

# 计算机导航全膝关节置换术与传统全膝关节置换术的短期疗效观察

赵云超<sup>1,2</sup> 李晓明<sup>1,2</sup> 王恒俊<sup>1</sup> 周浩<sup>1△</sup> 郭东辉<sup>1</sup> 周婷婷<sup>1,2</sup> 杜长宇<sup>3</sup>

**[摘要]** 目的:比较计算机导航系统(Knee3 软件,Brainlab 公司,德国)全膝关节置换术与传统全膝关节置换术的短期疗效。方法:回顾性研究 2020 年 12 月至 2022 年 5 月就诊的 124 例全膝关节置换术患者,随访时间为 3 个月,全部获得随访。其中传统全膝关节置换术患者 63 例,计算机辅助导航全膝关节置换术患者 61 例。记录术前资料,包括性别、年龄、体重指数、血红蛋白浓度(HGB)、髌-膝-踝角、关节活动度、疼痛视觉模拟量表(VAS)评分、牛津膝关节功能评分。记录术中资料,包括麻醉方式、手术时间与术中出血量。记录术后资料,包括血红蛋白浓度、手术并发症 VAS 评分、膝关节影像学假体角度( $\alpha, \beta, \gamma, \sigma$ )、髌-膝-踝角、关节活动范围及牛津膝关节功能评分。结果:手术时间传统组为( $1.62 \pm 0.40$ )h,导航组为( $1.97 \pm 0.52$ )h,差异有统计学意义( $P < 0.05$ );出血量传统组为( $150.32 \pm 60.69$ )mL,导航组为( $128.85 \pm 57.01$ ) mL,差异有统计学意义( $P < 0.05$ );术后第 3 天 VAS 评分传统组为( $3.63 \pm 0.73$ )分,导航组为( $2.98 \pm 0.98$ )分,差异有统计学意义( $P < 0.05$ );出院前传统组血红蛋白浓度为( $103.44 \pm 11.89$ )g/L,导航组为( $108.82 \pm 9.38$ )g/L,差异有统计学意义( $P < 0.05$ )。术后 3 个月随访, $\alpha, \beta, \gamma, \sigma$ ,髌-膝-踝角、关节活动范围及牛津膝关节功能评分两组差异有统计学意义( $P < 0.05$ )。结论:计算机导航辅助全膝关节置换术降低了术后早期疼痛,减少术中出血量,减轻术后贫血程度,提高假体角度与下肢力线的精准度,但对短期的关节活动度与膝关节功能的改善无明显优势。

**[关键词]** 计算机导航全膝关节置换术;短期疗效;假体角度;力线;膝关节功能;关节活动度

**[中图分类号]** R687.4 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 1005-0205(2024)02-0025-07

**DOI:** 10.20085/j.cnki.issn1005-0205.240205

## Short Term Efficacy of Computer Guided Total Knee Arthroplasty and Traditional Total Knee Arthroplasty

ZHAO Yunchao<sup>1,2</sup> LI Xiaoming<sup>1,2</sup> WANG Hengjun<sup>1</sup> ZHOU Hao<sup>1△</sup>  
GUO Donghui<sup>1</sup> ZHOU Tingting<sup>1,2</sup> DU Changyu<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Cangzhou Hospital of Integrated Traditional Chinese and Western Medicine in Hebei Province, Cangzhou 061000, Hebei China;

<sup>2</sup> Hebei Key Laboratory of Integrated Traditional and Western Medicine in Osteoarthritis Research (Preparing), Cangzhou 061000, Hebei China;

<sup>3</sup> North China University of Science and Technology, Tangshan 063000, Hebei China.

**Abstract Objective:** To retrospectively study the short-term efficacy of total knee arthroplasty with computer navigation system (Knee3 software, Brainlab, Germany) and traditional total knee arthroplasty. **Methods:** A retrospective study was conducted on 124 patients who underwent total knee arthroplasty between December 2020 and May 2022. All were fol-

基金项目:河北省中医药管理局 2020 年度中医药科研计划项目  
(2020494)

<sup>1</sup> 河北省沧州中西医结合医院(河北 沧州, 061000)

<sup>2</sup> 河北省中西医结合骨关节病研究重点实验室(筹)

<sup>3</sup> 华北理工大学

<sup>△</sup>通信作者 E-mail: zhaoyunchao@126.com

lowed up for 3 months. 63 patients underwent traditional total knee arthroplasty and 61 patients underwent total knee arthroplasty under computer-assisted navigation. Preoperative data were recorded, including gender, age, body mass index, hemoglobin concentration, hip-knee-ankle angle, range of motion, visual analogue scale (VAS) score, Oxford knee score. Intraoperative data was recorded, including anesthesia

mode, operation time and intraoperative blood loss, and postoperative data was recorded, including hemoglobin concentration, surgical complications, VAS score, knee prosthesis angle ( $\alpha, \beta, \gamma, \sigma$ ), hip-knee-ankle angle, range of motion and Oxford knee score. **Results:** The operation time was  $(1.62 \pm 0.40)$  h in the traditional group,  $(1.97 \pm 0.52)$  h in the navigation group ( $P < 0.05$ ), the amount of bleeding was  $(150.32 \pm 60.69)$  mL in the traditional group,  $(128.85 \pm 57.01)$  mL in the navigation group ( $P < 0.05$ ), and VAS score  $(3.63 \pm 0.73)$  points in the traditional group,  $(2.98 \pm 0.98)$  points in the navigation group ( $P < 0.05$ ). The hemoglobin in the traditional group was  $(103.44 \pm 11.89)$  g/L, and  $(108.82 \pm 9.38)$  g/L in the navigation group before discharge ( $P < 0.05$ ). There was difference in knee prosthesis angle ( $\alpha, \beta, \gamma, \sigma$ ), hip-knee-ankle angle, range of motion and Oxford knee score at a follow-up of 3 months after surgery ( $P < 0.05$ ). **Conclusion:** Total knee arthroplasty with computer navigation system can reduce early postoperative pain, intraoperative bleeding, and postoperative anemia and improve the accuracy of prosthesis placement angle and lower limb force line. There is no advantage in short-term improvement of joint range of motion and knee joint function.

**Keywords:** computer guided total knee arthroplasty; short-term efficacy; prosthesis angle; force line; knee joint function; joint mobility

全膝关节置换术后的疗效是关节科医师的关注点<sup>[1-2]</sup>,关于计算机导航用于全膝关节置换术的优势的报道却不尽相同。有研究认为计算机导航系统应用于全膝关节置换术时,借助其提供的数据进行精准操作,通过软组织平衡与个体化力线提高了术后的早期疗效<sup>[3-6]</sup>;但也有研究认为计算机导航系统应用于全膝关节置换术只是提高了下肢力线的精准度,并未提高术后的疗效<sup>[7]</sup>。自2020年笔者团队应用计算机导航系统(Brainlab Knee3系统)已完成多例全膝关节置换术,本研究对膝关节功能评分、假体安置的角度、手术时间及并发症等数据进行回顾分析,比较计算机导航与传统操作的临床疗效,现报告如下。

## 1 研究对象和方法

### 1.1 研究对象

2020年12月至2022年5月就诊于河北省沧州中西医结合医院行全膝关节置换术的患者124例,所有患者均由同一医疗团队完成。该研究在河北省沧州中西医结合医院伦理委员会备案并获得批准(编号为2020-KY-046.1)。

### 1.2 诊断标准

采用《骨关节炎诊疗指南(2018年版)》<sup>[8]</sup>中膝骨关节炎诊断标准:1)近1个月内反复的膝关节疼痛;2)X线片(站立位或负重位)示关节间隙变窄、软骨下骨硬化和(或)囊性变、关节边缘骨赘形成;3)年龄 $\geq 50$ 岁;4)晨僵时间 $\leq 30$  min;5)活动时骨摩擦音(感);6)实验室检查血常规、蛋白电泳、免疫复合物等一般在正常范围内。满足诊断标准1)与2)3)4)5)条中的任意2条可诊断为膝骨关节炎。

### 1.3 纳入标准

1)符合上述诊断标准;2)单侧膝关节病变,X线显示关节间室骨对骨;3)依从性好,且能良好沟通者;4)同意并签署知情同意书。

### 1.4 排除标准

1)麻醉分级Ⅲ级或以上患者;2)患肢肌力小于Ⅲ级患者;3)伴有局部或全身感染的患者。

### 1.5 方法

**1.5.1 治疗方法** 入院后由护理人员进行宣教,包括制定个体化关节康复计划。术前晚上化验常规检查,术前拍摄双下肢全长片检查,麻醉师风险评估,术中选择蛛网膜下腔阻滞麻醉或静吸复合麻醉。

术前30 min静点头孢呋辛钠注射液1.5 g预防感染,应用氨甲环酸1 g静点减少术后出血,手术过程如下。

**传统组:**麻醉后扎止血带,取膝正中切口,取髌旁内侧入路,标记后又韧带前内约1 cm处为开髓点,股骨远端外翻 $6^\circ$ 截骨,测量股骨髁大小,行股骨髁截骨,胫骨平台髓外截骨,骨块填塞开孔处,行胫骨平台髓内成形,安装试模,测试后交叉韧带功能,屈膝 $90^\circ$ 行后抽屉试验,观察平移距离小于7 mm为后交叉韧带功能良好,选用CR假体;平移距离大于7 mm为后交叉韧带功能差<sup>[9]</sup>,改为PS假体。冲洗关节腔,搅拌骨水泥置入股骨髁、胫骨托、半月板衬垫,加压固化,冲洗缝合伤口,加压包扎,术后隐神经阻滞。

**导航组:**充分暴露后,股骨与胫骨置入阵列与标记球,依据解剖标志完成注册,依据设计结果(见图1)截骨(见图2-图4)。软组织平衡标准:术前内翻膝,选择中立位力线或不超过内翻 $3^\circ$ 力线,内外侧数据相等或内侧偏紧(差值 $\leq 2$  mm);术前外翻膝<sup>[10]</sup>,选择中立位力线。其余步骤与传统组相同。所有患者均不放置引流管<sup>[11]</sup>,术后麻醉医师行隐神经阻滞镇痛。

术后定期换药观察伤口,术后第1天晨起8:00口服利伐沙班(齐鲁制药有限公司,国药准字20203738,商品名为利尔班)10 mg。术后24 h内停用预防性抗生素。出院之前安排下肢静脉彩超与膝关节正侧位

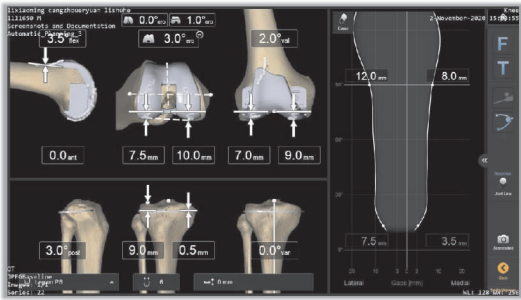


图 1 设计结果



图 2 截骨过程 1

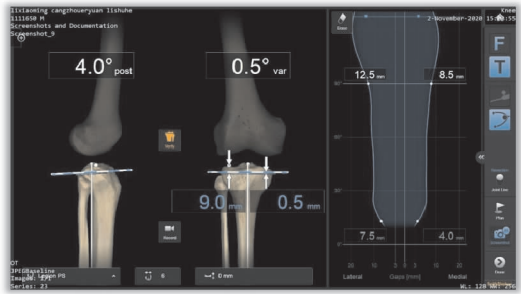


图 3 截骨过程 2



图 4 截骨过程 3

检查,术后定期监测化验等指标,纠正贫血、电解质紊乱及低蛋白血症。

出院标准:伤口排除感染,无严重并发症的发生。

**1.5.2 疗效评定方法** 1)术前指标:性别、年龄、体重指数(Body Mass Index,BMI)、血红蛋白浓度(Hemoglobin,HGB)、髌-膝-踝角(Hip-Knee-Ankle Angle,HKA)、膝关节功能活动范围(Range of Motion,ROM)、疼痛视觉模拟量表(VAS)评分与牛津膝关节功能评分(Oxford Knee Score,OKS)。2)术中指标:包括麻醉方式、手术时间与术中出血量。3)术后指标:术后并发症,包括伤口感染、愈合不良、下肢深静脉血栓、止血带反应等;术后 3 d VAS 评分,出院前复查血

常规,记录血红蛋白浓度。4)术后 3 个月复查指标:记录膝关节假体角度<sup>[12]</sup>( $\alpha$ 与 $\beta$ 见图 5, $\gamma$ 与 $\sigma$ 见图 6)、髌-膝-踝角、关节活动度与牛津膝关节功能评分。

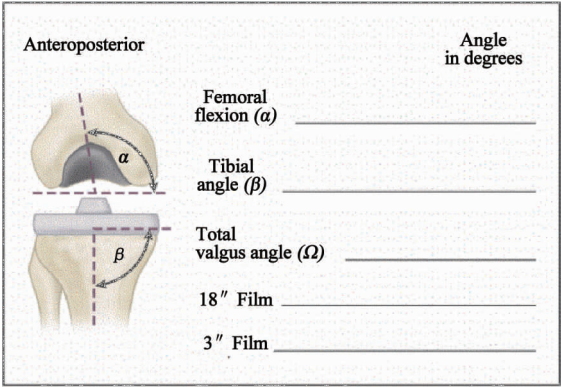


图 5 假体  $\alpha$  与  $\beta$  角

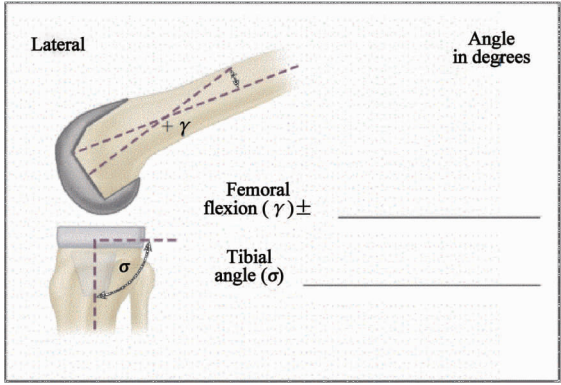


图 6 假体  $\gamma$  与  $\sigma$  角

### 1.6 统计学方法

采用 SPSS 20.0 统计软件进行分析。计量资料比较采用  $t$  检验,计数资料采用卡方检验或 Fisher 检验,等级资料采用秩和检验,检验水准  $\alpha=0.05$ (或 0.01)。

## 2 结果

### 2.1 一般资料

纳入研究的患者 124 例(124 膝),全部获得随访,临床资料进入结果分析,见表 1。

### 2.2 术中资料比较

术中资料比较见表 2。麻醉方式两组比较差异无统计学意义( $P>0.05$ ),手术时间、术中出血量两组比较差异有统计学意义( $P<0.05$ )。

### 2.3 术后并发症比较

术后并发症比较见表 3。术后 3 个月两组假体角度与髌-膝-踝角的离群值比较, $\alpha$ 与 $\beta$ 的离群值比较差异无统计学意义( $P>0.05$ ), $\gamma$ , $\sigma$ 与髌-膝-踝角的离群值比较差异有统计学意义( $P<0.05$ )。

两组患者伤口并发症、深静脉血栓及止血带反应比较差异无统计学意义( $P>0.05$ ),术后 3 d VAS 评分、出院前血红蛋白浓度比较差异有统计学意义( $P<0.05$ )。

表 1 两组患者基线资料比较(̄±s)

组别	例数/例	性别(男/女)/例	年龄/岁	体重指数/(kg·m <sup>-2</sup> )	HGB/(g·L <sup>-1</sup> )
传统组	63	21/42	64.29±6.07	26.81±3.51	134.14±11.95
导航组	61	18/43	65.23±5.97	26.75±3.21	133.36±13.45
统计检验值		$\chi^2=0.210$	$t=0.873$	$t=0.105$	$t=0.343$
P		0.647	0.385	0.917	0.732

组别	例数/例	HKA/(°)	ROM/(°)	VAS 评分/分	OKS/分
传统组	63	171.19±6.05	103.89±13.06	8.08±1.58	40.90±4.70
导航组	61	172.67±5.36	100.08±16.11	8.21±1.60	41.20±4.76
统计检验值		$t=1.442$	$t=1.148$	$t=0.468$	$t=0.344$
P		0.152	0.150	0.641	0.732

表 2 术中两组患者资料比较(̄±s)

组别	例数/例	麻醉方式(腰麻/全麻)/例	手术时间/h	术中出血量/mL
传统组	63	2/61	1.62±0.40	150.32±60.69
导航组	61	4/57	1.97±0.52	128.85±57.01
t			4.139	2.028
P		0.436	<0.001	0.045

表 3 两组患者术后并发症比较

组别	例数 /例	(感染/愈合 不良)/例	深静脉 血栓/例	止血带 反应/例	术后 3 d VAS 评分/分(̄±s)	出院前 HGB/(g·L <sup>-1</sup> ) (̄±s)
传统组	63	0	5	2	3.63±0.73	103.44±11.89
导航组	61	0	5	6	2.98±0.98	108.82±9.38
t			0.003	1.309	4.212	2.789
P			0.958	0.253	<0.001	0.006

2.4 术后 3 个月两组患者资料比较

术后 3 个月两组患者资料比较见表 4。术后 3 个月两组患者假体角度、HKA、ROM 与 OKS 比较差异无统计学意义( $P>0.05$ )。

表 4 术后 3 个月两组患者资料比较(̄±s)

组别	例数/例	$\alpha$ /(°)	$\beta$ /(°)	$\gamma$ /(°)	$\sigma$ /(°)	HKA/(°)	ROM/(°)	OKS/分
传统组	63	95.90±1.73	88.73±1.60	7.54±4.43	84.03±2.74	178.84±2.34	110.87±8.31	14.41±1.39
导航组	61	96.02±1.26	88.47±4.02	7.79±6.15	84.87±2.09	179.18±2.60	110.74±9.65	14.75±1.67
t		0.412	0.466	0.256	1.920	0.764	0.084	1.236
P		0.681	0.642	0.798	0.057	0.447	0.933	0.219

2.5 术后 3 个月假体角度及力线资料比较

术后 3 个月假体角度及力线资料比较见表 5。较, $\alpha$ 与 $\beta$ 的离群值差异无统计学意义( $P>0.05$ ), $\gamma$ 和 $\sigma$ 与髌-膝-踝角的离群值差异有统计学意义( $P<0.05$ )。

术后 3 个月两组假体角度与髌-膝-踝角的离群值比

表 5 术后 3 个月假体角度与髌-膝-踝角离群值(例)

组别	例数	$\alpha$ 离群值(>3°)	$\beta$ 离群值(>3°)	$\gamma$ 离群值(>3°)	$\sigma$ 离群值(>3°)	髌-膝-踝角离群值(>3°)
传统组	63	3	7	13	13	10
导航组	61	2	2	2	3	2
t			1.781	7.223	5.485	4.275
P		1.000	0.182	0.007	0.019	0.039

2.6 典型病例

典型病例影像资料见图 7-图 12。

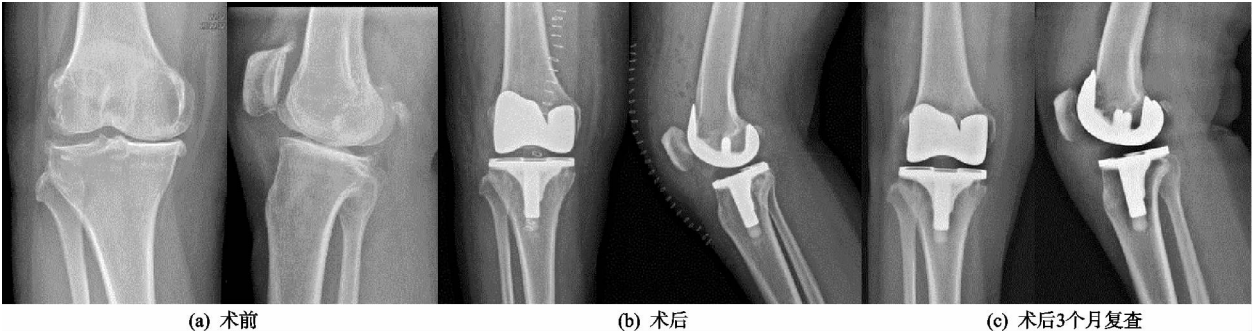


图 7 患者 1,女,64 岁,右膝骨关节炎,传统全膝关节置换术,CR 假体

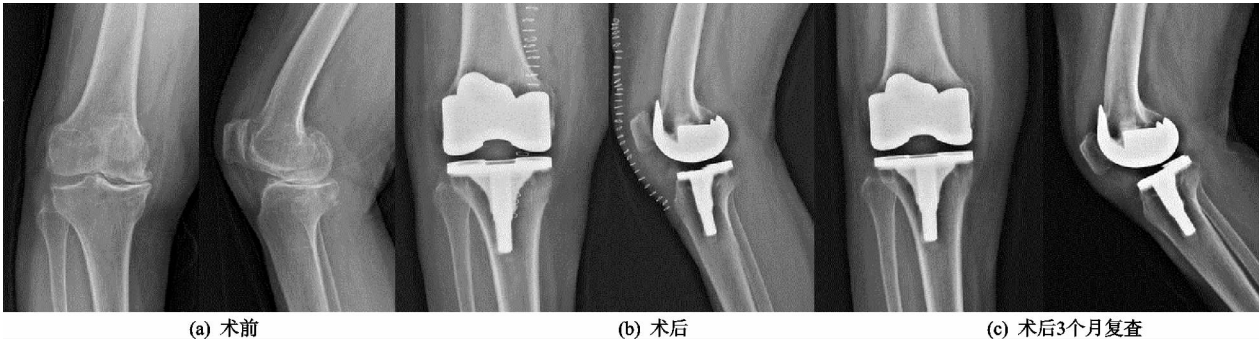


图 8 患者 2,女,73 岁,右膝骨关节炎,传统全膝关节置换术,PS 假体

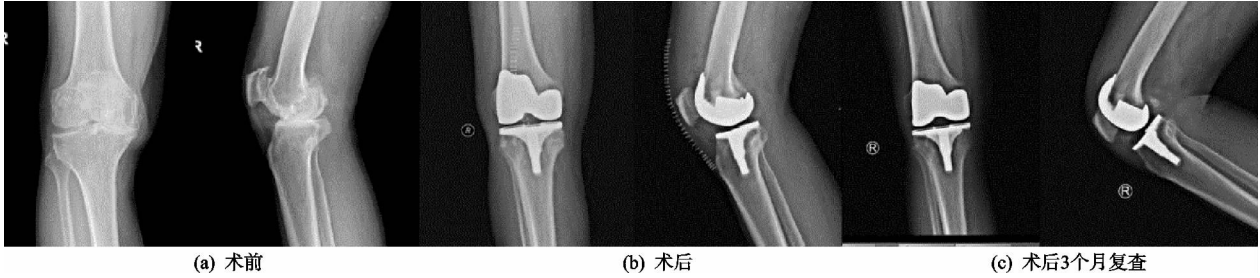


图 9 患者 3,男,65 岁,右膝骨关节炎,传统全膝关节置换术,PS 假体

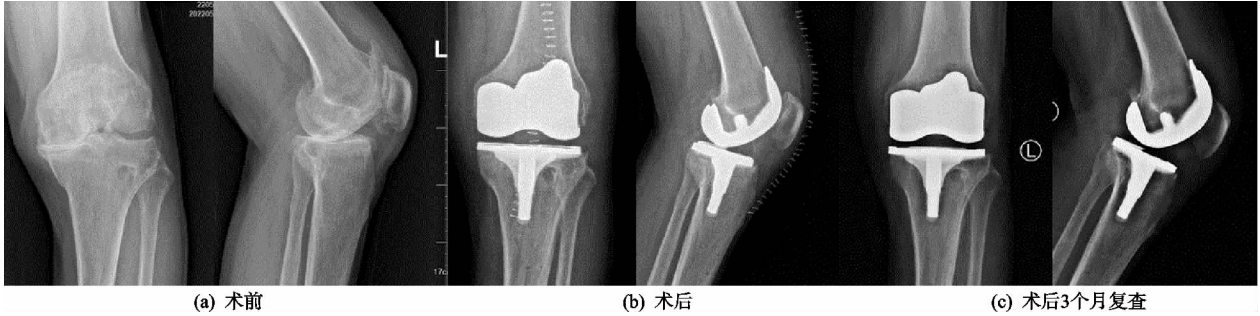


图 10 患者 4,男,61 岁,左膝骨关节炎,计算机导航全膝关节置换术,CR 假体

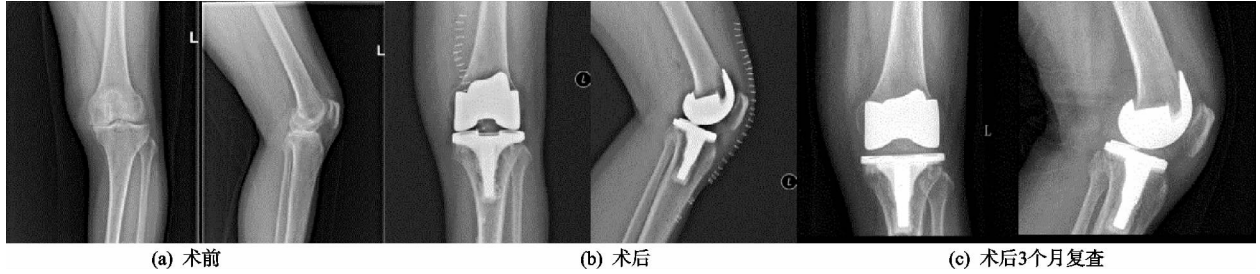


图 11 患者 5,男,57 岁,计算机导航全膝关节置换术,PS 假体

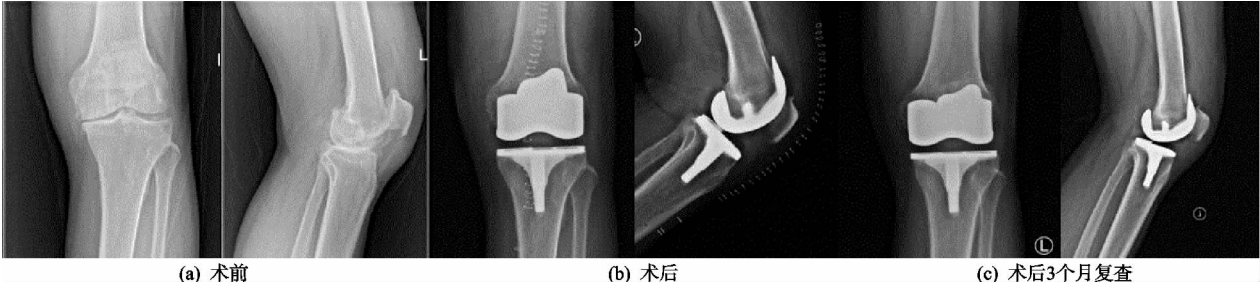


图 12 患者 6,男,59 岁,计算机导航全膝关节置换术,CR 假体

3 讨论

对全膝关节置换术后不满意率高达 15%~25%，不满意涉及多方面因素，常见的为术后疼痛、关节不稳、关节僵硬、关节活动范围差及并发症等<sup>[13-14]</sup>，而术后疼痛是最常见的因素之一。在笔者的研究中术后

3 d VAS 评分差异有统计学意义，对照组为 $(3.63 \pm 0.73)$ 分，导航组为 $(2.98 \pm 0.98)$ 分，虽然评分易受主观影响，但笔者仍然认为评分的差异具有临床意义，对术后疼痛的缓解具有参考意义。影响术后疼痛因素诸多，术前疼痛程度、患者疼痛阈值、手术复杂程度、手术



时间长短均与术后疼痛有关。有研究者认为全膝关节置换术后疼痛的主要原因为假体对位对线不齐;也有研究者认为全膝关节置换术后疼痛<sup>[15]</sup>与截骨、软组织平衡时的非解剖性切除有关。有研究者提出以重建膝关节运动学力线来减轻术后疼痛,实现快速康复,达到提高术后满意率的目的<sup>[16-18]</sup>;因此有研究者在行全膝关节置换术时,借助计算机导航来平衡软组织的紧张程度,通过软组织平衡控制运动学力线,取得了良好的关节功能<sup>[19-23]</sup>。亦有研究者认为软组织平衡与力线并非取得良好关节功能的决定性因素<sup>[24]</sup>,因为计算机导航不能确定在屈伸范围内的各角度均能达到自然对齐<sup>[25]</sup>。笔者在行计算机导航全膝关节置换术时均采用机械对线,计算机导航将韧带的松紧程度转化为可视化的数据,医师参照数据进行内外伸屈间隙平衡操作,与徒手松解相比软组织的损伤更小,这是本研究导航组较徒手组术后疼痛程度减轻的原因之一。

有研究认为新型计算机导航辅助全膝关节置换术有助于获得良好的膝关节平衡、理想的下肢力线与精准的假体位置,提高术后的近期疗效<sup>[26-27]</sup>,增长假体的在位时间<sup>[28-29]</sup>。术后3个月假体角度、髌-膝-踝角、膝关节功能活动范围与牛津膝关节功能评分两组比较差异无统计学意义,故计算机导航在提高术后膝关节功能方面无优势,而在安装假体角度与下肢力线精确度方面具有优势;在冠状位上安放假体角度( $\alpha, \beta$ )的精准度两组无差异,但在矢状位安装假体角度( $\gamma, \sigma$ )的精准度两组有差异,冠状位下肢力线精准度两组亦有差异,可见本研究中计算机导航在矢状位假体角度与冠状位下肢力线精准度方面较徒手松解有优势。

本研究中两组术中出血量差异有统计学意义,传统组出血量为 $(150.32 \pm 60.69)$  mL,导航组为 $(128.85 \pm 57.01)$  mL,主要考虑与传统组术中反复松解测试及股骨开髓点封堵不严密有关。徒手松解需试模反复测试软组织的松紧,反复操作加大了软组织的损伤;全部开髓点虽然由骨块或骨水泥封堵,但部分病例封堵不够严密,松止血带后仍有血液渗出,上述两点是术中出血量多的原因。出院前两组的血红蛋白浓度有差异,传统组为 $(103.44 \pm 11.89)$  g/L,导航组为 $(108.82 \pm 9.38)$  g/L,故出院前传统组贫血程度较导航组严重,术前血红蛋白浓度两组无差异,术后总失血量传统组更多一些。传统组股骨髓内定位时,会损伤股骨髓腔,术后股骨髓腔产生隐性失血。应用计算机导航时无需股骨髓内定位,减少了术后股骨髓腔内的隐性失血。

计算机导航辅助全膝关节置换术在并发症方面是否具有优势仍存在争议<sup>[30-31]</sup>,计算机导航辅助全膝关节置换术常见的并发症如钉道骨折、传统手术股骨开

髓诱发的脂肪栓塞<sup>[32]</sup>以及止血带时间过长导致的深静脉血栓形成<sup>[33-34]</sup>两组差异无统计学意义。

本研究也存在以下缺点:只对术中的失血量进行比较,只是通过出院前的血红蛋白浓度比较,推测出计算机导航辅助全膝关节置换术总失血量少的结论,未计算出总失血量与隐性失血量的具体数值。

本研究认为应用计算机导航辅助下的全膝关节置换术,能够减少术中出血量,减少术后总失血量,提高假体角度与下肢力线的精准度,但未能提高术后短期的关节活动度与关节功能。

## 参考文献

- [1] WINTHER S B, KLAHSVİK J, WIK T S, et al. Higher dissatisfaction rate following revision compared with primary total knee arthroplasty: 1-year follow-up of 2 151 primary and 235 aseptic revision surgeries[J]. *Orthopedics*, 2023, 46(1): 52-57.
- [2] 熊昌军, 李朋, 张延超, 等. 胫骨侧个性化髓外定位技术行人工全膝关节置换术后胫骨假体冠状位力线的评价研究[J]. *中国修复重建外科杂志*, 2022, 36(2): 177-182.
- [3] 吴鹏, 郎俊哲, 吴聪聪, 等. 胫骨冠状面弯曲导致全膝关节置换术后胫骨假体力线不良[J]. *中国骨伤*, 2022, 35(1): 56-58.
- [4] 唐杞衡, 周一新, 郭盛杰, 等. 新型计算机导航系统辅助人工全膝关节置换术的近期疗效[J]. *中国修复重建外科杂志*, 2021, 35(10): 1281-1285.
- [5] 王宸, 冯利君, 赵金廷. 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.
- [6] 程国芳, 何宝林, 王小伟, 等. 计算机导航辅助与传统手术行人工膝关节置换的疗效比较[J]. *临床骨科杂志*, 2018, 21(5): 558-561.
- [7] 江正, 尹宗生, 陆鸣, 等. 计算机导航在全膝关节置换中的应用[J]. *中国组织工程研究*, 2020, 24(15): 2317-2322.
- [8] 中华医学会骨科学分会关节外科学组. 骨关节炎诊疗指南(2018年版)[J]. *中华骨科杂志*, 2018, 38(12): 705-715.
- [9] SAVOV P, MIELKE E, WINDHAGEN H, et al. Higher revision rate for posterior cruciate-retaining than posterior-stabilized total knee arthroplasty for the treatment of valgus osteoarthritis[J]. *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery*, 2021, 141(2): 305-312.
- [10] 周建国, 刘世伟, 袁长红, 等. 后交叉韧带保留型假体全膝关节置换治疗膝骨性关节炎合并膝外翻畸形[J]. *中国组织工程研究*, 2022, 26(6): 892-897.
- [11] 侯森荣, 杨伟毅, 罗明辉, 等. 全膝关节置换后不放置引流管的相关管理策略[J]. *中国组织工程研究*, 2020, 24(33): 5371-5378.
- [12] AZAR F M, BEATY J H. *Campbell's operative orthopaedics*[M]. 14th ed. Toronto: Elsevier, 2021: 433.

- [13] RODRIGUEZ-MERCHAN E C. Patient satisfaction following primary total knee arthroplasty; contributing factors[J]. Archives of Bone and Joint Surgery, 2021, 9(4): 379-386.
- [14] HUANG Y L, LEE M, CHONG H C, et al. Reasons and factors behind post-total knee arthroplasty dissatisfaction in an Asian population[J]. Annals Academy of Medicine Singapore, 2017, 46(8): 303-309.
- [15] GRAICHEN H, LUDERER V, STRAUCH M, et al. Navigated, gap-balanced, adjusted mechanical alignment achieves alignment and balancing goals in a very high percentage but with partially non-anatomical resections[J]. Knee Surgery Sports Traumatology Arthroscopy, 2023, 31(3): 768-776.
- [16] KWAK D S, KIM Y D, CHO N, et al. Restoration of the joint line configuration reproduces native mid-flexion biomechanics after total knee arthroplasty; a matched-pair cadaveric study[J]. Bioengineering (Basel), 2022, 9(10): 564.
- [17] ELBULUK AMEER M, JERABEK SETH A, SUHARDI VINCENTIUS J, et al. Head-to-head comparison of kinematic alignment versus mechanical alignment for total knee arthroplasty[J]. Journal of Arthroplasty, 2022, 37(8S): S849-S851.
- [18] WINNOCK DE GRAVE P, LUYCKX T, CLAEYS K, et al. Higher satisfaction after total knee arthroplasty using restricted inverse kinematic alignment compared to adjusted mechanical alignment[J]. Knee Surgery Sports Traumatology Arthroscopy, 2022, 30(2): 488-499.
- [19] KINOSHITA T, HINO K, KUTSUNA T, et al. Rotational soft-tissue balance is highly correlated with rotational kinematics in total knee arthroplasty[J]. Journal of Knee Surgery, 2023, 36(1): 47-53.
- [20] TSUBOSAKA M, KAMENAGA T, KURODA Y, et al. Accelerometer-based portable navigation system is useful for tibial bone cutting in modified kinematically aligned total knee arthroplasty[J]. Journal of Knee Surgery, 2021, 34(8): 870-876.
- [21] NISHIHARA N, MASUDA H, SHIMAZAKI N, et al. Correction of varus alignment with peripheral osteophyte removal during total knee arthroplasty; an assessment with computer navigation[J]. Journal of Knee Surgery, 2023, 36(3): 292-297.
- [22] IACONO V, FARINELLI L, NATALI S, et al. The use of augmented reality for limb and component alignment in total knee arthroplasty; systematic review of the literature and clinical pilot study[J]. Journal of Experimental Orthopaedics, 2021, 8(1): 52.
- [23] LEELASESTAPORN C, THUWAPITCHAYANANT M, SIRITHANAPIPAT P, et al. Reliability of imageless computer-assisted navigation for femoral rotational alignment in total knee arthroplasty[J]. Malaysian Orthopaedic Journal, 2021, 15(1): 79-84.
- [24] ZAMPOGNA B, CAMPI S, TORRE G, et al. Outcomes of computer-assisted total knee arthroplasty compared to conventional TKA; a bicentric controlled retrospective clinical study[J]. Journal of Clinical Medicine, 2021, 10(15): 3352.
- [25] LARRAINZAR-GARIJO R, MOLANES-LOPEZ E M, MURILLO-VIZUETE D, et al. Mechanical alignment in knee replacement homogenizes postoperative coronal hip-knee-ankle angle in varus knees; a navigation-based study[J]. Journal of Knee Surgery, 2022, 35(12): 1285-1294.
- [26] 王宸, 冯利君, 赵金廷. 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.
- [27] 程国芳, 何宝林, 王小伟, 等. 计算机导航辅助与传统手术行人工膝关节置换的疗效比较[J]. 临床骨科杂志, 2018, 21(5): 558-561.
- [28] 杨硕, 冯硕, 徐崇俊, 等. 全膝关节置换后下肢力线及假体力线与疗效和假体松动率的关系[J]. 中国组织工程研究, 2019, 23(24): 3780-3785.
- [29] 林汉文, 温俊茂, 黄超原, 等. 骨性关节炎患者下肢力线改变与疼痛部位的关系: 影像学评价[J]. 中国组织工程研究, 2017, 21(7): 1110-1114.
- [30] FEROE A G, CHAKRABORTY A K, ROSENT-HAL D I, et al. Fracture through tracking pin sites following a robotic-assisted total knee arthroplasty[J]. Skeletal Radiology, 2022, 51(11): 2217-2221.
- [31] NOVOA-PARRA C D, SANJUAN-CER-VERÓ R, FRANCO-FERRANDO N, et al. Complications of computer-assisted navigation in total knee replacement; retrospective cohort of eight hundred and seventy eight consecutive knees[J]. International Orthopaedics, 2020, 44(12): 2621-2626.
- [32] 于清波, 鄂正康, 辛红伟, 等. 计算机导航下全膝关节置换术对术中出血量及关节功能恢复的影响[J]. 中国骨伤, 2020, 33(1): 15-20.
- [33] 邓波, 洪海南, 范勇勇, 等. 全膝关节置换全程与仅在安装假体时使用止血带疗效及安全性比较的 Meta 分析[J]. 中国组织工程研究, 2021, 25(18): 2908-2914.
- [34] 陈光洪, 李俊青, 赵圆圆, 等. 超声引导星状神经节阻滞对膝关节置换术止血带反应的影响[J]. 蚌埠医学院学报, 2021, 46(1): 55-57.

(收稿日期: 2023-05-17)