

# 机器人辅助下膝内侧单髁置换术后假体位置分析和早期临床疗效

杨涛 薛华明 马童 文涛 薛龙 雷雪枫 冀家中 张文正 涂意辉

**【摘要】目的** 比较机器人辅助下膝关节单髁置换术(robotic-assisted unicompartmental knee arthroplasty, RAUKA)与传统膝单髁置换术(UKA)治疗膝内侧间室骨关节炎(OA)的术后早期临床疗效和假体位置。**方法** 对2022年6月至2022年10月在我院行UKA治疗的病人的临床资料进行回顾性分析。其中,RAUKA组32例(32膝),按照年龄、性别及术肢侧别等进行1:1配对,选择同期行传统UKA术的32例病人(32膝)纳入传统UKA组。RAUKA组男7例,女25例,年龄为( $69.2\pm6.1$ )岁。传统UKA组男6例,女26例,年龄为( $68.9\pm5.8$ )岁。记录并比较两组病人手术时间及美国膝关节协会评分(KSS)、疼痛视觉模拟量表(VAS)、膝关节遗忘(FJS)评分等,测量并比较两组术后的股骨假体内外翻角(A角)、股骨假体屈伸角(B角)、胫骨假体内外翻角(E角)、胫骨假体后倾角(F角)、假体偏离总体评分及胫股角(FTA)、髋膝踝角(HKA)及下肢机械轴Kennedy区分布等。**结果** 两组病人手术均顺利完成并获得随访,术后随访( $13.8\pm1.3$ )个月,RAUKA组的手术时间与术中截骨时间长于传统UKA组。两组术后的A角及B角比较,差异有统计学意义( $P<0.05$ ),RAUKA组的假体总偏离评分显著优于传统UKA组,差异有统计学意义( $P<0.05$ )。两组的E角、F角、FTA、HKA、下肢机械轴Kennedy区分布及KSS、VAS、FJS评分等比较,差异无统计学意义( $P>0.05$ )。两组随访期间均无感染、假体松动等并发症发生。**结论** RAUKA相较传统UKA具有术后假体位置更精准、术后下肢力线矫正优良率更高的优势,传统UKA在手术时间方面优于RAUKA。RAUKA早期临床疗效满意,远期疗效如何有待进一步随访。

**【关键词】** 膝内侧间室骨关节炎;膝单髁置换术;机器人辅助手术;假体位置;下肢力线

**Analysis of Postoperative Component Positioning and Early Clinical Outcome after Robot - assisted Unicompartmental Knee Arthroplasty.** Yang Tao, Xue Huaming, Ma Tong, Wen Tao, Xue Long, Lei Xuefeng, Ji Jiazhong, Zhang Wenzheng, Tu Yihui. Department of Orthopaedic Surgery, Yangpu Hospital, Tongji University, Shanghai 200090, China

Corresponding author: Tu Yihui, E-mail: tyh361@126.com

**[Abstract]** **Objective** To compare the early clinical outcomes and postoperative component positioning of robot - assisted unicompartmental knee arthroplasty (RAUKA) with conventional manual unicompartmental knee arthroplasty (UKA) in the treatment of medial knee osteoarthritis. **Methods** Patients who underwent UKA in our hospital from June 2022 to October 2022 were selected and their clinical data were analyzed retrospectively. In all these patients, 32 patients (32 knees) who underwent UKA assisted by robot served as the RAUKA group, and 32 patients (32 knees) with conventional manual UKA performed during the same period by a 1: 1 matching according to age, sex, and side of the operated limb were included in the traditional UKA group. There were 7 males and 25 females in the RAUKA group, with an age of ( $69.2\pm6.1$ ) years. There were 6 males and 26 females in the traditional UKA group, with an age of ( $68.9\pm5.8$ ) years. The operation time and the knee society score (KSS), the visual analogue scale (VAS), the forgotten joint score (FJS) were recorded and compared between the two groups. The femoral component internal and external rotation angle (angle A), femoral component flexion and extension angle (angle B), tibial component internal and external rotation angle (angle E), tibial component posterior inclination angle (angle F), the overall score of

component deviation and tibiofemoral angle (FTA), hip - knee - ankle angle (HKA), the distribution of the Kennedy zone of the lower limbs postoperatively were measured and compared between the two groups.

**Results** All patients in the two groups were successfully given the surgery with a mean postoperative follow-up of  $(13.8 \pm 1.3)$  months. The operative time and intraoperative osteotomy time in the RAUKA group were significantly longer than those in the conventional UKA group ( $P < 0.05$ ). There were statistically significant difference in angle A and angle B between the two groups ( $P < 0.05$ ). The total component deviation score in the RAUKA group was significantly better than that in the conventional UKA group ( $P < 0.05$ ). Comparison of the angle E, angle F, FTA, HKA, distribution of the Kennedy zone of the mechanical axis of the lower limb, the KSS, VAS, FJS between the two groups showed no statistically significant difference ( $P > 0.05$ ). There were no complications such as infection or component loosening during the follow - up period in both groups.

**Conclusion** RAUKA offers advantages over conventional UKA in terms of more precise postoperative component positioning and superior postoperative lower limb alignment. Conventional UKA is superior to RAUKA in terms of operating time. The short-term efficacy of RAUKA is excellent, but the long-term outcomes need to be further investigated.

**[Key words]** Medial osteoarthritis of the knee; Unicompartmental knee arthroplasty; Robot - assisted surgery; Component position; Lower limbs alignment

膝关节单髁置换术(unicompartmental knee arthroplasty, UKA)是治疗膝内侧间室骨关节炎(OA)的最佳手术方式之一,与全膝关节置换术(TKA)相比,UKA具有创伤更小、手术时间更短及术后功能康复更快等优势<sup>[1-2]</sup>。但研究报道UKA存在较高的翻修风险<sup>[3-4]</sup>,UKA假体的失败与手术技术等因素直接相关,如假体位置的异常及下肢力线恢复不佳<sup>[5]</sup>,术者在术中假体的定位及安放偏差被认为是造成术后翻修的最常见原因<sup>[6]</sup>。为了实现准确的术后假体位置和良好的下肢力线,UKA术中需要精准的截骨和恢复恰当的内侧副韧带张力。传统UKA术中主要采用徒手定位截骨,截骨主要依靠术者的手术经验及规范操作。近年来,随着机器人辅助技术的不断发展,实现了可重复的术中假体精准定位及安放,最大限度地减少了人为因素的影响<sup>[7-9]</sup>。目前尚无关于国产膝关节置换手术机器人辅助下与传统UKA术后假体位置及临床疗效比较的相关研究。

本研究通过回顾性分析2022年6月至2022年10月在我院关节外科行机器人辅助下或传统UKA治疗的膝内侧OA病人的临床资料,评价RAUKA病人术后假体位置的准确性及早期临床疗效。

## 资料与方法

### 一、纳入标准与排除标准

纳入标准:①原发性膝内侧间室OA,K-L分级为Ⅲ~Ⅳ级;②膝外侧间室正常;③膝关节交叉韧带和内外侧韧带结构及功能完整;④膝内翻畸形在外翻应力下可手法矫正;⑤膝关节屈曲 $>90^\circ$ ,内翻畸形 $<15^\circ$ ,屈曲挛缩畸形 $<15^\circ$ 。

排除标准:①炎症性关节炎,如感染性关节炎、

类风湿性关节炎等;②髌股关节面沟槽样病变;③膝交叉韧带损伤,侧副韧带不稳;④在外翻应力位下无法矫正的关节畸形;⑤膝内翻畸形 $\geq 15^\circ$ ,屈曲挛缩 $\geq 15^\circ$ 的病人。

### 二、一般资料

回顾性分析在我科行膝内侧UKA的64例病人的临床资料,RAUKA组32例(32膝),按照年龄、性别、身体质量指数(BMI)及术肢侧别进行1:1配对,选择同期行传统UKA术的32例(32膝)纳入传统UKA组,病人年龄分别为 $(69.2 \pm 6.1)$ 岁和 $(68.9 \pm 5.8)$ 岁,BMI分别为 $(26.9 \pm 2.8)$ kg/m<sup>2</sup>和 $(27.1 \pm 3.4)$ kg/m<sup>2</sup>;两组术前膝关节活动度(ROM)、美国膝关节协会评分(KSS)和疼痛视觉模拟量表(VAS)评分等一般资料比较,差异无统计学意义( $P > 0.05$ )。影像学方面,两组术前的胫股角(femor-tibial angle, FTA)及髌膝踝角(hip-knee-ankle angle, HKA)比较,差异均无统计学意义( $P > 0.05$ ,表1)。本研究经医院伦理委员会批准通过(LL-2024-LW-001),所有纳入病人均知情同意。

### 三、手术方式

所有手术病人都于蛛网膜下腔麻醉下取患肢悬吊位。手术均由同一高年资主任医师完成,均采用Unicondylar Sled假体(Waldemar Link GmbH & Co. KG,德国)。

#### (一)RAUKA手术

RAUKA组术前行下肢CT扫描,基于术前三维CT的数据创建计算机辅助设计(CAD)模型,通过国产膝关节置换手术导航定位系统(北京纳通医用机器人科技有限公司)进行术前手术规划,确定植入假体尺寸和位置。

表1 两组病人一般资料比较

参数	RAUKA组 (32例)	传统UKA组 (32例)	统计量	P值
年龄( $\bar{x} \pm s$ ,岁)	69.2±6.1	68.9±5.8	0.188	0.851
性别(男/女,例)	7/25	6/26	0.097	0.756
身高( $\bar{x} \pm s$ ,cm)	160.8±8.1	158.8±6.9	1.093	0.279
体重( $\bar{x} \pm s$ ,kg)	69.5±7.3	68.4±11.4	0.454	0.652
BMI( $\bar{x} \pm s$ ,kg/m <sup>2</sup> )	26.9±2.8	27.1±3.4	-0.167	0.868
手术侧(左/右,例)	15/17	15/17	-	1
ROM( $\bar{x} \pm s$ ,°)	106.7±7.9	108.6±9.6	-0.853	0.397
VAS评分( $\bar{x} \pm s$ ,分)	7.8±1.1	7.4±1.0	1.335	0.182
KSS-客观膝关节评分( $\bar{x} \pm s$ ,分)	55.5±5.5	55.1±4.1	0.487	0.628
KSS-膝关节功能评分( $\bar{x} \pm s$ ,分)	41.4±14.6	38.9±16.7	0.620	0.538
FTA( $\bar{x} \pm s$ ,°)	177.1±2.1	177.2±2.0	-0.165	0.870
HKA( $\bar{x} \pm s$ ,°)	175.5±2.7	174.4±2.9	1.486	0.142

病人麻醉成功后常规消毒、铺巾。安装腿部支撑架并固定患肢,分别于股骨远端和胫骨近端安装定位参考架,并在股骨远端和胫骨平台下方各置入一枚标记钉。在机器人系统引导下采集探针位置,完成验证及注册。先后确认髋、膝及踝关节中心后,用尖头探针在骨面上采点,分别完成股骨、胫骨配准,此时调整确认术中假体规划(图1)。

机械臂就位后,对胫骨水平面进行摆锯水平磨削和垂直截骨,完成磨削后,进行股骨远端面的磨削,然后更换5 mm磨头,推动机械臂完成股骨钻孔。最后,更换3 mm磨头完成胫骨龙骨的磨削。安

装股骨、胫骨假体试模,测试膝关节伸屈间隙,确认关节稳定、衬垫没有撞击、韧带张力等正常后取出试模。骨水泥分别固定股骨、胫骨假体,去除多余骨水泥后,将膝关节屈曲45°位,插入1 mm测厚器等待骨水泥固化。取出测厚器后再次确认去除假体周缘的骨水泥,测试膝关节伸屈活动良好。生理盐水冲洗手术切口,清点器械无误后,逐层关闭手术切口。弹力绑带加压包扎下肢后松开止血带。

## (二)传统UKA手术

按照Link Sled膝单髁手术操作手册,使用手动工具完成截骨、假体安装等操作,其余步骤同RAUKA组。

## 四、围手术期管理

所有UKA病人术前半小时给予头孢呋辛钠预防感染,术后止痛、抗凝药物预防深静脉血栓形成及消肿等常规对症治疗。所有病人术后第一天开始进行早期下地活动。出院前复查膝关节X线片,出院后6周、3个月及术后1年分别对病人进行随访,并行膝关节X线检查。

## 五、观察指标及评价标准

记录两组病人手术时间、术中截骨时间,术前及术后随访记录KSS评分(包括客观膝关节评分0~100分和膝关节功能评分0~100分)、VAS评分(0~10分)、膝关节遗忘(FJS)评分(0~100分)、ROM及病人满意度(0~40分)和不良事件等,并行膝关节正侧位及站立位双下肢全长X线片,测量股骨假体内外翻

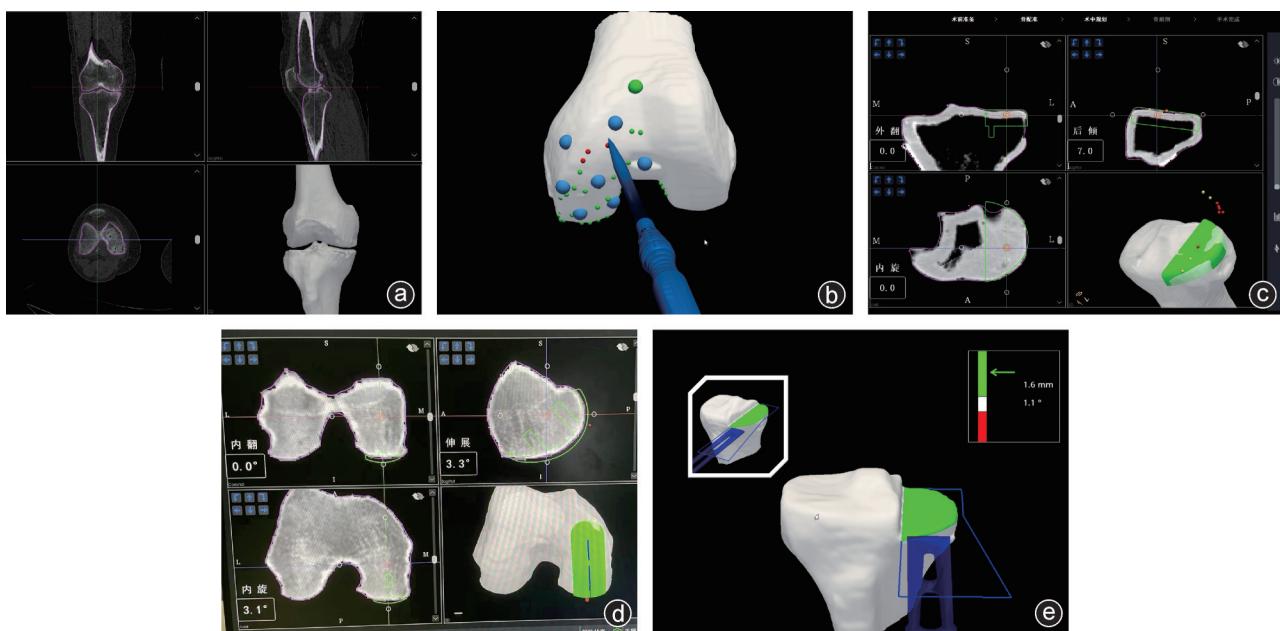


图1 病人,女,67岁,因“右膝内侧间室OA”行右膝RAUKA a:导入术前CT,完成图像校验与分割;b:术中在患肢表面验证“解剖点”与“配准点”;c,d:由术者结合术前规划,完成胫骨、股骨假体位置的术中个性化设计;e:使用“机器人”机械臂进行截骨

角(A角)、股骨假体屈伸角(B角)、胫骨假体内外翻角(E角)和胫骨假体后倾角(F角)(图2)。然后依据所测角度指标与理想值(0°)的绝对差值,即不考虑内外翻因素,每偏离1°记1分,四个角度的评分之和定义为假体偏离总体评分,即:假体偏离总体评分=A角偏离评分+B角偏离评分+E角偏离评分+F角偏离评分。

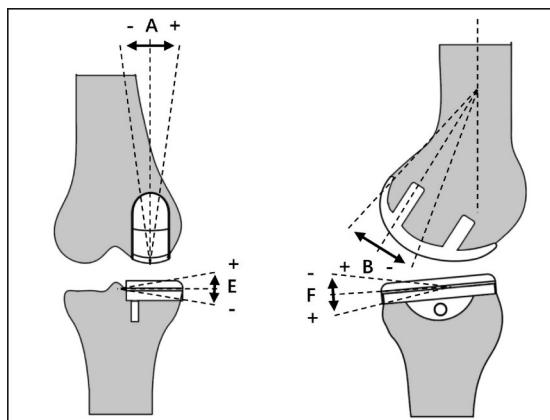


图2 术后各角度影像学测量方法 A角:股骨假体内外翻角,假体纵轴与胫骨解剖轴的交角,理想值为0°;B角:股骨假体屈伸角,将假体双柱纵轴与股骨解剖轴的交角35°定义为理想值0°;E角:胫骨假体内外翻角,假体横轴与胫骨解剖轴垂线的交角,理想值为0°;F角:胫骨假体后倾角,将假体横轴与胫骨解剖轴垂线的交角7°定义为理想值0°(绘图作者 杨涛)

通过术前、术后双下肢站立位全长X线片,测量FTA、HKA及下肢机械轴Kennedy区分布<sup>[10]</sup>,其中,下肢机械轴Kennedy区分布是根据Kennedy和White胫骨平台区域划分,把胫骨平台分为0、1、2、C、3、4、5几个区域,观察股骨头中心和踝关节中心连线经过胫骨平台的区域<sup>[10]</sup>,将位于2区和C区的定义为“优良”(图3)。

本研究参数测量的要求:①统一下肢X线片的

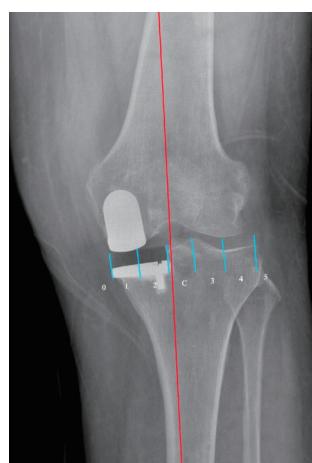


图3 下肢机械轴Kennedy区的分布

标准,摄片时病人双下肢直立,双脚平行,脚尖朝向正前方(剔除单/双侧下肢旋转的影像资料);②重复测量,本研究中的各参数分别由两名未参与手术的住院医师于手术后间隔两天及以上分别测量2次,取4次的平均值为测量值。③所有数据测量均在医疗影像系统(Winning Health TView v6.1.0)的测量工具中完成。

#### 六、统计学方法

采用SPSS 27.0软件(IBM公司,美国)进行统计学分析。计量数据采用 $\bar{x}\pm s$ 表示,资料呈正态分布时,两组间比较采用独立样本t检验;组内时间点单因素方差分析;资料非正态分布时,采用秩和检验。计数资料采用 $\chi^2$ 检验或Fisher精确检验。等级资料两组比较采用Mann-Whitney U检验,组内比较采用多个相关资料的Friedman检验。检验水准 $\alpha$ 值取双侧0.05。

#### 结 果

两组病人均获得随访,随访时间为(13.8±1.3)个月(12~16个月)。RAUKA组的手术时间与术中截骨时间分别为(91.8±20.6)min和(6.8±1.2)min,较传统UKA组的(49.5±7.8)min和(5.6±0.6)min均延长,差异有统计学意义( $P<0.001$ )。两组的术中出血量分别为(30.3±19.4)mL和(27.2±12.5)mL;两组术后1年的ROM分别为118.4°±7.1°和116.1°±7.3°,较术前的106.7°±7.9°和108.6°±9.6°均有显著改善。两组术后KSS评分、VAS评分、ROM、FJS评分及满意度比较,差异均无统计学意义( $P>0.05$ ,表2)。两组均无感染、假体松动、血栓等并发症发生。典型病例见图4、5。

两组术后的假体角度均在正常范围内(理想值为0°,推荐范围:A角、B角及E角为-10°~10°,F角为-5°~5°,其中RAUKA组术后的A角(3.7°±2.4°)和B角(3.8°±3.5°),均小于传统UKA组的A角(5.6°±4.4°)和B角(6.8°±3.8°),差异有统计学意义( $P<$

表2 两组病人术后1年临床功能比较( $\bar{x}\pm s$ )

参数	RAUKA组 (32例)	传统UKA组 (32例)	t值	P值
KSS-客观膝关节评分(分)	78.1±2.6	75.6±8.1	0.704	0.482
KSS-膝关节功能评分(分)	77.4±7.8	76.6±9.9	0.411	0.681
VAS评分(分)	1.9±1.0	2.1±1.0	-0.597	0.551
ROM(°)	118.4±7.1	116.1±7.3	1.293	0.201
FJS评分(分)	71.4±4.6	70.2±5.0	0.984	0.329
病人满意度评分(分)	36.5±1.7	36.1±1.5	0.984	0.325



图4 病人,女,67岁,右膝关节疼痛伴活动受限5年余,行RAUKA治疗 a,b:术前正侧位X线片示右膝内侧间室OA;c,d:术中正侧位X线片示假体位置及下肢力线矫正良好;e~g:术后1年膝关节随访功能照,伸直屈曲等功能恢复良好



图5 病人,女,63岁,左膝关节疼痛伴活动受限4年余,行传统UKA治疗 a,b:术前正侧位X线片示左膝内侧间室OA;c,d:术中正侧位X线片示假体位置及下肢力线矫正良好;e~g:术后1年膝关节随访功能照,伸直屈曲等功能恢复良好

0.05),RAUKA组的E角、F角较传统UKA组更接近理想值,但两组间差异无统计学意义( $P>0.05$ )。其余FTA、HKA等参数比较,差异均无统计学意义( $P>0.05$ )。尽管两组间下肢机械轴Kennedy区分布比较,差异无统计学意义( $P>0.05$ ),但RAUKA组2区和C区的合计有31例(96.9%),优于传统UKA组的26例(81.3%)。同时,RAUKA组的假体总偏离

评分( $12.6\pm5.1$ )分,优于传统UKA组( $18.6\pm7.7$ )分,差异有统计学意义( $P<0.05$ ,表3)。

## 讨 论

虽然早期的UKA术后翻修率较高<sup>[11]</sup>,随着UKA假体设计、材料器械的革新及手术技术的不断发展,UKA术后10年及15年的生存率可达89%~94%

**表 3** 两组病人术后 1 年影像学参数比较

参数	RAUKA 组 (32 例)	传统 UKA 组 (32 例)	$t(\chi^2)$ 值	P 值
FTA( $\bar{x} \pm s$ , °)	176.0±2.6	175.9±2.9	0.158	0.875
HKA( $\bar{x} \pm s$ , °)	176.8±2.0	176.1±2.7	1.219	0.228
下肢机械轴 Kennedy 区分布( $0/1/2/C/3/4/5$ , 例)	0/1/19/12/0/0/0	0/4/13/13/2/0/0	4.965	0.174
A 角( $\bar{x} \pm s$ , °)	3.7±2.4	5.6±4.4	-2.189	0.032
B 角( $\bar{x} \pm s$ , °)	3.8±3.5	6.8±3.8	-3.318	0.002
E 角( $\bar{x} \pm s$ , °)	3.3±3.2	3.9±2.6	-0.933	0.354
F 角( $\bar{x} \pm s$ , °)	1.8±1.4	2.2±1.6	-0.823	0.414
假体总偏离评分( $\bar{x} \pm s$ , 分)	12.6±5.1	18.6±7.7	-3.673	<0.001

和 84.1%~91%<sup>[12-14]</sup>。但由于各种原因,UKA 仍有一定的翻修率,假体位置不佳可能导致 UKA 失败,出现进展性对侧间室 OA 或胫骨假体松动<sup>[15-17]</sup>。近年来,机器人辅助技术飞速发展,可实现精准的假体定位与安置,最大限度降低人为技术因素干扰<sup>[7-9]</sup>。

### 一、RAUKA 术后假体位置及下肢力线

本研究中通过机器人辅助下和传统 UKA 比较,发现两组术后的假体角偏移度均在推荐的范围内(A 角、B 角及 E 角为-10°~10°,F 角为-5°~5°),尽管 RAUKA 组的手术时间与术中截骨时间均长于传统 UKA 组,但机器人辅助技术可将股骨假体内外翻角(A 角)和屈伸角(B 角)的平均偏差 5.6° 和 6.8° 分别降低到 3.7° 和 3.8°,胫骨假体内外翻角(E 角)和后倾角(F 角)的平均偏差 3.9° 和 2.2° 分别减少到 3.3° 和 1.8°。RAUKA 组假体总偏离评分显著优于传统 UKA 组,假体位置的精准性更高,即假体力线与术前规划的理想值更接近,术中截骨更精准。

近期的研究推荐轻度内翻的下肢力线可获得更好的临床疗效<sup>[18]</sup>。本研究中,两组术后 HKA 均矫正至轻度膝内翻约 3° 左右,且 RAUKA 组的 HKA 偏移及离散度较传统 UKA 组更小。关于下肢力线的矫正,传统 UKA 更多的依赖术者的“手感”与经验,而机器人辅助技术可在膝关节的整个 ROM 范围内进行实时和动态的韧带平衡,按规划的下肢力线进行系统注册及后续截骨操作,优势在于可进行实时调整,以实现正确的膝关节运动学和软组织平衡。尽管本研究中两组的下肢机械轴 Kennedy 区分布比较差异均无统计学意义( $P>0.05$ ),但 RAUKA 组的下肢机械轴 Kennedy 区分布优良率高于传统组(96.9% vs. 81.3%),且无内翻畸形过度矫正的病例。

因此,RAUKA 可获得更精准的假体位置和优良率更高的术后下肢力线,更好地恢复生理性膝关节

运动学。Kort 等<sup>[8]</sup>的研究同样发现,RAUKA 手术时间长,但可获得更精准的假体位置和力线,且可降低手术并发症的发生率。Negrín 等<sup>[9]</sup>认为 RAUKA 不仅可获得更精准的影像学测量结果,还可以在术后早期提高牛津膝关节评分(Oxford knee score, OKS)并降低数字疼痛评分(numeric rating scale, NRS)。我们建议,即便使用机器人辅助技术,也要在矫正下肢力线的同时,严格关注膝内侧副韧带恢复至合适的张力,避免过度矫正,尤其一些病程较长,膝内翻畸形较重,甚至合并膝内侧副韧带轻度挛缩的病例,保留适当的膝内翻,有利于术后活动度和关节功能的恢复,提高病人满意度。

### 二、国产膝关节置换手术 RAUKA 改善术后临床疗效的有效性

本次研究中,虽然 RAUKA 组的影像学结果优于传统 UKA 组,但两组术后 1 年随访的 KSS 评分、VAS 评分、FJS 评分、ROM 及病人满意度无显著性差异,所有 RAUKA 组的影像学参数均与总体临床结果几乎没有相关性,两组术后早期临床疗效满意,均无并发症及翻修病例,早期生存率 100%,这与 Banger 等<sup>[19]</sup>研究中 RAUKA 的早期存活率结果一致。我们认为,本中心 UKA 的手术量较大,术者丰富的经验可能是两组无翻修的主要原因。类似的,Harris 等<sup>[20]</sup>研究同样发现即使两组的假体位置存在差异,但病人报告的临床结果相似,且 RAUKA 的术后翻修率明显低于传统组。在假体生存率方面,据报道,史赛克 MAKO 机器人 UKA 的术后三年翻修率为 2.5%,而牛津 UKA 及其他所有 UKA 的三年翻修率分别为 5.8%、5.5%<sup>[21-22]</sup>。Cool 等<sup>[23]</sup>同样认为 RAUKA 较传统 UKA 手术的生存率更高,而 Wong 等<sup>[24]</sup>意见相反,且与其他研究报道结果一致,认为两者生存率相似<sup>[25-26]</sup>,术后 2 年两者的生存率可达 97%<sup>[27]</sup>。在术后步态运动学方面,Motesharei 等<sup>[28]</sup>发现术后 1 年 RAUKA 表现更好。由于机器人辅助技术尚属于早期运用阶段,大部分医生对该技术的经验都较少,目前尚不清楚 RAUKA 的低翻修率是源于早期采用该技术的医生手术量大、经验丰富,还是该技术本身造成了差异。但对于手术量较少的医生,该技术有助于提高手术操作的准确性。因此,尽管机器人辅助技术可最大限度的降低手术中人为操作的误差,但其是否能显著提升长期生存率和功能疗效,尚需进一步的研究。

### 三、国产膝关节置换手术 RAUKA 的临床应用

机器人辅助技术在临床使用中仍需考虑若干问

题。包括成本效益、术者的学习曲线以及增加的手术时间等。首先,机器人导航设备价格昂贵,还有人员培训、软件升级及定期维护等额外成本。曾有研究分析称,当每年的病例量超过94例,且两年的失败率低于1.2%时,RAUKA可以实现成本效益<sup>[29]</sup>。因此,对于UKA手术量较少或年轻医生来说,机器人辅助技术可能并不具有成本效益,但他们可从中获益最多。其次,除了常规UKA相关的学习曲线外,RAUKA还涉及6~36例学习曲线<sup>[30]</sup>。对于经验丰富的医生来说,RAUKA在手术技巧和临床疗效方面可能不会有显著性的提升,这就是在本研究中心的两组病人的假体角度偏离评分和下肢力线分布比较无显著性差异的原因,但对初学者手术的指导意义更大。最后,医生的另一个顾虑是增加了手术时间,包括组装固定支架、机械臂的移动、验证与注册等繁杂步骤。

#### 四、本研究的局限性

本研究仍存在一定的局限性:①本研究是单中心的回顾性研究,存在一定的偏倚,未来需开展多中心随机试验研究;②样本量偏小,随访时间短,其长期疗效有待进一步的研究;③没有报告生存率和生活质量评分等。

综上所述,相较传统UKA,RAUKA虽然手术时间长,但具有术后假体位置更精准、术后下肢力线矫正优良率更高的优势,早期临床疗效满意。未来,UKA手术将迈向人工智能时代,变得更加微创化、精准化、智能化、个性化。

#### 参 考 文 献

- [1] Mittal A, Meshram P, Kim WH, et al. Unicompartmental knee arthroplasty, an enigma, and the ten enigmas of medial UKA [J]. J Orthop Traumatol, 2020, 21(1): 15.
- [2] 程宇翔,陈歌,陈建,等.膝骨关节炎单髁置换术后下肢冠状位力线对早期临床效果的影响[J].骨科,2022,13(3): 198-203, 211.
- [3] Tay ML, McGlashan SR, Monk AP, et al. Revision indications for medial unicompartmental knee arthroplasty: a systematic review [J]. Arch Orthop Trauma Surg, 2022, 142(2): 301-314.
- [4] Walter N, Weber J, Kerschbaum M, et al. Revision arthroplasty after unicompartmental knee arthroplasty [J]. J Orthop Surg Res, 2021, 16(1): 666.
- [5] Kim TK, Mittal A, Meshram P, et al. Evidence-based surgical technique for medial unicompartmental knee arthroplasty [J]. Knee Surg Relat Res, 2021, 33(1): 2.
- [6] Herry Y, Batailler C, Lording T, et al. Improved joint-line restitution in unicompartmental knee arthroplasty using a robotic-assisted surgical technique [J]. Int Orthop, 2017, 41(11): 2265-2271.
- [7] Zhang J, Ng N, Scott CEH, et al. Robotic arm-assisted versus manual unicompartmental knee arthroplasty : a systematic review and meta-analysis of the MAKO robotic system [J]. Bone Joint J, 2022, 104-B(11): 541-548.
- [8] Kort N, Stirling P, Pilot P, et al. Robot-assisted knee arthroplasty improves component positioning and alignment, but results are inconclusive on whether it improves clinical scores or reduces complications and revisions: a systematic overview of meta-analyses [J]. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2022, 30(8): 2639-2653.
- [9] Negrín R, Duboy J, Iñiguez M, et al. Robotic-assisted vs conventional surgery in medial unicompartmental knee arthroplasty: a clinical and radiological study [J]. Knee Surg Relat Res, 2021, 33(1): 5.
- [10] Song EK, NM, Lee SH, et al. Comparison of outcome and survival after unicompartmental knee arthroplasty between navigation and conventional techniques with an average 9-year follow-up [J]. J Arthroplasty, 2016, 31(2): 395-400.
- [11] Insall J, Aglietti P. A five to seven-year follow-up of unicondylar arthroplasty [J]. J Bone Joint Surg Am, 1980, 62(8): 1329-1337.
- [12] Pandit H, Hamilton TW, Jenkins C, et al. The clinical outcome of minimally invasive Phase 3 Oxford unicompartmental knee arthroplasty: a 15-year follow-up of 1000 UKAs [J]. Bone Joint J, 2015, 97-B(11): 1493-1500.
- [13] Crawford DA, Rutledge-Jukes H, Alexander JS, et al. 15-year follow-up of mobile bearing medial unicompartmental knee arthroplasty [J]. J Arthroplasty, 2023, 38(7): 1257-1261.
- [14] Mohammad HR, Strickland L, Hamilton TW, et al. Long-term outcomes of over 8,000 medial Oxford Phase 3 Unicompartmental Knees-a systematic review [J]. Acta Orthop, 2018, 89(1): 101-107.
- [15] Zhu GD, Guo WS, Zhang QD, et al. Finite element analysis of mobile-bearing unicompartmental knee arthroplasty: the influence of tibial component coronal alignment [J]. Chin Med J (Engl), 2015, 128(21): 2873-2878.
- [16] Barbadoro P, Ensini A, Leardini A, et al. Tibial component alignment and risk of loosening in unicompartmental knee arthroplasty: a radiographic and radiostereometric study [J]. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2014, 22(12): 3157-3162.
- [17] Vasso M, Antoniadis A, Helmy N. Update on unicompartmental knee arthroplasty: current indications and failure modes [J]. EFORT Open Rev, 2018, 3(8): 442-448.
- [18] Sava MP, Leica A, Scala I, et al. Significant correlations between postoperative outcomes and various limb and component alignment strategies in medial unicompartmental knee arthroplasty: a systematic review [J]. J Exp Orthop, 2023, 10(1): 93.
- [19] Banger M, Doonan J, Rowe P, et al. Robotic arm-assisted versus conventional medial unicompartmental knee arthroplasty: five-year clinical outcomes of a randomized controlled trial [J]. Bone Joint J, 2021, 103-B(6): 1088-1095.
- [20] Harris CG, Ziembka-Davis M, Deckard ER, et al. Implant position, survivorship, and patient-reported outcomes in manual medial unicompartmental knee arthroplasty [J]. J Arthroplasty, 2024, 39(3): 632-637.
- [21] St Mart JP, de Steiger RN, Cuthbert A, et al. The three-year survivorship of robotically assisted versus non-robotically assisted unicompartmental knee arthroplasty [J]. Bone Joint J, 2020, 102-B(3): 319-328.
- [22] Zambianchi F, Franceschi G, Rivi E, et al. Clinical results and short-term survivorship of robotic-arm-assisted medial and lateral unicompartmental knee arthroplasty [J]. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2020, 28(5): 1551-1559.
- [23] Cool CL, Needham KA, Khlopas A, et al. Revision analysis of robotic arm-assisted and manual unicompartmental knee arthroplasty [J]. J Arthroplasty, 2019, 34(5): 926-931.

- [24] Wong J, Murtaugh T, Lakra A, et al. Robotic-assisted unicompartmental knee replacement offers no early advantage over conventional unicompartmental knee replacement [J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2019, 27(7): 2303-2308.
- [25] Gilmour A, MacLean AD, Rowe PJ, et al. Robotic-arm-assisted vs conventional unicompartmental knee arthroplasty. The 2-year clinical outcomes of a randomized controlled trial [J]. *J Arthroplasty*, 2018, 33(7s): S109-S115.
- [26] Batailler C, White N, Ranaldi FM, et al. Improved implant position and lower revision rate with robotic - assisted unicompartmental knee arthroplasty [J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2019, 27(4): 1232-1240.
- [27] Gaudiani MA, Samuel LT, Kamath AF, et al. Robotic - assisted versus manual unicompartmental knee arthroplasty: contemporary systematic review and meta-analysis of early functional outcomes [J]. *J Knee Surg*, 2021, 34(10): 1048-1056.
- [28] Motesharei A, Rowe P, Blyth M, et al. A comparison of gait one year post operation in an RCT of robotic UKA versus traditional Oxford UKA [J]. *Gait Posture*, 2018, 62: 41-45.
- [29] Moschetti WE, Konopka JF, Rubash HE, et al. Can robot-assisted unicompartmental knee arthroplasty be cost - effective? A markov decision analysis[J]. *J Arthroplasty*, 2016, 31(4): 759-765.
- [30] Vermue H, Lambrechts J, Tampere T, et al. How should we evaluate robotics in the operating theatre? [J]. *Bone Joint J*, 2020, 102-B (4): 407-413.

(收稿日期: 2024-01-03)

(本文编辑:龚哲妮)

#### 引用格式

杨涛, 薛华明, 马童, 等. 机器人辅助下膝内侧单髁置換术后假体位置分析和早期临床疗效 [J]. 骨科, 2024, 15(5): 394-401. DOI: 10.3969/j.issn.1674-8573.2024.05.003.