

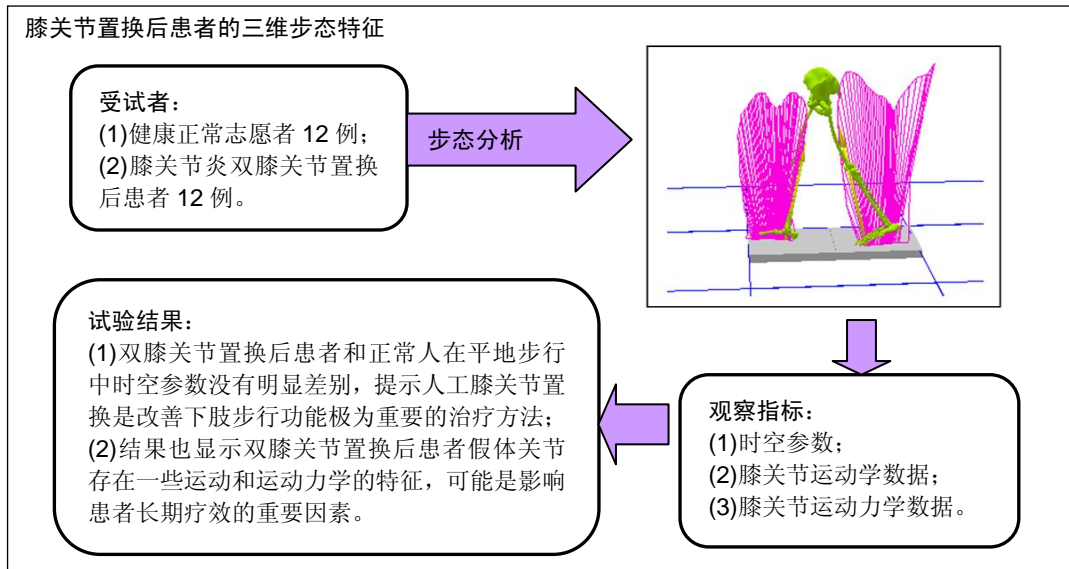
膝关节置换后患者的三维步态特征

黄萍¹, 陈博¹, 刘志宏¹, 许萍²(¹上海市伤骨科研究所, 上海市中西医结合防治骨与关节病损重点实验室, 上海交通大学医学院附属瑞金医院, 上海市 200025; ²上海健康医学院, 上海市 201318)

DOI:10.3969/j.issn.2095-4344.1004

ORCID: 0000-0001-8732-8452(许萍)

文章快速阅读:



黄萍, 女, 1968 年生, 湖北省咸宁市人, 汉族, 2004 年上海复旦大学毕业, 主管技师, 主要从事生物力学研究。

并列第一作者: 陈博, 男, 1981 年生, 山西省临汾市人, 汉族, 香港大学在读博士, 主要从事生物力学研究。

通讯作者: 许萍, 硕士, 讲师, 上海健康医学院, 上海市 201318

中图分类号:R496

文献标识码:A

稿件接受: 2018-07-23

文题释义:

膝关节置换: 指用生物相容性与机械性能良好的金属材料制成的一种类似人体骨关节的人工膝关节假体。用手术方法将假体置换被疾病或损伤所破坏的膝关节面, 其目的是切除病灶、缓解疼痛、恢复关节的活动与原有的功能。尽管人工膝关节假体的寿命达到 15-20 年, 但是磨损和松动等临床问题依然制约着人工膝关节的使用寿命。而体内膝关节运动、动力学承载等情况与人工膝关节假体的失效有着直接的关系。

三维步态分析: 三维步态分析是现代实验室所采用的数字化、高科技的步态分析系统, 由一组通过网络将三维运动捕捉系统、三维测力台等连接起来, 获取运动学和动力学等数据, 对人类行走状态进行分析的一种生物力学研究方法。三维步态分析能够提供一系列时间、几何、力学等参数值和曲线, 能够客观定量地评定人体步行功能。

摘要

背景: 膝关节置换后患者的步态越来越受到临床医生和研究者关注。

目的: 定量评价膝关节置换后患者的步行功能和膝关节生物力学变化, 评定手术疗效, 探索最佳的治疗策略和置换后康复方案。

方法: 采用英国 Vicon 三维运动捕捉系统对膝关节炎双膝关节置换后患者 12 例(试验组)和 12 例相匹配的健康志愿者(对照组)进行步态测试, 以 Polygon 软件分析受试者步行能力和膝关节三维运动学及动力学特征。

结果与结论: ①时空参数(步频、双足支撑期、对侧足跟着地比、对侧足尖离地比、单足支撑期、步长、一步时间、步宽、步幅、步行周期、步速): 2 组相比差异均无显著性意义($P > 0.05$); ②角度: 试验组膝关节屈曲角度峰值、内翻角度峰值、冠状面上最大活动范围均减小, 与对照组相比差异有显著性意义($P < 0.05$); ③角速度和角加速度: 试验组膝关节角速度峰值、角速度平均值、角加速度峰值、角加速度平均值均减小, 与对照组相比差异有显著性意义($P < 0.05$); ④力矩: 试验组膝关节伸展力矩峰值减小, 与对照组相比差异有显著性意义($P < 0.05$); ⑤地面反力: 试验组 Y 轴和 Z 轴方向地面反作用力峰值减小, 与对照组相比差异有显著性意义($P < 0.05$); ⑥结果表明, 试验组患者和正常人在平地步行中时空参数没有明显差别, 提示人工膝关节置换是改善下肢步行功能极为重要的治疗方法。但是结果也显示置换后患者假体关节存在一些运动和运动力学的异常, 膝关节的生物力学没有完全达到正常水平, 这些变化是人工膝关节置换后的运动生物力学特征, 可能是影响患者长期疗效的重要因素。

关键词:

膝关节; 关节置换术; 三维; 运动; 生物力学; 步态分析

主题词:

关节成形术, 置换, 膝; 生物力学; 组织工程

基金资助:

上海市卫生和计划生育委员会面上项目(201640190); 上海市卫生和计划生育委员会面上项目(201740165)

Huang Ping,
Technician-in-charge,
Shanghai Institute of
Traumatology and
Orthopedics, Shanghai Key
Laboratory for Prevention
and Treatment of Bone and
Joint Diseases with
Integrated Chinese-Western
Medicine, Ruijin Hospital of
Shanghai Jiao Tong
University School of
Medicine, Shanghai 200025,
China

Chen Bo, Doctoral candidate,
Shanghai Institute of
Traumatology and
Orthopedics, Shanghai Key
Laboratory for Prevention
and Treatment of Bone and
Joint Diseases with
Integrated Chinese-Western
Medicine, Ruijin Hospital of
Shanghai Jiao Tong
University School of
Medicine, Shanghai 200025,
China

Huang Ping and Chen Bo
contributed equally to this
work.

Corresponding author:
Xu Ping, Master, Lecturer,
Shanghai University of
Medicine & Health Sciences,
Shanghai 201318, China

Three-dimensional gait characteristics of patients after knee arthroplasty

Huang Ping¹, Chen Bo¹, Liu Zhihong¹, Xu Ping² (¹Shanghai Institute of Traumatology and Orthopedics, Shanghai Key Laboratory for Prevention and Treatment of Bone and Joint Diseases with Integrated Chinese-Western Medicine, Ruijin Hospital of Shanghai Jiao Tong University School of Medicine, Shanghai 200025, China; ²Shanghai University of Medicine & Health Sciences, Shanghai 201318, China)

Abstract

BACKGROUND: Gait of patients after knee arthroplasty has arisen much attention from physicians and researchers.

OBJECTIVE: To quantitatively assess the function and the biomechanical changes of knee joints after knee arthroplasty, and to evaluate the curative effect, so as to select the best treatment strategy and postoperative rehabilitation program.

METHODS: Twelve patients with knee arthritis undergoing bilateral knee arthroplasties (trial group) and 12 healthy individuals (control group) were enrolled, and the gait test was performed using the British Vicon three-dimensional motion capture system. The walking ability and three-dimensional kinematic and dynamic characteristics of the knee joint were analyzed with Polygon software.

RESULTS AND CONCLUSION: (1) Time-space parameters (step frequency, bipedal support period, ratio of opposite heel to landing, ratio of toes to off-site of the opposite side, single-foot support period, step length, step time, step width, stride, walking cycle, pace) showed no significant differences between groups ($P > 0.05$). (2) The peak knee flexion angle, peak knee varus angle, and maximum motion range on the coronal plane were significantly decreased in the trial group, compared with the control group ($P < 0.05$). (3) The peak value of angular velocity, average angular velocity, peak angular acceleration, and average angular acceleration of the knee joint in the trial group were significantly decreased compared with the control group ($P < 0.05$). (4) The peak value of the extension torque of the knee joint in the trial group was significantly decreased compared with the control group ($P < 0.05$). (5) The peak ground reaction force in the Y-axis and Z-axis directions in the trial group was significantly decreased compared with the control group ($P < 0.05$). (6) These results suggest that there is no significant difference in time-space parameters between trial and control groups during ground walking, indicating that knee arthroplasty is an important treatment for the improvement of lower limb walking function. However, the results of this study also show that there are some abnormalities in the motion and movement mechanics of the prosthetic joint after surgery. The biomechanics of the knee joint is not fully up to normal level. These changes are the sport biomechanical characteristics after knee arthroplasty, which may be an important factor affecting the long-term efficacy of patients.

Subject headings: Arthroplasty, Replacement, Knee; Biomechanics; Tissue Engineering

Funding: the General Program of Shanghai Municipal Commission of Health and Family Planning, No. 201640190 and 201740165

0 引言 Introduction

人工膝关节置换指用生物相容性与机械性能良好的金属材料制成的一种类似人体骨关节的假体。用手术方法将假体置换被疾病或损伤所破坏的关节面,其目的是切除病灶、缓解疼痛、恢复关节的活动与原有的功能。适用于各种原因引起的膝关节疼痛、畸形、行走不稳及严重影响工作生活,经过正规的保守治疗,不能改善的膝关节疾病,主要包括退行性骨关节炎、类风湿性关节炎、创伤性骨关节炎、血友病性关节炎、静息的感染性关节炎(包括关节结核)、少数老年人的髌股关节炎、少数原发性或继发性骨软骨坏死性疾病、骨肿瘤等^[1-9]。术后患者的生活质量可以得到明显提高,困扰患者多年的关节疼痛和活动能力下降都得到明显改善,患者可以自行行走、外出、上下楼梯,满足患者生活和社交需求。手术前后关节功能评定主要普遍采用美国特种外科医院膝关节评分标准进行评定^[10-11]。美国特种外科医院评分靠患者主诉症状和临床医师的主观判断,缺少对患者行走功能的定量分析。而三维步态分析能够对人体行走时的步态和关节运动学、动力学进行观察分析,提供一系列时间、几何、力学等参数值和曲线,能够客观定量地评定人体步行功能^[12-16]。作者采用先进的英国Vicon三维运动捕捉系统对膝关节置换后12例患者和健康志愿者12例进行步态测试分析,以描述和反映膝关节置换后患者步行能力和肢体功能的变化情况,通过生物力学方法评定手术疗效,以此提供科学客观的理论依据,从而寻求最佳的手术方案和术后康复方法。

1 对象和方法 Subjects and methods

1.1 设计 病例-对照试验。

1.2 时间及地点 于2011年至2016年在上海市伤骨科研究所运动功能测试室完成。

1.3 测试对象 2011年至2016年选择上海瑞金医院骨科收治的膝关节炎双膝关节置换后3个月至10年且可以独立步行的患者12例作为试验组,其中男4例,女8例;年龄56-75(67.67±4.85)岁;体质量38-105(67.00±19.17) kg;身高1.45-1.85(1.58±0.12) m。另外招募来自该院的12例健康志愿者(工作人员)作为对照组。入选参试者的挑选由一位固定的研究人员来进行。2组受试者在性别、年龄、体质量、身高等方面配备,具有可比性($P > 0.05$)。受试者对试验均知情同意,试验经过上海瑞金医院伦理委员会批准并签字。

试验组纳入标准: ①选择膝关节炎双膝关节置换后至少3个月患者; ②术前患者的症状及影像学严重程度相当; ③无术后并发症,随访恢复结果良好,能独立行走; ④无其他下肢疾病和手术史; ⑤无严重的心肺和神经系统疾病。

健康对照组纳入标准: ①与试验组患者年龄、性别、身高、体质量相匹配; ②身体健康,膝关节正常,不存在下肢关节疾病; ③听力、视觉、理解力无明显异常。

排除标准: ①严重心肺脑疾病; ②心理和精神异常; ③伴其他疾病不适合运动者。

1.4 实验仪器 应用英国Vicon Nexus光学运动捕捉系统(该系统硬件主要包括红外线反光球、10台T40红外线摄

像头、信息转换控制器、计算机等)和2个美国AMTI-OR6-7型三维测力台(测力台尺寸508 mm×464 mm)采集, 处理、运算测试数据。10台红外线摄像机(频率设为100 Hz)分别固定在实验室墙上, 2个三维测力台纵行排列嵌入地表, 测力台上及周边均铺上薄垫, 将测试范围的长、宽分别延长至9 m和0.9 m, 让受试者有足够长的测试道, 可以自然在上面行走。用 Polygon软件进行一个步态周期的时空参数、运动学、动力学参数分析。分析过程设定如下:

关节角度和关节力矩设定: ①矢状面: 膝关节屈曲为正(伸展为负); ②冠状面: 膝关节内翻为正(外翻为负); ③水平面: 膝关节内旋为正(外旋为负)。

地板反力的方向设定: ①X轴方向: 为内外方向; ②Y轴方向: 为前后方向; ③Z轴方向: 为垂直方向。

1.5 方法 测试前关好门窗, 拉好窗帘, 防止外界光线射入, 清除室内一切发光的物体, 避免外来的发光点对采集数据的干扰。调整室内温度25-28 ℃。然后进行整个测试系统标定, 标定后计算机中显示的红外摄像机应在安装的空间位置上。受试者脱鞋袜, 更换实验专用的紧身衣裤, 充分暴露双下肢和腰部, 防止衣物对反光点遮挡。测量被测试者身高、体质量、下肢长度(即髌前上棘至内踝的长度)、膝宽(即膝内外侧的宽度)、踝宽(内外踝之间的宽度)。然后使用直径14 mm反射标记球进行体表标记。标记点固定部位按系统模块选择16个标记点, 分别粘贴于被检查者的左右两侧髌前上棘; 髌后上棘; 大腿外侧下1/3处, 略低于手摆过的位置; 膝外上髌; 小腿外侧下1/3处; 外踝顶点; 第二跖骨头; 足后跟, 与第二跖骨头标记同一高度。嘱被检查者抬头挺胸、眼睛平视前方, 双足与双肩同宽, 保持标准站立姿势, 系统记录各标记点的空间测试原点, 建立静态模型。然后告诉被检查者按照平时习惯行走方式及速度在长9 m的步行地毯上直走, 保证行走过程中每只脚分别踏在一块测力台上, 行走6次或6次以上。从动态采集中选择图像质量好, 行走姿态自然, 每人取3次行走, 每次行走截取测力台上的左右足各一个步态周期分析。然后将患者双下肢平均数据与健康对照组双下肢平均数据进行比较。

1.6 主要观察指标 时空参数、膝关节角度、膝关节角速度和角加速度、膝关节力矩、地面反作用力3个方向(内外方向、前后方向、垂直方向)。

1.7 统计学分析 采用SPSS 13.0进行统计学分析。研究数据以 $\bar{x} \pm s$ 表示, 计量资料比较采用独立样本均数 t 检验, $P < 0.05$ 表示差异有显著性意义。为便于比对, 所有峰值都取绝对值。

2 结果 Results

2.1 参与者数量分析 按意向性处理, 纳入膝关节炎双膝关节置换后3个月至10年且可以独立步行的患者12例作为试验组, 另外招募12例健康志愿者作为对照组。全部进入结果分析, 无脱落。流程见图1。

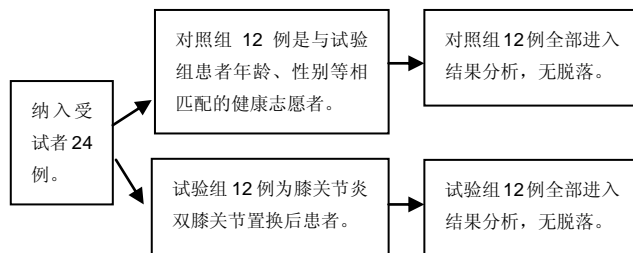


图1 两组患者分组流程图
Figure 1 Flow chart of the patient allocation

2.2 一般资料 2组基线资料比较差异无显著性意义($P > 0.05$), 具有可比性, 见表1。

表1 两组受试者一般资料比较 (n=12)
Table 1 Comparison of baseline data between two groups

组别	性别(男/女, n)	年龄($\bar{x} \pm s$, 岁)	体质量($\bar{x} \pm s$, kg)	身高($\bar{x} \pm s$, m)
试验组	4/8	67.67±4.85	67.00±19.17	1.58±0.12
对照组	3/9	63.25±6.58	64.83±14.30	1.64±0.07
统计值	-0.432	-1.872	-0.314	1.358
P值	0.670	0.075	0.757	0.188

2.3 时空参数 2组受试者时空参数比较结果见表2。

表2 两组受试者自然步态下时空参数比较 ($\bar{x} \pm s$, n=12)
Table 2 Comparison of time-space parameters in normal gait between two groups

项目	试验组	对照组	t值	P值
步频(步/min)	101.22±10.62	103.81±10.68	0.596	0.558
双足支撑期(s)	0.25±0.04	0.29±0.09	1.288	0.211
对侧足跟着地比(%)	0.50±0.00	0.05±0.01	0.511	0.614
对侧足尖离地比(%)	0.10±0.01	0.12±0.02	1.921	0.068
单足支撑期(s)	0.48±0.06	0.45±0.03	-1.692	0.105
步长(m)	0.53±0.06	0.56±0.04	1.110	0.279
一步时间(s)	0.60±0.07	0.59±0.07	-0.544	0.592
步宽(m)	0.14±0.05	0.13±0.04	-0.044	0.965
步幅(m)	1.06±0.13	1.12±0.08	1.333	0.196
步行周期(s)	1.20±0.14	1.17±0.14	-0.525	0.605
步速(m/s)	0.90±0.18	0.98±0.15	1.111	0.279

表2显示, 时空参数(步频、双足支撑期、对侧足跟着地比、对侧足尖离地比、单足支撑期、步长、一步时间、步宽、步幅、步行周期、步速), 试验组与对照组比较差异均无显著性意义($P > 0.05$)。

2.4 膝关节运动角度和最大活动范围 2组受试者膝关节运动角度峰值和最大活动范围比较结果见表3。

表3显示, 试验组膝关节屈曲角度峰值和内翻角度峰值减小, 与对照组比较差异有显著性意义($P < 0.05$); 冠状面上试验组膝关节运动最大活动范围减小, 与对照组比较差异有显著性意义($P < 0.05$)。

2.5 膝关节运动角速度和角加速度 2组受试者膝关节运动角速度和角加速度比较结果见表4。

表3 两组受试者膝关节角度峰值和最大活动范围比较($\bar{x}\pm s$, $n=12$, °)
Table 3 Comparison of the peak angle and maximum motion range of knee joint between two groups

项目	试验组	对照组	t 值	P 值
屈曲角	50.69±7.16	57.61±7.39	2.331	0.029
伸展角	0.95±6.00	1.51±6.68	0.216	0.831
矢状面最大活动范围	49.74±9.98	56.10±5.72	1.918	0.068
内翻角	5.20±9.80	20.14±14.24	2.995	0.007
外翻角	8.21±7.86	4.42±4.35	1.461	0.158
冠状面最大活动范围	13.41±6.35	24.57±12.37	2.781	0.013
内旋角	1.35±10.84	1.16±8.06	-0.642	0.527
外旋角	11.63±8.33	18.61±9.48	-1.916	0.068
水平面最大活动范围	12.98±5.56	17.45±5.73	1.942	0.065

表4 两组受试者膝关节角速度和角加速度比较 ($\bar{x}\pm s$, $n=12$)
Table 4 Comparison of angular velocity and angular acceleration between the two groups

项目	试验组	对照组	t 值	P 值
膝关节角速度峰值(rad/s)	306.64±69.97	377.53±58.27	2.697	0.013
膝关节角速度平均值(rad/s)	115.44±28.74	146.77±24.57	2.871	0.009
膝关节角加速度峰值(rad/s ²)	3 926.07±1 331.85	5 214.71±1 333.47	2.369	0.027
膝关节角加速度平均值(rad/s ²)	1 619.42±520.84	2 245.10±636.28	2.383	0.026

表4显示, 试验组膝关节角速度峰值、膝关节角速度平均值、膝关节角加速度峰值、膝关节角加速度平均值均减小, 与对照组比较差异有显著性意义($P < 0.05$)。

2.6 膝关节力矩 2组受试者膝关节力矩峰值比较结果见表5。

表5 两组受试者膝关节力矩峰值比较 [$\bar{x}\pm s$, $n=12$, (N·mm)/kg]
Table 5 Comparison of the peak torque of knee joint between two groups

项目	试验组	对照组	t 值	P 值
屈曲力矩	229.11±111.63	299.76±198.25	1.076	0.294
伸展力矩	299.50±143.54	453.61±190.29	-2.240	0.036
内翻力矩	380.97±116.56	436.79±111.20	1.200	0.243
外翻力矩	63.98±38.29	46.49±25.80	1.312	0.203
内旋力矩	131.74±44.77	153.87±68.58	0.936	0.359
外旋力矩	9.28±3.67	14.26±8.80	-1.811	0.091

表5显示, 试验组膝关节伸展力矩峰值减小, 与对照组比较差异有显著性意义($P < 0.05$)。

2.7 地面反作用力 2组受试者3个方向地面反作用力峰值比较结果见表6。

表6显示, 试验组Y轴和Z轴方向地面反作用力峰值减小, 与对照组比较差异有显著性意义($P < 0.05$)。

表6 两组受试者3个方向地面反作用力峰值比较 ($\bar{x}\pm s$, $n=12$, N/kg)
Table 6 Comparison of the peak ground reaction force in three directions between two groups

项目	试验组	对照组	t 值	P 值
X轴方向地面反作用力峰值	0.49±0.12	0.48±0.11	-0.112	0.912
Y轴方向地面反作用力峰值	0.57±0.37	1.05±0.62	2.356	0.030
Z轴方向地面反作用力峰值	10.13±0.44	10.59±0.58	2.192	0.039

3 讨论 Discussion

3.1 膝关节置换手术的评估 目前在膝关节假体置换评估中, 大多采用关节评分系统, 但因主观因素多, 倚倚较大, 而影像学评估包括X射线、CT、MRI等是一个静态客观评价, 并不能了解膝关节运动学特征。另有研究发现, 许多患者全膝关节置换后步态虽然逐渐恢复正常, 但仍存在膝周肌力失衡及膝关节负荷异常, 这可能成为日后假体机械性松动的危险因素之一^[17-19]。故临床迫切需要一种客观、准确的功能评价方法, 以描述和反映患者人工膝关节置换手术后的肢体运动功能情况。三维步态分析是一种可以定量分析人体运动特征的研究方法, 随着光、电测量技术及信息处理技术的不断发展, 这一方法已沿着多指标、多领域的评价综合系统方向发展。

此次研究运用三维运动捕捉系统, 在人体体表粘贴16个红外反射标记点, 利用10镜头红外感应装置捕捉反射红外信号来记录运动时标记点的运动数据, 以此获得膝关节置换术后患者行走时的三维运动客观性数据, 可以更为准确的了解膝关节的生物力学变化, 进而探索最佳的治疗手段和手术后的康复方法^[20]。

3.2 时空参数 张曼等^[21]报道, 膝骨性关节炎患者步行速度、步长均比正常人明显减小, 支撑相所用时间, 支撑相在整个步态周期里所占百分比正常人明显延长。邢宝瑞等^[22]也研究得出, 膝骨性关节炎患者手术前步长短、步幅小、步频少, 膝关节置换术后患者的步长、步幅、步频均有所增加。本研究结果显示: 时空参数(步频、双足支撑期、跛行指数、对侧足跟着地比、对侧足尖离地比、单足支撑期、步长、一步时间、步宽、步幅、步行周期、步速), 试验组与对照组比较差异无显著性意义($P > 0.05$)。说明随着医疗技术和科研水平的不断进步, 人工膝关节置换后3个月至10年的患者平地步行过程中, 双下肢交替循环迈步, 相互协调适应, 具有较好的步态对称性, 人工膝关节置换后步态基本恢复正常, 说明人工膝关节置换手术对下肢步行功能的改善是越来越完好、越来越重要的治疗方法。

3.3 运动学参数 此次研究试验组膝关节屈曲角度峰值和内翻角度峰值减小, 与对照组比较差异有显著性意义($P < 0.05$); 冠状面上试验组患者膝关节最大活动范围减小, 与对照组比较差异有显著性意义($P < 0.05$)。这说明可能是由于: ①人工膝关节置换术后患者的股骨及相对应的胫骨平台解剖结构发生了变化, 术后没有完全恢复正常,

影响其步态; ②假体关节与正常的膝关节还是存在一些差异, 人工膝关节置换术后患者的膝关节活动有一定的限制; ③患者害怕假体关节松动、脱位, 不敢最大限度的进行膝关节屈曲、内翻等活动; ④或者是患者减少膝关节屈曲角度和内翻角度, 来适应新的动态稳定模式, 从而获得整体稳定的步行模式。因此人工膝关节置换后患者膝关节屈曲、内翻、冠状面最大活动范围减小。此次结果与一些文献报道基本一致^[23-25]。

另外试验组膝关节角速度峰值、角速度平均值、角加速度峰值、角加速度平均值均减小, 与对照组比较差异有显著性意义($P < 0.05$)。进一步说明膝关节置换后患者膝关节的运动能力有一定限制。

其他的一些运动学指标(伸展角、矢状面最大活动范围、外翻角、内旋角、外旋角、水平面最大活动范围), 试验组与对照组比较差异无显著性意义($P > 0.05$)。说明膝关节置换后患者膝关节的运动学指标大部分恢复到正常人水平。

从上述分析结果可以得出, 人工膝关节置换后, 膝关节的运动学指标大部分恢复到正常人水平, 但与正常人还有一些差距。

3.4 动力学参数

此次研究结果显示: 试验组患者膝关节伸直力矩峰值减小, 与正常人比较差异有显著性意义($P < 0.05$); 2组比较膝关节的伸直角度虽无统计学差异, 但试验组患者膝关节伸直角度也较对照组减小。根据膝伸直力矩的大小取决于膝伸肌肌力和伸直力臂2个因素, 这表明可能是: ①患者因顾虑膝关节假体的脱位不敢大幅度用力伸膝, 从而减小了伸膝肌主动和(或)抗阻收缩。久而久之, 导致伸膝肌的废用、收缩力减弱; ②由于患者术后常规日常活动指导中会强调并交待患者限制膝伸直角度, 膝伸直角度减小, 则膝伸直力矩会相应减小。人体在步行运动过程中, 下肢关节通过协同作用共同驱动人体向前方向的摆动, 若膝关节伸展力矩减弱, 则会减少相应关节驱动下肢的能力^[26]。另外人行走中, 膝关节伸膝接近终点时(大约屈曲 20°), 膝关节的继续伸展伴随着股骨髁相对于胫骨平台的内旋, 至膝关节完全伸直, 这种伸屈与轴向旋转必不可少的复合称为“伸直锁定”。“伸直锁定”后的膝关节能够获得充分的稳定, 这对于长期有效的站立行走有着十分重要的生物力学意义^[27]。如果人工膝关节置换后, 膝关节不能完全伸直, 则会影响患者长期有效的站立行走。

此次测试还得出: 试验组前后方向和垂直方向地面反作用力峰值减小, 与对照组比较差异有显著性意义($P < 0.05$)。这可能是膝关节置换后膝关节周围肌肉存在功能不足导致, 肌肉是人运动的原动力, 如果膝关节置换后膝关节周围肌肉的功能没有恢复正常, 则行走过程中肌肉动力就会减弱, 进而导致地面反作用力较小^[28-30]。

其他的大部分运动学指标(屈曲力矩、力矩、内翻力

矩、外翻力矩、内旋力矩、外旋力矩、左右方向地板反力), 试验组与对照组比较差异无显著性意义($P > 0.05$)。人工膝关节置换后, 膝关节的运动力学接近于正常,

从上述分析结果可以得出, 人工膝关节置换后, 膝关节的运动力学参数接近于正常, 但没有全部恢复到正常人群标准。

3.5 结论 根据以上的研究结果提示, 此次研究中发现试验组患者和正常人在平地步行中时空参数没有明显差别, 提示人工膝关节置换手术对下肢步行功能的改善是极为重要的。但是此次研究结果也显示手术后患者存在假体关节一些运动和运动力学的异常, 膝关节的生物力学没有完全达到正常水平, 这些变化是人工膝关节置换后的运动生物力学特征, 对患者日常活动的稳定性和安全性造成潜在的不良影响, 可能也是影响患者长期疗效的重要因素。分析这些因素, 设计并采取一些针对性措施, 使人工膝关节置换在治疗患者方面更加完美。所以通过三维步态分析对膝关节置换患者进行功能量化评价, 可以更为准确地了解术后膝关节的生物力学变化, 比较与正常人群的差异, 从而寻求最佳的手术方案, 也是康复功能训练要解决的针对性问题。

致谢: 感谢上海交通大学医学院附属瑞金医院医生的积极配合; 感谢上海市伤骨科研究所运动功能测试室的工作人员提供工作方便、指导和帮助。

作者贡献: 陈博负责试验设计, 黄萍负责试验实施, 许萍负责评估, 刘志宏负责随访。黄萍、陈博成文, 许萍审核。

经费支持: 该文章接受了“上海市卫生和计划生育委员会面上项目(201640190)、上海市卫生和计划生育委员会面上项目(201740165)”的基金资助。所有作者声明, 经费支持没有影响文章观点和对研究数据客观结果的统计分析及其报道。

利益冲突: 文章中治疗干预手段采用英国 Vicon Nexus 光学运动捕捉系统和美国 AMTI-OR6-7 型三维测力台, 文章的全部作者声明, 没有接受该器械的任何资助, 在课题研究和文章撰写过程, 不存在利益冲突。

机构伦理问题: 该临床研究的实施符合《赫尔辛基宣言》和上海交通大学医学院附属瑞金医院对研究的相关伦理要求。

知情同意问题: 参与试验的患病个体及其家属为自愿参加, 均对试验过程完全知情同意, 在充分了解本治疗方案的前提下签署了“知情同意书”。

写作指南: 该研究遵守《非随机对照临床试验研究报告指南》(TREND 声明)。

文章查重: 文章出版前已经过专业反剽窃文献检测系统进行 3 次查重。

文章外审: 文章经小同行外审专家双盲外审, 同行评议认为文章符合本刊发稿宗旨。

生物统计学声明: 文章统计学方法已经上海交通大学医学院附属瑞金医院生物统计学专家审核。

文章版权: 文章出版前杂志已与全体作者授权人签署了版权相关协议。

开放获取声明: 这是一篇开放获取文章, 根据《知识共享许可协议》“署名-非商业性使用-相同方式共享 4.0”条款, 在合理引用的情况下, 允许他人以非商业性目的基于原文内容编辑、调整和扩展, 同时允许任何用户阅读、下载、拷贝、传递、打印、检索、超级链接该文献, 并为之建立索引, 用作软件的输入数据或其它任何合法用途。

4 参考文献 References

- [1] Carr AJ, Robertsson O, Graves S, et al. Knee replacement. *Lancet*. 2012;379(9823):1331-1340.
- [2] Ishikawa M, Kuriyama S, Ito H, et al. Kinematic alignment produces near-normal knee motion but increases contact stress after total knee arthroplasty: A case study on a single implant design. *Knee*. 2015;22(3):206-212.
- [3] 郑伟宏,高大伟,唐剑邦,等.膝关节置换术后康复治疗小组模式的建立及应用[J].中华关节外科杂志(电子版),2017,11(2):80-83.
- [4] 李莉,王梓,尹梦虹,等.膝关节置换后早期强调步态训练对患者功能恢复的影响[J].中国组织工程研究,2017,21(27):4288-4293.
- [5] 李琳,林坚,刘晓林,等.弹力带渐进抗阻训练对膝关节置换术后患者下肢运动功能的影响[J].中国康复医学杂志,2017,32(3):301-304.
- [6] 肖建生.人工膝关节置换假体的选择[J].中国医疗器械信息,2017,23(14):24-25,47.
- [7] 庞昉琦,张秀杰.膝关节置换手术患者康复效果的相关影响因素分析[J].海南医学,2017,28(21):3468-3470.
- [8] 李政,胡洪波,李玉民,等.全膝关节置换术后康复影响因素的前瞻性队列研究[J].中国现代医学杂志,2016,26(13):131-137.
- [9] 李环如,葛武,吴胜祥,等.膝关节置换治疗膝关节炎的效果及优越性分析[J].中国医药导刊,2017,19(1):19-20.
- [10] 谢峰.人工全膝关节置换术58例临床治疗效果研究[J].中外医疗,2015,34(19):87-88.
- [11] 王东伟.关节置换治疗老年膝关节退行性骨关节炎的效果分析[J].中国保健营养,2016,26(26):135-136.
- [12] 刘志宏,张昊,何川,等.活动平台全膝关节假体和单髁膝关节假体置换术后的步态对比分析[J].中华关节外科杂志(电子版),2017,11(1):17-23.
- [13] 郭永亮.三维步态分析重复性经颅磁治疗帕金森的临床疗效[J].医学理论与实践,2017,30(2):298-299.
- [14] 时会娟,黄红拾,于媛媛.单纯前交叉韧带断裂与合并半月板损伤患者的步态分析[J].中国运动医学杂志,2017,36(10):858-864.
- [15] 杜玲玲,夏清.脑卒中偏瘫患者膝过伸步态运动学特点分析[J].中国康复,2018,33(1):7-10.
- [16] 李勇,方旭昊,毛仁玲,等.老年正常压力脑积水患者与脑卒中患者三维步态参数的差异性研究[J].老年医学与保健,2017,23(4):324-327.
- [17] 陈填贤,王玲,李涤尘,等.全膝关节置换个体化患者右转步态的骨肌多体动力学仿真[J].医用生物力学,2015,30(5):397-403.
- [18] 黄萍,刘志宏,齐进,等.膝骨关节炎患者膝关节置换后下肢肌的表面肌电图变化[J].中国组织工程研究,2014,18(13):2024-2030.
- [19] 陈清,盛华均,李杏芮,等.膝关节置换术中胫骨截骨厚度对胫骨截面的生物力学影响[J].医用生物力学,2017,32(2):148-153.
- [20] 翟永喜,叶劲,陈艺,等.单髁与全膝关节置换术治疗膝内侧骨关节炎术后步态对比研究[J].中华关节外科杂志(电子版),2017,11(1):9-16.
- [21] 张曼,江澜.内侧间室膝骨性关节炎的下肢关节生物力学变化[J].中国康复,2011,26(1):36-38.
- [22] 邢宝瑞,张冀北,王峻岭,等.牛津单髁置换术治疗膝关节炎步态分析临床研究.心理医生,2017,23(13):156-157.
- [23] 刘志宏,何川,冯建民,等.单髁膝关节置换术后膝关节三维运动学特性研究[J].中华关节外科杂志:电子版,2013,7(4):438-442.
- [24] 马青川,肖丽英,林剑浩,等.单侧全膝关节置换术前两下肢步态差异性分析[J].中国康复医学杂志,2015,30(5):447-453.
- [25] Hatfield GL, Hubley-Kozey CL, Astephen Wilson JL, et al. The effect of total knee arthroplasty on knee joint kinematics and kinetics during gait. *J Arthroplasty*. 2011;26(2):309-318.
- [26] 毛玉璐,李乐,肖湘,等.减重平板训练对早期卒中患者下肢运动力矩峰值的影响[J].中华物理医学与康复杂志,2013,35(1):21-24.
- [27] 马路遥,郭万首,程立明.单髁关节置换术后膝关节运动学研究现状.中华骨与关节外科杂志,2015,8(1):97-100.
- [28] Tungtrongjit Y, Weingum P, Saunkool P. The effect of preoperative quadriceps exercise on functional outcome after total knee arthroplasty. *J Med Assoc Thai*. 2012;95(suppl 10):S58-S66.
- [29] Lester DK, Shantharam R, Zhang K. Dynamic electromyography after cruciate-retaining total knee arthroplasty revealed a threefold quadriceps demand compared with the contralateral normal knee. *J Arthroplasty*. 2013;28(4):557-562.
- [30] Li K, Ackland DC, McClelland JA, et al. Trunk muscle action compensates for reduced quadriceps force during walking after total knee arthroplasty. *Gait Posture*. 2013;38(1):79-85.