

· 临床论著 ·

个性化与常规截骨导板全膝关节置换比较

杨建勋, 吴斌, 高鹏吉*

(临沂市人民医院创伤外科, 山东临沂 276002)

摘要: [目的] 比较3D打印个性化定制导板(patient-specific instruments, PSI)与常规截骨导板全膝关节置换术(total knee arthroplasty, TKA)的临床疗效。[方法] 回顾性分析2019年1月—2021年12月行TKA治疗的100例患者临床资料。按照术前医患沟通结果, 47例采用3D打印个性化定制截骨导板, 53例采用常规截骨导板。比较两组围术期、随访及影像结果。[结果] 个性组的手术时间[(80.0±12.7) min vs (66.1±12.3) min, $P<0.05$]、治疗费用[(5.0±1.0)万元 vs (4.2±0.5)万元, $P<0.05$]均显著多于常规组; 但是, 前者的切口长度[(9.2±1.5) cm vs (14.0±2.6) cm, $P<0.05$]、术中失血量[(42.0±10.8) ml vs (50.1±12.8) ml, $P<0.05$]、术后引流量[(124.5±23.6) ml vs (154.3±20.7) ml, $P<0.05$]、下地行走时间[(24.0±4.5) h vs (28.3±5.6) h, $P<0.05$]、住院时间[(6.8±2.6) d vs (9.0±3.0) d, $P<0.05$]均显著优于后者。随访时间平均(18.0±3.5)个月, 个性组恢复完全负重活动时间[(20.6±2.8) d vs (25.0±3.0) d, $P<0.05$]显著早于常规组。随时间推移, 两组患者HSS评分、膝伸-屈ROM、VAS评分及WOMAC评分均显著改善($P<0.05$), 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, 个性组FTA角偏差值[(1.0±0.3)° vs (2.2±0.7)°, $P<0.05$]、FFC角偏差值[(0.4±0.1)° vs (1.3±0.5)°, $P<0.05$]、FTC角偏差值[(0.2±0.0)° vs (1.2±0.3)°, $P<0.05$]、LFC角偏差值[(4.0±0.9)° vs (8.8±1.3)°, $P<0.05$]、LTC角偏差值[(0.5±0.1)° vs (0.9±0.3)°, $P<0.05$]均显著小于常规组。[结论] 3D打印个性化定制导板用于TKA可取得与传统TKA类似的效果。前者虽手术时间相对长, 但在恢复下肢冠状位力线, 减少术中失血量方面较后者有明显优势。

关键词: 全膝关节置换术, 3D打印个性化定制导板, 下肢力线

中图分类号: R687.4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1005-8478 (2023) 24-2243-05

Total knee arthroplasty with 3D-printed patient-specific instruments versus conventional counterpart // YANG Jian-xun, WU Bin, GAO Peng-ji. Department of Traumatic Orthopedics, Linyi People's Hospital, Linyi 276002, China

Abstract: [Objective] To compare the clinical efficacy of 3D printed patient-specific instruments (PSI) versus conventional instruments (CI) in total knee arthroplasty (TKA). [Methods] A retrospective study was conducted on 100 patients who received primary unilateral TKA from January 2019 to December 2021. According to preoperative doctor-patient communication, 47 patients had TKA performed with PSI, while the other 53 patients were treated with CI. The perioperative, follow-up and imaging data of the two groups were compared. [Results] Although the PSI group consumed significantly longer operation time [(80.0±12.7) min vs (66.1±12.3) min, $P<0.05$], and significantly higher hospital expense [(5.0±1.0) ten thousand yuan vs (4.2±0.5) ten thousand yuan, $P<0.05$] than the CI group, the former proved significantly superior to the latter in terms of incision length [(9.2±1.5) cm vs (14.0±2.6) cm, $P<0.05$], intraoperative blood loss [(42.0±10.8) ml vs (50.1±12.8) ml, $P<0.05$], postoperative drainage [(124.5±23.6) ml vs (154.3±20.7) ml, $P<0.05$], postoperative walking time [(24.0±4.5) hours vs (28.3±5.6) hours, $P<0.05$] and hospital stay [(6.8±2.6) days vs (9.0±3.0) days, $P<0.05$]. The follow-up period lasted for (18.0±3.5) months on a mean, and the PSI group resumed full weight-bearing activities significantly earlier than the CI group [(20.6±2.8) days vs (25.0±3.0) days, $P<0.05$]. The HSS score and knee extension-flexion ROM significantly increased, whereas the VAS and WOMAC scores significantly decreased in both groups over time ($P<0.05$), which proved not statistically significant between the two groups at any time points accordingly ($P>0.05$). Radiographically, the PSI group also proved significantly superior to the CI group in terms of FTA deviation [(1.0±0.3)° vs (2.2±0.7)°, $P<0.05$], FFC deviation [(0.4±0.1)° vs (1.3±0.5)°, $P<0.05$], FTC deviation [(0.2±0.0)° vs (1.2±0.3)°, $P<0.05$], LFC deviation [(4.0±0.9)° vs (8.8±1.3)°, $P<0.05$] and LTC deviation [(0.5±0.1)° vs (0.9±0.3)°, $P<0.05$]. [Conclusion] The TKA with 3D-printed patient-specific instruments achieve similar consequence to conventional instruments. Although this personalized technique consumes relatively longer operation time, it has obvious advantages over the conventional technique in restoring the coronal alignment of lower extremity

DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2023.24.07

作者简介: 杨建勋, 副主任医师, 研究方向: 创伤、矫形、关节, (电话)13563958860, (电子信箱)yjx197210@163.com

* 通信作者: 高鹏吉, (电话)15964087927, (电子信箱)gaopj620@163.com

and reducing intraoperative blood loss.

Key words: total knee arthroplasty, 3D-printed personalized osteotomy guider, alignment of the lower extremity

全膝关节置换术 (total knee arthroplasty, TKA) 为重度膝关节骨性关节炎 (knee osteoarthritis, KOA) 等骨科疾病治疗的有效手段之一, 减痛的同时能改善膝功能^[1]。但传统 TKA 围术期失血量多较大, 其中隐性失血量关乎 TKA 术后康复效果^[2]; 假体安放不仅影响失血量, 而且是手术成功的关键, 若位置不佳, 易引发松动等并发症, 不利于关节功能恢复, 且假体使用寿命缩短^[3]。传统 TKA 操作与医师经验密切相关, TKA 截骨中可能失误, 加上膝关节畸形等影响, 可能造成截骨偏差较大, 增加假体位置不良风险, 影响其使用寿命。为提高 TKA 置换精确度与患者满意度, 近年来机器人、3D 打印等诸多新技术被用于截骨测量。其中 3D 打印技术相比机器人、计算机辅助导航手术对设备要求低, 操作更方便, 可能成为 TKA 个性化、精确化操作手段之一^[4, 5]。Hafez 等^[6]第一次通过 CT 数据制成“个性化”截骨导板, 且顺利进行膝关节置换, 之后较多学者陆续开展此类研究。Bonnen 等^[7]研究表明个体定制 3D 打印截骨导板相比传统 TAK 能提高下肢力线准确度, 减少术中出血量。有学者称 3D 打印借助 CT 等影像学制作个性化截骨导板 (patient-specific instruments, PSI), 用于术中指导截骨, 能更精确地重建力线, 缩短手术时间^[8]。但也有学者发现 PIS 相比常规器械并未提高 TKA 股骨假体旋转准确性, 对手术时间、失血量也无明显影响^[9]。目前关于 PSI-TKA、传统 TKA 治疗 KOA 的疗效存在一定的争议。本研究回顾性分析传统 TKA 与 PSI-TKA 的治疗效果, 为 3D 打印技术进一步应用于骨科治疗提供参考。

1 资料与方法

1.1 纳入与排除标准

纳入标准: (1) 符合 KOA 诊断标准^[10], 保守治疗无效, X 线片检查显示 Kellgren-Lawrance 分级 4 级 (图 1a, 1b); (2) 首次单侧个性化或常规截骨导板 TKA; (3) 内翻畸形 $<20^\circ$ 、外翻畸形 $<15^\circ$ 或屈曲畸形 $<20^\circ$; (4) 机体状况较好, 能耐受手术; (5) 知情并签署手术同意书; (6) 资料均完整。

排除标准: (1) 感染活动期; (2) 肿瘤; (3) 既往有骨折手术史; (4) 凝血异常、血栓风险、抗凝药物长时间使用史; (5) 精神病、血管性病变; (6) 重

症糖尿病及其他内分泌疾病未控制者; (7) 继发性 KOA。

1.2 一般资料

回顾性分析 2019 年 1 月—2021 年 10 月本院收治的行 TKA 治疗患者的临床资料, 共 100 例患者符合上述标准, 纳入本研究。按照术前医患沟通结果, 其中, 47 例采用 3D 打印借助 CT 等影像学制作个性化截骨导板 TKA; 另外 53 例行常规 TKA 治疗。两组一般资料见表 1, 两组年龄、性别、BMI、病程、侧别等一般资料的比较差异无统计学意义 ($P>0.05$)。本研究经医院伦理委员会审批, 所有患者均知情同意。

表 1 两组患者术前一般资料与比较

指标	个性组 (n=47)	常规组 (n=53)	P 值
年龄 (岁, $\bar{x} \pm s$)	62.7 \pm 8.5	64.5 \pm 8.5	0.293
性别 (例, 男/女)	15/32	24/29	0.171
BMI (kg/m ² , $\bar{x} \pm s$)	24.4 \pm 2.2	24.8 \pm 2.3	0.378
病程 (年, $\bar{x} \pm s$)	6.4 \pm 2.0	6.5 \pm 2.1	0.809
侧别 (例, 左/右)	21/26	26/27	0.662

1.3 手术方法

两组患者手术均由同一术者及团队完成, 均选择 Columbus 假体 (德国贝朗公司)。均髌旁内侧入路, 无髌骨置换。

个性组: 术前行 CT 扫描与下肢负重 X 线检查, 依据结果经由计算机软件 Mimics Software (比利时 Materialise 公司) 建模, 解剖重建股骨、胫骨全长, 对下肢力线重建; 截骨导板截骨面需和力线垂直^[11]。EOS P110 大型 3D 打印机对患者进行个性化导板定制 (图 1c)。术中截骨导板对患者股骨、胫骨对应位置之软骨下骨紧贴, 据此开始股骨远端、股骨 4 合 1 与胫骨近端截骨 (图 1d~1f)。完成后依据内外侧伸屈间隙平衡与否等对部分软组织松解, 假体安放。

常规组: 传统器械辅助 TKA 治疗。股骨髓内定位, 胫骨髓外定位。常规技术对股骨、胫骨截骨操作^[11]。试模安放以观察伸屈间隙与内外侧平衡情况, 且松解部分软组织。完成假体安放。

围术期两组均接受同样的抗凝、止血、镇痛、抗感染等处理。术后 24 h 左右指导患者开始康复训练。

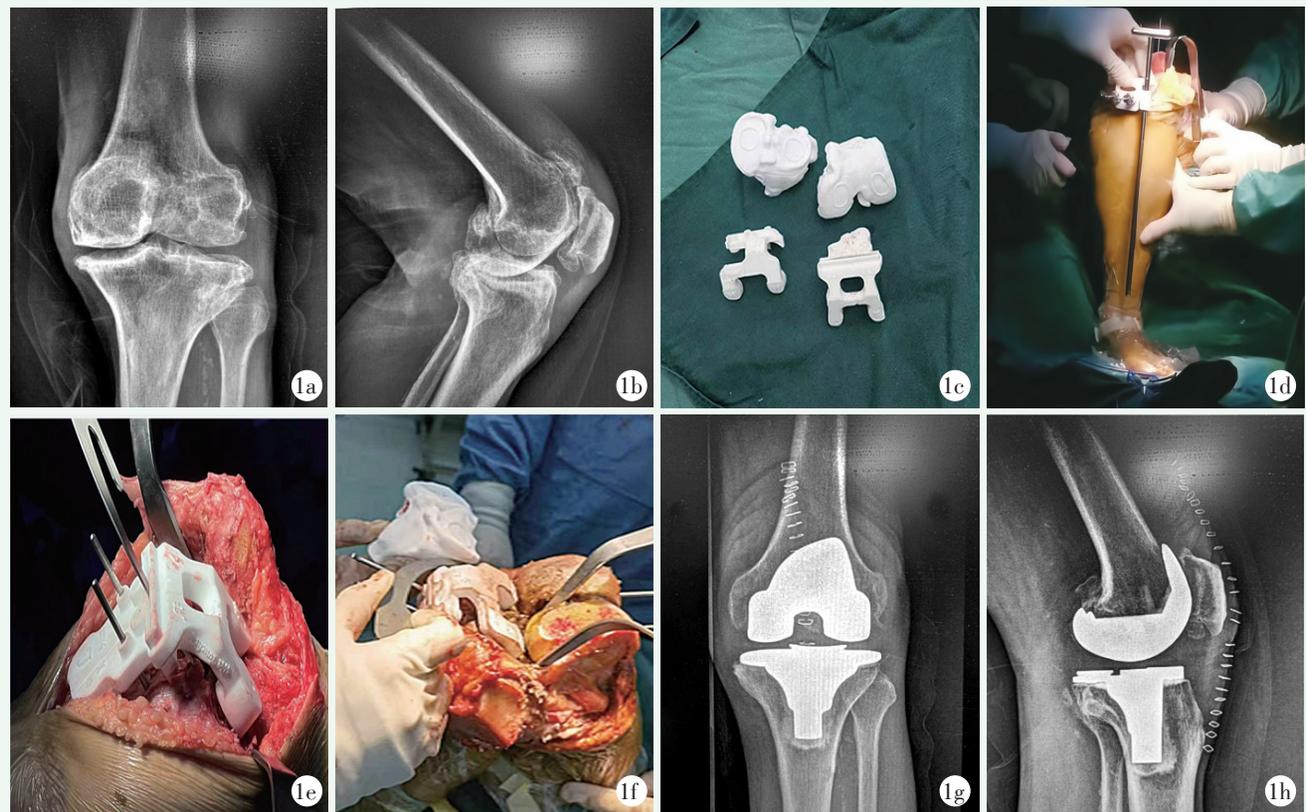


图 1 患者, 男, 78 岁, 双膝疼痛活动受限 5 年, 逐渐加重并活动受限。1a: 术前正位 X 线片示关节增生退变明显; 1b: 术前侧位 X 线片示内侧平台磨损; 1c: 3D 打印截骨导板; 1d: 术中操作示胫骨导板截骨安放; 1e: 术中胫骨导板截骨安放放大图; 1f: 术中操作示胫骨近端模型完好匹配; 1g: 术后正位 X 线片示假体位置良好; 1h: 术后侧位 X 线片时假体位置良好。

1.4 评价指标

记录围手术期资料。包括手术时间、切口长度、术中失血量、术后引流量、切口愈合等级、住院时间、治疗费用、下地行走时间及早期并发症。采用疼痛视觉模拟评分 (visual analogue scale, VAS)^[12]、美国特种外科医院膝关节评分 (hospital for special surgery knee score, HSS)^[13] 与麦克马斯特大学骨关节炎指数 (Western Ontario and McMaster Universities, WOMAC)^[14]、膝伸-屈活动度 (range of motion, ROM) 评价临床效果。行影像检查, 记录股胫角 (femorotibial angle, FTA), 以及冠状面股骨/胫骨组件 (frontal femoral / tibia component, FFC, FTC)、矢状面股骨/胫骨组件 (lateral femoral/tibial component, LFC, LTC)。计算下肢力线实际值与理想值的偏差角度, 理想的影像学结果是假体安装后各角度变化 $\pm 3^\circ$ 内。

1.5 统计学方法

采用 SPSS 24.0 软件进行统计学分析。计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示, 呈正态分布时, 两组间比较行独立样本 t 检验, 组内多个时间点比较行单因素方差分析; 计数资料行 χ^2 检验或 Fisher 精确检验; $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 围手术期情况

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, 个性组手术时间、治疗费用均显著多于常规组 ($P < 0.05$), 但个性组的切口长度、术中失血量、术后引流量、下地行走时间、住院时间均显著少于常规组 ($P < 0.05$)。两组切口愈合等级的差异无统计学意义 ($P > 0.05$), 患者术后均无切口渗血、感染等并发症发生。

2.2 随访结果

所有患者均获随访 12~40 个月, 平均 (18.0 \pm 3.5) 个月。两组随访结果见表 3, 个性组恢复完全负重活动时间明显早于常规组 ($P < 0.05$)。随时间推移, 两组患者 HSS 评分和膝伸屈 ROM 均显著增加 ($P < 0.05$), 而 VAS 评分和 WOMAC 评分均显著减少 ($P < 0.05$); 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, 均无翻修。

表 2 两组患者围手术期资料与比较

指标	个性组 (n=47)	常规组 (n=53)	P 值
手术时间 (min, $\bar{x} \pm s$)	80.0±12.7	66.1±12.3	<0.001
切口长度 (cm, $\bar{x} \pm s$)	9.2±1.5	14.0±2.6	<0.001
术中失血量 (ml, $\bar{x} \pm s$)	42.0±10.8	50.1±12.8	<0.001
术后引流量 (ml, $\bar{x} \pm s$)	124.5±23.6	154.3±20.7	<0.001
下地行走时间 (h, $\bar{x} \pm s$)	24.0±4.5	28.3±5.6	<0.001
切口愈合等级 (例, 甲/乙)	47/0	52/1	1.000
住院时间 (d, $\bar{x} \pm s$)	6.8±2.6	9.0±3.0	<0.001
治疗费用 (万元, $\bar{x} \pm s$)	5.0±1.0	4.2±0.5	<0.001

表 3 两组患者随访结果 ($\bar{x} \pm s$) 与比较

指标	个性组 (n=47)	常规组 (n=53)	P 值
完全负重活动时间 (d)	20.6±2.8	25.0±3.0	<0.001
VAS 评分 (分)			
术前	7.0±2.1	7.2±2.0	0.627
术后 3 个月	2.3±0.6	2.6±0.9	0.056
末次随访	1.4±0.3	1.5±0.4	0.165
P 值	<0.001	<0.001	
HSS 评分 (分)			
术前	40.7±8.1	41.0±7.9	0.828
术后 3 个月	89.9±10.7	86.4±10.2	0.096
末次随访	92.4±6.3	90.8±6.2	0.198
P 值	<0.001	<0.001	
WOMAC 评分 (分)			
术前	64.3±10.3	62.9±11.5	0.542
术后 3 个月	26.2±8.2	29.3±8.6	0.071
末次随访	22.7±7.7	24.0±9.0	0.430
P 值	<0.001	<0.001	
膝伸-屈 ROM (°)			
术前	78.9±6.1	80.1±7.4	0.400
术后 3 个月	110.0±7.4	107.3±8.3	0.097
末次随访	115.4±7.2	114.2±7.3	0.434
P 值	<0.001	<0.001	

2.3 影像评估

术后个性化组典型病例影像见图 1g, 1h。两组影像评估结果见表 4, 出院前个性组 FTA 角偏差、FFC 角偏差值、FTC 角偏差值、LFC 角偏差值、LTC 角偏差值均显著小于常规组 ($P<0.05$)。至末次随访时, 两组均无假体松动等影像不良改变。

表 4 两组患者影像评估结果 (°, $\bar{x} \pm s$) 与比较

指标	个性组 (n=47)	常规组 (n=53)	P 值
FTA 角偏差值	1.0±0.3	2.2±0.7	<0.001
FFC 角偏差值	0.4±0.1	1.3±0.5	<0.001
FTC 角偏差值	0.2±0.0	1.2±0.3	<0.001
LFC 角偏差值	4.0±0.9	8.8±1.3	<0.001
LTC 角偏差值	0.5±0.1	0.9±0.3	<0.001

3 讨论

PSI 用于 TKA 可发挥数字骨科优点, 术前全面规划 PSI 安放位置、截骨大小、角度等, 且模拟操作, 与传统 TKA 相比, 减少术中测量等相关步骤, 理论上能提高手术效率^[15, 16]。有报道指出, PSI-TKA 相比传统 TKA 能显著减少手术时间, 缩短住院时间^[17]。而本研究个性组手术时间比传统 TKA 明显长, 与上述报道相反。究其原因: PSI 以患者 CT 等影像学结果为依据, 因此导板安放需显露对应的软骨下骨, 可能增加操作时间; 医师对 PSI 截骨准确性多次检验或对技术有一个学习曲线, 可能延长手术时间。TKA 属于重大手术, 创伤一般较大, 且 TKA 对象多是老年人, 血容量不稳增加大出血风险。刘云可等^[18]研究发现相比传统 TKA, PSI-TKA 术中出血量显著少, 这可能与 PSI-TKA 手术时间相对短有关, 但总失血量对比无显著差异。Leon 等^[19]研究发现, 相比传统 TKA, PSI-TKA 失血量显著少。本研究显示个性组术中失血量比传统 TKA 显著减少, 与刘云可等^[18]报道相符, 但手术时间上本研究与之相反, 可见手术时间并不是术中出血的主要相关因素, 可能是不需腔内操作, 定位精确, 操作更精细, 进而术中出血量 (本研究无切口渗血发生) 少。同时本研究发现相比传统 TKA, PSI-TKA 具有切口小、术后早期恢复快、完全负重活动时间早等特点。

郑斌等^[20]通过回顾性研究发现, 人工 TKA 能明显改善 KOA 患者膝关节功能及活动度。本研究显示两组术后 VAS 评分、HSS 评分、WOMAC 评分及 ROM 均明显改善, 提示 TKA 能有效改善 KOA 患者疼痛、膝关节功能及活动度。且两组在改善疼痛、膝关节功能及活动度上无显著差异, 这可能与 TKA 作用有关, 不论是 PSI-TKA, 还是传统 TKA, 均能及时有效修复损伤膝关节。有研究表明, 冠状面力线偏移 $>3^\circ$ 时, TKA 失败比例增多, 可至 32%^[21]。Daniilidis 等^[22]报道称, 相比传统 TKA, PSI-TKA 能显著减少术后下肢力线偏移比例。而有学者发现, PSI 在

TKA术后力线恢复上与传统器械对比无明显差异^[23]。国内一项系统分析显示,PSI-TKA相比传统TAK能获得更准确的下肢力线及假体位置^[24]。本研究显示出院前个性组患者HPA角偏差值等影像指标均明显小于常规组,提示PSI-TKA相比传统TKA可能进一步改善KOA患者下肢冠状位力线,与相关报道相符^[22, 25]。PSI-TKA存在的问题:(1)术前CR扫描可能造成放射暴露,虽能获得合格的骨骼模型,但对软组织的评估不佳,这更多的依靠医师经验;(2)数据采集至截骨导板制作完成,需较多专业设备、专职人员负责,花费较多,时间相对较长;(3)导板存在一定的弹性,可能致使定位偏差,尚需更多学者更深入的研究完善。

本研究的不足:系回顾性研究,样本量少,可能造成结果偏倚,尚需通过前瞻性、大样本、多中心研究对以上的指标进行补充和分析。

综上所述,PSI-TKA在恢复膝关节功能及活动度上与传统TKA相当,手术时间相对长,但可显著减少术中失血量,且下肢冠状位力线恢复好。

参考文献

- [1] Alrawashdeh W, Eschweiler J, Migliorini F, et al. Effectiveness of total knee arthroplasty rehabilitation programmes: A systematic review and meta-analysis [J]. *J Rehabil Med*, 2021, 53 (6): jrm00200.
- [2] Pornrattanamaneewong C, Ruangsombon P, Chareancholvanich K, et al. Modified Robert Jones bandage can not reduce invisible blood loss after total knee arthroplasty: a randomized-controlled trial [J]. *Arch Orthop Trauma Surg*, 2018, 138 (8): 1151-1157.
- [3] Driesman AS, Macaulay W, Schwarzkopf R. Cemented versus cementless stems in revision total knee arthroplasty [J]. *J Knee Surg*, 2019, 32 (8): 704-709.
- [4] 米发棣, 杨如意, 赵天宝, 等. 3D打印技术在骨科临床与基础研究应用的现状 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2022, 30 (9): 810-814.
- [5] 杨滨, 张克, 袁亮, 等. 新型3D打印个体导向器在膝关节置换中的应用 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2021, 29 (1): 75-78.
- [6] Hafez MA, Chelule KL, Seedhom BB, et al. Computer-assisted total knee arthroplasty using patient-specific templating [J]. *Clin Orthop Relat Res*, 2006, 444 (2): 184-192.
- [7] Boonen B, Schotanus MG, Kort NP. Preliminary experience with the patient-specific templating total knee arthroplasty [J]. *Acta Orthop*, 2012, 83 (4): 387-393.
- [8] Aman ZS, DePhillipo NN, Peebles LA, et al. Improved accuracy of coronal alignment can be attained using 3D-printed patient-specific instrumentation for knee osteotomies: A systematic review of level III and IV studies [J]. *Arthroscopy*, 2022, 38 (9): 2741-2758.
- [9] Randelli PS, Menon A, Pasqualotto S, et al. Patient-specific instrumentation does not affect rotational alignment of the femoral component and perioperative blood loss in total knee arthroplasty: a prospective, randomized, controlled trial [J]. *J Arthroplasty*, 2019, 4 (7): 1374-1381.
- [10] 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.
- [11] 李杨, 耿霄, 田华, 等. 计算机导航系统和3D打印截骨导板对全膝关节置换术失血量的影响 [J]. *中华医学杂志*, 2020, 100 (33): 2601-2606.
- [12] Faiz KW. VAS--visual analog scale [J]. *Tidsskr Nor Laegeforen*, 2014, 134 (3): 323.
- [13] Levine DB. Hospital for Special Surgery: origin and early history first site 1863-1870 [J]. *HSS J*, 2005, 1 (1): 3-8.
- [14] Bellamy N, Buchanan WW, Goldsmith CH, et al. Validation study of WOMAC: a health status instrument for measuring clinically important patient relevant outcomes to antiinflammatory drug therapy in patients with osteoarthritis of the hip or knee [J]. *J Rheumatol*, 1988, 15 (12): 1833-1840.
- [15] 尹治辉, 邱冰, 胡超然, 等. 3D打印截骨模板辅助膝关节精准置换的早期疗效观察 [J]. *贵州医药*, 2020, 44 (8): 1254-1256.
- [16] 陈坚锋, 冯宗权, 李知浩. 3D打印定位钉导板在全膝关节置换术中的应用 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2021, 29 (9): 852-855.
- [17] Vide J, Freitas TP, Ramos A, et al. Patient-specific instrumentation in total knee arthroplasty: simpler, faster and more accurate than standard instrumentation: a randomized controlled trial [J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2017, 25 (8): 2616-2621.
- [18] 刘云可, 李杨, 田华. 3D打印截骨导板辅助全膝关节置换术治疗重度膝骨性关节炎的近期疗效及对围术期失血量的影响 [J]. *中华实用诊断与治疗杂志*, 2020, 34 (5): 452-455.
- [19] León VJ, Lengua MA, Calvo V, et al. Use of patient-specific cutting blocks reduces blood loss after total knee arthroplasty [J]. *Eur J Orthop Surg Traumatol*, 2017, 27 (2): 273-277.
- [20] 郑斌, 王文晔, 谢孝枫. 人工全膝关节置换术对重度膝关节炎患者关节功能及炎症因子的影响 [J]. *国际外科学杂志*, 2019, 46 (12): 845-850.
- [21] Zhao MW, Wang L, Zeng L, et al. Effect of femoral resection on coronal overall alignment after conventional total knee arthroplasty [J]. *Chin Med J (Engl)*, 2016, 129 (21): 2535-2539.
- [22] Daniilidis K, Tibesku CO. A comparison of conventional and patient-specific instruments in total knee arthroplasty [J]. *Int Orthop*, 2014, 38 (3): 503-508.
- [23] Rahm S, Camenzind RS, Hingsammer A, et al. Postoperative alignment of TKA in patients with severe preoperative varus or valgus deformity: Is there a difference between surgical techniques [J]. *BMC Musculoskelet Disord*, 2011, 18 (1): 272.
- [24] 柴浩, 杨德勇, 张磊, 等. 3D打印个性化截骨导板与传统全膝关节置换下肢力线准确性对比的Meta分析 [J]. *中国组织工程研究*, 2023, 27 (4): 646-654.
- [25] 张惠康, 蒋斌, 凌辰, 等. 3D打印个性化定制导板辅助在复杂膝关节置换中的应用 [J]. *中华创伤骨科杂志*, 2020, 22 (10): 867-875.

(收稿:2022-11-12 修回:2023-05-05)
(同行评议专家:张启栋,肖永杰)
(本文编辑:郭秀婷)