

个性化截骨技术在严重膝内翻骨关节炎初次 TKA 中的应用价值分析

闫英杰, 贾刚, 白丁文

(富平朱老二骨伤医院关节科, 陕西 富平 711700)

【摘要】 目的:探讨个性化截骨技术在严重膝内翻骨关节炎初次全膝关节置换术(total knee arthroplasty,TKA)中的应用价值和疗效分析。方法:自 2018 年 6 月至 2020 年 1 月收治 36 例(49 膝)严重膝内翻骨关节炎患者,男 15 例(21 膝),女 21 例(28 膝);年龄 59~82(67.6±6.5)岁;病程 9.5~20.5(15.0±4.5)年;骨关节炎 Kellgren-Lawrence 分级 III 级 11 例(15 膝),IV 级 25 例(34 膝);胫骨骨缺损分型 AORI 分型 I Ta 8 例(15 膝),II T2a 型 16 例(18 膝)。所有病例股-胫角(femor-tibial angle FTA)>15°,采用个性化截骨技术接受初次 TKA,使用后稳定假体(posterior stability,PS)33 例(45 膝),PS 假体胫骨侧联合使用金属垫块延长杆 13 例(15 膝),髌限制性假体(legacy constrained condylar knee,LCCK)3 例(4 膝)。采用医院影像归档和通讯系统(picture archiving and communication systems,PACS)软件测量并比较术前和术后 1 个月 FTA,股骨后髌角(posterior condylar angle,PCA),胫骨平台内侧角(medial proximal tibial angle,MPTA)、股骨远端外翻角(lateral distal femoral angle,LDFA),并采用美国膝关节协会评分(American Knee Society Score,KSS)评价术前及术后 12 个月下肢功能恢复情况,观察并记录并发症情况。结果:本组 36 例(49 膝)均获得随访,时间 15~40(23.46±7.65)个月。FTA、MPTA 分别由术前的(18.65±4.28)°、(83.75±3.65)°,矫正到术后 1 个月的(2.35±1.46)°、(88.85±2.25)°($P<0.001$)。PCA 由术前(2.42±2.16)°,减小到术后 1 个月(1.65±1.35)°;术后 1 个月 LDFA(91.63±3.38)°较术前(89.56±3.55)°增大($P<0.05$)。KSS 由术前的(67.58±24.16)分,提高到术后 12 个月的(171.31±15.24)分($P<0.001$);其中优 14 例(19 膝),良 19 例(26 膝),可 3 例(4 膝)。结论:个性化截骨技术,有助于下肢力线恢复和假体正确安放,可有效缓解膝关节疼痛,恢复膝关节功能,满意度高,为临床提供新选择。

【关键词】 膝关节; 全膝置换; 下肢; 膝内翻

中图分类号:R687.4

DOI:10.12200/j.issn.1003-0034.2023.04.017

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Value of personalized osteotomy in primary total knee arthroplasty for severe varus knee osteoarthritis

YAN Ying-jie, JIA Gang, BAI Ding-wen (Department of Arthrology, Fuping Zhulaoer Bone Injury Hospital, Fuping 711700, Shaanxi, China)

ABSTRACT Objective To explore application value and efficacy of personalized osteotomy in primary total knee arthroplasty (TKA) for severe varus knee osteoarthritis. **Methods** From June 2018 to January 2020, 36 patients (49 knees) with severe varus knee osteoarthritis were treated, including 15 males (21 knees) and 21 females (28 knees), aged from 59 to 82 years old with an average of (67.6 ± 6.5) years old; the course of disease ranged from 9.5 to 20.5 years with an average of (15.0 ± 5.0) years; 11 patients (15 knees) with Kellgren-Lawrence grade III and 25 patients (34 knees) with grade IV according to Kellgren-Lawrence grading. According to AORI classification of tibial bone defects, 8 patients (15 knees) were type I Ta and 16 patients (18 knees) were type II T2a. All patients' femor-tibial angle (FTA) was above 15°, and received primary TKA with personalized osteotomy. Thirty-three patients (45 knees) were treated with posterior-stabilized (PS) prostheses, 13 patients (15 knees) with PS prostheses combined with a metal pad and extension rod on the tibial side, and 3 patients (4 knees) with legacy constrained condylar knee (LCCK) prostheses. FTA, posterior condylar angle (PCA), medial proximal tibial angle (MPTA) and lateral distal femoral angle (LDFA) before and after operation at 1 month were measured and compared by using picture archiving and communication systems (PACS). Recovery of lower limbs before and after operation at 12 months was evaluated by American Knee Society Score (KSS), and complications were observed and recorded. **Results** All 36 patients (49 knees) were followed up from 15 to 40 months with an average of (23.46±7.65) months. FTA, MPTA were corrected from pre-operative (18.65±4.28)° and (83.75±3.65)° to postoperative (2.35±1.46)° and (88.85±2.25)° at 1 month, respectively ($P<0.001$). PCA was decreased from (2.42±2.16)° before operation to (1.65±1.35)° at 1 month after operation, LDFA improved

通讯作者:闫英杰 E-mail:yanyingjie66@163.com

Corresponding author:YAN Ying-jie E-mail:yanyingjie66@163.com

from $(89.56 \pm 3.55)^\circ$ before operation to $(91.63 \pm 3.38)^\circ$ at 1 month after operation ($P < 0.05$). KSS increased from (67.58 ± 24.16) before operation to (171.31 ± 15.24) at 12 months after operation, 14 patients (19 knees) got excellent result, 19 (26 knees) good, and 3 (4 knees) fair. **Conclusion** Personalized osteotomy is helpful for recovery of axial alignment of lower limbs and correct placement of prosthesis, could effectively relieve pain of knee joint, recover knee joint function.

KEYWORDS Knee joint; Total knee replacement; Lower extremity; Knee varus

严重膝内翻骨关节炎患者由于诸多原因,如惧怕手术、采用替代疗法和经济困难等,接受手术治疗时间较晚。患者主诉从儿童时期关节就存在一定程度的内翻,随着病情逐渐进展,出现旋转、内翻、屈曲挛缩畸形,胫骨相对股骨向外侧半脱位。在这些复杂的病例中恢复下肢力线,关节周围软组织平衡,假体组件的精确定位都具有挑战。人工膝关节置换作为一个择期手术,目的是通过减轻关节疼痛,改善关节长期功能,提高生活质量^[1]。自 2018 年 6 月至 2020 年 1 月采用个性化截骨技术接受初次全膝关节置换 36 例(49 膝)严重膝内翻骨关节炎患者,现报告如下。

1 临床资料

纳入标准:(1)符合美国风湿病协会推荐的膝关节骨关节炎诊断标准者^[2],并根据 KELLGREN 等^[3]制定的放射诊断学分级(Kellgren-Lawrence, K-L)为 III-IV 级。(2)冠状面股-胫角(femor-tibial angle, FTA) $>15^\circ$ 。(3)韧带功能不全,行走时表现尤为明显,查体发现膝关节“外推”或外侧不稳定。(4)胫骨骨缺损分型 AORI^[4] II 型 T2a 及以下。(5)在本院接受初次膝关节置换。(6)手术记录和随访资料完整。排除标准:(1)既往接受膝关节周围矫形手术史。(2)膝关节周围骨折或内固定术后并发创伤性关节炎。(3)胫骨扭转畸形,关节外畸形关节间隙尚好,关节稳定者。(4)神经性关节炎。(5)随访资料不完整,患者依从性差或精神障碍不能完成疗效评估者。

本组 36 例(49 膝)严重膝内翻骨关节炎患者,男 15 例(21 膝),女 21 例(28 膝);年龄 59~82(67.6 ± 6.5)岁;身体质量指数(body mass index BMI) $18.6 \sim 38.5$ (26.3 ± 3.8) kg/m^2 ;病程 9.5~20.5(15.0 ± 4.5)年。主要临床症状表现为不能缓解的疼痛,行走、起立、上下楼梯困难,无法站立,需要扶拐,坐轮椅等方面的功能减退和生活质量下降。按照 K-L 分级^[3], III 级 11 例(15 膝), IV 级 25 例(34 膝);行走不稳外侧韧带失衡 12 例(16 膝),胫骨骨缺损 24 例(33 膝);其中 AORI 分型 I Ta 8 例(15 膝), II T2a 型 16 例(18 膝)。本研究经医院伦理委员批复[伦审 2018(006)号]。所有患者知情并签署知情同意书。

2 治疗方法

2.1 术前评估及计划

术前辅助检查包括负重位膝关节正侧位 X 线

片,髌骨轴位 X 线片,标准站立位双下肢全长正位片。评估膝关节骨关节炎 K-L 分级,测量 FTA,膝关节 CT 测量股骨后髌角(posterior condylar angle, PCA),评估骨缺损程度,选择假体类型、截骨平面、骨缺损重建方法、预备金属垫块、延长杆、限制性假体。如果术前检查发现存在严重畸形,考虑使用计算机导航技术^[5]。

2.2 手术方法

全麻或连续硬膜外麻醉,患者取仰卧位,患肢常规驱血,屈曲位使用电动气囊止血带,压力 50~55 kPa。标准前正中切口,髌旁内侧入路,切除部分髌下脂肪垫,翻转髌骨,清理股骨、胫骨内侧骨赘,松解内侧副韧带、半膜肌止点软组织袖套,向前脱位胫骨平台。股骨截骨采用髓内定位,按照术前设计的开髓点,外移 3~7 mm 行股骨开髓,确保髓内杆插入达到股骨峡部,减少术前设计的外翻角,选择 5~8° 股骨外翻角,行股骨远端截骨。胫骨髓外定位,采用术前设计的力线选择胫骨近端定位点,通常位于胫骨结节内缘外侧 2~3 mm 的延伸线上。定位杆远端位于踝关节上方 6~8 cm 处平行胫骨脊,依据胫骨外侧平台为基准确定胫骨截骨线,垂直胫骨机械轴完成胫骨截骨。AORI 分型 II T2a 型骨缺损使用金属垫块联合延长杆重建骨缺损,维持假体的初始稳定性。牵引下肢,插入合适的间隙模块,评估伸直间隙及下肢力线。屈膝位在股骨远端截骨面标记出股骨髌上轴线(surgical transepicondylar axis, sTEA),Whitesid 线及后髌线。将股骨测量器紧贴股骨远端截骨面,后方两翼勾住内外后髌,确定假体型号大小。选择外旋 3° 钻孔,安装四合一截骨板,插入已确定的伸直间隙模块,调整截骨板内侧钉孔的位置,增加外旋,12 例(17 膝)外旋增加 1°, 19 例(25 膝)外旋增加 2°, 2 例(3 膝)外旋增加 3°, 3 例(4 膝)未增加外旋。平行股骨髌上轴线行股骨前后髌截骨,获得屈曲间隙平衡。截骨完成后安装假体试模及垫片,测试伸膝、屈膝、前后、旋转稳定性,无拇指试验检查髌骨轨迹。髌骨修整成形,切除炎性滑膜。脉冲冲洗,骨水泥固定假体,安装垫片,缝合伤口。伤口周围注射含有稀释罗哌卡因及止痛药物的鸡尾酒,关节腔灌注氨甲环酸。使用后稳定假体(posterior stability, PS)33 例(45 膝),PS 假体胫骨侧联合使用金属垫块延长杆 13 例(15 膝),髌限制性假体(legacy constrained



图 1 患者,男,73 岁,双膝关节骨性关节炎 K-L 分级 IV 级 **1a**. 术前外观照 **1b**. 术前下肢全长 X 线片示左侧 FTA 20°,右侧 FTA 22° **1c,1d**. 术前双侧膝关节侧位 X 线片 **1e**. 术后 1 个月双下肢全长 X 线片 **1f,1g**. 术后 1 个月双膝关节侧位 X 线片 **1h**. 术后 3 个月双下肢全长 X 线片 **1i**. 术后 3 个月双膝关节侧位 X 线片 **1j**. 术后 6 个月双下肢全长 X 线片示双侧 FTA 0°,下肢力线良好 **1k**. 术后 6 个月双膝关节侧位 X 线片示假体位置良好 **1l,1m**. 术后 24 个月外观照示膝关节稳定,屈伸活动度 0°~110°

Fig.1 Male, 73 years old, osteoarthritis of both knees with K-L grade IV **1a**. Preoperative appearance **1b**. Preoperative full-length X-ray of lower extremity showed left FTA was 20°, right FTA was 22° **1c,1d**. Bilateral knee joint lateral X-ray before operation **1e**. Full-length X-ray of both lower limbs at 1 month after operation **1f,1g**. Lateral X-rays of bilateral knee joints at 1 month after operation **1h**. Full-length X-rays of lower extremities at 3 months after operation **1i**. Lateral X-rays of both knees at 3 months after operation **1j**. Full-length X-ray of both lower extremities at 6 months after operation showed good alignment of lower extremity with bilateral FTA was 0° **1k**. Lateral X-ray of bilateral knee joints at 6 months after operation showed prosthesis was on good position **1l,1m**. Appearances at 24 months after operation showed stable knee joint, range of flexion and extension ranged from 0° to 110°

响,有时难以辨认,可重复性差。间隙平衡术中不受股骨远端解剖标志的影响,股骨在张力下自由旋转,术中假体选择更加个体化且精确性更高。但是同样存在一定的局限性,间隙平衡法先松解后截骨,容易出现后交叉韧带切除后,屈曲间隙增大,为保证屈伸间隙平衡,需要增加股骨远端的截骨,导致关节线的上移,关节线上移出现中屈曲不稳,低位髌骨等并发症。本研究采用精确的术前测量设计,个性化对股

骨远端及胫骨近端进行截骨,测量术后全长 X 线片,下肢力线得到了很好的恢复,吸收了间隙平衡技术的优点,优先考虑伸膝间隙,再由伸膝间隙决定屈曲间隙,保证屈伸间隙平衡的优点,实现了下肢力线的恢复和间隙平衡的效果。个性化截骨技术根据术前规划,伸膝位采用测量截骨法确定伸直间隙,实现冠状面下肢力线的恢复及伸直间隙平衡。屈膝位首先采用测量截骨法(旋转角度采用默认的外旋 3°),



图 2 患者,女,72 岁,双膝关节骨性关节炎 K-L 分级 IV 级 **2a.** 术前双下肢全长 X 线片示左膝 FTA 20°,测量下肢力线轴,股骨外翻角 **2b.** 术前左膝关节正位 X 线片,测量股骨胫骨机械轴,设定胫骨截骨线,预估骨缺损 **2c.** 术后 2 d 左下肢全长 X 线片示 FTA 2° **2d.** 术后 2 d 左膝关节侧位 X 线片示假体位置良好 **2e,2f,2g.** 术后 16 个月外观照示膝关节屈伸活动度 0°~130°

Fig.2 Female,72 years old,knee osteoarthritis with K-L grade IV **2a.** Preoperative full-length X-ray of both lower extremities showed left knee FTA was 20°,the lower limb force axis was measured,and femur was valgus **2b.** Preoperative AP X-ray of left knee joint,the mechanical axis of femur and tibia was measured,tibial osteotomy line was set,and predicting bone defect **2c.** Postoperative full-length X-ray of left lower extremities showed FTA was 2° **2d.** Postoperative lateral X-ray of left knee joint showed the position of prosthesis was good **2e,2f,2g.** Postoperative appearances at 16 months showed flexion and extension of knee joint ranged from 0° to 130°

然后通过重力法重新确定股骨后髁的外旋角度,采用伸膝位确定的间隙垫块再次调整外旋角度得到合适的屈曲间隙平衡,做到了术中两种截骨方法的有机结合。

本研究采用个性化截骨技术取得了良好的效果,体现了个性化截骨技术的应用价值:(1)冠状面 FTA 矫正到±3°以内,表明下肢力线得到很好的恢复,下肢力线的恢复依赖正确的截骨技术和间隙平衡技术。(2)个性化截骨技术手术中股骨前髁皮质出现切割的风险降低,髌股关节匹配更加友好,假体安装选择更加个体化且精确性更高,符合精准医疗的理念。个性化截骨工具辅助 TKA 截骨具有较高的精准度,精确控制屈曲间隙内外侧平衡,对软组织干扰少,易于获得满意的膝关节松弛度^[7]。(3)手术过程流畅简化,个性化截骨技术主要通过截骨调节屈曲间隙,无须屈曲位的软组织松解。通常不需要行外侧支持带松解,“NoThumb”试验阴性,术后随访膝前痛的发生率更低,未出现屈曲失稳的病例。(4)较少的软组织松解带来更小的创伤,不但有助于减轻术后疼痛,还有助于膝关节功能的恢复,患者满意度提升。间隙平衡组术后早期的 KSS 及活动度较截骨法更好,提示间隙技术有助于患者的早期快速康复^[8]。(5)术后 12 个月 KSS 取得较高分数,表明该技术可有效解决膝关节疼痛,恢复膝关节功能,满足站立行走,上下楼梯等日常生活需要。

4.2 个性化截骨技术治疗严重膝内翻骨关节炎初次 TKA 的注意事项

TKA 术中伸直间隙平衡,目前多数临床医生推崇测量截骨技术,术中按照配套的截骨工具完成等量截骨操作。如果 TKA 术后胫骨假体内翻(<90°)会增加无菌性松动的风险,成为早期翻修的主要原因。笔者综合评估手术前后观察指标,并结合手术操作经验认为,严重膝内翻骨性关节炎 TKA 术中采用个性化截骨取得良好的结果,临床操作需注意以下几方面:(1)胫骨侧髓外定位,下肢机械轴近端定位点并非胫骨平台的中心,而是移向外侧。(2)仔细评估胫骨弯曲及胫骨平台内侧角度过小等解剖异常情况,制定完善的术前计划。术中采取 MA 等^[9]报道的 2 次检测技术,多次使用力线杆检测力线,如有偏差,可以增加截骨量或者使用垫片技术保证力线恢复。笔者建议术中操作遵守胫骨近端垂直机械轴截骨的原则,胫骨向外弯曲者偏外安装假体,避免假体内翻。

临床手术中特别注意合并股骨外弓的患者,股骨外弓角会随着肢体的旋转发生变化,外旋时增大,内旋时减小,对股骨外翻角的测量结果产生影响。近年来采用个性化股骨外翻角截骨的文献越来越多,相对于固定外翻角,进行股骨远端截骨效果更加精确。开髓点的位置及股骨外弓对股骨远端截骨的股骨外翻角有很大的影响,个性化截骨技术通过外移

开髓点减小股骨外翻角后,髓内杆插入的更深,股骨远端截骨更加准确^[10]。股骨远端截骨厚度一般采用 9 mm 标准厚度,应将关节线上移控制在 4 mm 以内,以降低关节线上移对膝关节功能造成的负面影响。刘磊等^[11]比较了膝内翻患者 TKA 术后胫骨、股骨侧假体力线不同分布范围与近期疗效的关系,发现术后股骨假体力线分布在 $(90\pm 3)^\circ$ 范围内可获得更好的术后 KSS 临床评分及活动范围,表明在初次 TKA 术中保证股骨侧假体中立位置能提高患者术后疗效。

4.3 治疗体会

本研究患者早期的满意率是由术后膝关节的稳定性决定的,而不是重建的力线。术后膝关节稳定性依赖于膝关节的内外侧韧带平衡,术中必须恢复骨关节炎前韧带的松紧度。(1)胫骨侧 AORI II a 型骨缺损,采用金属垫块联合延长杆,为胫骨假体提供良好的初始稳定性,术后随访临床效果满意。杨顺成等^[12]报道 8 例严重内翻膝胫骨 AORI II a 型骨缺损患者,使用矩形金属垫块来重建内侧胫骨平台骨缺损,联合延长杆重建胫骨假体的初始稳定性,平均随访 26 个月,翻修率 0%,表明此方法为初次 TKA 建立了良好的稳定性。(2)切忌以截骨的方法矫正因韧带挛缩而导致的内侧间隙紧张,同时也要避免过度松解出现内侧稳定性结构丧失,需要使用过后的聚乙烯垫片甚至限制性假体。过多的的软组织松解和截骨是引起膝关节置换术后近期疗效差的原因^[13]。(3)对于动态不稳,外侧韧带失衡的病例,行走时出现特定的膝关节“外推”步态。手术中通常会增加 2 mm 的 PS 垫片以恢复外侧副韧带的张力,一般用不到 LCKK 垫片。外侧韧带组织有比较好的顺应性,在屈曲位也能适应更厚的垫片。

本研究患者后期的满意率与膝关节的功能评分密切相关,良好的股骨假体旋转轴线有利于提高全膝关节置换术后患者的舒适度并延长假体的使用寿命,提高患者满意度。(1)KSS 评分系统中上下楼梯情况评分中,膝关节活动范围 110° 以上,可以正常上下楼梯,无须借助扶手,评分高,这类患者也可以完成下蹲、跪、跑等高级活动。测量发现股骨假体旋转接近正常股骨旋转轴,由此可见,股骨假体的旋转位置影响膝关节功能活动。股骨旋转截骨决定股骨假体的旋转对线及屈曲间隙的平衡,如果不良的旋转截骨可能造成屈曲间隙不平衡,髌骨轨迹异常,出现膝前痛,膝关节不稳,膝关节僵直,聚乙烯垫片磨损等并发症的发生。术中应尽可能避免股骨假体旋转不良,尤其要避免股骨假体内旋。(2)本研究采用个性化截骨技术,70%的患者旋转控制在 1° 内,没有出

现内旋安置的病例。个性化截骨技术提高了股骨假体旋转力线,获得了良好的髌骨轨迹,相对于外旋 3° 的测量截骨法,更具个体化。表明根据患者骨骼发育及磨损的情况,决定股骨外旋角度的个性化截骨技术有助于患者原有膝关节旋转角度的恢复。(3)严重的膝内翻骨关节炎患者测量截骨法获得的假体旋转轴线不佳与后髌角个体差异较大有关。宋兵华等^[14]测量了 86 例(106 膝)正常成人膝关节,其股骨后髌角为 $(4.80\pm 1.23)^\circ$,因此,建议国人股骨后髌角的外旋角度应为 5° ,方能获得满意的股骨假体旋转对线。陈志伟等^[15]报道严重膝内翻畸形患者后内侧髌磨损较重, $PCA < 3^\circ$,术前将 PCL 与 sTEA 调至外旋 3° 位置后,测量后髌最低点到 PCL 的垂直距离,术中在后髌添加了相对应厚度的截骨垫块,使得截骨面平行于 sTEA,术后复查股骨假体旋转力线明显优于常规外旋 3° 截骨组患者。(4)严重膝内翻患者,股骨外侧髌后侧软骨保留较好,外侧钉孔位置通常比较恒定,术中抬高内侧钉孔位置,增加外旋,使截骨线平行于胫骨截骨面,增加屈曲位内侧间隙,减轻内侧间室的张力,通过个性化截骨技术达到屈曲位内外侧间隙平衡。(5)术中通常以后参照技术安放假体截骨板,为避免前皮质切迹或前髌截骨不足,手术中需要移动微调导块改成前参考技术进行截骨;前后径介于两相邻假体型号之间,选用大号股骨假体;假体内外侧悬突 > 3 mm 时,增加后髌截骨或者选用小一号假体;当屈曲间隙过大时,优先保证屈曲位的稳定而接受一定程度的假体悬突。(6)各种定位方法均有优缺点,作为手术医师应根据患者情况综合运用各种定位方法,避免单独运用一种方法造成股骨旋转不良。

4.4 本研究不足与展望

近年来计算机辅助导航技术、机器人逐渐用于 TKA 手术中,能够帮助术者更加直观、全面的术前设计,并且能测量软组织张力,指导术者精准手术,利于术后功能恢复。王宸等^[16]报道计算机导航间隙平衡技术在全膝关节置换术中应用可提高术中截骨精确性及假体位置安装精准度,患者可获得更好的软组织平衡及下肢力线,术后未发生严重不良并发症,安全性更高。相比较而言,本研究是一个回顾性病例研究,纳入的病例数较小,且随访时间不长,未与其他治疗方法进行比较。因此,下一步需要继续积累更多样本量及更长时间随访,并设立其他治疗方法的对照研究,以明确该技术的治疗效果。

综上所述,采用个性化截骨技术有助于假体正确安放,下肢力线恢复,屈伸间隙平衡,避免屈曲失稳,膝前痛等并发症的发生。术后 KSS 高表明其可有效解决膝关节疼痛,恢复膝关节功能,满足站立行

走,上下楼梯等日常生活需要,膝关节满意度高,可为临床提供新的选择。

参考文献

- [1] PRICE A J,ALVAND A,TROELSEN A,et al. Knee replacement [J]. *Lancet*,2018,392(10158):1672-1682.
- [2] HOCHBERG M C,ALTMAN R D,APRIL K T,et al. American College of Rheumatology 2012 recommendations for the use of nonpharmacologic and pharmacologic therapies in osteoarthritis of the hand, hip, and knee [J]. *Arthritis Care Res (Hoboken)*,2012,64(4):465-474.
- [3] KELLGREN J H,LAWRENCE J S. Radiological assessment of osteoarthrosis [J]. *Ann Rheum Dis*,1957,16(4):494-502.
- [4] ENGH G A,AMMEEN D J. Bone loss with revision total knee arthroplasty: defect classification and alternatives for reconstruction [J]. *Instr Course Lect*,1999,48:167-175.
- [5] 张国华,李凯,赵斌,等. 机器人辅助人工膝关节置换与传统手术临床效果比较的 Meta 分析 [J]. *中国骨伤*,2019,32(9):846-852.
- ZHANG G H,LI K,ZHAO B,et al. Clinical effects of robot-assisted total knee arthroplasty compared with traditional surgery: a Meta analysis [J]. *China J Orthop Traumatol*,2019,32(9):846-852. Chinese.
- [6] INSALL J N,DORR L D,SCOTT R D,et al. Rationale of the Knee Society clinical rating system [J]. *Clin Orthop Relat Res*,1989,(248):13-14.
- [7] 王志为,温亮,于洋,等. 个性化截骨工具辅助下运动学对线全膝关节置换的早期临床结果 [J]. *中华外科杂志*,2020,58(6):457-463.
- WANG Z W,WEN L,YU Y,et al. Early clinical results of kinematic-aligned total knee arthroplasty assisted by personalized osteotomy tools [J]. *Chin J Surg*,2020,58(6):457-463. Chinese.
- [8] 范霖,杨东,刘凯缘,等. 全膝关节置换术中间隙平衡截骨与测量截骨技术的对照研究 [J]. *中华骨科杂志*,2019,39(15):935-943.
- FAN L,YANG D,LIU K Y,et al. The comparison of gap balance technique and measured resection technique in total knee arthroplasty [J]. *Chin J Orthop*,2019,39(15):935-943. Chinese.
- [9] MA D,WANG Z W,WEN L,et al. Improving tibial component coronal alignment during total knee arthroplasty with the use of a double-check technique [J]. *Orthop Surg*,2019,11(6):1013-1019.
- [10] 罗涛,周永刚,孙菁阳,等. 个体化股骨开髓点与外翻角在股骨外弓患者人工全膝关节置换术中的应用 [J]. *中国骨伤*,2021,34(12):1147-1152.
- LUO T,ZHOU Y G,SUN J Y,et al. Applications of individualized femoral pulp opening point and valgus angle in artificial total knee replacement in patients with external femoral arch [J]. *China J Orthop Traumatol*,2021,34(12):1147-1152. Chinese.
- [11] 刘磊,徐石庄,杨冠杰,等. 不同程度膝内翻患者初次全膝关节置换术后下肢力线分布与近期临床疗效的关系 [J]. *中国骨伤*,2020,33(6):530-535.
- LIU L,XU S Z,YANG G J,et al. Patients with different degrees of knee varus, the relationship between the distribution of lower limb force line and the short-term clinical efficacy after primary total knee arthroplasty [J]. *China J Orthop Traumatol*,2020,33(6):530-535. Chinese.
- [12] 杨顺成,李忠,陈哥,等. 初次 TKA 治疗伴有 AORI II a 型胫骨骨缺损的严重膝内翻骨关节炎 [J]. *实用骨科杂志*,2018,24(11):987-990.
- YANG S C,LI Z,CHEN G,et al. Primary TKA for severe knee varus osteoarthritis with AORI II a tibial defect [J]. *J Pract Orthop*,2018,24(11):987-990. Chinese.
- [13] AN V V G,TWIGGS J,LEIE M,et al. Kinematic alignment is bone and soft tissue preserving compared to mechanical alignment in total knee arthroplasty [J]. *Knee*,2019,26(2):466-476.
- [14] 宋兵华,孙俊英,倪增良,等. 国人股骨远端旋转轴线的影像学研究及其临床意义 [J]. *中国骨伤* 2016,29(1):41-47.
- SONG B H,SUN J Y,NIZ L,et al. Imaging study of the rotation axis of the distal femur and its clinical significance [J]. *China J Orthop Traumatol*,2016,29(1):41-47. Chinese.
- [15] 陈志伟,谭晶,崔俊成,等. 个体化股骨后髁旋转截骨在人工全膝关节置换术中应用 [J]. *中国骨与关节杂志*,2018,7(4):251-255.
- CHEN Z W,TAN J,CUI J C,et al. Individualized posterior femoral condyle rotational osteotomy was used in artificial total knee replacement surgery [J]. *Chin J Bone Joint*,2018,7(4):251-255. Chinese.
- [16] 王宸,冯利君,赵金延. 计算机导航间隙平衡技术对全膝关节置换术后患者下肢恢复的影响 [J]. *中国骨伤*,2022,35(1):43-48.
- WANG C,FENG L J,ZHAO J R. The effect of computer navigation gap balance technology on the recovery of lower limbs in patients after total knee arthroplasty [J]. *China J Orthop Traumatol*,2022,35(1):43-48. Chinese.

(收稿日期:2022-05-24 本文编辑:李宜)