

# 不同手术治疗膝关节骨关节炎后的生物力学分析

凯赛尔江·艾合买提 张秀丽

**【摘要】 目的** 对比膝关节骨关节炎不同手术方法术后步态参数。**方法** 选取2018年3月至2019年3月在天津医院治疗的膝关节骨关节炎手术患者90例,其中30例行胫骨高位截骨术(HTO),30例行膝关节单髁置换术(UKA),30例行全膝关节置换术(TKA)。收集术后1、3、6个月患者的步态参数。**结果** 术后1、3个月,UKA组步态时空参数均优于HTO组和TKA组,差异有统计学意义( $P<0.05$ );术后6个月,3组组间步态时空参数无显著性差异( $P>0.05$ )。术后1、3个月,UKA组摆腿强度、地面冲击、足落地控制均优于HTO组和TKA组,差异有统计学意义( $P<0.05$ ),3组组间摆腿强度无显著性差异( $P>0.05$ );术后6个月,3组组间步态加速度参数无显著性差异( $P>0.05$ )。**结论** 与TKA和HTO相比,UKA具有早期关节功能明显改善、膝关节活动度显著增加等优点。

**【关键词】** 膝关节骨关节炎;手术治疗;生物力学;步态参数

DOI: 10.3969/j.issn.1673-7083.2021.03.013

**The biomechanical analysis of knee osteoarthritis patients undergoing high tibial osteotomy, unicompartmental or total knee arthroplasty** Kaisaijiang · Aihemaiti<sup>1</sup>, ZHANG Xiuli<sup>2</sup>. *Department of Orthopaedics, the Fifth Hospital of Xinjiang Medical University<sup>1</sup>, Urumqi 830011, China; Center of Artificial Joint, Tianjin Hospital<sup>2</sup>, Tianjin 300211, China*

*Corresponding author: ZHANG Xiuli E-mail: 13642007171@163.com*

**【Abstract】 Objective** To compare the gait parameters in patients with knee osteoarthritis undergoing high tibial osteotomy (HTO), unicompartmental knee arthroplasty (UKA) or total knee arthroplasty (TKA). **Methods** Between March 2018 and March 2019, we selected 90 patients with knee osteoarthritis in the Joint Surgery Department in Tianjin Hospital according to the inclusion criteria, consisting of 30 patients receiving HTO, 30 patients receiving UKA, and 30 patients receiving TKA. The gait parameters were collected at 1 month, 3 months and 6 months after operation. **Results** The gait analysis showed that the gait time-space parameters of the UKA group were better than those of the HTO group and TKA group at 1 month and 3 months after operation, with significant difference ( $P<0.05$ ); but no significant difference was observed at 6 months after operation ( $P>0.05$ ). The three main parameters of gait acceleration (swing leg strength, ground impact, foot landing control) in the UKA group were significantly better than the other two groups ( $P<0.05$ ). However, no significant difference ( $P>0.05$ ) was found in terms of foot pulling strength among the three groups. At 6 months, no significant difference ( $P>0.05$ ) was observed in terms of gait acceleration among the three groups. **Conclusion** Compared with TKA and HTO, UKA can improve early postoperative knee function, including the range of motion.

**【Key words】** Knee osteoarthritis; Operation; Biomechanics; Gait parameters

骨关节炎(OA)是临床常见的慢性退行性疾病,主要累及膝关节<sup>[1]</sup>。近年来多项研究表明,中老年人群是膝关节骨关节炎(KOA)的高发人群,KOA好发于亚洲人,且其发病率与年龄呈正相关,但近年来KOA患病率呈年轻化趋势<sup>[2-3]</sup>。目前KOA患者主要手术治疗方法包括胫骨高位截骨术(HTO)、膝关节单髁置换术(UKA)、全膝关节置换术(TKA)等。近年来,随着科技的进步,步态分析已成为评价

骨科手术疗效的有效工具。虽然人工关节置换术后患者步态恢复情况有多种评分标准,但均缺乏定量指标,而步态分析可以通过收集下肢步态数据,定量描述下肢功能<sup>[4-5]</sup>。随着“精准医疗”理念的提出,步态分析技术得到临床骨科医生的广泛认可,被称为评价骨科手术效果及指导康复功能训练的“金标准”<sup>[6-7]</sup>。本研究对接受HTO、UKA及TKA治疗的KOA患者进行研究,收集患者在不同康复阶段的步态参数,为康复训练提供有效的临床依据。

## 1 资料与方法

### 1.1 研究对象

选取2018年3月至2019年3月在天津医院关

作者单位:830011 乌鲁木齐, 新疆医科大学第五附属医院骨二科(凯赛尔江·艾合买提);300211, 天津医院人工关节中心(张秀丽)

通信作者:张秀丽 E-mail: 13642007171@163.com

节外科、运动医学关节镜科接受手术治疗的 KOA 患者 90 例,其中 30 例行 HTO(HTO 组),30 例行 UKA(UKA 组,均采用活动平台型膝关节单髁假体),30 例行 TKA(TKA 组,均采用后交叉韧带替代型假体)。本研究中男 42 例,女 58 例,年龄 52~68 岁,平均年龄(60.5±7.3)岁。纳入标准:①符合美国膝关节协会单侧 KOA 诊断标准;②符合相关手术适应证,不存在手术相对或绝对禁忌证;③不存在影响肢体活

动的其他疾病如腰椎间盘突出症等;④意识清楚,具备一定的交流能力;⑤患者及其家属同意参加本研究。排除标准:①伴有其他骨关节或神经肌肉系统等疾病;②患有严重的呼吸系统或心血管系统疾病,影响机体活动能力;③患者及其家属不同意参加本研究。本研究所有患者均签署测试知情同意书,且实验经医院伦理委员会批准,3 组患者均由同一组医生实施手术治疗。受试者基本资料见表 1。

表 1 患者基本资料

组别	年龄/岁	性别/例(男/女)	身高/m	体质量/kg	体质指数/kg·m <sup>-2</sup>
HTO	58.25±9.32	12/18	1.65±0.07	67.32±7.35	24.11±3.06
UKA	59.36±10.14	16/14	1.66±0.08	65.46±6.98	24.48±3.45
TKA	60.33±8.24	13/17	1.65±0.08	68.33±8.42	25.01±2.98

1.2 方法

本研究使用美国 Minisun 公司生产的基于多传感器的便携式步态测试系统(IDEAA)测量患者的步态参数。IDEAA 由 1 个主机和 7 个肢体三维加速度传感器构成,微型传感器粘贴在患者双大腿、双踝、双足及胸骨上,在受试者行走时采集步态参数,并传输到放置于患者腰部的主机,设备采样频率 64 Hz。

患者佩戴仪器并开启后,在 30 m<sup>2</sup> 的平地上来回行走 60 m,研究人员采集患者术侧肢体的步态数据。数据采集结束后,将其导入电脑进行处理分析。采用 ActView 3 分析软件,输出所采集数据的平均结果,有 11 个步态参数纳入研究,包括 7 个时空参数(单腿支撑时间、双腿支撑时间、单双腿支撑时间比、步态周期时间、速度、步频、步长)和 4 个加速度参数(拔腿强度、摆腿强度、地面冲击和足落地控制)<sup>[8]</sup>。

1.3 统计学分析

采用 SPSS 19.0 统计软件进行分析,数据以均数±标准差表示,组间比较采用 *t* 检验,*P*<0.05 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 步态时空参数

术后 1、3 个月,UKA 组患者步态时空参数均优于 HTO 组和 TKA 组,差异有统计学意义(*P*<0.05);术后 6 个月,3 组组间步态时空参数无显著性差异(*P*>0.05)(表 2)。

2.2 步态加速度参数

术后 1、3 个月,UKA 组患者摆腿强度、地面冲击、足落地控制均优于 HTO 组和 TKA 组,差异有

统计学意义(*P*<0.05),3 组组间拔腿强度无显著性差异(*P*>0.05);术后 6 个月,3 组组间步态加速度参数无显著性差异(*P*>0.05)(表 3)。

3 讨论

随着全球逐步进入老龄化社会,KOA 发病率呈逐年上升的趋势。膝关节人工假体寿命为 15~20 年,如何实施保膝治疗,延长患者自身膝关节的使用寿命,是未来关节外科研究的重要方向。步态参数分析目前已广泛应用于骨科疾病的诊断、治疗及症状评估,是评价治疗效果的定量指标。本研究所采用的 IDEAA 具有方便携带、长时间采集时空参数等特点,弥补了传统步态分析仪的缺点。由于具备角度分析仪,IDEAA 可测量出“行走中的活动度”,相对于静止活动度,更能反映下肢功能综合改善情况<sup>[9]</sup>。

本研究显示,术后 1、3 个月,UKA 组患者单腿支撑时间、双腿支撑时间、单双腿支撑时间比、步态周期时间、速度、步频、步长、摆腿强度、地面冲击和足落地控制均优于 HTO 组和 TKA 组(*P*<0.05);术后 6 个月,3 组患者步态参数差异无统计学意义(*P*>0.05)。分析原因主要有以下方面:①相对于传统的 TKA、HTO 等手术方式,UKA 具有损伤小、恢复快等特点,且术中截骨量少,对膝关节周围骨组织破坏程度小;②由于 UKA 术中关节囊松解较少,手术损伤局限,有利于提高术后早期镇痛效果,促进康复训练;③UKA 术中均保留髌上囊,不会影响患者本体感觉。

本研究通过收集不同手术治疗的 KOA 患者术后步态参数进行下肢生物力学分析,发现 UKA、TKA 及 HTO 均可减轻患者疼痛症状,改善膝关节

功能,同时下肢肌肉力量和功能也得到相应改善。研究证实,拔腿强度可有效反映股四头肌力量情况,而摆腿强度则反映小腿三头肌、腓绳肌功能情

况<sup>[10]</sup>。本研究结果表明,进行不同手术治疗的 KOA 患者术后 1、3、6 个月的拔腿强度和摆腿强度均得到明显提升。

表 2 患者术后步态时空参数对比

	组别	术后 1 个月	术后 3 个月	术后 6 个月
单腿支撑时间/ms	HTO	453.18±31.22	436.73±28.85	411.37±18.56
	UKA	448.25±27.73*	431.76±29.96*	410.25±19.35
	TKA	452.47±36.65	435.26±31.25	410.53±18.96
双腿支撑时间/ms	HTO	155.66±73.25	128.25±43.12	118.34±29.25
	UKA	149.21±68.56*	122.77±39.23*	116.71±22.35
	TKA	153.43±71.25	129.22±40.53	117.21±24.52
单双腿支撑时间比/%	HTO	320.55±70.16	350.25±77.26	368.62±59.28
	UKA	313.66±68.54*	343.72±74.13*	370.54±62.16
	TKA	322.12±63.66	348.34±73.63	368.93±61.76
步态周期时间/s	HTO	1.18±0.16	1.12±0.13	1.04±0.12
	UKA	1.16±0.08*	1.08±0.07*	1.04±0.08
	TKA	1.20±0.11	1.11±0.12	1.04±0.11
速度/m·min <sup>-1</sup>	HTO	58.16±20.16	63.53±22.35	78.72±19.12
	UKA	60.02±19.33*	66.74±18.55*	79.96±18.03
	TKA	57.96±20.08	62.25±21.26	79.54±18.95
步频/步数·min <sup>-1</sup>	HTO	96.24±11.33	106.33±10.58	112.55±8.67
	UKA	100.32±10.47*	109.22±9.85*	114.31±7.53
	TKA	93.25±8.56	105.21±8.92	114.02±8.51
步长/m	HTO	0.58±0.08	0.63±0.11	0.70±0.12
	UKA	0.60±0.10*	0.67±0.09*	0.71±0.07
	TKA	0.57±0.12	0.64±0.13	0.70±0.11

\* 与 HTO 组和 TKA 组比较,P<0.05

表 3 患者术后步态加速度参数对比

	组别	术后 1 个月	术后 3 个月	术后 6 个月
拔腿强度/g	HTO	1.03±0.32	1.14±0.37	1.21±0.34
	UKA	1.03±0.28	1.15±0.32	1.22±0.67
	TKA	1.02±0.21	1.14±0.27	1.22±0.58
摆腿强度/g	HTO	0.57±0.24	0.63±0.21	0.75±0.23
	UKA	0.60±0.18*	0.67±0.15*	0.77±0.21
	TKA	0.58±0.16	0.65±0.22	0.76±0.34
地面冲击/g	HTO	1.23±0.39	1.46±0.32	1.64±0.23
	UKA	1.29±0.27*	1.56±0.25*	1.65±0.16
	TKA	1.22±0.18	1.43±0.22	1.64±0.22
足落地控制/g	HTO	2.97±0.86	3.75±0.73	4.21±0.66
	UKA	3.05±0.91*	3.87±0.62*	4.24±0.57
	TKA	2.94±0.78	3.78±0.66	4.23±0.61

\* 与 HTO 组和 TKA 组比较,P<0.05

本研究显示,相对于传统的 TKA、HTO、UKA 具有早期关节功能明显改善、膝关节活动度显著增加等特点,同时 IDEEA 可以客观地记录膝关节手术后患者步态参数变化,对于评价手术效果及指导功能锻炼具有一定的参考价值。

参 考 文 献

[ 1 ] 陈蕾, 李江伟, 郑明. 腓骨高位截骨对膝关节应力改变的三维有限元分析[J]. 中国骨与关节损伤杂志, 2018, 33(6): 583-585.

[ 2 ] Chen TW, Lin CW, Lee CL, et al. The efficacy of shock wave therapy in patients with knee osteoarthritis and popliteal cyamella[J]. Kaohsiung J Med Sci, 2014, 30(7): 362-370.

[ 3 ] Lin M, Li X, Liang W, et al. Needle-knife therapy improves the clinical symptoms of knee osteoarthritis by inhibiting the expression of inflammatory cytokines[J]. Exp Ther Med, 2014, 7(4): 835-842.

[ 4 ] Kalyani RR, Tra Y, Yeh HC, et al. Quadriceps strength, quadriceps power, and gait speed in older U. S. adults with diabetes mellitus: results from the national health and nutrition examination survey, 1999-2002[J]. J Am Geriatr Soc, 2013, 61(5): 769-775.

[ 5 ] Chiang H, Lee CC, Lin WP, et al. Comparison of quadriceps-sparing minimally invasive and medial parapatellar

total knee arthroplasty: a 2-year follow-up study [J]. J Formos Med Assoc, 2012, 111(12): 698-704.

[ 6 ] Li K, Ackland DC, McClelland JA, et al. Trunk muscle action compensates for reduced quadriceps force during walking after total knee arthroplasty [J]. Gait Posture, 2013, 38(1): 79-85.

[ 7 ] 陈金灵, 顾冬云. 轻便低成本型人体平衡功能测量系统研究与开发进展[J]. 医用生物力学, 2013, 28(6): 671-676.

[ 8 ] Tomescu S, Bakker R, Wasserstein D, et al. Dynamically tensioned ACL functional knee braces reduce ACL and meniscal strain[J]. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2018, 26(2): 526-533.

[ 9 ] Harato K, Niki Y, Kudo Y, et al. Effect of unstable meniscal injury on three-dimensional knee kinematics during gait in anterior cruciate ligament-deficient patients[J]. Knee, 2015, 22(5): 395-399.

[10] Hadizadeh M, Amri S, Mohafez H, et al. Gait analysis of national athletes after anterior cruciate ligament reconstruction following three stages of rehabilitation program: symmetrical perspective[J]. Gait Posture, 2016, 48: 152-158.

(收稿日期:2020-10-09)  
(本文编辑:卢千语)