

膝关节表面置换术中运动力学对线的应用与发展

张国栋, 杨晨, 杨光, 齐欣

(吉林大学第一医院骨关节外科, 吉林 长春 130000)

【摘要】 全膝关节置换术中运动力学对线是一种新兴的截骨对线方式, 正被越来越多的学者关注。通过运动力学对线, TKA 术后膝关节更接近正常膝关节, 从而具有较好的临床效果和功能评分, 不会增加假体早期失败的概率。但可能会增加髌骨-股骨关节应力, 导致髌骨轨迹不良, 增加磨损。本文总结了全膝关节表面置换术中运动力学对线定义、基本原理、适应证及禁忌证、手术方法、临床效果及不足, 指导 TKA 术中截骨对线方案的选择。

【关键词】 膝关节, 人工; 力学; 截骨术; 综述文献

DOI: 10.3969/j.issn.1003-0034.2015.12.022

Application and development of kinematical alignment during total knee arthroplasty ZHANG Guo-dong, YANG Chen, YANG Guang, and QI Xin. Department of Orthopaedics, the First Hospital of Jilin University, Changchun 130000, Jilin, China

ABSTRACT Kinematical alignment during total knee arthroplasty is an emerging process, and draws more and more attentions from scholars. Knee joint is close to normal joint after TKA through kinematical alignment, which has good clinical results and functional scores, and not increase failure probability. Thus, it may increase joint stress of patella-femur joint, lead to patellar maltracking and increase abrasion. The paper summarized definition and basic principle, operative method, clinical outcomes and deficiency of kinematical alignment during total knee arthroplasty, in order to choose a better way for kinematical alignment during total knee arthroplasty.

KEYWORDS Knee prosthesis; Mechanics; Osteotomy; Review literature

Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma, 2015, 28(12): 1162-1165 www.zggszz.com

膝关节表面置换术 (Total knee arthroplasty, TKA) 是解决终末期膝关节疾病、缓解疼痛、提高患者生活质量的有效方法^[1]。TKA 术中精准的截骨对线, 对患者术后功能的恢复及假体的远期生存是至关重要的。目前的主要方法是经典的机械力学对线的方法, 并取得良好的手术效果; 然而, TKA 术后患者不满意比率高达 20%~25%。为此, 提出了 TKA 中运动力学对线的方法^[2-5], 本文主要对其定义、基本原理、适应证及禁忌证、手术方法、临床效果, 不足等方面做一综述, 指导 TKA 术中不同截骨对线方案的选择。

1 定义及基本原理

运动力学对线于 2006 年被首次提出, 目的是减少 TKA 术后不明原因的膝关节疼痛、僵硬和不稳定, 促进患者术后康复及重建膝关节正常生物力学^[2-5]。与机械力学对线着眼于重建二维平面上髌-膝-踝角度来恢复下肢力线不同, 运动力学对线着眼于正常膝关节运动所处的立体环境, 通过精确截骨

使 TKA 术后股骨、胫骨、髌骨的运动轴与正常膝关节完全重合, 恢复膝关节正常生物力学^[6]。

2 适应证及禁忌证

TKA 中运动力学对线和机械力学对线的选择没有明确的适应证及禁忌证。运动力学对线一般不对后又韧带及侧副韧带过多松解, 要求保证其稳定性, 手术中多选择后交叉韧带保留型假体, 因此后又韧带及侧副韧带不稳定的患者可能不适合^[7]; 对于股骨和胫骨的固定内旋患者, 运动力学对线可能会改变正常的髌骨轨迹, 引起相应的并发症^[1]; 对一些由于各种因素引起的严重的膝关节解剖结构异常的患者, 可能会增加潜在的并发症, 因此也不适合运动力学对线^[8]。

3 手术方法

运动力学对线最主要的目标是确认股骨、胫骨截骨水平及假体安放角度恢复至生理侧膝关节 (或患病前膝关节), 而不是单纯寻求下肢力线的中立^[9]。运动力学对线的基本方法是根据术前的膝关节影像资料, 生成膝关节三维模型, 去除膝关节周围骨赘, 填补关节面磨损, 获得正常膝关节模型, 选择合适型号、单一曲率的非对称股骨假体和胫骨假体

通讯作者: 齐欣 E-mail: adamqi@qq.com

Coresponding author: QI Xin E-mail: adamqi@qq.com

精确重建^[10-13]。术中的关键是测量股骨远端和股骨后髁的截骨水平, 确认截骨的厚度和股骨假体的厚度一致性。运动力学对线可借助导航系统, 或者使用患者定制截骨模块提高截骨的精确度。

4 临床效果

4.1 重建膝关节生物力学

运动力学对线能够尽可能重建膝关节的正常生物力学, 但可能增加髌骨轨迹不良及应力增加的风险。机械力学对线时要求截骨平面垂直于下肢力线, 并尽可能使其处于中立位。然而, 有报道指出 98% 正常人的下肢力线不是中立位, 其中有 76% 下肢力线偏离中立位的角度 $>3^{\circ}$ ^[14]。因此机械力学对线可能与正常膝关节解剖不匹配, 需要对侧副韧带过多的松解。与机械力学对线相比, 运动力学对线不太强调 HKA 的 180° , 而是恢复患者原有的生理力线, 这样更接近正常膝关节运动力学, 有利于 TKA 术后膝关节周围软组织平衡^[15-16]。

Dossett 等^[6,12]比较两组分别行机械力学对线和运动力学对线 TKA 手术患者, 发现运动力学对线后股骨假体外翻, 胫骨假体内翻均较机械力学对线明显。术后 6 个月膝关节评分, 运动力学对线组优于机械力学对线组。运动力学对线组患者获得更大的膝关节屈曲, 术后 2 年随访时有相似结果。Ishikawa 等^[1]通过体外试验模拟了机械力学对线、胫骨内翻 3° 和胫骨内翻 5° 运动力学对线的膝关节运动力学。运动力学对线后有更大的股骨后滚和外旋, 但是髌骨-股骨关节和股骨-胫骨关节的应力增加, 髌骨轨迹不良的风险要高, 并且两者随着胫骨假体倾斜角度增加而增大。运动力学对线后股骨、胫骨假体的内旋导致膝关节早期屈曲时髌骨向外侧的偏移和倾斜, 增加了髌骨-股骨关节的应力。胫骨假体的内翻可能会增加聚乙烯内衬的磨损, 尽管下肢力线是直立的。

4.2 避免假体早期失败

运动力学对线后胫骨假体内翻不会导致假体的早期失败等不良情况。尽管胫骨假体适当的内翻不会降低术后 3、5、7、10 年的假体生存率, 并且具有较好的功能恢复^[17], 但胫骨假体的过度内翻可能会导致胫骨内衬受力不均匀, 增加磨损的风险^[18-19]。

Howell 等^[7,20]通过测量运动力学对线术后胫骨假体力线角度、膝关节力线角度、下肢力线角度分别将患者分组 [胫骨假体力线 $\leq 0^{\circ}$ 、膝关节力线外翻 $2.5^{\circ}\sim 7.4^{\circ}$ 、下肢力线 ($0\pm 3^{\circ}$) 为安全角度以内]。术后平均随访 38 个月发现胫骨假体轻度内翻 ($1.8\pm 2.6^{\circ}$)、膝关节外翻 ($3.4\pm 2.1^{\circ}$)、下肢力线轻度外翻 ($0.9\pm 2.7^{\circ}$), 其中 75% 胫骨假体、33% 膝关节力线和

6% 下肢力线处于安全角度之外。安全角度之外的患者膝关节评分相等或更高一点, 但差异不明显。最近, 他对运动力学对线术后 214 例患者 (219 膝) 平均 6.3 年随访结果进行了报道。3 例患者分别因假体周围感染、胫骨平台松动及髌骨关节不稳定行翻修手术。平均 6.3 年假体生存率为 97.5%, 假体的年翻修率为 0.4%, 这与机械力学对线的假体年翻修率 (0.64%) 相当。运动力学对线后股骨、胫骨的安放更接近正常膝关节运动力学, 无须对侧副韧带及后交叉韧带过多的松解, 对侧副韧带有更接近生理的作用力, 能够减轻疼痛, 增加稳定性, 可能有利于患肢功能的恢复。

4.3 减少下蹲不良应力

运动力学对线后能够减少下蹲过程中出现的不良应力情况。下蹲能力是大多数 TKA 术后患者希望恢复的功能, 但是下蹲过程中可能会出现胫骨的前后位移, 导致内衬前后缘负重, 增加磨损风险^[21-22]; 胫骨相对于股骨外旋, 限制膝关节屈曲, 髌骨轨迹不良, 导致髌骨假体早期失效^[23-25]; 胫骨假体与股骨假体偏离, 导致非对称性内衬磨损、胫骨假体松动等不良情况^[26-27]。Howell 等^[28]发现运动力学对线术后胫骨内衬没有边缘负重的情况, 胫骨相对于股骨外旋及胫骨假体与股骨假体偏离发生概率小。因此, 运动力学对线能有效降低下蹲过程中的不良情况的发生, 同时具有更高的功能和更优的屈曲, 可能会具有更好的假体远期生存及功能。

4.4 维持正常胫骨力线和远期假体生存率

运动力学对线后能维持正常胫骨力线可能同样具有良好的远期假体生存率。正常膝关节关节面与胫骨力线呈一定角度变化, 但站立时始终保持与地面平行。运动力学对线的主要目的是恢复膝关节解剖复位, 这就要求无论膝关节本身内翻或外翻, 站立位时关节面要与地面平行。Hutt 等^[11]发现运动力学对线后, 相对于胫骨力线, 33 例 (62%) 膝关节出现了内翻或外翻 $>3^{\circ}$; 然而, 患者站立时, 只有 6 例 (11%) 膝关节关节面偏离地面角度 $>3^{\circ}$ (平均内翻 4.0°), 这与机械力学对线后结果相似, 有利于运动力学对线后同样具有较好的远期假体生存率。

4.5 精确执行术前计划

运动力学对线是一种新兴的 TKA 截骨方式, 在使用这种截骨方式时能否将术前计划精确的执行到手术当中是需要面对的一个问题。Nogler 等^[10]通过在尸体标本上行两种不同对线的 TKA 手术, 发现运动力学对线术后下肢力线角度与术前计划角度存在 $0.3^{\circ}\sim 9.1^{\circ}$ 偏差, 机械力学对线相应数值为 $0.2^{\circ}\sim 6.2^{\circ}$, 两组差异无统计学意义, 说明两种不同截骨方案均

可以很好地按术前计划进行截骨。运动力学对线本身更接近膝关节解剖,因此可能具有更大的屈曲和更好的临床效果。

4.6 假体旋转和屈伸间隙

运动力学对线术后 97% 患者胫骨假体的旋转都控制在 $(0 \pm 10)^\circ$ ^[29-30]。在使用后又韧带保留型假体 TKA 术中,调整胫骨假体的前后位对调整屈伸间隙是至关重要的。因为后交叉韧带的松弛会导致膝关节不稳定和疼痛,而过于紧张会限制膝关节屈曲。运动力学对线通过调整胫骨后倾和胫骨内衬厚度,能够有效地减少 TKA 术中胫骨前后位移^[13],从而具有更好的屈伸间隙。

5 不足

目前对 TKA 中运动力学对线方法的研究存在以下不足:(1)费用增加且无针对运动力学对线设计的假体:虽然 Howell 等^[13]发现可以使用普通器械行运动力学对线,并取得良好效果,但目前运动力学对线多使用患者定制截骨模块,这会增加患者手术费用,从一定程度上会影响该种手术方式的应用和推广。另外,现在没有针对运动力学对线进行设计的假体,大多数外科医生行运动力学对线时往往采用的是针对机械力学对线的假体,可能会影响运动力学对线的手术效果^[10]。(2)远期假体生存率未知及对假体安放角度错误的容忍程度有限:运动力学对线通常要求胫骨假体略内翻,以接近正常的膝关节解剖,然而对一些膝关节本身就存在内翻的患者,使用运动力学对线可能会使内翻大于 3° ,可能会导致磨损增加。另外,对远期假体生存率研究有限,目前最长的是平均 6.3 年中期随访结果^[7]。机械力学对线后假体远期生存率高^[31],同时对于膝关节严重内外翻畸形的矫正疗效也比较确切^[9,17,20,32]。(3)不考虑立体环境下膝关节运动时的生物力学变化:目前研究主要集中于静态膝关节生物力学,没有充分考虑到运动时(如行走、蹲起等)连贯动作下膝关节的生物力学。因此将来可能需要更大容量、更长时间的随访来确定假体远期生存率,借助计算机研究膝关节在立体环境下的动态运动力学,提高 TKA 截骨的精确度。

总之,通过运动力学对线,能够使 TKA 术后膝关节更接近正常膝关节,从而具有较好的临床效果和功能评分,不会增加假体早期失败的几率。但可能会增加髌骨-股骨关节应力,导致髌骨轨迹不良,增加磨损。TKA 运动力学对线是一种新兴的截骨对线方案,短期临床效果满意,远期临床效果有待观察,需要更多的研究。

参考文献

- [1] Ishikawa M, Kuriyama S, Ito H, et al. Kinematic alignment produces near-normal knee motion but increases contact stress after

total knee arthroplasty: a case study on a single implant design [J]. *Knee*, 2015, 22(3): 206-212.

- [2] Howell SM, Kuznik K, Hull MK, et al. Results of an initial experience with custom-fit positioning total knee arthroplasty in a series of 48 patients [J]. *Orthopedics*, 2008, 31(9): 857-863.
- [3] Howell SM, Hodapp EE, Kuznik K, et al. In vivo adduction and reverse axial rotation (external) of the tibial component can be minimized [J]. *Orthopedics*, 2009, 32(5): 319.
- [4] Howell SM, Rogers SL. Method for quantifying patient expectations and early recovery after total knee arthroplasty [J]. *Orthopedics*, 2009, 32(12): 884.
- [5] Spencer BA, Mont MA, McGrath Ms, et al. Initial experience with custom-fit total knee replacement: intra-operative events and long-leg coronal alignment [J]. *Int Orthop*, 2009, 33(6): 1571-1575.
- [6] Dossett HG, Swartz GJ, Estrada NA, et al. Kinematically versus mechanically aligned total knee arthroplasty [J]. *Orthopedics*, 2012, 35(2): e160-169.
- [7] Howell SM, Papadopoulos S, Kuznik K, et al. Does varus alignment adversely affect implant survival and function six years after kinematically aligned total knee arthroplasty [J]. *Int Orthop*, 2015, 39(11): 2117-2124.
- [8] Abdel MP, Oussedik S, Cross MB. Clinical faceoff: neutrally versus kinematically aligned TKA [J]. *Clin Orthop Relat Res*, 2015, 473(1): 27-31.
- [9] Vanlommel L, Vanlommel J, Claes S, et al. Slight undercorrection following total knee arthroplasty results in superior clinical outcomes in varus knees [J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2013, 21(10): 2325-2330.
- [10] Nogler M, Hozack W, Collopy D, et al. Alignment for total knee replacement: a comparison of kinematic axis versus mechanical axis techniques. *Acadaver study* [J]. *Int Orthop*, 2012, 36(11): 2249-2253.
- [11] Hutt J, Massé V, Lavigne M, et al. Functional joint line obliquity after kinematic total knee arthroplasty [J]. *Int Orthop*, 2015. [Epub ahead of print]
- [12] Dossett HG, Estrada NA, Swartz GJ, et al. A randomised controlled trial of kinematically and mechanically aligned total knee replacements: two-year clinical results [J]. *Bone Joint J*, 2014, 96-B(7): 907-913.
- [13] 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.
- [14] Eckhoff DG, Bach JM, Spitzer VM, et al. Three-dimensional mechanics, kinematics, and morphology of the knee viewed in virtual reality [J]. *J Bone Joint Surg Am*, 2005, 87(Suppl 2): 71-80.
- [15] Howell SM, Chen J, Hull ML. Variability of the location of the tibial tubercle affects the rotational alignment of the tibial component in kinematically aligned total knee arthroplasty [J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2013, 21(10): 2288-2295.
- [16] Park A, Duncan ST, Nunley RM, et al. Relationship of the posterior femoral axis of the "kinematically aligned" total knee arthroplasty to the posterior condylar, transepicondylar, and anteroposterior femoral axes [J]. *Knee*, 2014, 21(6): 1120-1123.
- [17] Matziolis G, Adam J, Perka C. Varus malalignment has no influence on clinical outcome in midterm follow-up after total knee re-

- placement[J]. Arch Orthop Trauma Surg, 2010, 130(12):1487-1491.
- [18] Klatt BA, Goyal N, Austin MS, et al. Custom-fit total knee arthroplasty (OtiKnee) results in malalignment[J]. J Arthroplasty, 2008, 23(1):26-29.
- [19] Ritter MA, Davis KE, Meding JB, et al. The effect of alignment and BMI on failure of total knee replacement[J]. J Bone Joint Surg Am, 2011, 93(17):1588-1596.
- [20] Howell SM, Howell SJ, Kuznik KT, et al. Does a kinematically aligned total knee arthroplasty restore function without failure regardless of alignment category[J]. Clin Orthop Relat Res, 2013, 471(3):1000-1007.
- [21] Barnes CL, Sharma A, Blaha JD. Kneeling is safe for patients implanted with medial-pivot total knee arthroplasty designs[J]. J Arthroplasty, 2011, 26(4):549-554.
- [22] Hamai S, Miura H, Higaki H, et al. Kinematic analysis of kneeling in cruciate-retaining and posterior-stabilized total knee arthroplasties[J]. J Orthop Res, 2008, 26(4):435-442.
- [23] Bellemans J, Banks S, Victor J, et al. Fluoroscopic analysis of the kinematics of deep flexion in total knee arthroplasty. Influence of posterior condylar offset[J]. J Bone Joint Surg Br, 2002, 84(1):50-53.
- [24] Berger RA, Crossett LS, Jacobs JJ, et al. Malrotation causing patellofemoral complications after total knee arthroplasty[J]. Clin Orthop Relat Res, 1998, (356):144-153.
- [25] Miller MC, Berger RA, Petrella AJ, et al. Optimizing femoral component rotation in total knee arthroplasty[J]. Clin Orthop Relat Res, 2001, (392):38-45.
- [26] Jeffery RS, Morris RW, Denham RA. Coronal alignment after total knee replacement[J]. J Bone Joint Surg Br, 1991, 73(5):709-714.
- [27] Wasielewski RC, Galante JO, Leighty RM, et al. Wear patterns on retrieved polyethylene tibial inserts and their relationship to technical considerations during total knee arthroplasty[J]. Clin Orthop Relat Res, 1994, (299):31-43.
- [28] Howell SM, Hodapp EE, Vernace JV, et al. Are undesirable contact kinematics minimized after kinematically aligned total knee arthroplasty? An intersurgeon analysis of consecutive patients[J]. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2013, 21(10):2281-2287.
- [29] Nedopil AJ, Howell SM, Rudert M, et al. How Frequent Is Rotational Mismatch Within $0^\circ \pm 10^\circ$ in Kinematically Aligned Total Knee Arthroplasty[J]. Orthopedics, 2013, 36(12):e1515-1520.
- [30] 翁文杰, 张华山, 王锋. 全膝人工关节置换术中的旋转对线[J]. 中国骨伤, 2008, 21(3):202-203.
Weng WJ, Zhang HS, Wang F. Rotational alignment in total knee arthroplasty[J]. Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma, 2008, 21(3):202-203. Chinese with abstract in English.
- [31] Ritter MA, Davis KE, Davis P, et al. Preoperative malalignment increases risk of failure after total knee arthroplasty[J]. J Bone Joint Surg Am, 2013, 95(2):126-131.
- [32] 刘兴炎. 重度畸形膝关节病全膝关节置换的疗效分析[J]. 中国骨伤, 2010, 23(2):139-142.
Liu XY. Clinical effect analysis of total knee replacement for treating gonarthrosis with severe deformities[J]. Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma, 2010, 23(2):139-142. Chinese.
(收稿日期:2015-08-20 本文编辑:王玉蔓)

·读者·作者·编者·

本刊关于“通讯作者”有关事宜的声明

本刊要求集体署名的文章必须明确通讯作者。凡文章内注明通讯作者的稿件,与该稿件相关的一切事宜均与通讯作者联系。如文内未注明通讯作者的文章,按国际惯例,有关稿件的一切事宜均与第一作者联系,特此声明!

《中国骨伤》杂志社