

· 临床论著 ·

开放获取

个性化与常规导向器单髁置换前瞻性随机比较[△]

邓煜, 蒋启龙, 曹林虎, 白新文*

(重庆市中医骨科医院骨关节科, 重庆 400012)

摘要: [目的] 比较初学者使用个性化定制导板 (patient-specific instrumentation, PSI) 与经验丰富医生使用常规截骨导板行膝关节单髁置换术 (unicompartmental knee arthroplasty, UKA) 的临床疗效。[方法] 2022年1月—2022年11月, 共计44例拟行单侧UKA的患者纳入本研究, 随机分为两组。其中, 22例由UKA初学者采用个性化定制截骨导板 (PSI组), 22例由UKA经验丰富医生采用厂家提供的常规截骨导板 (Oxford Microplasty, OMP组)。比较两组围手术期、随访及影像结果。[结果] PSI组的手术时间 [(65.2±6.1) min vs (58.1±3.9) min, $P<0.001$] 显著长于OMP组, 两组切口总长度、术中失血量、垫片厚度、下地行走时间、切口愈合等级、住院时间的差异无统计学意义 ($P>0.05$)。随访时间平均 (18.0±3.2) 个月, 两组患者完全负重活动时间的差异无统计学意义 ($P>0.05$)。随时间推移, 两组患者VAS评分、HSS评分、KSS评分、FJS评分和ROM均显著改善 ($P<0.05$); 相应时间点, 两组间上述指标的差异均无统计学意义 ($P>0.05$)。影像方面, 与术后即刻相比, 末次随访时, 两组患者股骨组件内外翻角 (femoral component varus/valgus angle, FVVA)、股骨组件屈伸角 (femoral component flexion/extension angle, FFEA)、胫骨组件内外翻角 (tibial component varus/valgus angle, TVVA)、胫骨组件后倾角 (tibial component posterior slope angle, TPSA) 及股胫机械轴夹角 (hip-knee-ankle mechanical angle, HKAA) 均无显著变化 ($P>0.05$)。相应时间点, 两组间上述影像指标的差异均无统计学意义 ($P>0.05$)。[结论] 初学者使用PSI相较于经验丰富医生使用OMP行UKA, 前者手术时间相对长, 但两者在围手术期损伤控制、功能评分及影像指标方面结果相似。PSI可作为UKA初学者的备选工具, 缩短学习曲线。

关键词: 膝骨关节炎, 膝关节单髁置换术, 个性化定制导板, 学习曲线

中图分类号: R684.3

文献标志码: A

文章编号: 1005-8478 (2025) 01-0012-07

A prospective random comparison of personalized guide versus conventional counterpart for unicompartmental knee arthroplasty // DENG Yu, JIANG Qi-long, CAO Lin-hu, BAI Xin-wen. Department of Orthopaedic Surgery, Chongqing Orthopedic Hospital of Traditional Chinese Medicine, Chongqing 400012, China

Abstract: [Objective] To compare the clinical outcomes of unicompartmental knee arthroplasty (UKA) by the beginners with the patient-specific instrumentation (PSI) guide versus the experienced physicians with conventional guide. **[Methods]** From January 2022 to November 2022, a total of 44 patients who were undergoing unilateral UKA were included in this study and randomly divided into two groups. Of them, 22 patients had UKA performed by the beginners with the personalized osteotomy guides (PSI group), while other 22 patients were treated by experienced physicians with commercially provided conventional osteotomy guides (Oxford Microplasty) (OMP group). The documents regarding perioperative period, follow-up and images were compared between the two groups. **[Results]** Although the PIS group consumed significantly longer operative time than the OMP group [(65.2±6.1) min vs (58.1±3.9) min, $P<0.001$], there were no significant differences in total incision length, intraoperative blood loss, insert thickness, walking time, incision healing grade and hospital stay between the two groups ($P>0.05$). The mean follow-up time was of (18.0±3.2) months, and there was no significant difference in the total weight-bearing activity time between the two groups ($P>0.05$). The VAS score, HSS score, KSS score, FJS score and ROM were significantly improved in both groups over time ($P<0.05$). At corresponding time points, there was no statistical significance in the above indexes between the two groups ($P>0.05$). Radiographically, the femoral component varus/valgus angle (FVVA), femoral component flexion/extension angle (FFVA), femoral component flexion/extension angle (FFEA), tibial component varus/valgus angle (TVVA), tibial component posterior slope angle (TPSA) and hip knee ankle angle (HKAA) remained unchanged significantly in both groups at the latest follow-up compared with those immediately after operation ($P>0.05$), additionally, which were not significantly different between the two groups at any time points accordingly ($P>$

DOI:10.20184/j.cnki.Issn1005-8478.100932

△基金项目:2022年重庆市科卫联合医学科科研项目(编号:2022MSXM080)

作者简介:邓煜,副主任医师,研究方向:关节外科,(电子信箱)23218982@qq.com

*通信作者:白新文,(电话)023-63930280,(电子信箱)672535325@qq.com

0.05). [Conclusion] Compared with experienced doctors using OMP for UKA, the beginners using PSI spend a relatively longer operation time, but the consequences of the two groups are comparable in perioperative damage control, functional scores and imaging indicators. Therefore, PSI might be used as an alternative tool for UKA beginners to shorten the learning curve.

Key words: knee osteoarthritis, unicompartmental knee arthroplasty, patient-specific instrumentation, learning curve

膝骨性关节炎 (knee osteoarthritis, KOA) 是一种严重影响生活质量的膝关节慢性退行性疾病, 其患病率及致残率在中老年人群中均较高, 其中需要手术干预的 KOA 患者大部分仅累及内侧间室^[1, 2]。针对单间室 KOA, 膝关节单髁置换术 (unicompartmental knee arthroplasty, UKA) 目前已成为主流术式之一^[3, 4]。该术式的成功实施依赖于术中精准安放假体、平衡膝关节韧带、恢复下肢力线^[5]。目前最常用的 UKA 假体为第 3 代 Oxford 单髁假体 (Zimmer-Biomet 公司, 美国), 截骨和下肢力线控制主要依靠牛津膝关节微创置换系统 (Oxford Microplasty, OMP) 的机械对线^[6, 7]。文献报道, 即使经验丰富的外科医师使用 OMP 系统行 UKA, 以 $\pm 2^\circ$ 做偏差进行考量, 胫骨和股骨假体精确度在 19%~41%^[8], 假体位置不良率可高达 28%^[9], 对于 UKA 初学者出现误差的概率更高。由于 UKA 容错率较全膝关节置换 (total knee arthroplasty, TKA) 更低, 而且 UKA 的翻修率是随着医生做 UKA 的数量和经验的积累而降低的^[10, 11]。因此如何快速提高 UKA 初学者的手术技能, 提高 UKA 假体安放的精准度, 有助于提高 UKA 术后临床疗效及假体生存率^[12, 13]。计算机辅助结合个性化截骨导板 (patient-specific instrumentation, PSI) 可通过术前数字化模拟手术, 术中辅助截骨, 提高假体安放的精确度^[14-16]。本研究采用前瞻性随机对照试验, 通过对比 UKA 初学者使用 PSI 截骨导板与经验丰富医生使用 OMP 系统行 UKA 手术治疗 KOA, 观察 PSI 截骨导板在 UKA 中的疗效及安全性, 探究 PSI 截骨导板能否作为 UKA 初学者的备选工具, 缩短学习曲线, 现报道如下。

1 资料与方法

1.1 纳入与排除标准

纳入标准: (1) 单侧膝关节前内侧关节炎, 疼痛明显, 保守治疗效果不佳; (2) 膝关节屈曲活动 $\geq 90^\circ$, 伸直受限 $\leq 15^\circ$; (3) 内翻畸形 $\leq 15^\circ$, 可被动矫正; (4) 负重正位或内翻应力位 X 线片显示内侧间室“骨对骨”, 负重侧位 X 线片示胫骨内侧平台后部关节面完整, 外翻应力位 X 线片示外侧间室间隙正常 (≥ 5 mm), 内侧间隙可被张开; (5) 膝关节内外

侧副韧带、前后交叉韧带功能完整; (6) Kellgren-Lawrence (K-L) 分级 IV 级。

排除标准: (1) 膝关节感染性疾病、炎性关节炎、神经肌肉病变; (2) 翻修手术; (3) 外侧间室软骨全层缺失; (4) 髌股关节严重磨损呈沟槽样改变、半脱位; (5) 术后不能配合功能锻炼者。

1.2 一般资料

本研究为前瞻性随机对照研究。根据文献报道, 在假体内外翻角度的合并标准差为 3.6° , 均数差为 3° , 在检验能效 0.8 和双侧检验水准 0.05 的情况下, 计算出总样本量为 44 例患者 (每组 22 例)。2022 年 1 月—2022 年 11 月, 共招募 44 例符合标准的患者。通过随机软件分组 (<https://www.randomizer.org>), 分为 PSI 组 22 例, 由本院 TKA 手术熟练的医生 (约 100 台/年) 使用 PSI 截骨导板行 UKA 手术, 术前通过假骨操作熟悉此导板; OMP 组 22 例, 由本院 UKA 手术熟练的医生 (约 200 台/年) 使用传统 OMP 系统行 UKA 手术。假体均使用第 3 代 Oxford 单髁骨水泥假体 (Zimmer-Biomet 公司, 美国)。两组一般资料见表 1, 两组年龄、性别、体重指数 (body mass index, BMI)、病程和侧别的差异均无统计学意义 ($P>0.05$)。本研究经重庆市中医骨科医院医学伦理委员会批准并注册 (编号: CQSZYGKLL2020-202102), 并在国家全民健康保障信息平台医学研究登记备案 (编号: MR-50-22-003410)。受试者均签署知情同意书。

表 1. 两组患者术前一般资料比较
Table 1. Comparison of preoperative general data between the two groups

指标	PSI 组 (n=22)	OMP 组 (n=22)	P 值
年龄 (岁, $\bar{x} \pm s$)	68.1 \pm 6.3	68.1 \pm 10.0	0.986
性别 (例, 男/女)	1/21	4/18	0.154
BMI (kg/m^2 , $\bar{x} \pm s$)	23.0 \pm 3.9	23.4 \pm 4.1	0.767
病程 (月, $\bar{x} \pm s$)	41.2 \pm 25.9	40.1 \pm 24.5	0.964
侧别 (例, 左/右)	12/10	10/12	0.546

1.3 手术方法

采用椎管内麻醉, 两组常规采用髌旁内侧入路, 术中需暴露膝关节后进一步明确手术指征, 如有单髁手术禁忌证及时改为全膝关节置换术。

PSI组：患者术前完善膝关节负重正侧位、内外翻应力位、双下肢全长X线片和CT检查（图1a, 1b），CT层厚1.25 mm，以DICOM格式保存。将CT扫描数据导入Mimics 19.0软件，根据组织亮度的差异，采用阈值来分割、区域增长等功能三维重建出双下肢骨骼的等比例三维模型，以STL格式输出保存。将3D模型数据导入NX三维设计软件中，确定双下肢力线、股骨及胫骨解剖轴。在冠状位上，将股骨假体力线调整至内侧平台中线，平行于股骨机械轴，并使胫骨假体与胫骨机械轴垂直。在矢状位上，将股骨假体立柱力线相对于股骨解剖轴调整后倾 10° ，胫骨假体相对于胫骨解剖轴后倾 7° ，截骨厚度磨损最低点下方2~3 mm，在软件上确定股骨和胫骨假体位置，模拟安装假体，根据假体位置确定股骨假体上的2个立柱的位置以及胫骨假体垂直和水平截骨的方向和厚度，从而确定股骨导板的立柱定位孔和胫骨导板的截骨槽的位置，设计出个性化定制股骨和胫骨的截骨导板（图1c, 1d）。将个体化PSI截骨导板以STL文件格式导入到UP STUIO打印软件中，设置层厚、填充参数、摆放位置等参数，以聚乳酸丝材料（北京太尔时代科技有限公司）为原材料，按熔融堆积层层叠加的方式，使用FDM快速成型机UP300将数字化模型制作成PSI截骨导板实物，消毒备用。

术中充分清除导板与骨性接触点的软组织，但不除去任何骨赘，以此为截骨导板的定位标志。先安装PSI胫骨截骨导板贴合放置于胫骨平台前侧，然后沿导板的截骨槽用往复锯和摆锯进行胫骨平台垂直和水平截骨（图1e）。再用股骨截骨导航贴合放置于股骨内髁，然后用电钻在导板的中央栓及上孔位开孔（图1f）。再使用传统工具截取股骨后髁，使用研磨栓磨除股骨远端达到屈伸间隙平衡，最后安装试模测试关节活动度及稳定性，满意后安装骨水泥假体。

OMP组：具体步骤按照牛津UKA规范操作流程进行手术。

所有患者松止血带后彻底止血，不放置引流管，逐层缝合后加压包扎；术后预防性使用抗生素24 h，并行抗凝、抗炎镇痛治疗；术后第1 d开始步行训练和力量训练；术后1、3个月复查站立位双下肢全长正位及膝关节正侧位X线片。

1.4 评价指标

记录围手术期指标，包括手术时间、切口总长度、术中失血量、垫片厚度、下地行走时间、切口愈合等级、住院时间。采用完全负重活动时间、疼痛视觉模拟评分（visual analogure scale, VAS）、美国特种

外科医院膝关节评分（hospital for special surgery knee score, HSS）、膝关节协会（Knee Society score, KSS）评分、关节遗忘评分（forgotten joint score, FJS）及膝伸-屈活动度（range of motion, ROM）评估临床效果。行影像学检查，记录股骨组件内外翻角（femoral component varus/valgus angle, FVVA）、股骨组件屈伸角（femoral component flexion/extension angle, FFEA）、胫骨组件内外翻角（tibial component varus/valgus angle, TVVA）、胫骨组件后倾角（tibial component posterior slope angle, TPSA）及股胫机械轴夹角（hip-knee-ankle mechanical angle, HKAA）。

1.5 统计学方法

采用SPSS 27.0软件进行统计学分析。计量数据以 $\bar{x} \pm s$ 表示，资料呈正态分布时，两组间比较采用独立样本 t 检验，组内多个时间点比较采用单因素方差分析；资料呈非正态分布时，采用秩和检验。计数资料采用 χ^2 检验或Fisher精确检验。等级资料两组比较采用Mann-Whitney U 检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 围手术期资料

两组患者均顺利完成手术，术中均无神经、血管损伤等严重并发症。两组围手术期资料见表2，PSI组的手术时间显著长于OMP组（ $P < 0.05$ ）。两组切口总长度、术中失血量、垫片厚度、下地行走时间、切口愈合等级、住院时间的差异均无统计学意义（ $P > 0.05$ ），患者术后均无切口渗血、感染等并发症发生。

指标	PSI组 (n=22)	OMP组 (n=22)	P值
手术时间 (min, $\bar{x} \pm s$)	65.2 \pm 6.1	58.1 \pm 3.9	<0.001
切口总长度 (cm, $\bar{x} \pm s$)	10.3 \pm 0.8	10.3 \pm 0.6	0.950
术中失血量 (ml, $\bar{x} \pm s$)	9.3 \pm 5.4	9.2 \pm 6.4	0.940
垫片厚度 (mm, $\bar{x} \pm s$)	3.6 \pm 0.9	3.5 \pm 0.8	0.999
下地行走时间 (d, $\bar{x} \pm s$)	1.6 \pm 0.7	1.9 \pm 0.8	0.105
切口愈合 (例, 甲/乙/丙)	22/0/0	22/0/0	ns
住院时间 (d, $\bar{x} \pm s$)	6.4 \pm 1.0	6.5 \pm 1.0	0.882

2.2 随访结果

所有患者均获随访12~24个月，随访时间平均（18.0 \pm 3.2）个月。两组随访结果见表3，两组患者完全负重活动时间的差异无统计学意义（ $P > 0.05$ ）。随

时间推移，两组患者 VAS 评分、HSS 评分、KSS 评分、FJS 评分和 ROM 均显著改善 ($P < 0.05$)；相应时间点，两组间上述指标的差异均无统计学意义 ($P > 0.05$)。随访过程中，两组均无关节脱位、肿痛等不良事件，均无需翻修者。

2.3 影像评估

两组影像评估结果见表 4，与术后即刻相比，末次随访时，两组患者 FVVA 角、FFEA 角、TVVA 角、TPSA 角和 HKAA 角均无显著变化 ($P > 0.05$)。相应时间点，两组间上述影像指标的差异均无统计学意义 ($P > 0.05$)。至末次随访时，两组均无假体松动、垫块脱位等影像不良改变 (图 1g, 1h)。

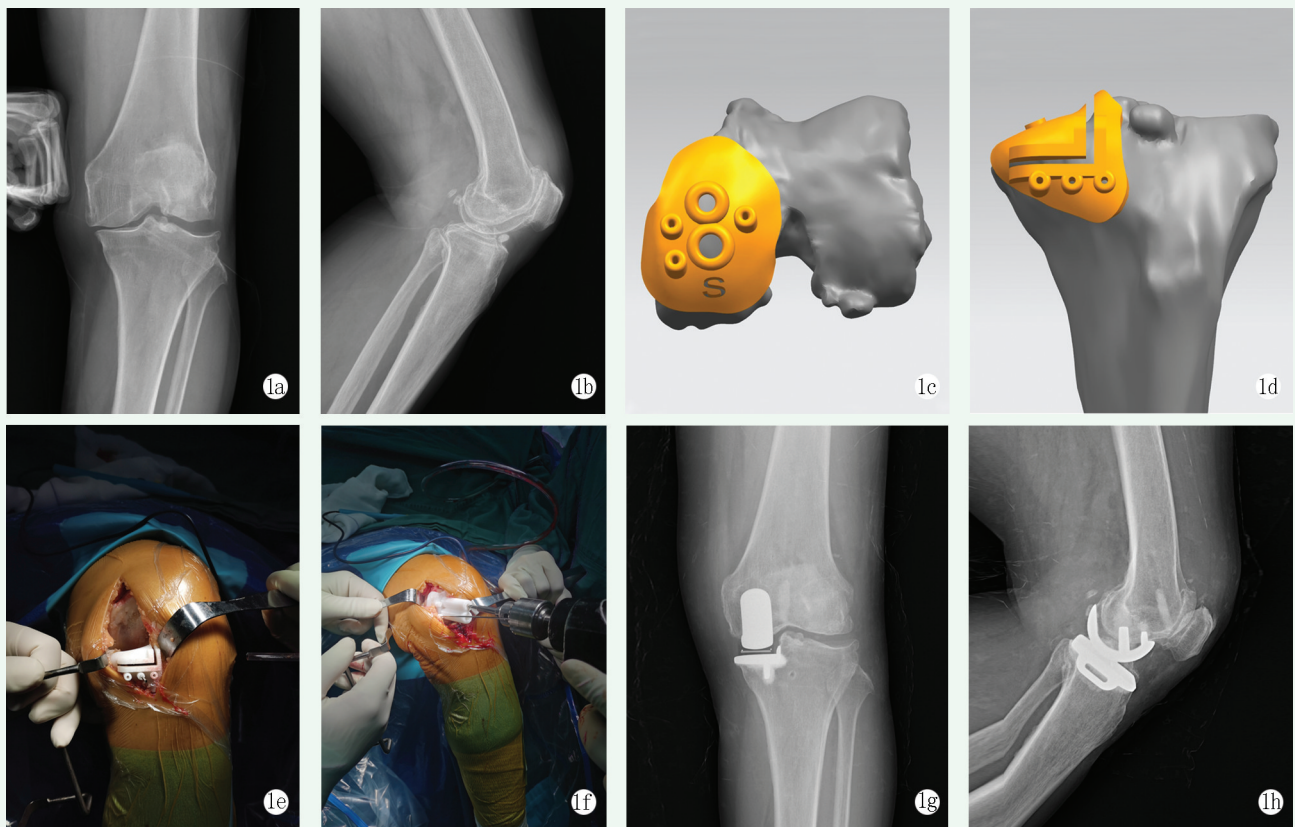


图 1. 患者女性，65 岁，左膝骨性关节炎，采用 PSI 导板行单髁关节置换术。1a, 1b: 术前膝关节内翻应力位 X 线片示内侧间室骨对骨病变；1c, 1d: 股骨侧、胫骨侧截骨导板设计；1e, 1f: 采用 3D 打印截骨导板行股骨侧、胫骨侧截骨；1g, 1h: 末次随访膝关节正侧位 X 线片示单髁假体位置良好，无透亮线等松动征象。

Figure 1. A 65-year-old female received patient-specific instrumentation assisted unicompartmental knee arthroplasty for the left knee anteromedial osteoarthritis. 1a, 1b: Preoperative varus stressed radiographs showed the full thickness cartilage loss on the medial compartment with bone on bone contact; 1c, 1d: The femoral and tibial guides were designed; 1e, 1f: The femoral and tibial resection were conducted under the patient-specific 3D printed guides; 1g, 1h: X rays at the latest follow-up demonstrated prosthetic components in proper position without radiolucent lines and implant loosening.

3 讨论

近年来导航系统、机器人辅助已经逐渐在髌膝关节炎置换中使用，可明显提高手术的精准度，但由于价格昂贵、术中操作复杂、注册时间长等问题，使其不能广泛在基层医院推广^[17, 18]。而 PSI 截骨导板是基于患者 CT 数据，利用计算机软件做出详细的术前规划，包括假体大小、位置、截骨角度等，最后根据术前规划通过 3D 打印技术，制作出 UKA 的 PSI 截骨导板^[19]。PSI 截骨直接简化了定位截骨的过程，而且导板

价格成本合理，可在 24 h 内获得，适合在基层医院使用^[12, 20]。术中根据术前设计找到与截骨模板相对应的固定解剖标志，固定导板，利用胫骨截骨导板对胫骨进行垂直和水平精确截骨，确定胫骨假体的内外翻、内外旋、前后倾；再利用股骨钻孔导板对股骨进行中央栓及上孔位开口，即确定了股骨假体的内外翻、内外旋、前后屈；研磨步骤需利用原有 OMP 工具进行，促使屈伸间隙平衡，最终恢复下肢力线。

Alvand 等^[21]报道使用 PSI 和传统 OMP 系统行 UKA 手术治疗 KOA 的平均手术时间分别为 75.3 min 和 63.5 min；Leenders 等^[12]报道上述两种方法的平均

手术时间均为 47 min。虽然各研究间的异质性较大，但总的结论表明，使用 PSI 行 UKA 在手术时间方面并无明显优势。本研究中，PSI 组平均手术时间长于传统 OMP 组，究其原因：(1) 虽然 PSI 组手术由熟练开展全膝关节置换术的资深骨科医生实施，但该组医生

对 UKA 操作流程的熟练度却不及 OMP 组；(2) OMP 组采用统一方式截骨，操作相对快捷，而 PSI 组需要清除软骨，寻找骨赘，贴附导板，此过程更为繁琐费时，从而导致 PSI 组手术时间相较 OMP 组更长。此外，两组间切口长度、失血量、切口愈合等无显著差异。

表 3. 两组患者随访资料 ($\bar{x} \pm s$) 与比较

Table 3. Comparison of follow-up documents between the two groups ($\bar{x} \pm s$)

指标	时间点	PSI 组 (n=22)	OMP 组 (n=22)	P 值
完全负重活动时间 (d)		24.8±6.8	24.9±6.8	0.948
VAS 评分 (分)	术前	7.8±1.3	8.0±1.4	0.736
	术后 1 个月	3.7±1.2	3.7±1.2	0.806
	术后 3 个月	2.1±0.9	1.9±0.7	0.365
	末次随访	0.8±0.7	0.6±0.7	0.504
	P 值	<0.001	<0.001	
HSS 评分 (分)	术前	64.0±2.8	60.8±7.6	0.068
	术后 1 个月	74.9±3.6	72.5±4.7	0.064
	术后 3 个月	85.0±3.3	86.6±2.7	0.077
	末次随访	87.2±3.4	88.7±2.6	0.109
	P 值	<0.001	<0.001	
KSS 评分 (分)	术前	106.2±9.8	104.8±7.2	0.562
	术后 1 个月	139.4±8.3	140.4±8.8	0.706
	术后 3 个月	159.9±6.6	158.6±6.2	0.567
	末次随访	174.9±6.8	176.2±6.1	0.500
	P 值	<0.001	<0.001	
FJS 评分 (分)	术前	68.9±8.4	67.6±10.4	0.658
	术后 1 个月	65.7±8.5	64.7±10.2	0.726
	术后 3 个月	63.5±8.3	62.8±10.2	0.809
	末次随访	60.8±8.5	59.5±10.3	0.657
	P 值	<0.001	<0.001	
膝伸屈 ROM (°)	术前	90.5±7.7	90.7±7.5	0.954
	术后 1 个月	102.4±6.6	102.0±7.0	0.843
	术后 3 个月	112.0±5.8	112.7±5.6	0.685
	末次随访	119.5±2.3	119.7±1.9	0.782
	P 值	<0.001	<0.001	

影响 UKA 假体长期生存率的重要因素之一是正确的假体位置^[22]。荟萃分析显示，使用 PSI 较 OMP 可更好地控制 UKA 股骨、胫骨假体的位置误差^[23]。既往荟萃分析及 RCT 研究中均指出，PSI 较 OMP 系统虽然并不能显著提高安放准确度，但两组安放准确度无明显差异^[12, 23]。本研究中也得出同样结果，两组患者 FVVA 角、FFEA 角、TVVA 角、TPSA 角和 HKAA 角组内、组间差异均无统计学意义，表明初学者实施 PSI-UKA 与资深医生实施 OMP-UKA，可获得相同的假体安放精度。

既往研究显示，使用 PSI 实施 UKA 患者术后临床疗效满意^[24, 25]；Leenders 等^[12]通过随机对照试验对 120 例 UKA 患者进行研究，显示 PSI 组和 OMP 组患者膝关节评分组间差异均无统计学意义。本研究中两组患者术后 1、3 个月及末次随访时 VAS 评分、HSS 评分、KSS 评分、FJS 评分、膝关节屈伸 ROM 均较术前明显改善。相应时间点，两组间各功能评分差异均无统计学意义，表明初学者实施 PSI-UKA 可获得与资深医生实施 OMP-UKA 相媲美的疼痛缓解及功能改善。

表 4. 两组患者影像资料 ($\bar{x} \pm s$) 与比较
Table 4. Comparison of imaging documents between the two groups ($\bar{x} \pm s$)

指标	时间点	PSI 组 (n=22)	OMP 组 (n=22)	P 值
FVVA 角 (°)	术后即刻	1.2±3.7	2.5±3.9	0.262
	末次随访	1.4±2.8	2.8±4.1	0.252
	P 值	0.890	0.840	
FFEA 角 (°)	术后即刻	8.2±2.1	9.2±2.2	0.114
	末次随访	8.5±2.1	9.6±2.3	0.129
	P 值	0.572	0.643	
TVVA 角 (°)	术后即刻	2.9±1.9	4.5±3.5	0.062
	末次随访	3.3±2.0	4.9±3.8	0.084
	P 值	0.504	0.742	
TPSA 角 (°)	术后即刻	2.9±1.2	4.0±2.5	0.071
	末次随访	3.6±1.3	4.5±2.4	0.107
	P 值	0.088	0.475	
HKAA 角 (°)	术后即刻	183.2±1.5	182.5±1.7	0.143
	末次随访	183.8±1.7	182.8±1.9	0.080
	P 值	0.202	0.508	

本研究尚存不足：截骨导板的制作是基于 CT 数据，缺少对软骨的考量；未对假体的轴向旋转进行分析；样本量尚在学习曲线内，未分析学习曲线对 PSI-UKA 疗效的影响；随访时间过短，未能对中长期疗效及假体生存率进行分析。

综上所述，初学者实施 PSI-UKA 与经验丰富医生实施 OMP-UKA，两者在围手术期损伤控制、功能评分及影像指标方面均无明显差异。表明 PSI 可作为 UKA 初学者的备选工具，缩短学习曲线，获得与 UKA 经验丰富医生相似的假体安放精度和临床疗效。

利益冲突声明 所有作者声明无利益冲突

作者贡献声明 邓煜：获取研究经费及行政、技术或材料支持；蒋启龙：课题实施、采集分析和解释数据、统计分析；曹林虎：统计分析；白新文：课题设计、论文审阅、提供行政、技术或材料支持及指导和支持性贡献。

参考文献

[1] Phillips RE. Review of hip and knee osteoarthritis [J]. JAMA, 2021, 325 (24): 2504–2505. DOI: 10.1001/jama.2021.6018.

[2] Sharma L. Osteoarthritis of the knee [J]. N Engl J Med, 2021, 384 (1): 51–59. DOI: 10.1056/NEJMc1903768.

[3] Evans JT, Whitehouse MR. Partial versus total knee replacement for knee osteoarthritis [J]. Lancet, 2019, 394 (10200): 712–713. DOI: 10.1016/S0140-6736 (19)31612-5.

[4] 谢国庆, 任忠明, 金文孝, 等. 单髁置换术治疗膝内侧间室骨关节炎近中期疗效 [J]. 中国矫形外科杂志, 2019, 27 (21): 1998–2000. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2019.21.17.

Xie GQ, Ren ZM, Jin WX, et al. Effectiveness of unicompartmental

knee arthroplasty for the treatment of mid-term medial compartment osteoarthritis [J]. Orthopedic Journal of China, 2019, 27 (21): 1998–2000. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2019.21.17.

[5] Al-Dadah O, Hing C. Unicompartmental knee arthroplasty: General trends of clinical practice [J]. Knee, 2023, 41 (2): A1–A2. DOI: 10.1016/j.knee.2023.03.013.

[6] Hurst JM, Berend KR. Mobile-bearing unicompartmental knee arthroplasty: the Oxford experience [J]. Orthop Clin North Am, 2015, 46 (1): 113–124. DOI: 10.1016/j.ocl.2014.09.007.

[7] 许志庆, 龚志兵, 庄至坤, 等. 膝内侧室骨关节炎 Oxford 第三代单髁置换近期效果 [J]. 中国矫形外科杂志, 2022, 30 (10): 940–942. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2022.10.17.

Xu ZQ, Gong ZB, Zhuang ZK, et al. Short-term outcomes of Oxford phase 3 unicompartmental knee arthroplasty for medial osteoarthritis of the knee [J]. Orthopedic Journal of China, 2022, 30 (10): 940–942. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2022.10.17.

[8] Bell SW, Anthony I, Jones B, et al. Improved accuracy of component positioning with robotic-assisted unicompartmental knee arthroplasty: Data from a prospective, randomized controlled study [J]. J Bone Joint Surg Am, 2016, 98 (8): 627–635. DOI: 10.2106/JBJS.15.00664.

[9] Badawy M, Espehaug B, Indrekvam K, et al. Higher revision risk for unicompartmental knee arthroplasty in low-volume hospitals [J]. Acta Orthop, 2014, 85 (4): 342–347. DOI: 10.3109/17453674.2014.920990.

[10] Hamilton WG, Ammeen D, Engh CA, et al. Learning curve with minimally invasive unicompartmental knee arthroplasty [J]. J Arthroplasty, 2010, 25 (5): 735–740. DOI: 10.1016/j.arth.2009.05.011.

[11] Leenders AM, Kort NP, Koenraadt KLM, et al. Patient-specific instruments do not show advantage over conventional instruments in

- unicompartmental knee arthroplasty at 2 year follow-up: a prospective, two-centre, randomised, double-blind, controlled trial [J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2022, 30 (3) : 918-927. DOI: 10.1007/s00167-021-06471-5.
- [12] Sun XW, Lu FF, Zou K, et al. Does new instrument for Oxford unicompartmental knee arthroplasty improve short-term clinical outcome and component alignment? A meta-analysis [J]. *J Orthop Surg Res*, 2020, 15 (1) : 386-391. DOI: 10.1186/s13018-020-01926-w.
- [13] 李相伟, 丁晶, 甘煜东. 个体化导航模板在 Oxford 单髁置换术股骨和胫骨假体定位中的应用 [J]. *中华骨科杂志*, 2018, 38 (3) : 172-178. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0253-2352.2018.03.007.
Li XW, Ding J, Gan YD. Application of individualized navigation template in the location of femoral and tibial prosthesis in Oxford single condylar replacement [J]. *Chinese Journal of Orthopaedics*, 2018, 38 (3) : 172-178. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0253-2352.2018.03.007.
- [14] 杨建勋, 吴斌, 高鹏吉. 个性化与常规截骨导板全膝关节置换比较 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2023, 31 (24) : 2243-2247. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2023.24.07.
Yang JX, Wu B, Gao PJ. Total knee arthroplasty with 3D-printed patient-specific instruments versus conventional counterpart [J]. *Orthopedic Journal of China*, 2023, 31 (24) : 2243-2247. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2023.24.07.
- [15] Mestriner AB, Antonelli B, Schwab PE, et al. Short-to mid-term survivorship of a patient-specific unicompartmental knee arthroplasty implant cast from a three-dimensional printed mold [J]. *Orthop Clin North Am*, 2023, 54 (2) : 193-199. DOI: 10.1016/j.ocl.2022.12.001.
- [16] 张国宁, 鲁怡然, 张阳洋, 等. 计算机引导机械臂单髁置换术 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2023, 31 (15) : 1420-1423. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2023.15.15.
Zhang GN, Lu YR, Zhang Y, et al. Computer-guided mechanical arm assisted unicompartmental knee arthroplasty [J]. *Orthopedic Journal of China*, 2023, 31 (15) : 1420-1423. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2023.15.15.
- [17] Xu JZ, Li LL, Fu J, et al. Status of robot-assisted artificial total joint arthroplasty in China: a cross-sectional survey of joint surgeons [J]. *Int Orthop*, 2023, 47 (2) : 543-550. DOI: 10.1007/s00264-022-05633-5.
- [18] Köster G, Biró C. Total and unicompartmental knee replacement. Patient-specific Instrumentation [J]. *Orthopade*, 2016, 45 (4) : 302-313. DOI: 10.1007/s00132-016-3245-x.
- [19] Li MY, Zeng Y, Wu YG, et al. Patient-specific instrument for unicompartmental knee arthroplasty does not reduce the outliers in alignment or improve postoperative function: a meta-analysis and systematic review [J]. *Arch Orthop Trauma Surg*, 2020, 140 (8) : 1097-1107. DOI: 10.1007/s00402-020-03429-z.
- [20] Dorling IM, Geenen L, Heymans M, et al. Cost-effectiveness of patient specific vs conventional instrumentation for total knee arthroplasty: a systematic review and meta-analysis [J]. *World J Orthop*, 2023, 14 (6) : 458-470. DOI: 10.5312/wjo.v14.i6.458.
- [21] Alvand A, Khan T, Jenkins C, et al. The impact of patient-specific instrumentation on unicompartmental knee arthroplasty: a prospective randomised controlled study [J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2018, 26 (6) : 1662-1670. DOI: 10.1007/s00167-017-4677-5.
- [22] Ekhtiari S, Bozzo A, Madden K, et al. Unicompartmental knee arthroplasty: survivorship and risk factors for revision: a population-based cohort study with minimum 10-year follow-up [J]. *J Bone Joint Surg Am*, 2021, 136 (21) : 567-571. DOI: 10.2106/JBJS.21.00346.
- [23] Sang WL, Qiu HJ, Xu Y, et al. Malposition is main cause of failure of Oxford mobile-bearing medial unicompartmental knee arthroplasty [J]. *Bone Jt Open*, 2023, 4 (12) : 914-922. DOI: 10.1302/2633-1462.412.BJO-2023-0135.R1.
- [24] Inui H, Yamagami R, Kono K, et al. Prosthetic alignment and clinical outcomes of navigation-assisted unicompartmental knee arthroplasty by an experienced surgeon compared with inexperienced surgeons [J]. *J Arthroplasty*, 2021, 36 (7) : 2435-2439. DOI: 10.1016/j.arth.2021.02.053.
- [25] Sanz RP, Matas JA, Carbo LE, et al. Patient-specific instrument can improve functional and radiographic results during learning curve for Oxford unicompartmental knee arthroplasty [J]. *J Knee Surg*, 2019, 32 (2) : 180-185. DOI: 10.1055/s-0038-1636837.

(收稿:2023-12-20 修回:2024-09-02)

(同行评议专家:殷庆丰, 宋奇志, 胡宁)

(本文编辑:闫承杰)