doi:10.11659/jjssx.07E021047

·综 述·

# 全膝关节置换术中胫骨假体旋转对线方法的研究进展

谢洪华[1],曾 沣[2] (1.广西中医药大学附属瑞康医院关节与运动医学科,广西 南宁 530000;2.柳州市中医医院创伤骨科,广西 柳州 545000)

[摘 要] 全膝关节置换术(TKA)能够缓解关节疼痛,矫正膝关节畸形,改善关节功能。胫骨假体旋转对线是TKA成功的一个非常重要但易被忽视的技术环节,人工假体组件和关节面位置的准确定位对于手术成败具有重大的决定意义。目前关于胫骨假体旋转对线的方法较多,主要包括参考相关解剖标志、ROM技术、计算机辅助导航及个性化截骨等,且各有优缺点,临床尚存在较多争议,目前缺乏统一标准。本文拟从胫骨相关解剖、胫骨假体旋转对线方法等方面进行系统综述,以期为TKA的临床应用提供理论基础。

[关键词] 全膝关节置换术;胫骨假体;旋转对线;解剖结构

[中图分类号] R684.3 [文献标识码] A [收稿日期] 2021-07-07

## Research progress of tibial prosthesis rotation alignment in total knee arthroplasty

XIE Hong-hua[1],ZENG Feng[2] (1. Department of Joint and Sports Medicine, Ruikang Hospital Affiliated to Guangxi University of Chinese Medicine, Nanning Guangxi 530000, China; 2. Department of Traumatic Orthopedics, Liuzhou Traditional Chinese Medical Hospital, Liuzhou Guangxi 545000, China)

**Abstract**: Total knee arthroplasty (TKA) can relieve joint pain, correct knee deformities and improve joint function. The rotation alignment of the tibial prosthesis is a very important but easily overlooked technical link for the success of TKA. The accurate positioning of the artificial prosthesis components and the articular surface is of great determining significance for the success or failure of the operation. At present, there are many methods for tibial prosthesis rotation alignment, mainly including reference to relevant anatomical markers, ROM technology, computer-aided navigation and personalized osteotomy, etc., and each has its own advantages and disadvantages. There are still many disputes in clinical practice and lack of unified standard. This paper intends to provide a theoretical basis for the clinical application of TKA by systematically reviewing the related anatomy of tibia and the rotation alignment method of tibial prosthesis.

**Keywords**: total knee arthroplasty; tibial prosthesis; rotation alignment; anatomical structure

全膝关节置换术(total knee arthroplasty,TKA)是骨科手术中较为成功的方法之一,在疼痛减轻、功能改善和患者整体满意度方面具有较好的效果[1]。TKA是否成功与假体设计、下肢力线重建、术中截骨参数及软组织平衡等因素密切相关。其中胫骨假体旋转对线是一个非常重要但易被忽视的技术环节,人工假体组件和关节面位置的准确定位对于手术成败具有重大的决定意义。胫骨假体旋转对线不良会直接导致术后胫股关节不匹配,且会增加髌股关节并发症的发生风险,严重影响术后膝关节的稳定性,增加假体松动和磨损的概率,缩短假体的使用寿命,影响TKA的效果[2-5]。目前临床上关于胫骨假体旋转对线的方法较多,但对于哪种方法更好目前尚存争议,仍缺乏统一标准。本文拟从胫骨相关解剖、胫骨假体旋转对线方法等方面进行综述,以期为TKA的临床应用提供理论基础。

## 1 胫骨相关解剖

胫骨平台是胫骨近端的骨关节面,是膝关节的重要组成部分,主要由髁间隆起、内外侧髁和相应的上关节面等组成。髁间隆起分为内侧髁间结节和外侧髁间结节,上关节面由内侧关节面和外侧关节面共同构成。胫骨内侧髁和外侧髁上均有上关节面与股骨髁相连。胫骨外侧髁后下方与腓骨头相连,关节面下方3 cm胫骨前外侧突起是髌韧带止点,即胫骨结节;胫骨结节近端外侧为Gerdy结节。胫骨内外侧髁和胫骨结节都能在体表触及,整个结构共同构成胫骨平台,支撑身体以及整个下肢的重量。有研究证实,膝关节中心为后交叉韧带止点中点,其位于胫骨髁间嵴后方的斜坡面上,位置较固定,不受膝关节变形影响[6]。

[通信作者] 谢洪华,E-mail:1252630585@qq.com

## 2 胫骨假体旋转对线方法

### 2.1 髓内定位

TKA 术中假体的放置可以参考髓内定位和髓外定位,其中采用髓内定位放置股骨假体已被证实准确有效,可以提升股骨假体旋转对线的精准度[7];但髓内定位是否适合胫骨假体的放置目前临床尚无定论。胫骨侧的髓内定位主要采用髌骨内侧入路,在股骨截骨后,于胫骨平台中间找到髓内定位钻孔点,清理胫骨髓腔,然后将髓腔杆尽可能深地插入髓腔,在胫骨近端固定胫骨截骨导向器,用摆锯按胫骨截骨模板进行截骨。Iorio 等[8]发现采用髓内定位放置胫骨假体比髓外定位更加准确,胫骨假体的放置更加合适,并且髓内定位操作简单,能有效缩短手术时间。虽然髓内定位的精准度较高,但容易受到入钉点位置及不同胫骨假体的影响。裴晓东等[9]研究发现,与传统入钉点相比,利用数字化技术设计个体化髓内入钉点定位胫骨假体的位置更合适,能精准恢复患者的下肢力线,术后关节功能恢复和活动度更好,但其远期疗效有待考查。Karade 等[10]通过比较 TKA 国产假体和进口假体使用髓外和髓内胫骨切割导向系统在胫骨假体定位的准确性发现,髓内胫骨切割导向系统联合进口假体能提高胫骨假体旋转对线的精准度,获得良好的假体力线,优于髓外胫骨切割导向系统。然而,一项系统回顾和荟萃分析显示,髓内定位和髓外定位在胫骨假体放置的准确性方面无差异,但结果还需更多高质量的随机对照试验进行验证[11]。

髓内定位具有操作简单、定位快捷、受踝关节等解剖变异影响较小等优点。其不足之处在于需将髓腔杆插入髓腔进行开髓,会增加术中出血量,与髓外定位相比,损伤更大,出现脂肪栓塞、静脉血栓栓塞等并发症的风险更高[12];同时,胫骨髓腔本身也存在不同程度的解剖变异,容易产生误差;并且,不同术者的视觉效果也存在差异,易使髓内定位的准确性降低,限制了其临床应用。因此,当患者存在胫骨解剖变异或髓腔较小时,髓内定位不适用于胫骨假体的旋转对线参考。

### 2.2 髓外解剖标志定位

2.2.1 胫骨结节 胫骨结节中内 1/3 是目前临床上使用较多的解剖标志,常被用来定位胫骨假体的放置。Insall 等[13]最早发现在胫骨结节无异常变化的情况下,参照胫骨结节中内 1/3 放置胫骨假体可以实现膝关节的最大功能化。然而,这项技术无相关的理论背景支持,主要依赖术者的临床经验,可靠性不高。此外,一些研究发现,胫骨假体与胫骨结节中内 1/3 对齐有可能会导致胫骨假体的旋转不良,甚至会出现过度外旋的情况[6,14-15]。Sun 等[16]也得出相似的结论,其发现假体参照胫骨结节中内 1/3 进行放置时,可能会相对于外科上髁轴线外旋 12°左右,以胫骨结节内侧缘作为参考时,假体外旋更明显。Howell 等[17]认为参考胫骨结节内侧缘或内侧 1/3 放置胫骨假体,术后会存在假体定位不良,有 5°以上旋转偏差的可能。Tao 等[18]的研究也证实以胫骨结节内侧缘为标志放置胫骨假体会存在不同程度的放置差异,而且对于有膝外翻或膝内翻的患者,其放置失败的风险更高。总的来说,参照胫骨结节放置假体是临床上使用较多的方法,但其容易受到膝关节变形的影响,存在膝关节异常时术中难以识别胫骨结节解剖标志,从而导致假体无法准确放置。因此,胫骨结节定位的可靠性还需大量临床验证。

2.2.2 Akagi 线 外科上髁轴(surgical transepicondylar axis,STEA)是股骨外上髁最凸点到股骨内上髁最凹点的连线,已被证实是一个有效的解剖参考轴,同时也是膝关节重要的屈伸轴[19-21]。因此,STEA 被公认为是 TKA 中股骨旋转定位的可靠且稳定的解剖参考标志,是股骨假体定位的金标准[21]。而 Akagi 线是由日本学者 Akagi 等[6]首次提出,其通过 CT 测量发现,后交叉韧带中点和髌骨韧带内侧缘的连线基本垂直于 STEA,于是将此线定义为 Akagi 线,并将其作为胫骨假体定位的参考标志。将 STEA 和 Akagi 线作为股骨与胫骨假体放置的旋转对线,可以实现 TKA 假体的理想放置,且得到了越来越多国内外学者的认同。Rossi 等[22]也认为将 Akagi 线作为胫骨假体的旋转对线可以准确放置假体,是胫骨假体放置的金标准。但史博等[23]则对此提出质疑,他们认为仅仅研究正常膝关节不能得出比较全面的结论,也应考虑膝关节骨关节炎或伴有关节畸形的患者,他们通过研究内翻型膝关节骨关节炎患者发现 Akagi 线对此类患者不适用。Kawahara 等[24]通过研究内外翻畸形患者也得出相似的结论,参考 Akagi 线对膝关节畸形患者的假体进行放置会存在较大误差。因此,Akagi 线的有效性还有待考查。

2.2.3 胫骨前皮质 胫骨前皮质是 TKA 中的一个重要解剖参考标志。Baldini 等[25]认为胫骨前皮质是胫骨旋转对齐时可靠的可重复性标志,他们把胫骨近端切割后,将胫骨假体的前表面对准胫骨前皮质,以此可精准对线,但该研究以正常膝关节为基础,缺乏膝关节骨关节炎患者的对照评估。Kim 等[26]则同时对上述两种类型的膝关节进行研究,发现胫骨前皮质是确

定 TKA 中胫骨旋转对齐最可靠和有用的解剖标志。Popescu 等[27]也支持这个观点,他们通过对大量文献归纳总结发现,关节外的参考标志容易发生变化,影响胫骨假体的对线;而关节内的参考标志(如胫骨前皮质)则不受关节畸形的影响,且胫骨前皮质在胫骨截骨后能快速精准定位,可明显缩短手术时间。但临床上关于胫骨前皮质的研究较少,其准确性有待进一步考查。

2.2.4 胫骨其他参考标志 Rossi 等[22]提出了一种新的胫骨平台后外侧角锁定技术,先确定胫骨平台切面的后外侧角,然后将假体的后外侧角对准此角,固定此处并向外旋转,直到胫骨假体的前内侧边界与胫骨前内侧皮质对应即可。然而,该研究只使用了一种对称假体,且所使用的尸体均为白种人,而不同种族患者之间胫骨表面的解剖差异较大,此技术可能对国内患者不适用[28]。Fang 等[39]在上述研究的基础上进行了更为深入的探索,他们基于 CT 数据重建三维模型证实了后外侧角锁定技术在国内 TKA 中可以实现胫骨假体的精准放置。但这种技术的有效性还需要更多的临床研究验证。

有学者将胫骨假体后方对准胫骨平台内外侧髁最后方的 2 个点的连线定义为胫骨后髁轴,他们认为参照这个标志放置假体可以获得较大的覆盖率,但也可能存在假体内旋的情况[30]。Heyse 等[31]也认为胫骨后髁轴可作为胫骨假体旋转对线的可靠标志,而 Graw 等[32]则认为胫骨后髁轴可能更适用于翻修手术。

胫骨前嵴也是目前胫骨假体旋转对线的热门参考标志。胫骨前嵴在解剖上为胫骨结节至内踝前缘之间的骨性隆起,表面无肌肉覆盖,易触摸到锐利长骨。Burke 等[33]建议将胫骨前嵴作为胫骨远端定位的参考标志,但缺乏相关的数据支持。因此,胫骨前嵴作为胫骨假体定位的参考标志仍存在争议。Nishikawa 等[34]研究发现胫骨前嵴近端 1/3 和远端 1/3 的线与冠状面的机械轴平行,证实胫骨前嵴可作为胫骨假体髓外定位的可靠标志。而路玉峰等[35]使用 CT 测量,在胫骨前嵴上选取 4 个点,使其分别与后交叉韧带胫骨止点在该平面止点的投影连线,分析胫骨前嵴近端轴、胫骨前嵴中段轴 1 和中段轴 2、胫骨前嵴远端轴与 STEA 的夹角关系,发现胫骨前嵴中段轴与 STEA 垂线的角度变化较小,故认为胫骨前嵴中段可作为胫骨假体旋转对线的一个可靠的参考标志,但该研究样本量较小、男女比例与实际不符等,存在一定的局限性,未来还需更多的临床数据来论证参考胫骨前嵴中段放置胫骨假体的准确性。

2.2.5 胫骨平台截骨面 胫骨平台截骨面假体覆盖不足可能会导致术后膝关节腔出血增多以及骨溶解,最终造成膝关节不稳定和假体下沉[36]。理想的 TKA 应该最大限度地扩大胫骨覆盖面积而不引起胫骨旋转不良。然而,由于各研究对旋转不良和覆盖率最大化的定义不同,很难明确覆盖率和理想的旋转,目前临床一般优先选择准确的旋转对线[37]。Stulberg 等[38]发现,对称型、不对称型和解剖型假体之间的胫骨覆盖率相同。而 Clary 等[39]通过比较不同的胫骨假体设计发现,与不对称型胫骨假体比较,对称型胫骨假体对胫骨平台的整体覆盖效果更好。Dai 等[40]通过比较临床常用的胫骨假体发现,不对称型胫骨假体具有更高的胫骨覆盖率,并且可以同时参考胫骨前皮质使假体旋转对齐。但是 Clary 等[39]和 Dai 等[40]所选的胫骨假体旋转对线参考标志不一致,因此二者研究结果存在片面性,无法得出准确的结论。Meier 等[41]在上述研究的基础上进行了更全面的研究,结果显示对称型和不对称型胫骨假体的胫骨覆盖率取决于胫骨假体所选的旋转参考标志,临床可以在不影响髌骨运动轨迹的情况下选择最优的旋转参考标志来提高胫骨覆盖率。目前关于胫骨假体覆盖率的研究较少,随着对胫骨假体最大覆盖面积的不断研究,胫骨假体最大覆盖面积也不失为一种胫骨假体放置的参考标志。

2.2.6 其他解剖标志 第 2 跖骨解剖轴也是临床上使用较多的一种对线标志,是 TKA 中胫骨假体髓外定位的远端标志,在进行髓外定位时,将定位杆指向第 2 跖骨解剖轴即可。临床上部分外科医师也常参考第 2 跖骨解剖轴进行胫骨假体的旋转对线,虽然这个标志容易识别,但是第 2 跖骨解剖轴经过踝关节,而膝关节骨关节炎可能会累及踝关节,造成踝关节及跖骨畸形,干扰解剖标志的判断,并且若足部旋转出现异常也会影响胫骨假体的放置,增加手术难度。有学者认为第 2 跖骨解剖轴与膝关节在方向上差异较大,以其为参考放置假体会存在匹配不良的情况[6]。Tsukeoka 等[42]对类风湿关节炎和骨关节炎患者进行研究发现,在 TKA 中将第 2 跖骨解剖轴作为胫骨髓外切割引导标志应瞄准第 2 跖骨解剖轴的底部,并且在类风湿关节炎患者中应参考多种解剖标志,以减少关节畸形带来的影响,提高准确度。Bilgen 等[43]的研究也发现当膝关节存在内外翻畸形时,参考第 2 跖骨解剖轴进行胫骨假体旋转对线会增加假体放置失败的风险。目前临床上关于第 2 跖骨解剖轴的研究较少,希望未来能有更多相关研究证实第 2 跖骨解剖轴在胫骨假体旋转对线中的可靠性。

踝关节中点、胫骨前肌肌腱等也可以用于胫骨假体的旋转对线,其在体表容易被触及,显露简单,有利于假体放置时的快速定位。但由于其解剖位置在体表,容易受到关节畸形的影响,且患者之间存在个体差异,解剖定位往往难以进行。在这几种参考标志中,胫骨前肌肌腱最易辨认,研究发现胫骨前肌肌腱的解剖位置不在踝关节中点,一般在踝关节中点偏内侧距离中点 1 cm 处[44]。由于解剖位置的因素,胫骨前肌肌腱容易受到踝关节的影响,作为胫骨假体旋转对线的参考标志不够稳定。对于以踝关节中点作为参考标志目前争议较多,并且由于内外踝尖之间存在个体差异,皮肤薄厚以及水平位置不一致等,踝关节中点往往难以准确定位。因此,将踝关节中点、胫骨前肌肌腱等作为胫骨假体旋转对线的参考标志不是一种很好的选择。

胫骨假体的准确放置对 TKA 至关重要,目前临床上也在不断尝试新的参考标志。Mahmood 等[45]研究发现胫骨外侧下方胫骨皮质的平坦区域也可作为定位标志,以此为参考放置假体能得到不错的效果;当由于骨关节炎以及类风湿关节炎等产生骨赘时,可以适当放宽要求,取其相对平坦的区域即可。此标志定位比较简单,但目前其临床应用较少,准确性缺乏数据支持,还需进一步研究。

ATR 线是指在胫骨截骨后,后交叉韧带在胫骨平台附着处的外侧边缘和胫骨结节最突出点的连线,是当前较新的一个参考标志,其最早由 Ohmori 等[46]提出。Ohmori 等[46]通过回顾 38 例膝内翻患者和 28 例膝外翻患者的临床资料来研究 Akagi 线和 ATR 线之间的角度关系,发现所有患者的 ATR 线均位于 Akagi 线和 1/3 Akagi 线之间,且在内翻组和外翻组之间无显著差异,表明以 ATR 线作为参考是良好的解剖标志,不受内外翻畸形的影响。此外,ATR 线不受胫骨后倾的影响,故其可以在不考虑后倾角的情况下使用。综上所述,ATR 线是评估胫骨切除后胫骨旋转对线的有效选择。

跟腱也是一个热门研究标志,Tiftikçi 等[47]对 158 个踝关节 MRI 图像进行回顾性研究发现,距骨中心的机械轴线穿过跟腱,并且从 MRI 图像上可知胫骨前肌腱、足背动脉以及跟腱等都有助于 TKA 中胫骨假体的放置,其中跟腱最为合适。因此,跟腱可以作为胫骨假体旋转对线的一个可靠的远端参考标志。

### 2.3 ROM 技术

ROM 技术又称自我形合技术,其基本原理是在考虑软组织张力的情况下,膝关节进行全范围屈伸,调整胫骨假体与股骨假体的关系,使胫骨假体相对于股骨假体定位在最佳位置[48],以创造最佳的股胫关节运动力学。胫骨假体的位置会受伸肌装置、髌骨假体、韧带平衡和胫骨截骨面的影响,使用 ROM 技术的前提条件是股骨假体的位置必须准确[22]。有研究发现使用计算机辅助导航技术可以提高假体定位的准确性[49],若将 ROM 技术与计算机辅助导航技术相结合,可以获得更为理想的胫骨假体旋转对线,但此法目前仍缺乏理论支持,且临床也存在一定争议。Rossi 等[22]对 ROM 技术表示怀疑,他们认为若股骨假体位置不准确则会造成胫骨假体更大的旋转偏差。Berhouet 等[50]则认同 ROM 技术,认为在股骨假体准确放置的情况下,采用 ROM 技术可以完美放置胫骨假体。有研究发现,ROM 技术在膝关节畸形患者中比胫骨结节法更有优势,是一种可重复确定胫骨假体旋转位置的方法[51]。国内有学者对此持不同意见,他们研究 ROM 技术时发现髌骨运动轨迹是一个重要的影响因素,当髌骨运动轨迹异常时,运用 ROM 技术进行胫骨假体的放置会造成过度内旋[52]。Kawaguchi 等[53]则在 ROM 技术的基础上研发出新的定位技术,即 ROM-A 技术,使用 ROM-A 技术可以获得胫骨假体的理想旋转位置,并可以减少胫骨和股骨假体之间的匹配不良以及假体旋转异常。总之,ROM 技术不受膝关节变形的影响,无需考虑解剖标志,是一种比较可靠的技术。

### 2.4 计算机辅助导航技术

近年来,随着计算机技术和医学的发展,二者之间的联系也变得越来越密切。计算机辅助导航技术在外科领域,尤其是在关节外科占有重要的地位,其通过参考正常人体的下肢解剖结构及相关运动学参数,得出准确的下肢机械轴线,有助于术中截骨和假体的放置。有研究表明,使用计算机辅助导航技术可以提高假体对齐和定位的准确性,特别是在冠状面上[54]。还有学者证实,与传统 TKA 相比,计算机辅助导航技术下 TKA 患者的术后恢复更好,患者满意度更高[55]。虞宵等[56]通过红外线计算机辅助导航进行 TKA 发现,导航组放置假体的位置比常规组更准确,并且具有术中出血量少以及术后膝关节活动度好的优点,假体的放置更符合人体生物力学的特点。Kuriyama 等[57]也认为计算机辅助导航技术可以增加胫骨假体理想放置的成功率。Petursson 等[58]进行了为期 2 年的多中心平行随机对照试验发现,与常规组相比,计算机辅助 TKA 组的临床效果明显更好,在缓解疼痛和功能恢复方面更有优势。但是外科医师使用计算机辅助导航技术行 TKA 的学习曲线较长,并且一些研究也报道了计

算机导航 TKA 和传统 TKA 膝关节的评分系统、功能结果以及放射学结果无统计学差异[59-60]。Huang 等[61]也表示计算机导航 TKA 与传统 TKA 在短期疗效方面基本一致。Kim 等[62]进行了长达 12.3 年的随访研究证实,计算机导航组和常规组在临床功能、假体位置、存活率以及并发症发生率方面无显著差异。总的来说,目前国内的计算机导航 TKA 还处于发展阶段,其实用性还有待研究,相信不久的将来计算机导航 TKA 会越发成熟,能给胫骨假体旋转对线提供强有力的帮助。

2.5 个性化截骨技术

在 TKA 中行个性化截骨技术最早由 Lombardi 等[63]提出,他们从脊柱和牙科手术中获得灵感,术前通过 MRI 或 CT 取得患者下肢的解剖模型,然后通过三维成像原理确定合适的假体尺寸,并绘制虚拟截骨图,以准确指导术中操作。该方法的优点是可以在术前为患者量身定制专属的手术方案,尽量减少手术失误。大多数研究证实了个性化截骨技术在 TKA 中可以显著减少胫骨假体旋转对线的异常值,实现胫骨假体的准确放置[64-65]。Huijbregts 等[66]研究发现,与传统 TKA 相比,使用个性化截骨技术在胫骨假体的冠状面、矢状面和横断面上的角度偏差更小。Tandogan 等[67]通过荟萃分析也发现个性化截骨技术可以通过减少与术前计划目标的角度偏差、降低与目标区域的异常值比例来提高胫骨假体旋转对线的准确性。但也有部分学者持不同意见,Zhang 等[68]认为使用个性化截骨技术时胫骨假体冠状面出现了较大比例的异常值。Jiang 等[69]则认为,与传统 TKA 相比,个性化截骨技术 TKA 无论是在胫骨假体的冠状面和矢状面,还是在股骨假体的冠状面、矢状面和横断面之间都无差异。总之,个性化截骨技术 TKA 是否优于传统 TKA 目前尚存争议,临床上还需更多的研究来验证这种技术的实用性。

## 3 小结与展望

虽然 TKA 的应用已久,但目前临床上仍然缺乏胫骨假体旋转对线的金标准。髓内定位是一种比较简易的定位方法,但需要将髓腔杆插入髓腔开髓,会增加术中出血量,与髓外定位相比损伤更大,出现脂肪栓塞、静脉血栓栓塞等并发症的风险更高。而髓外定位对解剖标志要求比较高,胫骨结节内侧缘或内侧 1/3 定位比较简便,临床上常将其作为胫骨假体放置的参考标准,但其容易受到膝关节变形的影响;而 Akagi 线是相对可靠且在术中易明确的解剖标志,但其是否适用于内外翻畸形患者目前还存在争议;胫骨前皮质能快速准确定位,但目前还缺乏大量研究证明其实用性。近几年也出现了一些新的参考标志,如 ATR 线和跟腱,但其可靠性还有待研究。ROM 技术无需考虑解剖标志,但其受股骨放置的限制;计算机辅助导航技术和个性化截骨技术定位比较准确可靠,但其应用较少,长期随访、预后效果以及远期生存率等情况未知,临床上还需更多数据来证实二者的实用性。总之,对于胫骨假体的旋转对线,要因个体而异,选择最适合患者的方法,尽量实现胫骨假体的理想放置,以获得最佳的术后效果;同时临床也要积极探索,全面改进,努力提高 TKA 患者的满意度。

## [参考文献]


[1] Li S, Luo X, Wang P, et al. Clinical outcomes of gap balancing *vs.* measured resection in total knee arthroplasty: a systematic review and meta-analysis involving 2259 subjects[J]. J Arthroplasty, 2018, 33(8): 2684 - 2693. doi: 10.1016/j.arth.2018.03.015.

[2] Kim YH, Park JW, Kim JS, et al. The relationship between the survival of total knee arthroplasty and postoperative coronal, sagittal and rotational alignment of knee prosthesis[J]. Int Orthop, 2014, 38(2): 379 - 385. doi: 10.1007/s00264 - 013 - 2097 - 9.

[3] Keshmiri A, Maderbacher G, Baier C, et al. The influence of component alignment on patellar kinematics in total knee arthroplasty[J]. Acta Orthopaedica, 2015, 86(4): 444 - 450. doi: 10.3109/17453674.2015.1005907.

[4] Kim JH, Yoo BW, Kim CW. Influence of the rotational alignment of the femoral and patellar components on patellar tilt in total knee arthroplasty[J]. Knee Surg Relat Res, 2015, 27(3): 163 - 167. doi: 10.5792/ksrr.2015.27.3.163.

[5] Pang HN, Jamieson P, Teeter MG, et al. Retrieval analysis of posterior stabilized polyethylene tibial inserts and its clinical relevance[J]. J Arthroplast, 2014, 29(2): 365 - 368. doi: 10.1016/j.arth.2013.05.029.

[6] Akagi M, Oh M, Nonaka T, et al. An anteroposterior axis of the tibia for total knee arthroplasty[J]. Clin Orthop Relat Res, 2004(420): 213 - 219. doi: 10.1097/00003086 - 200403000 - 00030.

[7] 卢 超,刘文刚,吴 淮,等. 股骨髓内定位孔封堵对膝关节置换后出血影响的 Meta 分析[J]. 中国组织工程研究, 2019, 23(4): 636 - 642. doi: 10.3969/j.issn.2095 - 4344.0614.

[8] Iorio R, Bolle G, Conteduca F, et al. Accuracy of manual instrumentation of tibial cutting guide in total knee arthroplasty[J]. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2013, 21(10): 2296 - 3000. doi: 10.1007/s00167 - 012 - 2005 - 7.

[9] 裴晓东,黄 林,韩 刚,等. 人工全膝关节置换术中胫骨髓内导向杆不同入钉方法的疗效比较[J]. 中国修复重建外科杂志, 2013, 27(10): 1162 - 1166. doi: 10.7507/1002 - 1892.20130255.

[10] Karade V, Ravi B, Agarwal M. Extramedullary versus intramedullary tibial cutting guides in megaprosthetic total knee replacement[J]. J Orthop Surg Res, 2012, 7: 33. doi: 10.1186/1749 - 799X - 7 - 33.

[11] Feeley I, Hegarty A, Hickey A, et al. Impact of use of intramedullary and extramedullary guides on tibial component geometry in total knee replacements: a systematic review and meta-analysis[J]. J Knee Surg, 2016, 29(6): 487 - 496. doi: 10.1055/s - 0035 - 1566732.

[12] Kamarianakis Z, Buliev I, Pallikarakis N. Robust identification and localization of intramedullary nail holes for distal locking using CBCT:

a simulation study[J]. Med Eng Phys,2011,33(4):479 - 489. doi:10.1016/j.medengphy.2010.11.016.

[13] Insall JN,Binazzi R,Soudry M,et al. Total knee arthroplasty[J]. Clin Orthop Relat Res,1985(192):13 - 22.

[14] Drexler M,Backstein D,Studler U,et al. The medial border of the tibial tuberosity as an auxiliary tool for tibial component rotational alignment during total knee arthroplasty(TKA)[J]. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc,2017,25(6):1736 - 1742. doi:10.1007/s00167 - 016 - 4072 - 7.

[15] 孙振辉,孙云波,任志帅,等. Gemini MK-Ⅱ活动垫片膝关节假体置换术中胫骨结节内1/3解剖定位法对胫骨假体旋转力线的影响[J]. 中国修复重建外科志,2015,29(9):1062 - 1066. doi:10.7507/1002 - 1892.20150230.

[16] 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]. J Arthroplasty,2009,24(3):427 - 431. doi:10.1016/j.arth.2007.11.021.

[17] 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. doi:10.1007/s00167 - 012 - 1987 - 5.

[18] Tao K,Cai M,Zhu Y,et al. Aligning the tibial component with medial border of the tibial tubercle:is it always right? [J]. Knee,2014,21(1):295 - 298. doi:10.1016/j.knee.2012.06.007.

[19] Kobayashi H,Akamatsu Y,Kumagai K,et al. The surgical epicondylar axis is a consistent reference of the distal femur in the coronal and axial planes[J]. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc,2014,22(12):2947 - 2953. doi:10.1007/s00167 - 014 - 2867 - y.

[20] Oshima Y,Iizawa N,Kataoka T,et al. A computed-tomography-scan-based template to place the femoral component in accurate rotation with respect to the surgical epicondylar axis in total knee arthroplasty[J]. Knee,2018,25(1):195 - 202. doi:10.1016/j.knee.2017.11.009.

[21] Merican AM,Ghosh KM,Iranpour F,et al. The effect of femoral component rotation on the kinematics of the tibiofemoral and patellofemoral joints after total knee arthroplasty[J]. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc,2011,19(9):1479 - 1487. doi:10.1007/s00167 - 011 - 1499 - 8.

[22] Rossi R,Bruzzone M,Bonasia DE,et al. Evaluation of tibial rotational alignment in total knee arthroplasty:a cadaver study[J]. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc,2010,18(7):889 - 893. doi:10.1007/s00167 - 009 - 1023 - 6.

[23] 史 博,孙振辉,杨 涛,等. 内翻型膝关节骨性关节炎患者胫股关节扭转和胫骨假体旋转定位研究[J]. 中国矫形外科杂志,2013,21(23):2339 - 2344. doi:10.3977/j.issn.1005 - 8478.2013.23.02.

[24] Kawahara S,Okazaki K,Matsuda S,et al. Medial sixth of the patellar tendon at the tibial attachment is useful for the anterior reference in rotational alignment of the tibial component[J]. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc,2014,22(5):1070 - 1075. doi:10.1007/s00167 - 013 - 2468 - 1.

[25] Baldini A,Indelli PF,DE Luca L,et al. Rotational alignment of the tibial component in total knee arthroplasty:the anterior tibial cortex is a reliable landmark[J]. Joints,2014,1(4):155 - 160. doi:10.11138/jts/2013.1.4.1455.

[26] Kim JI,Jang J,Lee KW,et al. Anterior tibial curved cortex is a reliable landmark for tibial rotational alignment in total knee arthroplasty[J]. BMC Musculoskelet Disord,2017,18(1):252. doi:10.1186/s12891 - 017 - 1609 - y.

[27] Popescu R,Haritinian EG,Cristea S. Methods of intra-and post-operative determination of the position of the tibial component during total knee replacement[J]. Int Orthop,2020,44(1):119 - 128. doi:10.1007/s00264 - 019 - 04424 - 9.

[28] 张 博,林 源,曲铁兵,等. 国人胫骨平台截骨面与西方进口胫骨假体解剖学参数的偏差[J]. 中华骨科杂志,2014,34(4):394 - 399. doi:10.3760/cma.j.issn.0253 - 2352.2014.04.008.

[29] Fang CH,Cheng CK,Qu TB,et al. The posterolateral corner-locked technique is applicable in a Chinese population regarding the tibial component rotation alignment in total knee arthroplasty[J]. J Knee Surg,2020,33(5):466 - 473. doi:10.1055/s - 0039 - 1678536.

[30] Incavo SJ,Coughlin KM,Pappas C,et al. Anatomic rotational relationships of the proximal tibia,distal femur,and patella:implications for rotational alignment in total knee arthroplasty[J]. J Arthroplasty,2003,18(5):643 - 648. doi:10.1016/s0883 - 5403(03)00197 - 9.

[31] Heyse TJ,Stiehl JB,Tibesku CO. Measuring tibial component rotation of TKA in MRI:what is reproducible? [J]. Knee,2015,22(6):604 - 608. doi:10.1016/j.knee.2015.01.009.

[32] Graw BP,Harris AH,Tripuraneni KR,et al. Rotational references for total knee arthroplasty tibial components change with level of resection[J]. Clin Orthop Relat Res,2010,468(10):2734 - 2738. doi:10.1007/s11999 - 010 - 1330 - 8.

[33] Burke R,Chiang AL,Lomasney LM,et al. Multiple anterior tibial stress fractures complicated by acute complete fracture of the distal tibia[J]. Orthopedics,2014,37(4):274 - 278. doi:10.3928/01477447 - 20140401 - 01.

[34] Nishikawa K,Mizu-uchi H,Okazaki K,et al. Accuracy of proximal tibial bone cut using anterior border of tibia as bony landmark in total knee arthroplasty[J]. J Arthroplasty,2015,30(12):2121 - 2124. doi:10.1016/j.arth.2015.06.055.

[35] 路玉峰,任小宇,郝阳泉,等. 胫骨前嵴作为全膝关节置换术胫骨假体旋转对位解剖参考的可靠性研究[J]. 中国骨伤,2021,34(5):417 - 424. doi:10.12200/j.issn.1003 - 0034.2021.05.005.

[36] Zhang Y,Chen Y,Qiang M,et al. Morphometry of the tibial plateau at the surface and resected levels[J]. J Arthroplasty,2017,32(8):2563 - 2567. doi:10.1016/j.arth.2017.02.078.

[37] Martin S,Saurez A,Ismaily S,et al. Maximizing tibial coverage is detrimental to proper rotational alignment[J]. Clin Orthop Relat Res,2014,472(1):121 - 125. doi:10.1007/s11999 - 013 - 3047 - y.

[38] Stulberg SD,Goyal N. Which tibial tray design achieves maximum coverage and ideal rotation:anatomic,symmetric,or asymmetric? An MRI-based study[J]. J Arthroplasty,2015,30(10):1839 - 1841. doi:10.1016/j.arth.2015.04.033.

[39] Clary C,Aram L,Deffenbaugh D,et al. Tibial base design and patient morphology affecting tibial coverage and rotational alignment after total knee arthroplasty[J]. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc,2014,22(12):3012 - 3018. doi:10.1007/s00167 - 014 - 3402 - x.

[40] Dai Y,Scuderi GR,Bischoff JE,et al. Anatomic tibial component design can increase tibial coverage and rotational alignment accuracy:a comparison of six contemporary designs[J]. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc,2014,22(12):2911 - 2923. doi:10.1007/s00167 - 014 - 3282 - 0.

[41] Meier M,Webb J,Collins JE,et al. Do modern total knee replacements improve tibial coverage? [J]. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc,

2018,26(11):3219-3229. doi:10.1007/s00167-018-4836-3.
[42] Tsukeoka T,Tsuneizumi Y,Lee TH. Accuracy of the second metatarsal as a landmark for the extramedullary tibial cutting guide in total knee arthroplasty[J]. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc,2014,22(12):2969-2974. doi:10.1007/s00167-014-3254-4.
[43] Bilgen O,Bilgen S,Ermutlu C,et al. The extensor hallucis longus tendon as the distal reference point in total knee arthroplasty and tibial alignment[J]. Acta Orthop Traumatol Turc,2014,48(3):271-275. doi:10.3944/AOTT.2014.3155.
[44] Rajadhyaksha AD, Mehta H, Zelicof SB. Use of tibialis anterior tendon as distal landmark for extramedullary tibial alignment in total knee arthroplasty: an anatomical study[J]. Am J Orthop (Belle Mead NJ),2009,38(3):E68-E70.
[45] Mahmood FF,Holloway NJ,Deakin AH,et al. A new landmark for measuring tibial component rotation after total knee arthroplasty[J]. Knee,2019,26(3):779-786. doi:10.1016/j.knee.2018.09.002.
[46] Ohmori T,Kabata T,Kajino Y,et al. A proposed new rotating reference axis for the tibial component after proximal tibial resection in total knee arthroplasty[J]. PLoS One,2018,13(12):e0209317. doi:10.1371/journal.pone.0209317.
[47] Tiftikçi U,Serbest S,Burulday V. Can Achilles tendon be used as a new distal landmark for coronal tibial component alignment in total knee replacement surgery? An observational MRI study[J]. Ther Clin Risk Manag,2017,13:81-86. doi:10.2147/TCRM.S125551.
[48] Ikeuchi M,Yamanaka N,Okanoue Y,et al. Determining the rotational alignment of the tibial component at total knee replacement:a comparison of two techniques[J]. J Bone Joint Surg Br,2007,89(1):45-49. doi:10.1302/0301-620X.89B1.17728.
[49] Hernandez-Vaquero D,Noriega-Fernandez A,Fernandez-Carreira JM,et al. Computer-assisted surgery improves rotational positioning of the femoral component but not the tibial component in total knee arthroplasty[J]. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc,2014,22(12):3127-3134. doi:10.1007/s00167-014-3233-9.
[50] Berhouet J,Beaufils P,Boisrenoult P,et al. Rotational positioning of the tibial tray in total knee arthroplasty:a CT evaluation[J]. Orthop Traumatol Surg Res,2011,97:699-704. doi:10.1016/j.otsr.2011.05.006.
[51] Feczko PZ,Pijls BG,Van Steijn MJ,et al. Tibial component rotation in total knee arthroplasty[J]. BMC Musculoskelet Disord,2016,17(1):1-6. doi:10.1186/s12891-016-0940-z.
[52] 李叶天,刘富恩,尹 力,等. 膝关节置换中以 ROM 技术定位胫骨假体的旋转力线[J]. 中国组织工程研究,2020,24(24):3840-3845. doi:10.3969/j.issn.2095-4344.2739.
[53] Kawaguchi K,Inui H,Yamagami R,et al. A new technique for determining the rotational alignment of the tibial component during total knee arthroplasty[J]. Knee,2021,29:323-331. doi:10.1016/j.knee.2021.02.006.
[54] de Steiger RN,Liu YL,Graves SE. Computer navigation for total knee arthroplasty reduces revision rate for patients less than sixty-five years of age[J]. J Bone Joint Surg Am,2015,97(8):635-642. doi:10.2106/JBJS.M.01496.
[55] Blum CL,Lepkowsky E,Hussein A,et al. Patient expectations and satisfaction in robotic-assisted total knee arthroplasty:a prospective two-year outcome study[J]. Arch Orthop Trauma Surg,2021,141(12):2155-2164. doi:10.1007/s00402-021-04067-9.
[56] 虞 宵,郭东昇,周晓强,等. 红外线计算机辅助导航的全膝关节置换术[J]. 中国矫形外科杂志,2019,27(5):426-430. doi:10.3977/j.issn.1005-8478.2019.05.09.
[57] Kuriyama S,Hyakuna K,Inoue S,et al. Tibial rotational alignment was significantly improved by use of a CT-navigated control device in total knee arthroplasty[J]. J Arthroplasty,2014,29(12):2352-2356. doi:10.1016/j.arth.2014.06.016.
[58] Petursson G, Fenstad AM, Gøthesen Ø, et al. Computer-assisted compared with conventional total knee replacement: a multicenter parallel-group randomized controlled trial[J]. J Bone Joint Surg Am,2018,100(15):1265-1274. doi:10.2106/JBJS.17.01338.
[59] Cip J,Obwegeser F,Benesch T,et al. Twelve-year follow-up of navigated computer-assisted versus conventional total knee arthroplasty:a prospective randomized comparative trial[J]. J Arthroplasty,2018,33(5):1404-1411. doi:10.1016/j.arth.2017.12.012.
[60] Ollivier M,Parratte S,Lino L,et al. No benefit of computer-assisted TKA:10-year results of a prospective randomized study[J]. Clin Orthop Relat Res,2018,476(1):126-134. doi:10.1007/s11999.0000000000000021.
[61] Huang TW,Peng KT,Huang KC,et al. Differences in component and limb alignment between computer-assisted and conventional surgery total knee arthroplasty[J]. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc,2014,22(12):2954-2961. doi:10.1007/s00167-014-3331-8.
[62] Kim YH,Park JW,Kim JS. The clinical outcome of computer-navigated compared with conventional knee arthroplasty in the same patients:a prospective,randomized,double-blind,long-term study[J]. J Bone Joint Surg Am,2017,99(12):989-996. doi:10.2106/JBJS.16.00791.
[63] Lombardi AV Jr,Berend KR,Adams JB. Patient-specific approach in total knee arthroplasty[J]. Orthopedics,2008,31(9):927-930. doi:10.3928/01477447-20080901-21.
[64] Silva A,Sampaio R,Pinto E. Patient-specific instrumentation improves tibial component rotation in TKA[J]. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc,2014,22(3):636-642. doi:10.1007/s00167-013-2639-0.
[65] Heyse TJ,Tibesku CO. Improved tibial component rotation in TKA using patient-specific instrumentation[J]. Arch Orthop Trauma Surg,2015,135(5):697-701. doi:10.1007/s00402-015-2157-2.
[66] Huijbregts HJ,Khan RJ,Sorensen E,et al. Patient-specific instrumentation does not improve radiographic alignment or clinical outcomes after total knee arthroplasty[J]. Acta Orthop,2016,87(4):386-394. doi:10.1080/17453674.2016.1193799.
[67] Tandogan RN,Kort NP,Ercin E,et al. Computer-assisted surgery and patient-specific instrumentation improve the accuracy of tibial baseplate rotation in total knee arthroplasty compared to conventional instrumentation:a systematic review and meta-analysis[J]. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc,2021. doi:10.1007/s00167-021-06495-x.
[68] Zhang QM,Chen JY,Li H,et al. No evidence of superiority in reducing outliers of component alignment for patient-specific instrumentation for total knee arthroplasty:a systematic review[J]. Orthop Surg,2015,7(1):19-25. doi:10.1111/os.12150.
[69] Jiang J,Kang X,Lin Q,et al. Accuracy of patient-specific instrumentation compared with conventional instrumentation in total knee arthroplasty[J]. Orthopedics,2015,38(4):e305-e313. doi:10.3928/01477447-20150402-59.

(编辑:杨 颖)