴定位。本文数据显示股骨后髁角度男性与女性之间无明显差别, 考虑为40岁以下正常人群有关。

结论: 本组人群年龄为40岁以下成年人正常膝关节, 测得总平均后髁角度为 $(2.51 \pm 1.31)^\circ$, 测量男女平均后髁角度均值小于 3° , 两组相比无明显差别, 考虑与本组人群为正常人群, 膝关节无存在病变, 且小于40岁有关。而部分研究显示男性与女性之间后髁角度差异有显著性意义, 考虑为后天因素导致有关, 尚需对其成因进行进一步研究。本文结果为全膝关节置换过程中股骨假体定位提供了充分的影像学依据, 可以依据股骨内上髁凹陷标志进行定位, 但需进一步扩大选定人群比例, 加强股骨基础解剖学研究以及不同年龄人群的相关对比研究。

致谢: 涿州市医院医学影像科协助MRI影像学处理, 在此表示感谢。

作者贡献: 第一作者及通讯作者参与临床研究设计及数据分析、审核, 其余作者协助临床研究、数据采集和测量。

利益冲突: 文章及内容不相关利益冲突。

伦理要求: 患者对治疗及试验方案知情同意, 且得到涿州市医院伦理委员批准。

学术术语: 下肢机械轴-为静态负重轴, 在正位X射线片上表现为股骨头中心至踝关节中心的连线。股骨机械轴是指股骨头中心与膝关节中心的连线, 胫骨机械轴是指膝关节中心与踝关节中心的连线。

作者声明: 文章为原创作品, 无抄袭剽窃, 无泄密及署名和专利争议, 内容及数据真实, 文责自负。

4 参考文献 References

- [1] Bijlsma JW, Berenbaum F, Lefeber FP. Osteoarthritis: an update with relevance for clinical practice. *Lancet*. 2011; 377(9783):2115-2126.
- [2] Czurda T, Fennema P, Baumgartner M, et al. The association between component malalignment and post-operative pain following navigation-assisted total knee arthroplasty: results of a cohort/nested case-control study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2010;18(7):863-869.
- [3] Walde TA, Bussert J, Sehmisch S, et al. Optimized functional femoral rotation in navigated total knee arthroplasty considering ligament tension. *Knee*. 2010;17(6):381-386.
- [4] Classen T, Wegner A, Müller RD, et al. Femoral component rotation and Laurin angle after total knee arthroplasty. *Acta Orthop Belg*. 2010;76(1): 69-73.
- [5] 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.
- [6] 王平, 赵志江, 付卫杰, 等. 人工全膝关节置换术中股骨假体旋转的研究进展[J]. 中国修复重建外科杂志, 2011, 25(9): 1140-1144.
- [7] 洪源, 冯建民, 何川. 全膝关节置换术股骨假体旋转力线研究进展[J]. 国际骨科学杂志, 2011, 32(4): 219-221.

- [8] 戚盈杰,胡月正,吴剑彬,等.全膝关节置换术股骨及胫骨假体旋转定位研究进展[J].国际骨科学杂志,2011,32(4):221-223.
- [9] 吴昊.全膝关节置换过程中的假体旋转对位[J].中国组织工程研究,2012,16(4):717-722.
- [10] 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.
- [11] Churchill DL, Incavo SJ, Johnson CC, et al. The transepicondylar axis approximates the optimal flexion axis of the knee. Clin Orthop Relat Res. 1998;(356): 111-118.
- [12] Victor J, Van Doninck D, Labey L, et al. A common reference frame for describing rotation of the distal femur: a ct-based kinematic study using cadavers. J Bone Joint Surg (Br). 2009;91(5): 683-690.
- [13] Lützner J, Krummenauer F, Wolf C, et al. Computer-assisted and conventional total knee replacement: a comparative, prospective, randomised study with radiological and CT evaluation. J Bone Joint Surg (Br). 2008;90(8): 1039-1044.
- [14] 孙辉红,陈益光,李晶,等.螺旋CT三维重建技术对股骨后髁角个体化测量的应用研究[J].中国CT和MRI杂志,2012,10(5):92-94.
- [15] 窦鑫,范海建,张臻,等.多排螺旋CT对股骨标本后髁角的测量及其临床意义[J].浙江临床医学, 2012,14(2):135-137.
- [16] 臧越,吴舰,孙铁铮.膝关节骨性关节炎患者下肢扭转角度CT评价的临床价值[J].影像诊断与介入放射学,2012,21(4):268-273.
- [17] 张建雷,陆声,梁金龙,等.基于连续断层CT扫描与三维重建技术的股骨远端旋转力线的测量[J].中国骨科临床与基础研究杂志,2012,4(6):411-416.
- [18] 龙腾河,吕国顺,崔惠勤.磁共振图像测量膝关节置换股骨假体旋转对线[J].中国组织工程研究与临床康复,2011,15(52): 9839-9842.
- [19] Hitt K, Shurman JR, Greene K, et al. Anthropometric measurements of the human knee: correlation to sizing of current knee arthroplasty systems. J Bone Joint Surg Am. 2003;85-A Suppl 4: 115-122.
- [20] Luyckx T, Peeters H, Vandenuecker H, et al. Is adapted measured resection superior to gap-balancing in determining femoral component rotation in total knee replacement? J Bone Joint Surg Br. 2012;94-B:1271-1276.
- [21] Oussedik S, Scholes C, Ferguson D, et al. Is Femoral Component Rotation in a TKA Reliably Guided by the Functional Flexion Axis? Clin Orthop Relat Res. 2012;470: 3227-3232.
- [22] Amiri S, Wilson DR, Anglin C, et al. Isocentric 3-Dimensional C-Arm Imaging of Component Alignments in Total Knee Arthroplasty With Potential Intraoperative and Postoperative Applications. J Arthroplasty. 2013;28(2):248-254.
- [23] Kaipel M, Gergely I, Sinz K, et al. Femoral Rotation in Ligament Balanced Knee Arthroplasty A Prospective Clinical Study. J Arthroplasty. 2013;28:1103-1106.
- [24] Koninckx A, Deltour A, Thienpont E. Femoral sizing in total knee arthroplasty is rotation dependant. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 2013. Epub ahead of print.
- [25] Yoshino N, Takai S, Hirasawa Y, et al. Computed tomography measurement of the surgical and clinical trans epicondylar axis of the distal femur in osteoarthritis. J Arthroplasty. 2001; 16(4):493-497.
- [26] Sun T, Lu H, Hong N, et al. Bony landmarks and rotational alignment in total knee arthroplasty for Chinese osteoarthritic knees with varus or valgus deformities. J Arthroplasty. 2009; 24(3):427-431.
- [27] 洪源,冯建民,何川,等.股骨上髁轴与股骨外旋截骨角度的相关性研究[J].中华临床医师杂志:电子版,2013,7(14):6329-6334.
- [28] 纪小孟,刘曦,刘雅克,等.基于磁共振对股骨远端旋转参照轴线的确定及其临床意义[J].中华关节外科杂志:电子版,2012,6(3): 393-398.
- [29] 姜侃,吴巧云,巨啸晨.新疆哈萨克族全膝关节置换术(TKA)中股骨远端旋转对线方法的研究[J].新疆医学, 2013,43(9):20-25.
- [30] 李军,李阳,荆珏华,等.华南地区正常成人股骨远端髁扭转角测量及其临床意义[J].中华关节外科杂志:电子版,2013,7(3):319-322.
- [31] Thomas JH, Le RC, Jack D, et al. MRI analysis for rotation of total knee components. Knee. 2012;19(5):571-575.
- [32] Frankie MG, Math K, Giles RS, et al. Anatomy of the epicondyles of the distal femur: MRI analysis of normal knees. J Arthroplasty. 2000;15:354-359.
- [33] Won YY, Cui WQ, Baek MH, et al. An Additional Reference Axis for Determining Rotational Alignment of the Femoral Component in Total Knee Arthroplasty. J Arthroplasty. 2007; 22:1049-1053.
- [34] 覃承河,裴国献,罗吉伟.华南地区成人股骨后髁角及髁扭转角的MRI测量[J].南方医科大学学报,2007,27(5):749-750.