论著

DOI:10.16016/j.1000-5404.201412094

MRI辅助下膝关节骨关节炎伴内翻畸形患者股骨远端3种旋转轴线与外科经股骨上髁轴的准确性比较

秦晓平,杨 柳,郭 林,王富友,陈 昊,朱长宝,古凌川,李 菲,武勇松 (400038 重庆,第三军医大学西南医院关节外科中心)

[摘要] **目的** 在磁共振(magnetic resonance imaging,MRI)上测量膝关节重度骨关节炎(osteoarthritis)伴内翻畸形患者股骨远端不同旋转轴线,评估各参照轴线相对于外科经股骨上髁轴(surgical transepicondylar axis,STEA)的准确性。**方法** 回顾性分析2013年6月至2014年1月在我中心明确诊断为膝关节重度骨关节炎伴内翻畸形患者(内翻≤15°)86例(86膝)的临床资料,其中男性34例,女性52例;年龄51~70(63.7±8.7)岁,由2位医师在MRI横断面图像上定位STEA、临床经股骨上髁轴(clinical transepicondylar axis,CTEA)、后踝轴(posterior condylar line,PCL)外旋3°线(3° extorsion against PCL,3° PCL)、前后轴(anterior posterior line,APL)的垂线,测量各轴线相对于STEA偏差的角度,并用方差分析比较各角度接近STEA的精确性。**结果** 3° PCL相对于STEA外旋(0.63°±1.82°)、CTEA相对于STEA外旋(3.78°±0.75°),APL垂线相对于STEA外旋(5.38°±3.17°),精确度:A角(3° PCL相对于STEA旋转的角度)>CSA(CTEA相对于STEA旋转的角度)>ASA(APL垂线相对于STEA旋转的角度),各角度两两比较差异具有统计学意义($P<0.01$)。**结论** 膝关节重度骨关节炎伴轻度内翻人群中,股骨远端截骨轴线除STEA外,3° PCL准确性最高;术中STEA定位困难时,参照3° PCL进行截骨可获得较好的股骨旋转准确度。

[关键词] 膝关节;关节置换;股骨旋转;3° PCL;磁共振
[中图法分类号] R445.2; R682.6; R684.304 [文献标志码] A

Accuracy of 3 femoral rotation axes for osteoarthritis with varus deformity of knee joint based on MRI: a comparative study of 86 knees with surgical transepicondylar axis

Qin Xiaoping, Yang Liu, Guo Lin, Wang Fuyou, Chen Hao, Zhu Changbao, Gu Lingchuan, Li Fei, Wu Yongsong (Center for Joint Surgery, Southwest Hospital, Third Military Medical University, Chongqing, 400038, China)

[**Abstract**] **Objective** To evaluate the accuracy of different axes relative to surgical transepicondylar axis (STEA) by measuring the distal femur with different rotation axes for the patients suffering from severe osteoarthritis with varus deformity of knee joint on MR images. **Methods** A retrospective analysis was performed on 86 cases who had severe osteoarthritis in knee (86 knees) with varus deformity (varus deformity ≤15°) in our center between June 2013 and January 2014. They were 34 males (34 knees) and 52 females (52 knees), at an aged from 51 to 70 years (mean 63.7 years). MR imaging was applied to locate the STEA, the clinical transepicondylar axis (CTEA), 3° extorsion against the posterior femoral condylar line (3° PCL), and the anterior posterior line (APL) by 2 surgeons respectively. Then the deviation relative to the STEA among 3° PCL, the CTEA, and the perpendicular of APL were observed. Analysis of variance (ANOVA) was used to compare the accuracy of the angle close to STEA. **Results** 3°PCL relative to STEA (Angel A) was out 0.63°±1.82°, CTEA to STEA (CSA) was out 3.78°±0.75°, and perpendicular of anterior posterior line to STEA (ASA) was out 5.38°±3.17°, in an accuracy of Angle A > CSA > ASA. There was statistical significance in any two-angle comparison ($P<0.01$). **Conclusion** In the patients suffering from severe osteoarthritis knee with mild varus deformity, except STEA, 3° PCL is of the highest accuracy in the distal femoral bone cutting axis. When it is difficult to locate STEA during operation, 3° PCL

[通信作者] 杨 柳,E-mail:jointsurgery@163.com
[优先出版] http://www.cnki.net/kcms/detail/51.1095.R.20150327.1402.013.html(2015-03-27)

is helpful to obtain a good femoral rotation accuracy.

[**Key words**] knee joint; arthroplasty; revolution of femur; 3° extorsion against the posterior femoral condylar line; magnetic resonance imaging

Corresponding author: Yang Liu, E-mail:jointsurgery@163.com

在膝关节置换术(total knee arthroplasty,TKA)中股骨远端旋转对线对屈伸间隙平衡和髌股关节对线至关重要,是影响膝关节功能和假体寿命的重要因素。由于术者学习背景、理念和习惯的不同,股骨旋转参照轴线的选择一直以来是 TKA 学术争论的焦点。外科经股骨上髁轴(surgical transepicondylar axis,STEA)是公认的股骨远端旋转轴线[1],但由于解剖和术中显露的原因,该轴线很难定位,寻求术中容易获得的参照轴线与该线的相关性一直以来是膝关节置换外科领域研究的热点。部分学者对正常人群股骨远端各旋转轴线进行了研究报道[2-4],但 TKA 术中旋转截骨的评估及截骨板的安放是依据退变后的解剖形态,因此对膝关节退变人群进行术前轴线评估可能对 TKA 更有实际指导意义。本研究利用 MRI 在横断面图像上比较后踝轴(posterior condylar line,PCL)外旋 3°线(3°PCL)、临床经股骨上髁轴(clinical transepicondylar axis,CTEA)、前后轴(anterior posterior line,APL)垂线相对于外科经股骨上髁轴(surgical transepicondylar axis,STEA)的精确度,旨在为术中旋转截骨提供理论支持。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选取 2013 年 6 月至 2014 年 1 月来我中心行 TKA 的患者 86 例(86 膝),其中男性 34 例,女性 52 例,年龄 51~70(63.7±8.7)岁。纳入标准:①符合美国风湿病协会(ACR)推荐的膝关节骨关节炎诊断标准;②年龄 40~80 岁;③均为膝关节重度骨关节炎伴轻度膝内翻(≤15°);④MRI 上股骨远端内上髁凹显示清晰。排除标准:①膝关节感染史;②关节外畸形;③膝关节外伤、手术史;④膝关节重度屈曲挛缩。

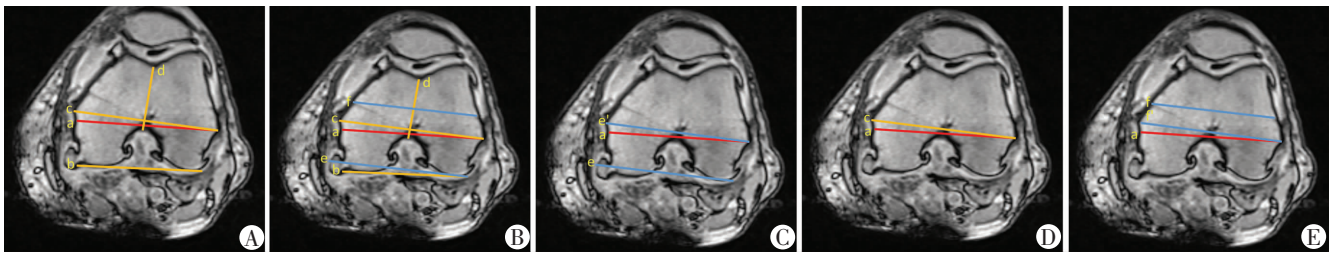
1.2 主要仪器设备及测量方法

1.2.1 体位及磁共振成像(magnetic resonance imaging,MRI)扫描方法 患者取仰卧位,患侧肢体自然放松,膝关节尽量伸直,并处于 10°~15°外旋位。采用意大利百胜公司 0.2T 常导 Artoscan C 四肢关节专用扫描系统,膝关节专用线圈,扫描范围:自髌骨上极以上 5 cm 至胫骨平台下 1 cm,进行膝关节横状面和矢状面扫描,GE:TR/TE=480~560 ms/16~20 ms,激励次数 1 次或 2 次;序列层厚 4 mm、层距 0.4 mm。在对膝关节横断面扫描时,扫描平面要与胫骨近端解剖轴相垂直,与矢状面上股骨前侧皮质相垂直。

1.2.2 股骨远端各轴线相对于 STEA 旋转角度的测量方法 将所得的连续断层扫描数据以 PACS 系统保存。由本科室 2 位高年资医师分别在横断面图像上定位分布在不同层面各轴线的骨性标志,分别画出 3°PCL、STEA、CTEA、APL 的垂线。将这些骨性标志轴线投射到同一层面,测量 3°PCL 相对于 STEA 旋转的角度(A 角)、CTEA 相对于 STEA 旋转的角度(angle between CTEA and STEA,CSA)、APL 的垂线相对于 STEA 旋转的角度(angle between perpendicular of APL and STEA,ASA),最后取均值,精确到 0.01°(表 1,图 1)。

表 1 股骨远端旋转截骨各参照轴线及角度测量方法

参数	测量方法
股骨后髁轴(PCL)	股骨后髁后侧最突出点的切线
外科经股骨上髁轴(STEA)	股骨外上髁最凸点和内上髁沟最低点的连线
临床经股骨上髁轴(CTEA)	股骨外上髁最凸点与内上髁最凸点的轴线
前后轴(APL)	股骨滑车沟的最低点与髁间窝最高点的连线
股骨后髁角(PCA)	PCL 相对于 STEA 旋转的角度
A 角	PCL 外旋 3°线相对于 STEA 旋转的角度
ASA	APL 垂线相对于 STEA 旋转的角度
CSA	CTEA 相对于 STEA 旋转的角度



A:MRI 横断面图像上标注 STEA、PCL、CTEA、APL,分别用 a、b、c、d 表示;B:b 外旋 3°,获得 3°PCL,用 e 表示,作 d 的垂线用 f 表示;C:以股骨外上髁最凸点为基点,作 e 的平行线 e′,测量 e′与 a 所成夹角即为 A 角;D:a 与 c 所成夹角即为 CSA;E:以股骨外上髁最凸点为基点作 f 的平行线 f′,测量 f′与 a 所成夹角即 ASA

图 1 股骨远端横断面参照轴线标注及角度测量

1.3 统计学处理

数据以 $\bar{x} \pm s$ 表示，采用 SPSS 13.0 统计软件中的单因素方差分析对测量的角度进行分析处理并进行两两比较。

2 结果

2.1 股骨远端参照轴线与 STEA 所成角度

86 例患者中股骨内外后髁均存在关节软骨的磨损、骨质的增生。其中 3 例股骨内后髁磨损、退变严重(3.5%)，表现为 PCL 相对于 STEA 外旋；13 例股骨内后髁磨损相对较轻使得 PCA 等于 0°(15.1%)，即 PCL 与 STEA 平行；70 例 PCA > 0°(81.4%)，说明在膝关节重度骨关节炎伴轻度内翻人群中，股骨内外后髁虽较正常人群有变化，但由于在解剖上股骨前后径内髁大于外髁的原因，PCL 较 STEA 仍是以内旋为主。A 角是 PCL 外旋 3°后与 STEA 所成夹角，数值上与 PCA 减去 3°一致。

86 例患者中股骨内上髁凹显示均清晰，测量时容易标记，获得 CSA 大小为 2.04° ~ 5.67°(3.78° ± 0.75°)，即临床经股骨上髁轴与外科经股骨上髁轴之间夹角接近 4°。传统理念认为 APL 垂直于股骨上髁轴(STEA 和 CTEA)，本研究仅 6 例 APL 垂直于 STEA(7%)，19 例 APL 垂直于 CTEA(22.1%)，APL 与股骨上髁轴垂直关系不足 1/3；86 例患者 ASA 标准差 3.17°与均数 5.37°接近，提示 APL 不是很稳定，以 APL 垂线作为旋转截骨轴线准确性值得商榷。

2.2 3° PCL、CTEA、APL 垂线与 STEA 准确性比较

单因素方差分析结果显示，A 角和 CSA、A 角和 ASA、CSA 和 ASA 之间差异有统计学意义($P < 0.05$)，将三者角度平均值进行比较后发现，准确性：3° PCL > CTEA > APL 垂线(表 2)。

表 2 股骨远端相关轴线角度测量结果比较(°, $n = 86$, $\bar{x} \pm s$)

测量参数	均值	极大值	极小值
A 角	0.63 ± 1.82	5.06	−4.06
CSA	3.78 ± 0.75[ab]	5.67	2.04
ASA	5.37 ± 3.17[a]	11.72	−2.33
PCA	2.38 ± 1.82	−7.06	2.06

a：$P < 0.05$，与 A 角比较；b：$P < 0.05$，与 ASA 比较

3 讨论

随着我国老龄化社会的到来，膝关节退变、类风湿等原因引起膝关节疼痛、功能障碍的病例越来越多，TKA 是解决终末期膝关节病损的主要手段，伴随着该手术的大量开展，并发症的控制成为关节外科医师越来越关注的问题，膝关节置换术后髌股关节并发症的发生率为 11.5% ~ 12%，占人工膝关节翻修原因的 50%，股骨假体旋转力线不良是导致髌股关节并发症、股骨胫骨运动学异常、膝关节屈曲位不稳定的主要因素[5-6]，而重建股骨假体的旋转力线依赖于股骨远端旋转解剖参数的准确测量。股骨假体旋转对线的确定常用以下 4 种方法：AP 轴线即 Whiteside's 线、股骨上髁轴(STEA 和 CTEA)、后踝轴的 3°外旋、屈曲间隙平衡技术。截骨参照轴线多样化，但终归考虑的是获得对称的屈曲间隙。

众多研究表明，以股骨上髁轴为参照轴进行股骨远端旋转截骨最为可靠，受股骨发育及关节退变的影响较小，股骨上髁轴分为 CTEA 和 STEA，STEA 是股骨远端假体旋转最可靠的参照轴线[4,7-8]，但股骨内上髁凹陷容易受到膝关节骨质退变、发育畸形、内侧副韧带止点阻挡的影响，使得 STEA 术中定位困难而临床应用受到限制。寻求其他参照轴线相对 STEA 的准确性是我们研究的重点，作为内外上髁轴最凸点连线的 CTEA 相对容易定位，Yoshino 等[9]曾对 48 例行 TKA 患者作骨性标记物研究，仅 33 膝能找到内上髁凹陷，内上髁凸却 100% 找到，并建议采用 CTEA 作为参照截骨轴线。Ozcelik 等[10]推荐在 CT 扫描内髁切迹辨别困难时可以把 CTEA 内旋 3°作为 STEA。我们认为 CTEA 不能等同于 STEA，两者之间 CSA 角是固定存在的；并且不同地区、不同人种股骨远端解剖形态是不同的[11]。本研究对 86 例膝关节重度骨关节炎伴轻度内翻患者进行研究，获得 CSA 角均值为 3.78°，或许在 STEA 定位困难时，依据 CTEA 内旋 4°截骨可能获得较好的结果。

大多数现代 TKA 系统提供基于 PCL 股骨侧旋转定位导板，对于欧美人种，参照 PCL 外旋 3°截骨时，股骨旋转力线最好，但国内部分学者认为国人 PCA 与欧美人种存在明显差异，依据 PCL 外旋 3°截骨容易导致假体内旋。Yip 等[12]报道中国南方正常人的 PCA 男性为(5.1° ± 1.9°)，女性为(5.8° ± 1.8°)。岳德波等[3]报道中国北方人 PCA 平均 > 3°，其中男性为 5.1°，女性为 5.8°，获得国人 PCA 大于欧美人种的结论，且纳入研究对象为正常人群，而 TKA 人群股骨后髁软骨磨损、退变，PCA 将发生改变。本研究获得 PCA 大小为 2.37°，与正常人群存在明显差异，因此，3°PCL 并非是最适合国人膝关节置换人群的截骨轴线，依据 PCL 外旋 3°截骨可导致假体轻度外旋，但相对于 CTEA、APL 垂线，3°PCL 却更接近 STEA，准确性最高，依据 PCL 外旋 2.5°进行股骨远端旋转截骨或许给患者带来更好的膝关节屈曲功能及髌股关节稳定性。

APL 是股骨滑车最低点和髁间窝最高点的连线。在股骨旋转截骨过程中，部分学者倾向于借助 APL 垂线作为膝关节屈伸轴，我们认为这样定位容易出现误

差,或许他们依据的是APL垂线始终与CTEA平行的理念,但膝关节真正意义上的屈伸轴是STEA,并且对于滑车发育异常及严重髌股关节炎者,滑车软骨的磨损、退变,髁间窝骨质的增生,造成前后轴线定位存在难度,膝关节翻修时同样无法参照前后轴线。本研究ASA大小为(5.37°±3.17°),提示前后轴线不是很稳定,对比其他两条参照轴线,可靠性最差。但对于外翻膝患者,往往伴有外髁的发育不良,后髁偏小,PCA继而>3°,此时若依据PCL外旋3°截骨将会造成股骨假体内旋。Whiteside等[13]建议外翻膝采用APL定位,可以减少髌股关节并发症,改善髌骨轨迹,减少术中胫骨结节截骨的概率。

借助影像学检查手段进行个体化股骨远端旋转截骨是TKA发展的趋势[14-15],然而软骨在CT上不显影,使得不能更好地评估膝关节骨关节炎患者股骨后髁残存软骨的厚度及旋转角度,忽略1°~2°[16-17]的股骨后髁软骨旋转角度不可避免地出现截骨误差。MRI较CT具有组织分辨率高并且对人体无辐射的优势,可清晰显示骨、软骨的解剖形态,可从冠状面、矢状面、横断面显示我们感兴趣的层面,在测量前定位股骨远端骨性标志时增加了辨认组织结构轮廓的准确性,减少了测量误差,提高了试验的精确度和可信度。本研究不足之处是纳入的研究者样本量较少,数据存在部分偏差,且研究对象未能完全包括膝关节重度骨关节炎患者,若对重度内翻畸形及外翻畸形患者同样纳入本研究并作对照分析,结果或许更具有代表性。这将督促我们继续搜集相关数据,增加样本数量,完善相应的数据库。

综上所述,对于膝关节重度骨关节炎伴轻度内翻畸形患者,术中在STEA定位困难时,可参照PCL外旋3°线截骨,相对于CTEA、AP轴垂线可靠性最高,但可能造成假体轻度外旋。为达到矩形的屈曲间隙,依据PCL最好外旋2.5°截骨,依据CTEA则需要内旋4°,而依据AP轴垂线截骨精确度最差。术前行MRI检查依据股骨轴线参数进行截骨可获得良好的髌股轨迹和膝关节屈曲间隙,提高术后疗效。

参考文献:

[1] Asano T, Akagi M, Nakamura T. The functional flexion-extension axis of the knee corresponds to the surgical epicondylar axis: *in vivo* analysis using a biplanar image-matching technique[J]. J Arthroplasty, 2005, 20(8): 1060-1067
[2] 吴剑彬, 余洋, 王逸扬. 国人经股骨上髁轴的磁共振测量[J]. 解剖学报, 2009, 40(6):997-1000.
[3] 岳德波, 李子荣, 杨连发, 等. 我国北方人群股骨髁旋转角度的测量及对全膝关节置换术结果的影响[J]. 中国矫形外科杂志, 2009, 17(7):498-500.
[4] 纪小孟, 刘璠, 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.
[5] Boldt J G, Stiehl J B, Hodler J, *et al*. Femoral component rotation and arthrofibrosis following mobile-bearing total knee arthroplasty[J]. Int Orthop, 2006, 30(5): 420-425.
[6] 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[J]. Knee Surg Sports Traumatol Arthrose, 2010, 18(7): 863-869.
[7] Robinson M, Eckhoff D G, Reinig K D, *et al*. Variability of landmark identification in total knee arthroplasty[J]. Clin Orthop Relat Res, 2006, 442:57-62.
[8] Yau W P, Chiu K Y, Tang W M. How precise is the determination of rotational alignment of the femoral prosthesis in total knee arthroplasty: an *in vivo* study[J]. J Arthroplasty, 2007, 22(7):1042-1048.
[9] Yoshino N, Takai S, Ohtsuki Y, *et al*. Computed tomography measurement of the surgical and clinical transepicondylar axis of the distal femur in osteoarthritic knees[J]. J Arthroplasty, 2001, 16(4):493-497.
[10] Ozcelik A, Seber S, Omeroglu H. Bone anatomy and rotational alignment in total knee arthroplasty[J]. Clin Orthop Relar Res, 2004(422):270.
[11] Bellemans J, Carpentier K, Vandenneucker H, *et al*. The John Insall Award: both morphotype and gender influence the shape of the knee in patients undergoing TKA[J]. Clin Orthop Relar Res, 2010, 468(1):29-36.
[12] Yip D K, Zhu Y H, Chiu K Y, *et al*. Distal rotational alignment of the Chinese femur and its relevance in total knee arthroplasty[J]. J Arthroplasty, 2004, 19(5):613-619.
[13] Whiteside L A, Arima J. The anteroposterior axis for femoral rotational alignment in valgus total knee arthroplasty[J]. Clin Orthop Relat Res, 1995(321):168-172.
[14] Michaut M, Beaufils P, Galaud B, *et al*. Rotational alignment of femoral component with computed-assisted surgery (CAS) during total knee arthroplasty[J]. Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot, 2008, 94(6):580-584.
[15] Victor J. Rotational alignment of the distal femur: a literature review[J]. Orthop Traumatol Surg Res, 2009, 95(5): 365-372.
[16] Asada S, Akagi M, Matsushita T, *et al*. Effects of cartilage remnants of the posterior femoral condyles on femoral component rotation in varus knee osteoarthritis[J]. Knee, 2012, 19(3):185-189.
[17] Fujii T, Kondo M, Tomari K, *et al*. Posterior condylar cartilage may distort rotational alignment of the femoral component based on posterior condylar axis in total knee arthroplasty[J]. Surg Radiol Anat, 2012, 34(7): 633-638.

(**收稿**:2014-12-15;**修回**:2015-01-28)
(编辑 栾 嘉)