

· 临床论著 ·

全膝关节置换个性化联合间隙平衡[△]

樊宗庆^{1,2}, 储成顶¹, 聂宇², 潘檀², 刘坤², 符东林^{2*}, 胡勇^{1*}

(1. 安徽医科大学第一附属医院骨科, 安徽合肥 230000; 2. 安徽医科大学附属阜阳人民医院骨科, 安徽阜阳 236000)

摘要: [目的] 探讨个性化测量截骨联合间隙平衡技术在全膝关节置换 (total knee arthroplasty, TKA) 中的应用价值。[方法] 回顾性分析 2019 年 7 月—2019 年 11 月本科行 TKA 治疗膝关节骨性关节炎的 68 例患者的临床资料, 依据医患沟通结果, 34 例采用个性化测量截骨联合间隙平衡技术完成 TKA (联合组); 34 例常规采用股骨后髁外旋 3° 截骨完成 TKA (常规组)。比较两组围手术期、随访及影像资料。[结果] 所有患者均顺利完成手术, 无明显并发症。术中出现初始屈曲间隙不平衡联合组为 3 例, 而常规组为 11 例, 差异有统计学意义 ($P < 0.05$)。联合组患者出血量显著少于常规组 ($P < 0.05$), 两组手术时间、切口总长度、术中透视次数、下地行走时间、切口愈合等级以及住院时间的差异均无统计学意义 ($P > 0.05$)。两组患者均获随访, 平均随访时间 (25.91 ± 1.20) 个月, 随时间推移, 两组 VAS 评分显著降低 ($P < 0.05$), 而 KSS 评分和 ROM 显著增加 ($P < 0.05$)。术前两组间上述指标的差异均无统计学意义 ($P > 0.05$); 但是, 术后 12 个月和末次随访时联合组 VAS 评分显著低于常规组 ($P < 0.05$); 术后各时间点联合组 KSS 评分和 ROM 均优于常规组 ($P < 0.05$)。影像方面, 与术前相比, 术后两组 FTA 角和 MPTA 角均显著改善 ($P < 0.05$), 术后相应时间点两组间 FTA、MPTA、 α 角、 β 角、SFA、STA 的差异均无统计学意义 ($P > 0.05$)。[结论] 个性化测量截骨联合间隙平衡技术行全膝关节置换术有利于获得膝关节屈曲间隙平衡, 近期临床疗效优于常规测量截骨技术。

关键词: 全膝关节置换术, 股骨假体旋转, 股骨后髁截骨, 屈膝间隙平衡

中图分类号: R687.4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1005-8478 (2022) 20-1830-06

Personalized combined gap balancing technique in total knee arthroplasty // FAN Zong-qing^{1,2}, CHU Cheng-ding¹, NIE Yu², PAN Tan², LIU Kun², FU Dong-lin², HU Yong¹. 1. Department of Orthopedics, The First Affiliated Hospital, Anhui Medical University, Hefei 230000, China; 2. Department of Orthopedics, People's Hospital of Fuyang City, Anhui Medical University, Fuyang 236000, China

Abstract: [Objective] To evaluate the significance of personalized combined gap balancing technique in total knee arthroplasty (TKA). [Methods] A retrospective study was done on 68 patients who received TKA for knee osteoarthritis in our department from July 2019 to November 2019. According to the doctor-patient communication, 34 patients underwent TKA with personalized external rotation resection of posterior femoral condyle combined with gap balancing technique (combined group), while the remaining 34 patients had conventional posterior femoral condyle cutting at 3° external rotation (conventional group). The perioperative, follow-up and imaging data of the two groups were compared. [Results] All patients in both groups were successfully operated on without obvious complications. The initial flexion gap imbalance was found in 3 cases of the combined group, whereas 11 cases in the conventional group, which proved statistically significant ($P < 0.05$). The combined group had significantly less perioperative blood loss than the conventional group ($P < 0.05$), although there were no significant differences in operative time, total incision length, intraoperative fluoroscopy times, ambulation time, incision healing grade and hospital stay between the two groups ($P > 0.05$). With the follow-up time of (25.91 ± 1.20) months, the VAS significantly decreased ($P < 0.05$), while KSS score and ROM significantly increased in both groups ($P < 0.05$). There were no statistically significant differences in the abovementioned indexes between the two groups preoperatively ($P > 0.05$). However, the combined group proved significantly superior to the conventional group in term of VAS score at 12 months after surgery and the last follow-up ($P < 0.05$), whereas KSS score and knee range of motion (ROM) at all matching time points postoperatively ($P < 0.05$). Radiographically, the femorotibial angle (FTA) and medial proximal tibial angle (MPTA) significantly improved in both groups postoperatively compared with those preoperatively ($P < 0.05$). However, there were no statistically significant differences in FTA, MPTA, α angle, β angle, sagittal femoral angle (SFA) and sagittal tibial angle (STA) between the two groups at any corresponding postoperative time points ($P > 0.05$). [Conclusion] The personalized external rotation re-

DOI:10.3977/j.issn.1005-8478.2022.20.02

[△]基金项目:安徽省阜阳市卫健委课题项目(编号:FY2021-12)

作者简介:樊宗庆, 硕士, 副主任医师, 研究方向:人工关节, (电话)15805581763, (电子信箱)fanzongqing2007@163.com

* 通信作者:胡勇, (电子信箱)hy.in163@163.com; 并列通信作者:符东林, (电子信箱)Fd18732@163.com

section of posterior femoral condyle combined with gap balancing technique in total knee arthroplasty is beneficial to achieve gap balance of knee flexion, with better short-term clinical outcomes over the conventional posterior condyle resection in fixed 3° of external rotation.

Key words: total knee arthroplasty, femoral prosthesis rotation, posterior femoral condyle resection, flexion gap balance

人工全膝关节置换术 (total knee arthroplasty, TKA) 是治疗终末期膝关节骨性关节炎的有效方法, 虽然 TKA 是一个成熟的手术方式, 但术后仍然有部分患者出现髌前区疼痛、关节僵硬等并发症, 如何通过改进手术方法进一步提高临床疗效是关节外科医师一直关注的问题。目前 TKA 中常用的截骨技术有测量截骨技术和间隙平衡技术。间隙平衡技术是以胫骨近端截骨面和膝关节两侧软组织张力为参考进行股骨后髁截骨, 从而获得一个矩形屈曲间隙, 该技术有利于提高术后膝关节屈曲功能, 但可能提高关节线的高度^[1, 2]。测量截骨技术以股骨远端解剖标志为参考进行截骨, 操作简单, 但后髁截骨后往往需要进行软组织松解才能获得屈曲间隙平衡。近年来在传统测量截骨技术的基础上进一步改进, 采用个性化测量截骨技术或 3D 打印技术辅助 TKA, 可进一步提高截骨的精准性, 避免股骨髓内定位, 减少创伤^[3, 4]。两种截骨方法各有优缺点, 多数研究结果显示两种截骨方法行 TKA 有相似的临床疗效^[5, 6]。将两种方法相结合行 TKA 进一步提高临床疗效成为研究的热点, 也取得了较好的临床疗效, 但两种截骨方法结合的方式各有不同^[7-9]。本研究是在此基础上采用特殊设计的屈曲间隙角度测量垫块辅助 TKA, 使个性化测量截骨技术和间隙平衡技术相结合, 以期进一步提高临床疗效, 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) 符合美国骨科医师协会《膝关节骨性关节炎循证医学指南 (2016 版)》中 KOA 诊断标准^[10]; (2) 术前影像 Kellgren-Lawrence 骨关节炎分级为 III~IV 级 (图 1a, 1b); (3) 均为初次单侧置换。

排除标准: (1) 既往有膝关节感染病史; (2) 类风湿性关节炎、强直性脊柱炎等炎性关节病; (3) 合并严重关节外畸形的膝关节骨性关节炎 (关节外畸形在冠状位>30°, 在矢状位>20°)。

1.2 一般资料

回顾性分析本院 2019 年 7 月—2019 年 11 月收治的膝关节骨性关节炎患者的临床资料, 共 68 例符

合上述标准, 纳入本研究, 依据术前医患沟通结果分为两组, 34 例采用个性化测量截骨联合间隙平衡技术完成 TKA (联合组); 34 例采用常规股骨远端外旋 3°截骨完成 TKA (常规组)。两组术前一般资料见表 1。两组术前年龄、性别、BMI、病程、侧别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	联合组 (n=34)	常规组 (n=34)	P 值
年龄 (岁, $\bar{x} \pm s$)	68.41±4.85	68.24±5.47	0.893
性别 (例, 男/女)	8/26	7/27	0.770
BMI (kg/m^2 , $\bar{x} \pm s$)	27.61±4.60	25.98±3.45	0.103
病程 (年, $\bar{x} \pm s$)	7.70±4.16	6.31±4.50	0.191
侧别 (例, 左/右)	19/15	19/15	1.000

1.3 手术方法

均采用后侧稳定型 (posterior stabilized, PS) 全膝假体。联合组术前 CT 影像测量股骨远端后髁角 (posterior condylar angle, PCA)。

联合组: 术前根据所使用膝关节假体要求的最小屈曲间隙, 使用 UG 软件设计并打印出较该屈曲间隙薄 4 mm、上下面成 0°、1°、2°、3°夹角的屈曲间隙角度测量垫块, 以便在膝关节屈曲 90°时插入胫骨近端截骨面和股骨远端截骨导向器之间, 测量二者之间的角度。常规膝前正中切口、髌旁内侧入路显露膝关节, 切除增生的骨赘。常规股骨髓内定位、胫骨髓外定位行股骨远端和胫骨近端截骨, 评估伸直间隙良好。根据术前测量 PCA 安装股骨远端截骨导向器, 若 $\text{PCA}<1.5^\circ$ 外旋 0°安装截骨导向器; 若 $1.5^\circ \leq \text{PCA} \leq 4^\circ$, 外旋 3°安装截骨导向器, 若 $4^\circ < \text{PCA} \leq 6^\circ$, 外旋 5°安装截骨导向器。助手抱起膝关节, 术者一手握住踝关节在膝关节屈曲 90°位反向牵引, 观察胫骨截骨面和四合一截骨导向器之间是否是个矩形 (图 1c), 采用屈曲间隙角度测量垫块测量二者之间的角度 (图 1d), 根据测量结果调整截骨导向器, 使二者之间近似矩形 (图 1e)。截骨导向器引导下行股骨前、后髁和 2 个斜面截骨, 屈膝 90°截骨间隙呈矩形 (图 1f)。截骨后膝关节屈曲 90°位插入屈曲间隙试模再次评估屈曲间隙是否平衡, 行膝关节应力试验, 若出现一侧张开, 则视为初始屈曲间隙软组织不平衡 (ini-

tial flexion asymmetry, IFA)^[11]，需进行软组织松解。完成股骨远端髁间截骨、胫骨近端开槽，截骨面冲洗、拭干，涂抹骨水泥，安装胫骨和股骨假体以及聚乙烯衬垫。切口放置负压引流管1根，逐层缝合，无菌包扎。联合组最终13例行外旋5°截骨，20例外旋3°截骨，1例外旋0°截骨。

常规组：手术暴露、股骨远端和胫骨近端截骨同前，不同的是股骨前、后髁截骨均常规外旋3°，其余操作同联合组。

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、出血量、术中透视次数、下地时间、切口愈合等级及住院时间。采用膝关节疼痛视觉模拟评分 (visual analogue scale, VAS)、膝关节协会评分 (Knee Soci-

ety score, KSS)、膝关节活动度 (range of motion, ROM) 评价临床疗效。行影像学检查^[12]，测量股胫角 (femorotibial angle, FTA)，胫骨近端内侧角 (medial proximal tibial angle, MPTA)。术后测量假体α角 (冠状面股骨角)、β角 (冠状面胫骨角)、矢状面股骨角 (sagittal femoral angle, SFA) 和矢状面胫骨角 (sagittal tibial angle, STA)。

1.5 统计学方法

采用SPSS 26.0进行统计分析。计量数据以 $\bar{x} \pm s$ 表示，资料呈正态分布时，组间比较采用独立样本 t 检验，组内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。等级资料两组比较采用Mann-whitney U 检验。计数资料采用 χ^2 检验或Fisher精确检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

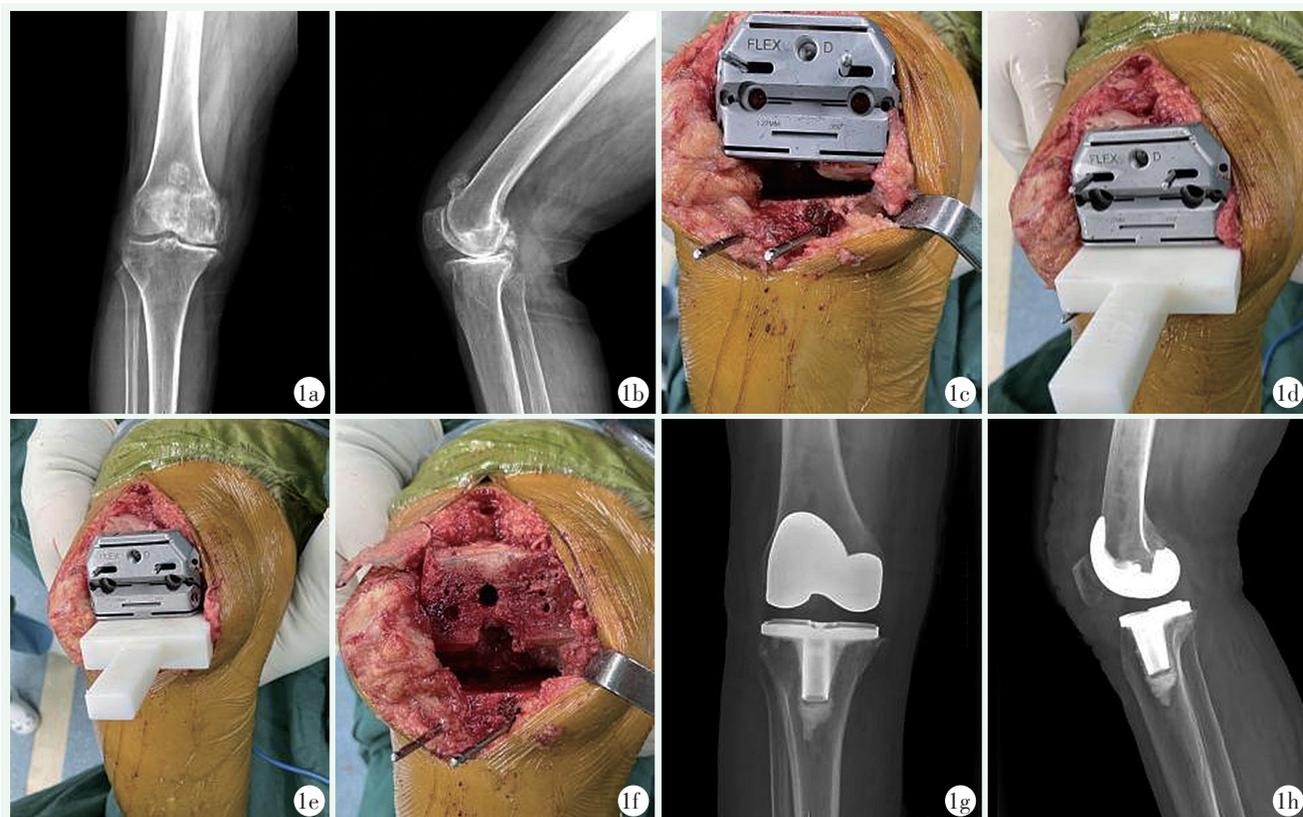


图1 患者，女，69岁，右膝关节骨性关节炎，采用个性化测量截骨联合间隙平衡技术辅助TKA 1a, 1b: 术前正侧位X线片示右侧膝关节骨性关节炎，Kellgren-Lawrence分级为IV级 1c: 外旋3°安装截骨导向器，膝关节屈曲90°位胫骨截骨面和截骨导向器之间不是矩形，内侧窄，外侧宽 1d: 插入外旋2°的屈曲间隙角度测量垫块，发现该垫块与截骨导向器和胫骨截骨面之间接触处紧密，提示应增加2°外旋 1e: 调整为外旋5°安装截骨导向器，屈曲间隙呈矩形，插入0°测量垫块，垫块与导向器和胫骨截骨面接触紧密 1f: 股骨后髁截骨后得到一个矩形屈曲间隙 1g, 1h: 术后正侧位X线片示假体位置满意，对线良好

2 结果

2.1 围手术期情况

两组患者手术顺利，术中无血管、神经损伤等严重并发症。两组患者围手术期资料见表2，联合组围

手术期出血量显著少于常规组 ($P<0.05$), 两组手术时间、切口总长度、术中透视次数、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 ($P>0.05$)。IFA 的发生率联合组为 3 例 (8.82%), 常规组为 11 例 (32.35%), 两组间差异有统计学意义 ($P=0.036$)。

表 2 两组患者围手术期资料与比较

指标	联合组 (n=34)	常规组 (n=34)	P 值
手术时间 (min, $\bar{x} \pm s$)	93.32±10.33	96.74±10.03	0.171
切口总长度 (cm, $\bar{x} \pm s$)	15.15±0.75	15.10±0.94	0.809
出血量 (ml, $\bar{x} \pm s$)	172.35±41.13	216.76±77.61	0.005
术中透视次数 (次, $\bar{x} \pm s$)	3.60±0.94	3.61±1.09	0.968
下地行走时间 (d, $\bar{x} \pm s$)	3.50±1.12	3.41±0.80	0.704
切口愈合等级 (例, 甲/乙/丙)	34/0/0	34/0/0	ns
住院时间 (d, $\bar{x} \pm s$)	11.32±2.32	11.03±2.26	0.603

2.2 随访结果

所有患者均获随访, 随访时间 24~28 个月, 平均 (25.91±1.20) 个月, 随访期间无感染等并发症发生, 均无再次手术翻修者。两组患者随访资料见表 3。随时间推移, 两组 VAS 评分显著降低 ($P<0.05$), KSS 评分和 ROM 显著增加 ($P<0.05$)。术前两组 VAS、KSS 评分和 ROM 差异均无统计学意义 ($P>0.05$), 术后 6 个月时两组 VAS 评分差异无统计学意义 ($P>0.05$), 但术后 12 个月和末次随访时联合组 VAS 评分显著低于常规组 ($P<0.05$); 术后各时间点联合组 KSS 评分和 ROM 均优于常规组 ($P<0.05$)。

2.3 影像评估

两组患者影像测量结果见表 4。与术前相比, 术后各时间点两组 FTA 角和 MPTA 角指标均显著改善 ($P<0.05$), 相应时间点两组上述指标的差异均无统计学意义 ($P>0.05$)。术后两组患者 α 角、 β 角、SFA、STA 比较差异均无统计学意义 ($P>0.05$)。

3 讨论

良好下肢力线和软组织平衡对假体的寿命、术后功能的恢复和患者的满意度至关重要^[13-18]。目前 TKA 常用的截骨方法主要有测量截骨技术和间隙平衡技术。测量截骨技术是先根据股骨远端解剖标志来确定股骨后髁截骨面, 然后进行软组织松解。测量截

骨技术操作简单, 但膝关节屈曲间隙平衡需要靠额外的软组织松解来实现, 增加创伤; 间隙平衡技术是把软组织平衡放在首位, 根据胫骨近端截骨面和两侧的软组织张力确定股骨后髁截骨, 其特点是容易获得矩形屈曲间隙, 更有利于膝关节屈曲平衡^[7, 19, 20], 术后下蹲功能更好^[21]。但受膝关节两侧软组织张力影响较大, 可能导致股骨后髁截骨过多或过少^[6], 而且有研究表明单纯采用间隙平衡技术容易造成关节面升高^[22]。

表 3 两组患者随访结果 (分, $\bar{x} \pm s$) 与比较

指标	联合组 (n=34)	常规组 (n=34)	P 值
VAS 评分 (分)			
术前	6.46±1.34	6.66±1.26	0.528
术后 6 个月	2.37±0.91	2.65±0.87	0.199
术后 12 个月	1.25±0.58	1.90±0.56	<0.001
末次随访	1.21±0.54	1.71±0.69	0.001
P 值	<0.001	<0.001	
KSS 临床评分 (分)			
术前	35.00±1.72	35.21±1.48	0.591
术后 6 个月	85.45±4.86	81.57±5.81	0.004
术后 12 个月	88.27±4.44	85.51±3.43	0.006
末次随访	89.91±2.29	87.16±4.61	0.003
P 值	<0.001	<0.001	
KSS 功能评分 (分)			
术前	38.13±1.67	37.51±2.23	0.199
术后 6 个月	87.28±3.95	83.38±3.87	<0.001
术后 12 个月	89.19±5.22	85.13±4.02	0.001
末次随访	90.34±4.50	86.05±3.64	<0.001
P 值	<0.001	<0.001	
ROM (°)			
术前	80.65±9.50	82.24±10.07	0.528
术后 6 个月	108.36±7.38	100.59±9.74	<0.001
术后 12 个月	110.25±6.89	102.68±9.67	<0.001
末次随访	110.26±7.94	103.12±10.85	0.003
P 值	<0.001	<0.001	

测量截骨技术和间隙平衡技术各有优缺点, 结合两种截骨方法的优点行 TKA 以提高临床疗效成为研究的热点, 而且获得了良好的效果, 但两种方法结合的方式不同, 大多通过画线的方式手工调整。齐志远等^[7]采用测量截骨技术联合间隙平衡技术行 TKA, 结果显示既能通过等量截骨获得屈伸间隙平衡, 又能减少软组织剥离, 早期效果良好, 但该研究是在膝关节屈曲 90°位胫骨近端截骨面上放置上下平行的间

隙模块，在间隙模块的上缘画线，即为股骨后髁截骨线，若此线与常规外旋3°确定的股骨外旋截骨定位线不一致则进行调整。苗卫华等^[9]也对测量截骨技术联合间隙平衡技术行TKA进行研究，先采用测量截骨技术外旋3°安装截骨导向器，膝关节屈曲90°位在截骨导向器和胫骨近端截骨面之间插入间隙测量器，以评估屈曲间隙大小和内外侧软组织平衡情况，若不平衡，利用间隙模块画线，进一步调整外旋截骨角度，评估满意后再进行股骨后髁截骨。以上研究均是在测量截骨基础上参照间隙平衡技术进一步调整，以期截骨后获得矩形屈曲间隙。本研究在以往研究的基础上采用特殊设计的屈曲间隙角度测量垫块测量膝关节屈曲90°位胫骨近端截骨面和四合一截骨导向器之间的夹角，采用器械对股骨远端外旋截骨角度进行调整，更加精准。另外本研究的不同之处在于在个性化测量截骨的基础上兼顾间隙平衡技术行TKA。目前常规采用相对于股骨后髁连线外旋3°行股骨远端外旋截骨^[23]，但对于终末期骨性关节炎患者膝关节骨性和软组织结构发生变化，股骨远端常规外旋3°截骨并不精准^[24, 25]。本研究通过术前股骨远端CT平扫影像测量PCA，据此安装四合一截骨导向器。在截骨前采用屈曲间隙角度测量垫块辅助对股骨外旋截骨角度进行微调，即在个性化测量截骨的基础上兼顾间隙平衡技术，使得角度调整更加精准。

本研究常规组中有11例出现IFA，需要进行软组织松解，而联合组仅有3例，联合组更有利于屈曲间隙软组织平衡。经过分析发现联合组有13例采用外旋5°截骨，占38.2%，而常规组全部采用外旋3°截骨，联合组更有利于膝关节屈曲间隙平衡可能与股骨后内髁截骨量较多有关，这与以往研究结果相似^[9]。联合组有利于膝关节屈曲间隙平衡，避免了额外的软组织松解，可能更加利于缓解术后疼痛及恢复功能。

综上所述，采用屈曲间隙角度测量垫块辅助个性化测量截骨联合间隙平衡技术行TKA更容易获得屈曲间隙的软组织平衡，近期临床疗效良好。但本研究也有一定的局限性：（1）术前在CT影像上测量PCA时可能存在一定的误差；（2）本研究样本量较少，随访时间短，研究结果尚需大量样本、长期随访进一步验证。

参考文献

- [1] Migliorini F, Eschweiler J, Mansy YE, et al. Gap balancing versus measured resection for primary total knee arthroplasty: a meta-analysis study [J]. Arch Orthop Trauma Surg, 2020, 140 (9): 1245-1253.
- [2] Zhang Y, Zhang Y, Sun JN, et al. Comparison of outcomes between gap balancing and measured resection techniques for total knee arthroplasty: A prospective, randomized, controlled trial [J]. Acta Orthop Traumatol Turc, 2021, 55 (3): 239-245.
- [3] 骆晓飞, 宋树春, 魏瑄, 等. 个性化截骨导板辅助TKA治疗膝骨性关节炎并关节外畸形 [J]. 中国矫形外科杂志, 2020, 28 (13): 1227-1230.
- [4] 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.
- [5] Moorthy V, Lai M C, Liow M, et al. Similar postoperative outcomes after total knee arthroplasty with measured resection and gap balancing techniques using a contemporary knee system: a randomized controlled trial [J]. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2021, 29 (10): 3178-3185.
- [6] Tapasvi SR, Shekhar A, Patil SS, et al. Comparison of gap balancing vs measured resection technique in patients undergoing simultaneous bilateral total knee arthroplasty: one technique per knee [J]. J Arthroplasty, 2020, 35 (3): 732-740.
- [7] 齐志远, 陈秀民, 王在斌, 等. 测量截骨联合间隙平衡截骨技术在全膝关节置换术中的应用研究 [J]. 中华骨科杂志, 2021, 41 (9): 541-551.
- [8] 陆斌, 杨卧龙, 高胜山, 等. 测量截骨联合间隙平衡技术在全膝关节置换股骨外旋截骨中的应用 [J]. 中国组织工程研究, 2020, 24 (15): 2323-2328.
- [9] 苗卫华, 王宏, 李康. 测量截骨联合间隙平衡全膝关节置换治疗膝骨性关节炎 [J]. 中国矫形外科杂志, 2021, 29 (14): 1254-

表4 两组患者影像测量结果(°, $\bar{x} \pm s$)与比较

指标	联合组 (n=34)	常规组 (n=34)	P值
FTA角			
术前	-3.11±1.83	-2.79±1.96	0.489
术后6个月	4.69±1.29	5.10±1.72	0.270
术后12个月	4.89±1.24	5.20±1.88	0.426
末次随访	4.83±1.18	5.18±1.26	0.241
P值	<0.001	<0.001	
MPTA角			
术前	82.42±4.43	83.86±3.53	0.143
术后6个月	89.43±1.01	89.33±1.51	0.749
术后12个月	90.09±1.56	89.87±1.26	0.525
末次随访	90.01±2.05	89.28±1.09	0.073
P值	<0.001	<0.001	
α角	95.50±1.44	94.89±1.58	0.101
β角	89.48±1.50	90.19±2.05	0.108
SFA	1.25±0.51	1.32±0.57	0.595
STA	85.07±2.56	84.65±2.39	0.487

- 1258.
- [10] Weber KL, Jevsevar DS, McGrory BJ. AAOS Clinical Practice Guideline: surgical management of osteoarthritis of the knee: evidence-based guideline [J]. *J Am Acad Orthop Surg*, 2016, 24 (8) : e94-e96.
- [11] 樊宗庆, 储成顶, 符东林, 等. 个性化股骨远端外旋截骨在膝关节置换治疗骨性关节炎中的应用 [J]. *解放军医学院学报*, 2022, 43 (2) : 151-156, 174.
- [12] Bach C M, Steingruber I E, Peer S, et al. Radiographic assessment in total knee arthroplasty [J]. *Clin Orthop Relat Res*, 2001, 385 (385) : 144-150.
- [13] Matsuda S, Kawahara S, Okazaki K, et al. Postoperative alignment and ROM affect patient satisfaction after TKA [J]. *Clin Orthop Relat Res*, 2013, 471 (1) : 127-133.
- [14] Slevin O, Hirschmann A, Schiapparelli FF, et al. Neutral alignment leads to higher knee society scores after total knee arthroplasty in preoperatively non-varus patients: a prospective clinical study using 3D-CT [J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2018, 26 (6) : 1602-1609.
- [15] Arbab D, Reimann P, Brucker M, et al. Alignment in total knee arthroplasty—a comparison of patient-specific implants with the conventional technique [J]. *Knee*, 2018, 25 (5) : 882-887.
- [16] Abdelnasser MK, Adi MM, Elnaggar AA, et al. Internal rotation of the tibial component in total knee arthroplasty can lead to extension deficit [J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2020, 28 (9) : 2948-2952.
- [17] Maderbacher G, Matussek J, Keshmiri A, et al. Rotation of intramedullary alignment rods affects distal femoral cutting plane in total knee arthroplasty [J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2018, 26 (11) : 3311-3316.
- [18] Wakelin EA, Shalhoub S, Lawrence JM, et al. Improved total knee arthroplasty pain outcome when joint gap targets are achieved throughout flexion [J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2022, 30: 939-947.
- [19] 柴瑞宝, 刘瑞, 张子安. 间隙平衡与测量截骨技术在全膝关节置换的比较 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2020, 28 (9) : 804-808.
- [20] 范霖, 杨东, 刘凯缘, 等. 全膝关节置换术中间隙平衡截骨与测量截骨技术的对照研究 [J]. *中华骨科杂志*, 2019, 39 (15) : 935-943.
- [21] Xiao Q, Liu B, Zhao B. Gap balancing improve squat function and knee function: a randomized controlled trial comparing gap balancing and measured resection [J]. *J Orthop Surg Res*, 2021, 16 (1) : 242.
- [22] Huang T, Long Y, George D, et al. Meta-analysis of gap balancing versus measured resection techniques in total knee arthroplasty [J]. *Bone Joint J*, 2017, 99-B (2) : 151-158.
- [23] Becker R, Baker K, Hommel H, et al. No correlation between rotation of femoral components in the transverse plane and clinical outcome after total knee arthroplasty [J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2019, 27 (5) : 1456-1462.
- [24] Nam JH, Koh YG, Kang K, et al. The posterior cortical axis as an alternative reference for femoral component placement in total knee arthroplasty [J]. *J Orthop Surg Res*, 2020, 15 (1) : 603.
- [25] Meric G, Gracitelli GC, Aram LJ, et al. Variability in distal femoral anatomy in patients undergoing total knee arthroplasty: measurements on 13, 546 computed tomography scans [J]. *J Arthroplasty*, 2015, 30 (10) : 1835-1838.

(收稿:2022-02-01 修回:2022-07-27)

(同行评议专家: 陈坚锋 付存磊 姚运峰 刘泉)

(本文编辑: 闫承杰)