

个性化全膝关节置换术的影像学评估及近期临床效果评价

周德威^{1*}, 陈奉勇^{2*}, 李梁涛^{3#}

¹济宁医学院临床医学院, 山东 济宁

²临沂经济技术开发区人民医院(临沂市第三人民医院)创伤骨科, 山东 临沂

³济宁医学院附属医院关节与运动医学科, 山东 济宁

收稿日期: 2025年1月18日; 录用日期: 2025年2月11日; 发布日期: 2025年2月20日

摘要

目的: 探究个性化全膝关节置换术对膝关节骨性关节炎初次手术患者的影像学及近期临床效果。方法: 本研究为回顾性队列研究, 选取299例济宁医学院附属医院关节与运动医学科的膝关节骨性关节炎患者作为研究对象, 根据接受手术方式不同将患者分为常规组(n = 152)与个性化组(n = 147)。常规组患者采用传统全膝关节置换术式治疗, 个性化组患者采用个性化全膝关节置换术式治疗。对比分析两组患者手术前后下肢力线、假体位置、术中无拇指实验合格率、术中胫骨试模抬起阳性率、手术时间、血红蛋白、美国纽约特种外科医院(Hospital for Special Surgery, HSS)评分等多项指标。结果: 较常规组, 个性化组术后平片提示有着更优良的下肢力线和假体位置。个性化组无拇指实验合格率明显优于常规组, 差异有统计学意义($P < 0.05$)。常规组胫骨试模抬起阳性率高于个性化组, 差异有统计学意义($P < 0.05$)。术后第3个月HSS评分个性化组优于常规组, 两组间膝关节功能评分差异有统计学意义($P < 0.05$)。个性化组术后血红蛋白明显高于常规组血红蛋白, 两组术后血红蛋白差异有统计学意义($P < 0.01$)。余下指标, 个性化组和常规组差异无统计学意义。结论: 相较于传统全膝关节置换术式, 个性化全膝关节置换术式可获得更理想的下肢力线和假体安放位置, 而且显示出更优良的短期临床疗效。在初次全膝关节置换术中, 个性化全膝关节置换术是一种可行的手术方案。

关键词

全膝关节置换术, 个性化, 膝关节骨性关节炎, 影像学, 临床效果

Imaging Evaluation and Recent Clinical Outcome Evaluation of Personalized Total Knee Arthroplasty

*共同第一作者。

#通讯作者。

文章引用: 周德威, 陈奉勇, 李梁涛. 个性化全膝关节置换术的影像学评估及近期临床效果评价[J]. 临床个性化医学, 2025, 4(1): 398-406. DOI: 10.12677/jcpm.2025.41060

Dewei Zhou^{1*}, Fengyong Chen^{2*}, Liangtao Li^{3#}

¹School of Clinical Medicine, Jining Medical University, Jining Shandong

²Department of Traumatic Orthopedics, Linyi Economic and Technological Development Zone People's Hospital (Linyi Third People's Hospital), Linyi Shandong

³Department of Joint and Sports Medicine, Affiliated Hospital of Jining Medical University, Jining Shandong

Received: Jan. 18th, 2025; accepted: Feb. 11th, 2025; published: Feb. 20th, 2025

Abstract

Objective: To investigate the imaging and recent clinical outcomes of personalized total knee arthroplasty in patients undergoing primary surgery for osteoarthritis of the knee. **Methods:** This study was a retrospective cohort study, 299 patients with knee osteoarthritis in the Department of Joint and Sports Medicine, Affiliated Hospital of Jining Medical College were selected as the study objects, and the patients were divided into the conventional group (n = 152) and the personalized group (n = 147) according to the different ways of receiving surgery. Patients in the conventional group were treated with traditional total knee replacement, and patients in the personalized group were treated with personalized total knee replacement. Comparative analysis of the two groups of patients before and after the operation of the lower limb force line, the prosthesis position, intraoperative thumbless experiment pass rate, intraoperative tibial trial mold lifting off the positive rate, the operation time, hemoglobin, the United States of America, New York Hospital for Special Surgery score and other indicators. **Results:** Compared with the conventional group, the postoperative plain radiographs of the personalized group suggested a better lower limb line of force and prosthesis position. The pass rate of thumbless test in the personalized group was significantly better than that in the conventional group, and the difference was statistically significant ($P < 0.05$). The positive rate of tibial trial lifting in the conventional group was higher than that in the personalized group, and the difference was statistically significant ($P < 0.05$). The HSS score in the 3rd postoperative month was better in the personalized group than in the conventional group, and the difference in knee function score between the two groups was statistically significant ($P < 0.05$). Postoperative Hemoglobin in the personalized group was significantly higher than Hemoglobin in the conventional group, and the difference in postoperative Hemoglobin between the two groups was statistically significant ($P < 0.01$). For the remaining indicators, the difference between the personalized group and the conventional group was not statistically significant. **Conclusion:** Compared to conventional total knee replacement, personalized total knee replacement achieves a more optimal lower extremity line of force and prosthesis placement, and demonstrates better short-term clinical outcomes. Personalized total knee arthroplasty is a viable surgical option in primary total knee replacement

Keywords

Total Knee Arthroplasty, Personalization, Osteoarthritis of the Knee, Imaging, Clinical Effect

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

膝关节骨性关节炎(Knee Osteoarthritis, KOA)被认为是当今最常见的慢性关节疾病, 其病因主要与年

龄和体重相关[1][2]，其患病率呈逐年上升趋势[3]。KOA 患者会在关节处感受到疼痛、活动限制等症状，严重影响患者身心健康[4]。该病病理学基础为膝关节软骨不可逆性退行性变，继发软骨下骨硬化以及关节滑膜炎性病变，从而引起相应症状[5][6]。全膝关节置换术(Total Knee Arthroplasty, TKA)被视为 KOA 患者的一种有效的治疗手段[7]。但术后仍有 20%左右的患者症状缓解不明显[8]-[10]。TKA 截骨中股骨远端外翻截骨角(Valgus Cut Angle, VCA)与胫骨平台后倾角 PTS (Posterior Tibial Slope Angle, PTS)对于恢复下肢力线至关重要[11]-[14]，但以何种角度截骨能获得最佳的下肢力线，国内外学者争论不一[15]-[19]。本次研究对于行不同截骨方案的 KOA 患者的临床疗效和影像学资料进行对比分析，得出结论，旨在为 TKA 找到一种更优的截骨方案。

2. 资料与方法

2.1. 一般资料

纳入标准：1) 手术由关节与运动医学科高年资主任、副主任医师完成。2) 无严重侧副韧带缺损，无严重骨缺损和关节畸形等，未应用植骨、延长杆等。3) 入组患者 Kellgren-Lawrence 骨关节 X 线上分级为III~IV级诊断为膝关节重度骨性关节炎，为初次膝关节置换。4)有完整的影像学 and 临床资料可供评估。排除标准：1) 合并有踝关节、脊柱、髋关节或相关疾病。2) 强直性关节炎、类风湿性关节炎和其他类型的关节炎。3) 影像学资料或随访资料不全等，有严重骨缺损或关节畸形导致无法进行术前影像学测量。4) 既往有膝关节感染或行膝关节假体翻修手术的病人。5) 存在多器官功能不全及合并存在严重并发症，无法耐受手术打击的患者。

回顾性分析 2021 年 9 月至 2023 年 5 月济宁医学院附属医院关节与运动医学科收治并行初次 TKA 手术的 330 例 KOA 患者，经上述纳入和排除标准筛查，299 例患者纳入本研究。其中男性 94 例，女性 205 例。根据患者所接受手术方式不同将患者分为常规组(n=152)与观察(n=147)。两组患者在性别($\chi^2=0.482$, $P=0.488$)、术侧($\chi^2=1.223$, $P=0.269$)、年龄($t=0.110$, $P=0.913$)、身高($t=-0.490$, $P=0.625$)、体重($t=0.459$, $P=0.647$)、BMI ($t=0.794$, $P=0.428$)等方面均无显著性差异(以 $P<0.05$ 为差异具有统计学意义)。详见表 1。

本研究通过济宁医学院伦理委员会审批(JNMC-YX-2024-135)，并豁免患者知情同意。所有患者术前均已经签署手术知情同意书。

Table 1. Comparison of the general conditions between the personalized group and the conventional group
表 1. 个性化组与常规组一般情况的结果对比

	性别(男/女)	术侧(左/右)	年龄(岁)	身高(cm)	体重(Kg)	BMI (Kg/m ²)
个性化组	49/98	67/80	65.65 ± 6.58	161.15 ± 8.38	69.55 ± 10.43	26.73 ± 3.45
常规组	45/107	79/73	65.57 ± 6.13	161.59 ± 6.97	68.99 ± 10.62	26.41 ± 3.68
t 值/ χ^2 值	0.48	1.22	0.11	-0.49	0.46	0.80
P 值	0.488	0.269	0.913	0.625	0.647	0.428

2.2. 方法

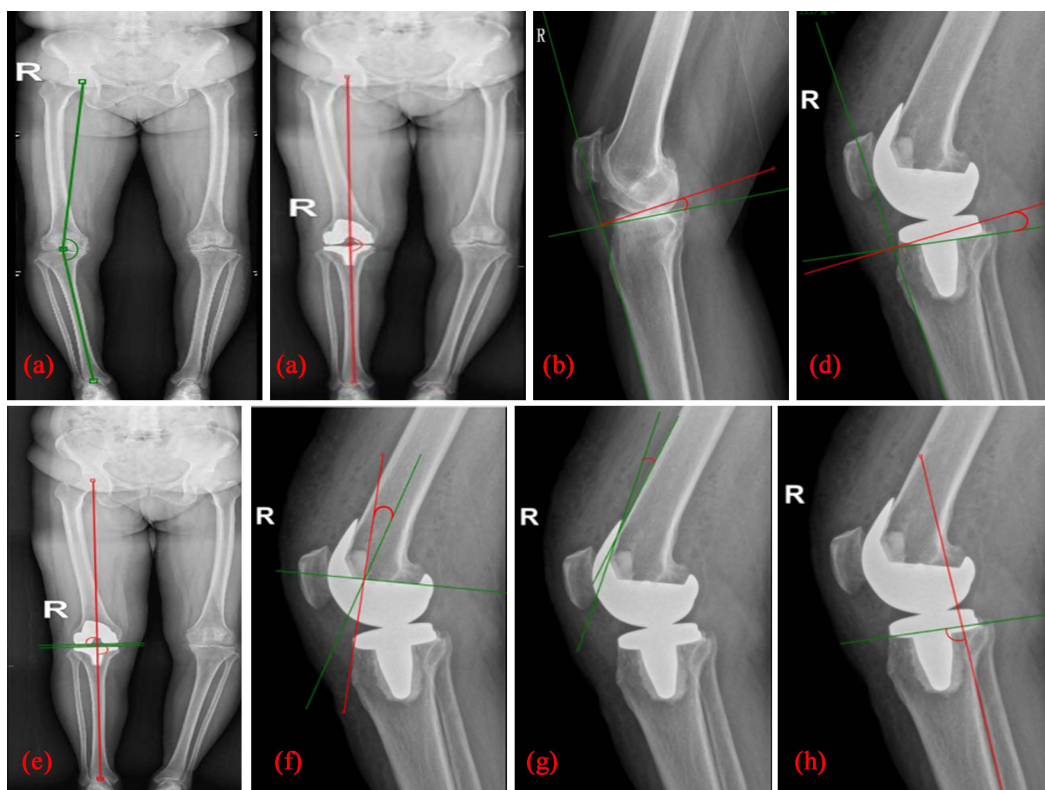
入院后所有患者行术前常规检查。两组患者由两位固定的高年资副主任或主任医师担任主刀。所有假体均使用不保留后交叉韧带型。术中取膝关节前正中切口，内侧髌旁入路，两组分别采取不同的股骨、胫骨截骨方案。股骨侧截骨：1) 常规组：截骨导板按股骨外旋 3°、外翻 6°进行股骨侧远端截骨；2) 个性化组：按照术前测量的 VCA 值调整股骨外翻截骨角度，根据软组织间隙平衡法(Balanced Gap Techniques,

BG)确定股骨外旋角度进行股骨截骨;股骨远端水平面截骨后,膝关节屈曲 90° ,撑开平衡器,通过软组织(韧带)松解达到内外侧韧带张力平衡,此时可以确定两侧软组织平衡状态下的股骨外旋角度,然后选用大小合适的“4合1”截骨导板,调整参数后完成后续所有股骨远端截骨步骤。胫骨侧截骨:1)常规组:通过标准的胫骨髓外定位法,准确放置胫骨截骨导向板,并调整导向板的角度,确保胫骨外侧定位杆与胫骨前表面平行。进行固定 3° 的胫骨后倾截骨;2)个性化组:根据术前测定的PTS角,使用术前测定的胫骨髓腔外定位法安置胫骨切骨导板,并依据手术过程中的实际情况对导板角度进行调整,确保试尺与内侧关节平台表面平行,以进行胫骨后斜切骨。术后所有患者行常规抗凝治疗、康复锻炼等。

2.3. 观测指标

2.3.1. 髋-膝-踝角(Hip-Knee-Ankle, HKA)

连接膝关节中心和踝关节中心的直线为胫骨机械轴,膝关节中心和股骨头中心点连接线为股骨机械轴,两个机械轴内侧夹角即为髋-膝-踝角,HKA $<180^{\circ}$ 为内翻,HKA $>180^{\circ}$ 为外翻,HKA角的目标值为 180° ;角度变化 3° 以内为理想[20]。具体测量见图1(a)、图1(b)。



(a) 术前 HKA; (b) 术后 1 月 HKA; (c) 术前 PTS; (d) 术后 PTS; (e) 术后 1 月 mLDFA、mMPTA; (f) 术后 1 月 FPFA; (g) 术后 1 月 LFCA; (h) 术后 1 月 LTCA。

Figure 1. Imaging observation indicators before and after total knee arthroplasty

图 1. TKA 前后影像学观测指标

2.3.2. 胫骨平台后倾角(Posterior Tibial Slope Angle, PTS)

把胫骨前侧中上段骨的皮质延长线(Anterior Tibial Cortex, ATC)作为基本参考轴线,术前术后分别以胫骨平台内侧边缘、胫骨平台假体下边缘为参考标准,以参考标准与参考轴线垂线的夹角在膝关节矢状位片上测得患者胫骨平台后倾角度[21]。具体测量见图1(c)。

2.3.3. 股骨远端外侧角(Mechanical Lateral Distal Femur Angle, mLDFA)

股骨假体远端切线与股骨机械轴的外侧角。mLDFA 目标值为 90° ， $mLDFA < 90^\circ$ 为外翻， $mLDFA > 90^\circ$ 为内翻，mLDFA 角度变化 3° 以内定义为理想[22]。具体测量见图 1(d)。

2.3.4. 胫骨近端内侧角(Mechanical Medial Proximal Tibia Angle, mMPTA)

胫骨假体切线和胫骨机械轴的内侧角。mMPTA $< 90^\circ$ 为内翻，mMPTA $> 90^\circ$ 为外翻，mMPTA 目标值是 90° ，胫骨假体位置偏移是 mMPTA 内外翻超过 3° ，mMPTA 角度变化 3° 以内定义为理想[22]。具体测量见图 1(e)。

2.3.5. 股骨假体屈曲角(Femoral Prosthesis Flexion Angle, FPFA)

股骨远端解剖轴与股骨假体远端垂线的夹角。术后测量目标状态是：股骨屈曲角 0° ，且股骨屈曲角的变化在 $\pm 5^\circ$ 以内，角度变化 5° 以内定义为理想[23]。具体测量见图 1(f)。

2.3.6. 矢状位股骨角(Lateral Femoral Component Angle, LFCA)

矢状面股骨前髁截骨面切线与矢状面股骨前皮质所成的夹角。LFCA 目标角度为 0° ，角度变化 3° 以内定义为理想[23]。具体测量见图 1(g)。

2.3.7. 矢状位胫骨角(Lateral Tibial Component Angle, LTCA)

胫骨截骨面与胫骨后侧骨皮质线在胫骨前方所成夹角。目标值是 90° ，角度变化 3° 以内定义为理想[23]。具体测量见图 1(h)。

2.3.8. 血常规结果、手术时间、无拇指实验合格率、胫骨试模抬起阳性率及住院时间

记录术前以及术后第 1 天血红蛋白(单位：g/L)。手术时间：麻醉完成后手术开始时刻至缝合刀口结束的时间。在 TKA 中，无拇指实验是一种用于评估髌骨在手术后的正确轨迹上是否能自由滑动的方法。此实验的目的是确保安装假体后，髌骨能够在膝关节的屈伸运动中正确地在股骨滑车内滑动，而无需用手(如拇指)或其他工具强制将髌骨保持在特定位置。胫骨试模抬起阳性是指 TKA 假体试模安装完毕后，屈伸膝关节出现垫片前方滑出，胫骨试模抬高的现象。分别记录两组患者入院和出院日期，日期间隔时长为住院时间(单位：天)。

2.3.9. 美国特种外科医院膝关节评分(The Hospital for Special Surgery, HSS)

美国 HSS 膝关节功能评分是由美国特种外科医院在 1976 年所提出的用于膝关节的评分系统。HSS 主要包含了患者肌力、活动度、关节功能、疼痛程度、屈伸挛缩畸形、稳定性等。将 HSS 作为术后评价指标可以综合全面反应患者膝关节感觉和功能的恢复情况。通过随访获取患者术前 HSS 评分、术后 6 周以及术后 3 个月的 HSS 评分。

2.4. 统计学分析

应用统计软件 SPSS27.0 进行统计学分析，所有计量资料均符合正态分布；计量资料以均数 $\pm$ 标准差($\bar{x} \pm s$)表示；组内两组患者手术前后数据分别采用配对样本 t 检验；组间比较采用两独立样本的 t 检验；关于相关性分析采用 Pearson's Chi-Squared Correlation Analysis；以 $P < 0.05$ 为差异具有统计学意义。

3. 结果

3.1. 髌 - 膝 - 踝角

两组患者组间术前 HKA 差异无统计学意义($P = 0.222$)；个性化组与常规组术后 HKA 两组间无明显差异($P = 0.406$)；两组术后 HKA 均较术前明显提高，组内比较两组数据($P < 0.05$)，组内差异有统计学意

义。两组间 HKA 理想率个性化组明显高于常规组, 两组间差异有统计学意义($P < 0.01$)。详见表 2。

Table 2. Comparison of HKA between the personalized group and the conventional group
表 2. 个性化组与常规组髌 - 膝 - 踝角的结果对比

	术前(°)	术后 1 月(°)	理想率(%)
个性化组	171.81 ± 6.16	178.53 ± 2.08	90.5
常规组	170.99 ± 5.42	178.33 ± 2.23	72.4
t 值/ χ^2 值	1.22	0.83	16.10
P 值	0.222	0.406	<0.001

3.2. 胫骨平台后倾角

两组患者的 PTS 角在手术前比较, 差异没有统计学意义($P = 0.752$); 术前术后常规组的 PTS 差值变化明显, 个性化组术后 PTS 较术前变化不明显, 两组术后 PTS 差异明显($P < 0.01$)。详见表 3。

Table 3. Comparison of PTS between the personalized group and the conventional group
表 3. 个性化组与常规组胫骨平台后倾角的结果对比

	术前(°)	术后 1 月(°)
个性化组	7.75 ± 3.50	7.52 ± 3.11
常规组	7.61 ± 3.87	3.80 ± 3.26
t 值	0.32	5.20
P 值	0.752	<0.001

3.3. 其他影像学资料

术后 1 月个性化组 mLDFA (90.89 ± 1.76)° 小于常规组(91.41 ± 2.34), 更接近 90° 目标值, 两组间差异有统计学意义($P < 0.05$); 术后 1 月 mLDFA 理想率个性化组优于常规组, 差异有统计学意义($P < 0.05$); 术后 1 月个性化组 mMPTA (90.22 ± 1.75) 小于常规组(90.89 ± 1.92)°, 更接近目标值, 两组间差异有统计学意义($P < 0.01$); 术后 1 月 mMPTA 理想率个性化组(94.6)% 高于常规组(87.5)%, 两组间差异有统计学意义($P < 0.05$); 术后 1 月 FPFA 两组间差异无统计学意义($P = 0.169$), FPFA 角理想率组间差异无统计学意义($P = 0.694$); 术后 1 月 LFCA 个性化组和常规组的差异无统计学意义($P = 0.157$), LFCA 理想率两组患者无差异($P = 0.057$); 术后 1 月 LTCA 个性化组和常规组的差异无统计学意义($P = 0.305$), 而 LTCA 理想率常规组高于个性化组; 术后 1 月两组患者的 LFCA 理想恢复率之间存在统计上的显著差异($P < 0.01$)。详见表 4。

3.4. 临床指标

术前, 两组患者的 HSS 评分无显著性差异($P = 0.946$), 术后 HSS 评分均有明显提升。至术后 6 周时, 两组的膝关节功能评分差异不显著($P = 0.074$), 但是在术后第 3 个月时两组 HSS 膝关节功能评分个性化组 HSS 评分(84.61 ± 4.02) 高于常规组(83.56 ± 3.89), 两组间膝关节功能评分差异有统计学意义($P < 0.05$); 个性化组和常规组术前血红蛋白无明显统计学差异($P = 0.213$), 术后两组血红蛋白均明显下降, 术后个性化组血红蛋白(118.37 ± 15.02) g/L 明显高于常规组血红蛋白(112.87 ± 13.22) g/L, 两组间术后血红蛋白差

异有统计学意义($P < 0.01$); 个性化组手术时间为(63.40 ± 7.21) min, 常规组(64.96 ± 10.06) min, 两组间手术时间无统计学差异($P = 0.127$); 个性化组住院时间和常规组住院时间差异无统计学意义($P = 0.723$); 无拇指实验合格例数: 个性化组为 134, 常规组为 124, 个性化组无拇指实验合格率(91.2%)明显优于常规组(81.6%), 差异有统计学意义($P < 0.05$); 胫骨试模抬起阳性例数: 个性化组为 7, 常规组为 23, 胫骨试模抬起阳性率常规组(15.1%)高于个性化组(4.8%), 两组的胫骨试模抬起阳性率存在统计上的显著差异($P < 0.05$)。详见表 5。

Table 4. Comparison of other imaging data between the personalized group and the conventional group
表 4. 个性化组与常规组其他影像学资料的结果对比

	mLDFA (°)	mLDFA 理想率 (%)	mMPTA (°)	mMPTA 理想率 (%)	FPFA (°)	FPFA 理想率 (%)	LFCA (°)	LFCA 理想率 (%)	LTCA (°)	LTCA 理想率 (%)
个性化组	90.89 ± 1.76	89.1	90.22 ± 1.75	94.6	4.91 ± 3.06	66.0	6.61 ± 3.27	15.0	93.68 ± 3.27	41.5
常规组	91.41 ± 2.34	82.0	90.89 ± 1.92	87.5	5.54 ± 4.63	63.8	7.27 ± 4.48	23.7	93.31 ± 2.98	59.9
t 值/ χ^2 值	-2.18	3.93	-3.32	4.53	-1.38	0.16	-1.46	3.63	1.03	10.09
P 值	0.030	0.048	0.002	0.033	0.169	0.694	0.157	0.057	0.305	<0.001

Table 5. Comparison of clinical index between the personalized group and the conventional group
表 5. 个性化组与常规组的临床指标的结果对比

	术前 HSS	术后 6 周 HSS	术后 3 月 HSS	术前 Hb(g/L)	术后 Hb(g/L)	手术时间 (min)	住院时间 (day)	无拇指实 验合格率 (%)	胫骨试模 抬起阳性 率(%)
个性化组	49.87 ± 8.73	81.03 ± 5.25	84.61 ± 4.02	137.03 ± 14.59	118.37 ± 15.02	63.40 ± 7.21	8.69 ± 2.97	91.2	4.8
常规组	49.81 ± 6.80	79.97 ± 4.90	83.56 ± 3.89	135.08 ± 12.36	112.87 ± 13.22	64.96 ± 10.06	8.80 ± 2.66	81.6	15.1
t 值/ χ^2 值	0.07	1.80	2.29	1.25	3.37	-1.54	-0.35	5.79	8.90
P 值	0.946	0.074	0.023	0.213	<0.001	0.127	0.723	0.016	0.003

4. 讨论

随着社会的发展与进步, 我国老龄化与肥胖率显著提升, 膝关节骨性关节炎的发病率也逐年提升, 全膝关节置换术是目前治疗晚期膝关节骨性关节炎的最有效方法[24][25], 该术式能有效改善患者临床症状, 重建患者下肢力线, 恢复膝关节功能, 极大程度上提高患者生活质量, 值得我们使用和研究[26][27]。

传统全膝关节置换术大多采用固定角度截骨, 由于股骨和胫骨在人群中解剖上存在不同程度变异[28][29], 忽视个体间的解剖学差异有可能是导致少数患者不满意的原因, 因此更符合个体解剖的手术治疗也越来越多地应用于 TKA [30]。

TKA 成功的关键在于合适的假体位置、精准地重建下肢力线以及恢复正常的膝关节生物力学结构, 如果假体位置和下肢力线不合适, 患者术后将出现假体不稳定、关节疼痛、假体磨损加速等并发症, 极大降低患者生活质量。而截骨是 TKA 中保证假体位置合适、下肢力线精准以及手术成功与否的关键步骤。传统 TKA 时常采用固定股骨外旋 3°、外翻 6°进行股骨侧远端截骨, 固定 3°的胫骨后倾进行胫骨近

端截骨,通过本研究所纳入的患者影像学资料我们可以发现,不同病人术前的各项解剖角度是不尽相同的。既往研究显示,股骨远端截骨 1° 的偏差近似 1 mm 的截骨厚度,如果 VCA 误差 $1^\circ\sim 2^\circ$ 将会导致股骨远端 1~2 mm 的间隙变化,为了获得平衡的伸直间隙需要进行额外的韧带及软组织松解,最终导致医源性力线不良,降低了患者的满意度[31]。系统评价和荟萃分析表明,个性化 VCA 组的冠状位排列比常规组更接近中性,个体化 VCA 可以提高术后肢体对齐和股骨组件在冠状面对齐的准确性。根据有关力学研究显示,如果胫骨不存在后倾角,或者后倾角比较小,术后膝关节在前后活动的时候就不会顺利,可能受到一定影响,在进行屈曲动作时,股骨侧假体挤压人工关节胫骨平台假体,就会产生不平衡应力,导致胫骨假体松动,膝关节假体寿命减短[32]。因此,个性化 TKA 是值得深入探讨的。

本研究的不足之处:① 作为回顾性研究,可能存在选择偏移、信息偏移,难以控制和调整影响结果的混杂因素;② 随访时间偏短,无法反应出个体化截骨组的长期疗效,术后 HSS 功能评分的远期治疗效果有待进一步观察随访;③ 本研究中的手术是由两位关节外科医生进行主刀,可能会受到术者对 TKA 手术操作习惯和主观经验差异的影响。

利益冲突

所有作者均声明不存在利益冲突,该病例报道已获得病人的知情同意。

参考文献

- [1] Martel-Pelletier, J., Barr, A.J., Cicuttini, F.M., Conaghan, P.G., Cooper, C., Goldring, M.B., *et al.* (2016) Osteoarthritis. *Nature Reviews Disease Primers*, 2, Article No. 16072. <https://doi.org/10.1038/nrdp.2016.72>
- [2] Bijlsma, J.W., Berenbaum, F. and Lafeber, F.P. (2011) Osteoarthritis: An Update with Relevance for Clinical Practice. *The Lancet*, 377, 2115-2126. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(11\)60243-2](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(11)60243-2)
- [3] 廖德发. 我国骨性关节炎流行病学调查现状[J]. 微创医学, 2017, 12(4): 521-524.
- [4] Jang, S., Lee, K. and Ju, J.H. (2021) Recent Updates of Diagnosis, Pathophysiology, and Treatment on Osteoarthritis of the Knee. *International Journal of Molecular Sciences*, 22, Article 2619. <https://doi.org/10.3390/ijms22052619>
- [5] Osman, B.M., Tieu, T.G., Caceres, Y.G. and Hernandez, V.H. (2023) Current Trends and Future Directions for Outpatient Total Joint Arthroplasty: A Review of the Anesthesia Choices and Analgesic Options. *JAAOS: Global Research and Reviews*, 7, e22.00259. <https://doi.org/10.5435/jaaosglobal-d-22-00259>
- [6] 杨天翔, 张晋宁, 张博文, 等. 单髁与全膝关节置换术治疗膝单间室骨性关节炎对患者围手术期凝血指标及失血量的影响[J]. 陕西医学杂志, 2022, 51(6): 684-687, 691.
- [7] Punnoose, A., Claydon-Mueller, L.S., Weiss, O., Zhang, J., Rushton, A. and Khanduja, V. (2023) Prehabilitation for Patients Undergoing Orthopedic Surgery: A Systematic Review and Meta-Analysis. *JAMA Network Open*, 6, e238050. <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2023.8050>
- [8] Kahlenberg, C.A., Nwachukwu, B.U., McLawhorn, A.S., Cross, M.B., Cornell, C.N. and Padgett, D.E. (2018) Patient Satisfaction after Total Knee Replacement: A Systematic Review. *HSS Journal®: The Musculoskeletal Journal of Hospital for Special Surgery*, 14, 192-201. <https://doi.org/10.1007/s11420-018-9614-8>
- [9] Verhaar, J. (2020) Patient Satisfaction after Total Knee Replacement—Still a Challenge. *Acta Orthopaedica*, 91, 241-242. <https://doi.org/10.1080/17453674.2020.1763581>
- [10] Vogel, N., Kaelin, R., Rychen, T., Wendelspiess, S., Müller-Gerbl, M. and Arnold, M.P. (2023) Satisfaction after Total Knee Arthroplasty: A Prospective Matched-Pair Analysis of Patients with Customised Individually Made and Off-the-Shelf Implants. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 31, 5873-5884. <https://doi.org/10.1007/s00167-023-07643-1>
- [11] Zhou, K., Ling, T., Xu, Y., Li, J., Yu, H., Wang, H., *et al.* (2018) Effect of Individualized Distal Femoral Valgus Resection Angle in Primary Total Knee Arthroplasty: A Systematic Review and Meta-Analysis Involving 1300 Subjects. *International Journal of Surgery*, 50, 87-93. <https://doi.org/10.1016/j.ijsu.2017.12.028>
- [12] Mullaji, A.B., Shetty, G.M., Kanna, R. and Vadapalli, R.C. (2013) The Influence of Preoperative Deformity on Valgus Correction Angle: An Analysis of 503 Total Knee Arthroplasties. *The Journal of Arthroplasty*, 28, 20-27. <https://doi.org/10.1016/j.arth.2012.04.014>
- [13] Davis, J.A., Hogan, C. and Dayton, M. (2015) Postoperative Coronal Alignment after Total Knee Arthroplasty: Does

- Tailoring the Femoral Valgus Cut Angle Really Matter? *The Journal of Arthroplasty*, **30**, 1444-1448. <https://doi.org/10.1016/j.arth.2015.03.013>
- [14] 王业华, 吕厚山, 寇伯龙, 等. 国人胫骨内侧平台后倾角的测量及不同测量方法的比较[J]. 中国矫形外科杂志, 2003, 11(10): 46-48.
- [15] 李健, 吴溢峰, 赵洪普, 等. 胫骨后倾角在膝关节置换术后的改变及意义[J]. 中国矫形外科杂志, 2010, 18(19): 1588-1591.
- [16] 马俊, 黄泽宇, 沈彬, 等. 矢状位假体位置对 PS 型全膝关节置换术术后关节活动度的影响[J]. 四川医学, 2017, 38(6): 605-609.
- [17] Kansara, D. and Markel, D.C. (2006) The Effect of Posterior Tibial Slope on Range of Motion after Total Knee Arthroplasty. *The Journal of Arthroplasty*, **21**, 809-813. <https://doi.org/10.1016/j.arth.2005.08.023>
- [18] Bai, B., Baez, J., Testa, N.N. and Kummer, F.J. (2000) Effect of Posterior Cut Angle on Tibial Component Loading. *The Journal of Arthroplasty*, **15**, 916-920. <https://doi.org/10.1054/arth.2000.9058>
- [19] Okamoto, S., Mizu-uchi, H., Okazaki, K., Hamai, S., Nakahara, H. and Iwamoto, Y. (2015) Effect of Tibial Posterior Slope on Knee Kinematics, Quadriceps Force, and Patellofemoral Contact Force after Posterior-Stabilized Total Knee Arthroplasty. *The Journal of Arthroplasty*, **30**, 1439-1443. <https://doi.org/10.1016/j.arth.2015.02.042>
- [20] 鲁军伟, 韩亮, 韩帅, 等. 机器人辅助全膝关节置换术治疗膝骨关节炎临床效果研究[J]. 机器人外科学杂志(中英文), 2024, 5(5): 783-788.
- [21] 吕排云, 李前, 徐昭乐, 等. 胫骨平台后倾角对半月板损伤影响的研究现状[J]. 生物骨科材料与临床研究, 2024, 21(4): 78-81.
- [22] 蒋涛, 张传开, 郝亮, 等. MAKO 机器人与导航辅助膝关节置换: 下肢力线及假体位置准确性比较[J]. 中国组织工程研究, 2025, 29(33): 7150-7157. <http://kns--cnki--net--https.cnki.jnyxy.qfclo.com:2222/kcms/detail/21.1581.R.20241119.1718.011.html>, 2024-11-30.
- [23] 王德华, 厉轲, 张森, 等. 计算机导航辅助与传统全膝关节置换术的影像学评价比较[J]. 中华骨与关节外科杂志, 2023, 16(4): 317-324.
- [24] 周寻, 邓贤君, 段闪闪, 等. 老年骨性关节炎患者全膝关节置换术后自护能力的影响因素及与希望水平的相关性分析[J]. 中国医药导报, 2021, 18(11): 193-196.
- [25] 欧德阳, 区国集, 黄朝荣, 等. 全膝关节置换术治疗晚期膝骨性关节炎[J]. 临床骨科杂志, 2021, 24(3): 358-361.
- [26] 胡泽森, 夏磊, 郝非凡, 等. 间隙平衡技术与测量截骨技术在内翻膝骨性关节炎患者全膝关节置换术中的应用效果比较[J]. 新乡医学院学报, 2022, 39(12): 1145-1149, 1154.
- [27] 樊宗庆, 储成顶, 聂宇, 等. 全膝关节置换个性化联合间隙平衡[J]. 中国矫形外科杂志, 2022, 30(20): 1830-1835.
- [28] Springer, B., Bechler, U., Waldstein, W., Rueckl, K., Boettner, C.S. and Boettner, F. (2019) The Influence of Femoral and Tibial Bony Anatomy on Valgus OA of the Knee. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, **28**, 2998-3006. <https://doi.org/10.1007/s00167-019-05734-6>
- [29] Ramazanian, T., Yan, S., Rouzrokh, P., Wyles, C.C., O Byrne, T.J., Taunton, M.J., et al. (2022) Distribution and Correlates of Hip-Knee-Ankle Angle in Early Osteoarthritis and Preoperative Total Knee Arthroplasty Patients. *The Journal of Arthroplasty*, **37**, S170-S175. <https://doi.org/10.1016/j.arth.2021.12.009>
- [30] Luceri, F., Sosio, C., Sirtori, P., Battistella, D., Zuffada, M., Ulivi, M., et al. (2020) Kinematic versus Mechanical Alignment in Total Knee Arthroplasty: A Preliminary Study. *Journal of Biological Regulators and Homeostatic Agents*, **34**, 139-143.
- [31] Kinzel, V., Scaddan, M., Bradley, B. and Shakespeare, D. (2004) Varus/Valgus Alignment of the Femur in Total Knee Arthroplasty. Can Accuracy Be Improved by Pre-Operative CT Scanning? *The Knee*, **11**, 197-201. [https://doi.org/10.1016/s0968-0160\(03\)00106-6](https://doi.org/10.1016/s0968-0160(03)00106-6)
- [32] Genin, P., Weill, G. and Julliard, R. (1993) La pente tibiale. Proposition pour une méthode de mesure. *Journal de Radiologie*, **74**, 27-33.