

文章编号: 1004-7220(2018)06-0558-06

全膝关节置换术后早期步态与预后功能的相关性分析

王川¹, 黄尚军^{1*}, 于小明¹, 蒋黎明¹, 柏怡文¹, 陆琰¹, 吴绪波^{1,2}

(1. 上海中医药大学附属第七人民医院 康复治疗科, 上海 200137; 2. 上海中医药大学 康复医学院, 上海 201203)

摘要:目的 探讨全膝关节置换(total knee arthroplasty, TKA)术后14 d步态参数与术后3个月膝关节功能和生活质量的相关性。**方法** 采用三维步态系统分析18名患者TKA术后14 d患侧步行特征,运用WOMAC和SF-36评价量表评估患者TKA术后3个月的膝关节功能指数及生活质量并分析其相关性。**结果** TKA术后14 d,术侧单支撑时间和摆动期膝关节屈角峰值均显著小于健侧,术侧站立中期膝关节屈角和膝外翻角均显著大于健侧;步行过程中,术侧的时空参数指标与WOMAC评分存在中度负相关,膝屈角峰值、站立中期膝屈角及外翻角与WOMAC评分存在高度相关性;除步长、步速外,其余步态参数指标均与SF-36生活质量评分具有显著相关性。其中,单支撑时间和膝关节屈角峰值具有高度正相关,站立中期膝屈角及外翻角具有中度负相关。**结论** 术后早期(14 d)步态分析结果中术侧单支撑时间、站立中期膝屈角、膝外翻角及摆动期膝关节屈角峰值可以作为判断TKA手术预后膝关节功能及生活质量康复疗效的有效指标。

关键词:全膝关节置换;步态分析;WOMAC 膝关节功能;SF-36 生活质量

中图分类号: R 318.01 **文献标志码:** A

DOI: 10.16156/j.1004-7220.2018.06.013

Correlation Analysis on Early Gait and Prognosis Function after Total Knee Arthroplasty

WANG Chuan¹, HUANG Shangjun^{1*}, YU Xiaoming¹, JIANG Liming¹, BAI Yiwen¹, LU Yan¹, WU Xubo^{1,2}

(1. Department of Rehabilitation, Seventh People's Hospital Affiliated to Shanghai University of Traditional Chinese Medicine, Shanghai 200137, China; 2. Department of Rehabilitation Medicine, Shanghai University of Traditional Chinese Medicine, Shanghai 201203, China)

Abstract: Objective To explore the correlation between gait parameters at 14 days and knee function and quality of life at 3 months after total knee arthroplasty (TKA). **Methods** Eighteen patients who underwent TKA were analyzed by using three-dimensional gait analysis system to observe their gait parameters. Knee joint function and life quality of the patients at 3 months after TKA were evaluated with WOMAC (Western Ontario and McMaster Universities Arthritis Index) and SF-36 (short form 36-item health survey scores) assessment scale and their correlations were analyzed simultaneously. **Results** At 14 days after TKA, single support time (SST) and peak knee flexion at swing (PKF) of the operated side of the leg were significantly smaller than those of the healthy

收稿日期:2017-12-18; 修回日期:2018-02-24

基金项目:上海市浦东新区重点薄弱学科(PWZlbr2017-04),上海市第七人民医院“七院新星”人才培养计划(XX2015-17)

通信作者:吴绪波,讲师,E-mail: wuxubo320@163.com

*为共同第1作者

side of the leg. The knee flexion angle at mid-stance (MKF) and knee valgus angle at mid-stance (MKV) of the operated side of the leg were significantly larger than those of the healthy side of the leg. There was a moderate negative correlation between the spatiotemporal parameters of the operated side of the leg and the WOMAC score during gait, while a high correlation between the WOMAC score and peak knee flexion at swing (PKF), MKF and MKV. Except for the step length and forward velocity, the other gait parameters were significantly correlated with SF-36 life quality score. The single support time (SST) and PKF had a highly positive correlation, while the MKF and MKV had a moderate negative correlation with SF-36 life quality score. **Conclusions** The SST, MKF, MKV and PKF in postoperative early gait analysis (14 days) results can be used as the effective indicators to judge postoperative knee function and rehabilitation efficacy of life quality after TKA surgery.

Key words: total knee arthroplasty (TKA); gait analysis; WOMAC knee function; SF-36 life quality

全膝关节置换(total knee arthroplasty, TKA)是目前治疗中晚期膝关节疾患的主要临床治疗方法^[1]。随着生理-心理-社会新型医学模式的建立,只是解决患者疼痛或者延长生存时间的服务显然不能满足患者需求,提高生命质量才是根本追求^[2]。因此,患者术后关节功能的恢复和后续的生活质量逐步成为康复领域的关注重点。

可量化评估TKA术后疗效的步态分析与临床量表评价是现阶段应用较广的评估手段^[3-5]。研究显示,患者TKA前、后以及健、患侧步态参数(如步幅、步速和双支撑时间等指标)存在显著差异^[4,6-7]。但目前有关TKA术后步态参数与临床功能量表、生活质量的关系鲜有报道;且研究关注的术后时期均为3个月之后,缺乏术后早期的步态数据。此外,对TKA患者开展的术后长期随访发现,即使接受了手术和术后康复治疗,患者步行速度、上下楼梯速度、6 min步行实验及自我满意度评价等方面仍不能达到同龄人的水平^[8]。若是能从早期的步态分析数据中寻找出与远期生活质量相关的生物力学指标,将更利于制定TKA术后康复计划,进而提升患者的后续生活质量。

因此,本研究采用三维步态系统分析TKA术后14 d患侧步行特征,运用WOMAC评分量表(Western Ontario and McMaster Universities Arthritis Index)和SF-36健康调查简表(short form 36-item health survey scores)评估患者TKA术后3个月的膝关节功能指数及生活质量,探讨早期步行质量与远期膝关节功能、生活质量的相关性,同时寻找与长期生活质量相关的早期特殊步态指标,为患者TKA术后早期康复干预提供理论基础。

1 研究方法

1.1 研究对象

选取2013年8月~2014年7月入住上海市光华中西医结合医院的18例全膝置换患者,其中男、女患者分别为4、14例。患者基本资料如下:年龄(64.5 ± 9.5)岁,身高(161.6 ± 7.4)cm, BMI(26.0 ± 2.9)kg/cm²;HSS(the Hospital for Special Surgery)评分 64.1 ± 8.9 ;患侧(左/右:10/8)。18名患者均根据美国风湿协会制定的《骨关节炎及类风湿关节炎诊断标准》得到确诊,TKA手术严格遵守中华人民共和国卫生部于2011年7月1日发布的《人工髌、膝关节置换术行业标准》规定的纳入及手术方法。所有患者经过前正中入路人工全膝关节假体(PFC Sigma RPF, Depuy公司,美国)由骨水泥固定,正中切口位于前方膝关节区域选择旁边髌骨内侧。手术中,患者给予抗生素预防感染,同时腹壁注射低分子肝素钠,以防止下肢深静脉血栓形成。步态分析纳入标准:患者膝关节被动屈曲范围 $\geq 90^\circ$;HSS评分 > 40 分。排除标准:膝关节创伤史或疼痛;患有神经系统疾病;双下肢长度差异 > 1 cm;BMI ≥ 33 kg/cm²。术后患者接受统一的围手术期康复治疗,包括连续被动运动以及主动或辅助下进行增大膝关节活动度、肌力训练及步态训练等康复技术。所有患者均已理解本实验意图,并签署步态检测知情同意书。

1.2 测试方案

采用配备12个高速红外摄像头的三维步态分析系统(Motion Analysis System公司,美国)和三维测力台(Model OR6-7, AMTI公司,美国)同步采集

患者TKA术后14 d步态数据,运动学、动力学采样频率分别为0.1、1 kHz。要求患者提前20 min进入步态分析实验室以便熟悉环境,穿着无袖短衫短裤,标志点(marker)放置方案依据Helen Hayes步态模型。受试者以自我感觉舒适的速度行走,每名受试者需采集3次成功的数据。分别采用WOMAC和SF-36量表评估TKA术后3个月患者的膝关节功能和健康相关生活质量。其中,SF-36量表根据生理成分和心理成分所占权重不同分为生理相关和心理相关两部分,生理部分包括生理功能(physical functioning, PF)、生理职能(role physical, RP)、躯体疼痛(bodily pain, BP)、总体健康(general health, GH);心理部分包括活力(vitality, VT)、社会功能(social functioning, SF)、情感职能(role emotional, RE)、心理健康(mental health, MH)。

1.3 数据处理

运动学和动力学数据采用巴特沃斯低通滤波器滤波,截止频率分别为8、50 Hz^[9]。动力学数据用于划分步态周期,脚跟触地时刻定义为测力台垂直方向地面反作用力 $F \geq 20$ N时刻^[10];运动学数据后期处理采用Cortex及OrthoTrack数据编辑分析软件。根据标志点空间坐标计算的步态时空参数包括:步长(step length, SL)、步速(forward velocity, FV)、步频(cadence, C)、单支撑时间(single support time, SST)、双支撑时间(double support time, DST);膝关节运动学参数包括:摆动期膝关节屈角峰值(peak knee flexion at swing, PKF)、站立中期膝关节屈角(knee flexion angle at mid-stance, MKF)、站立中期膝外翻角(knee valgus angle at mid-stance, MKV)。

1.4 统计学分析

数据统计分析使用SPSS 19.0统计软件,所有数据均以均值±标准差表示,同一患者两侧下肢步态分析指标均值比较采用配对 t 检验,步态指标和临床量表的相关性分析采用Pearson相关分析,显著性水平设为 $\alpha = 0.05$,非常显著性水平设为 $\alpha = 0.01$ 。

2 结果

2.1 术后14 d患者健患侧步态参数比较

TKA术后14 d患者健患侧的时空参数及运动

学参数比较显示,术侧SST($P < 0.05$)和PKF($P < 0.01$)均显著小于健侧,术侧MKF($P < 0.01$)和MKV($P < 0.01$)均显著大于健侧(见表1)。

表1 术后14 d患者健患侧步态参数比较(* $P < 0.05$, ** $P < 0.01$)

Tab.1 Comparisons of gait parameters between healthy and operated side of the leg at 14 days after TKA

步态参数	手术侧	健侧
SL/cm	41.19 ± 12.42	39.67 ± 13.97
FV/(cm·s ⁻¹)	63.55 ± 25.21	63.62 ± 25.91
C/(min ⁻¹)	90.96 ± 16.27	91.31 ± 15.98
DST/%	16.83 ± 6.25	17.74 ± 7.11
SST/%	30.84 ± 8.48*	34.93 ± 4.05
PKF/(°)	39.43 ± 12.11**	52.94 ± 11.05
MKF/(°)	14.71 ± 4.12**	5.71 ± 5.51
MKV/(°)	5.55 ± 3.84**	0.08 ± 3.58

2.2 术后14 d步态参数与术后3个月膝关节功能WOMAC评分相关性分析

步行过程中手术侧的时空参数指标中,SL、C及SST($-0.517 < r < -0.572$)与WOMAC评分存在中度负相关($P < 0.05$),FV($r = -0.626$)存在高度负相关($P < 0.01$);膝关节运动学参数指标中,PKF($r = -0.825$)与WOMAC评分存在高度负相关($P < 0.01$),MKF($r = 0.656$)MKV($r = 0.903$)与WOMAC评分存在高度正相关($P < 0.01$),见表2。

表2 术后14 d步态参数与3个月膝关节WOMAC功能评分和SF-36总评分的相关性

Tab.2 Correlation between gait parameters at 14 days and 3-month knee WOMAC functional score and SF-36 total score

步态参数	WOMAC		SF-36	
	r	P	r	P
SL/cm	-0.517	0.028	0.332	0.078
FV/(cm·s ⁻¹)	-0.626	0.005	0.237	0.215
C/(min ⁻¹)	-0.570	0.014	0.584	0.011
SST/%	-0.572	0.013	0.631	0.005
PKF/(°)	-0.825	0.000	0.656	0.003
MKF/(°)	0.656	0.003	-0.563	0.015
MKV/(°)	0.903	0.000	-0.585	0.014

2.3 术后14 d步态参数与术后3个月SF-36评分的相关性分析

除SL、FV外,其余步态参数指标均与SF-36生活质量评分具有显著相关性。其中,SST($r = 0.631$)和PKF($r = 0.656$)具有高度正相关($P < 0.01$),MKF($r = -0.563$)、MKV($r = -0.585$)具有

中度负相关($P < 0.05$),见表2。

步态周期中的 SST 指标与 PF、GH、VT 及 MH ($0.477 < r < 0.560$)具有中度正相关($P < 0.05$),与 RP($r = 0.602$)和 SF($r = 0.737$)具有高度正相关($P < 0.01$); PKF 与 PF、RP 及 BP ($0.494 < r < 0.561$)具有中度正相关($P < 0.05$),与 SF($r =$

0.611)具有高度正相关($P < 0.01$); MKF 与 PF($r = -0.491$)具有中度负相关($P < 0.05$),与 BP($r = -0.600$)及 SF($r = -0.590$)具有高度负相关($P < 0.01$); MKV 与 GH($r = -0.482$)具有中度负相关($P < 0.05$),与 PF($r = -0.608$)及 SF($r = -0.657$)具有高度负相关($P < 0.01$),见表3。

表3 术后14 d步态核心参数与3个月SF-36生活质量的相关性 (* $P < 0.05$, ** $P < 0.01$)

Tab.3 Correlation between gait core parameters at 14 days and SF-36 life quality at 3 months postoperative

步态参数	PF	RP	BP	GH	VT	SF	RE	MH
SST/%	0.477 *	0.602 **	0.460	0.497 *	0.560 *	0.737 **	0.387	0.481 *
PKF/(°)	0.561 *	0.547 *	0.494 *	0.337	0.396	0.611 **	0.296	0.265
MKF/(°)	-0.491 *	-0.392	-0.600 **	-0.265	-0.322	-0.590 **	-0.277	-0.156
MKV/(°)	-0.608 **	-0.416	-0.403	-0.482 *	-0.313	-0.657 **	-0.453	-0.320

3 讨论与结论

TKA 手术是解除患者疼痛、矫正畸形、重建关节功能、提高其生活质量的主要临床手段,并且具有其他保守治疗方法难以替代的优势。但 Bourne 等^[11]针对 1 703 名 TKA 术后患者的调查研究显示,约 19% 患者对术后的结果并不满意,其原因大部分归因于日常生活中步态功能的不完全恢复,远低于患者预期。因此,本文旨在分析 TKA 术后早期健患侧步态差异,探讨步态差异指标与 3 个月膝关节功能 WOMAC 功能评分和 SF-36 生活质量评分的相关性,为 TKA 术后康复干预提供理论基础。

本文采用三维步态分析系统对 TKA 术后 14 d 患者的步态进行分析。步态时空参数未见显著差异,其可能原因是针对 TKA 术后早期康复介入采用了助行器进行站立和行走训练以及肌力等长训练。但步态时空参数与 WOMAC 评分表现出显著负相关,与 SF-36 生活质量评分表现出显著正相关,这一结果与前人的研究结果相类似。Bonnefoy-Mazure 等^[12]对 118 名接受 TKA 患者在术前、术后 3 个月 ($n = 93$)和术后 1 年 ($n = 79$)进行步态分析和临床功能评估,结果显示术后 3 个月和术后 1 年后步态分析的 SL、FV、C、SST 等步态参数与同期的 WOMAC 和 SF-12 评价结果具有相关性。步态分析指标与生活质量相关性研究的这种评估方法也被经常用于全髋置换手术后的分析评估,并得出与本研究相似的结论,认为步行障碍是影响术后生活质量的重要因素^[13]。

本研究结果显示,患侧 MKV 显著大于健侧, MKV 与 WOMAC 功能评分表现出非常显著的正相关,与 SF-36 生活质量总评分表现出显著的负相关,其中,与 BP 和 SF 指标负相关非常显著。Andriacchi 等^[14]研究发现,外翻角度的增大可能会导致股膝关节更大的运动范围,改变关节的接触模式及负荷模式,这些异常的负荷模式会导致聚乙烯材料磨损加剧以及假体周围骨质溶解,减弱对假体的固定作用。而假体无菌性松动和其他磨损相关的并发症是晚期假体翻新和影响患者生活质量的最常见原因。Sharma 等^[15]研究发现,较大的外翻角度与较差的 WOMAC 功能评分有很强的相关性,这与本文结果相一致。

患侧 MKF 显著大于健侧,与 WOMAC 功能评分和 SF-36 生活质量表现出显著相关性。研究显示,步态过程中站立中期的膝关节屈角对于缓冲下肢的冲击载荷较为重要,TKA 患者为降低患侧膝关节载荷常表现出较大的 MKF,进而导致患侧 SST 变短,其主要是股四头肌肌力不足及控制障碍造成膝关节伸膝力矩降低^[16],这也是本文结果中患侧 SST 和 MKF 小于健侧的原因。研究发现,术侧 MKF 的增大会继而引起健侧的长期载荷增加,并易导致骨性关节炎而面临再次置换的风险^[17-18]。此外,机体经常通过增大膝外翻角度代偿途径来获得足够的前向动力^[19],本文也同样发现这一现象。Rahman 等^[20]研究认为,术侧站立中期膝关节弯曲角度是影响步态质量的核心指标。

步态过程中患侧的摆动期 PKF 是体现关节可

动性、肌肉收缩性和协调性的敏感指标。Ebert等^[21]通过对108名TKA患者的跟踪观察发现,术后早期膝关节的主动屈曲能力与远期的功能恢复具有相关性,认为步态过程中摆动期PKF是影响功能的重要因素。这一研究结果与本文研究结论一致。同时,本研究发现,术侧摆动期PKF与生活质量表现出显著正相关,其中与SF指标相关性尤为突出。

生存质量作为评价治疗效果的一项指标正在日益受到重视。本文研究结果显示,步态参数中SST、PKF、MKF、MKV均与PF和SF表现出显著相关性,这基本可以反映出TKA患者由于PF降低而不愿参加社会活动,进而严重影响患者后续的生活质量,社会参与度的降低又反过来限制了其MH和PF的康复。

综上所述,在众多的生物力学指标中,SST、MKV、MKF及PKF是TKA术后步态异常的核心要素,甚至具有因果关系,并可以作为术后早期预后判断的重要指标。此外,TKA患者在手术风险和术后疼痛等多重刺激下经常出现焦虑、抑郁等一系列心理问题,忽略心理方面的康复将不利于患者健康相关生活质量的提高。本文讨论了步态差异以及与远期生活质量的相关性,发现了诸多影响患者功能的异常指标,但研究局限性如下:①选取的样本量较小,且未对性别因素的影响做进一步研究;②缺乏患者心理层面的评估研究,故后续应着力于大样本量的患者术后心理情绪变化的研究及早期康复计划的制定,为TKA术后患者早期康复干预提供更完善的理论基础。

TKA术后患者步态异常依然存在,并且对患者远期的功能恢复有影响。术后早期(14 d)步态分析结果中术侧SST、MKF、MKV及PKF可以作为判断TKA手术预后膝关节功能及生活质量康复疗效的有效指标。

参考文献:

[1] 林昊,张余,李国安.人工全膝关节研究新进展[J]. 医用生物力学,2012,27(2):115-121.
LIN H, ZHANG Y, LI GA. Recent progress in total knee arthroplasty research [J]. J Med Biomech, 2012, 27(2): 115-121.

[2] MCHORNEY CA, WARE JE, RACZEK AE. The MOS 36-

Item Short-Form Health Survey (SF-36): II. Psychometric and clinical tests of validity in measuring physical and mental health constructs [J]. Med Care, 1993, 31(3): 247-263.

[3] KREIBICH DN, VAZ M, BOURNE RB, et al. What is the best way of assessing outcome after total knee replacement? [J]. Clin Orthop Relat Res, 1996, 331(331): 221-225.

[4] OTSUKI T, NAWATA K, OKUNO M. Quantitative evaluation of gait pattern in patients with osteoarthritis of the knee before and after total knee arthroplasty. Gait analysis using a pressure measuring system [J]. J Orthop Sci, 1999, 4(2): 99-105.

[5] 周伯禧,吴浚哲. 膝关节病变患者手术后步态研究[J]. 医用生物力学,1995,10(3):130-137.
ZHOU BX, WU JZ. Gait analysis after reconstructive knee surgery [J]. J Med Biomech, 1995, 10(3): 130-137.

[6] OUELLET D, MOFFET H. Locomotor deficits before and two months after knee arthroplasty [J]. Arthritis Care Res. 2002, 47(5): 484-493.

[7] SAARI T, TRANBERG R, ZÜGNER R, et al. Changed gait pattern in patients with total knee arthroplasty but minimal influence of tibial insert design: Gait analysis during level walking in 39 TKR patients and 18 healthy controls [J]. Acta Orthop, 2005, 76(2): 253-260.

[8] 李建华,王健. 表面肌电图诊断技术临床应用[M]. 杭州:浙江大学出版社,2015.

[9] LUGADE V, LIN V, CHOU LS. Center of mass and base of support interaction during gait [J]. Gait Posture, 2011, 33(3): 406-411.

[10] KARAMANIDIS K, ARAMPATZIS A, MADEMLI L. Age-related deficit in dynamic stability control after forward falls is affected by muscle strength and tendon stiffness [J]. J Electromyogr Kinesiol, 2008, 18(6): 980-989.

[11] BOURNE RB, CHESWORTH BM, DAVIS AM, et al. Patient satisfaction after total knee arthroplasty: Who is satisfied and who is not? [J]. Clin Orthop Relat Res, 2010, 468(1): 57-63.

[12] BONNEFOY-MAZURE A, ARMAND S, JUNIOR YS, et al. Knee kinematic and clinical outcomes evolution before, three months and one year following total knee arthroplasty [J]. J Arthroplasty, 2016, 32(3): 793-800.

[13] SLIWINSKI M, SISTO S. Gait, quality of life, and their association following total hip arthroplasty [J]. J Geriatr Phys Ther, 2006, 29(1): 10-17.

[14] ANDRIACCHI TP, MÜNDERMANN A, SMITH RL, et al. A framework for the *in vivo* pathomechanics of osteoarthritis at the knee [J]. Ann Biomed Eng, 2004, 32(3): 447-457.

[15] SHARMA L, CAHUE S, SONG J, et al. Physical function

- ning over three years in knee osteoarthritis; Role of psychosocial, local mechanical, and neuromuscular factors [J]. *Arthritis Rheum*, 2003, 48(12): 3359-3370.
- [16] 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.
- [17] SHAKOOR N, BLOCK JA, SHOTT S, *et al.* Nonrandom evolution of end-stage osteoarthritis of the lower limbs [J]. *Arthritis Rheum*, 2002, 46(12): 3185-3189.
- [18] 马青川, 肖丽英, 李志昌, 等. 单侧全膝关节置换术后两下肢受力不对称性的影响因素[J]. *医用生物力学*, 2015, 30(1): 89-93.
- MA QC, XIAO LY, LI ZC, *et al.* Factors affecting asymmetrical lower extremity loading after unilateral total knee arthroplasty [J]. *J Med Biomech*, 2015, 30(1): 89-93.
- [19] ARDESTANI MM, MOAZEN M. How human gait responds to muscle impairment in total knee arthroplasty patients: Muscular compensations and articular perturbations [J]. *J Biomech*, 2016, 49(9): 1620-1633.
- [20] RAHMAN J, TANG Q, MONDA M, *et al.* Gait assessment as a functional outcome measure in total knee arthroplasty: A cross-sectional study [J]. *BMC Musculoskel Disord*, 2015, 16(1): 1-9.
- [21] EBERT JR, MUNSIE C, JOSS B. guidelines for the early restoration of active knee flexion after total knee arthroplasty: Implications for rehabilitation and early intervention [J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 2014, 95(6): 1135-1140.