

Gait Analysis of Two Kinds of Knee Prosthetics for Thigh Amputees under Flat Pavement

Wenping Wang^{1*}, Xidong Liu^{1#}, Linlin Han¹, Chengpan Wang², Yingchun Mei², Zhi Yan^{1,2}

¹Affiliated Sichuan Provincial Rehabilitation Hospital of Chengdu University of TCM, Chengdu Sichuan

²Liaoning Normal University, Dalian Liaoning

Email: [#]1184515582@qq.com

Received: Sep. 26th, 2019; accepted: Oct. 24th, 2019; published: Oct. 31st, 2019

Abstract

Objective: With the help of Karen Rehabilitation System, the patients with thigh amputation were allowed to wear hydraulic uniaxial knee prosthesis and intelligent knee prosthesis with the same ankle joint, same foot plate and the same receptive cavity, respectively, and walk on the flat road simulated by Karen Rehabilitation System and the correlation data were recorded, and then gait was analyzed for patients to choose a more ideal knee type to find a reasonable clinical basis. **Methods:** Eight patients with thigh amputation were first asked to wear hydraulic uniaxial knee prosthesis for walking test, and then the intelligent knee prosthesis was replaced for walking test. Each walk intercepts a complete set of 25 marker points, including gait cycle analysis of the image on the dynamometer, recording time and spatial data. This experiment mainly takes the gait speed, step length, gait cycle and double support period as reference indicators, and carries out statistical analysis, and then finds out the most suitable prosthesis for patients. **Results:** The gait and stability of thigh amputation patients wearing intelligent knee prosthesis were better than those wearing hydraulic uniaxial knee prosthesis. After statistical treatment, there was significant difference ($P < 0.05$). **Conclusion:** Intelligent knee prosthesis can improve the stability and gait of patients with thigh amputation more effectively.

Keywords

Intelligent Knee Prosthesis, Hydraulic Uniaxial Knee Prosthesis, Gait Cycle, Double Support Period

对大腿截肢患者穿戴两种膝关节假肢在平整路面下的步态分析

王文平^{1*}, 刘夕东^{1#}, 韩林林¹, 王成盼², 梅英春², 颜智^{1,2}

¹成都中医药大学附属四川省康复医院, 四川 成都

*第一作者。

#通讯作者。

²辽宁师范大学, 辽宁 大连
Email: #1184515582@qq.com

收稿日期: 2019年9月26日; 录用日期: 2019年10月24日; 发布日期: 2019年10月31日

摘要

目的: 本文主要借助卡伦(CAREN)康复系统, 让大腿截肢患者使用相同的踝关节、相同的脚板和相同的接受腔的情况下, 分别穿戴液压单轴膝关节假肢和智能膝关节假肢, 在卡伦康复系统模拟的平整路面下行走并记录相关数据, 然后进行步态分析, 进而为患者选择更为理想的膝关节类型找出合理的临床依据。
方法: 首先让8例大腿截肢患者穿戴液压单轴膝关节假肢进行步行测试; 然后再换上智能膝关节假肢进行步行测试。每次行走截取完整的25个标记点的图像即包括测力台上图像的步态周期分析, 记录时间和空间数据, 本实验主要以步速、跨步长、步态周期、双支撑期为参考指标, 并进行统计学分析, 进而寻找出最适合患者的假肢。
结果: 实验显示, 穿戴智能膝关节假肢的大腿截肢患者的步态和稳定性明显优于穿戴液压单轴膝关节假肢的步态。经过统计学处理, 具有显著性差异($P < 0.05$)。
结论: 智能膝关节假肢更有效改善或提高大腿截肢患者的稳定性和步态。

关键词

智能膝关节假肢, 液压单轴膝关节假肢, 步态周期, 双支撑期

Copyright © 2019 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

第二次全国残疾人抽样调查结果显示, 2010年末我国残疾人总人数为8502万, 肢体残疾人数2472万[1]。其中, 单侧大腿截肢者是常见的截肢者, 临床仅次于小腿截肢者居于第二位[2]。因为疾病、交通事故、工伤、自然灾害等因素的影响, 大腿截肢人数逐年增加, 极大地增加了社会的负担[3]。对于单侧大腿截肢者来说, 穿戴具有良好功能的假肢, 步态趋近正常人, 可以降低步行中能量消耗, 达到更高的步行能力水平[4]。而且起到装饰性的作用, 不引人注意, 使残疾人能更好的融入社会[5]。穿戴假肢后步行能力的评价对截肢者康复计划的制定和临床评价康复效果有一定指导意义[6]。卡伦康复系统(computer assisted rehabilitation environments system, CAREN system)是一个全面的同步分析和训练人体各部位功能和行为的整体系统, 涵盖了最先进的硬件设备以及功能强大的软件体系。包括运动平台、足底压力传感系统、运动捕捉系统、情景互动屏幕以及D-flow软件。可实时反映同步的训练/反馈功能、直观的肌力肌电变化信息、清晰的目标导向信息、丰富的互动式训练内容以及安全、逼真的模拟训练环境[7]。本研究主要采用卡伦(CAREN)康复系统, 分别对穿戴智能膝关节假肢和液压单轴膝关节假肢的患者的三维步态进行分析, 而且本研究主要对患者的步速、跨步长、步态周期、双支撑期进行测试, 并进行步行能力评定, 进而为患者选择更为理想的膝关节类型找出合理的临床依据。

2. 资料与方法

2.1. 一般资料

选取符合纳入标准的单侧大腿截肢患者8名, 首先让大腿截肢患者穿戴液压单轴膝关节假肢进行步

行测试；然后再换上智能膝关节假肢进行步行测试。并且记录所有的时间和空间数据，进行统计学分析。本组受试者在年龄、性别、体重、身高等一般因素上，无统计学差异。本实验已经我中心伦理委员会研究，该方法符合伦理学要求。详细情况参见表 1。

Table 1. Basic information of patients

表 1. 患者的基本信息

姓名	性别	年龄(岁)	身高(cm)	体重(kg)	患侧
阿罗 XX	男	28	163	50	左大腿
黄 X	男	24	173	60	右大腿
陈 XX	女	26	163	47	左大腿
杨 X	女	26	162	50	左大腿
余 XX	男	28	165	65	右大腿
蒲 XX	女	55	165	61	左大腿
贺 X	男	41	174	75	右大腿
刘 X	男	27	168	60	右大腿

其中，男性 5 名，平均年龄 29 ± 6 岁，平均身高 168 ± 4 cm，平均体重 62 ± 9 kg；女性 3 名，平均年龄 35 ± 16 岁，平均身高 163 ± 1 cm，平均体重 52 ± 7 kg。男女共 8 名，平均年龄 31 ± 10 岁，平均身高 166 ± 4 cm，平均体重 58 ± 9 kg。

2.2. 纳入标准与排除标准

纳入标准：1) 单侧大腿截肢患者；2) 年龄：18~50 岁；3) 残端皮肤弹性良好；4) 健侧功能良好；5) 组间诊断结果、其他运动能力、一般资料等没有明显统计学差异。

排除标准：1) 排除其他可能导致患者步态异常疾病；2) 试验过程中无法良好配合者；3) 因各种因素无法坚持试验者。

2.3. 方法

2.3.1. 大腿假肢安装与使用

首先，记录个人情况。通过与患者及其家属的交流沟通，了解患者的病史、截肢原因、功能障碍以及对日常生活、工作、学习的影响和期待等一系列第一手资料。其次，实施临床检查。有目的的对患者身体功能状况进行检查与评估。特别是对患者残肢侧的功能状况进行诊断。最后，确定假肢处方，制定装配方案。所有患者均采用统一的接受腔及连接件。然后，依次进行测量取型，修型制作，后期成型，组装静态对线，动态试样，最后交付患者使用。

2.3.2. 卡伦步态评估系统的应用

本实验所采用的康复系统是亚洲首台卡伦(CAREN)康复系统。据了解，目前国内尚未有利用卡伦系统进行大腿假肢不同膝关节适配评估的研究。

步态测试前，打开卡伦康复系统，注意清除一切发光物体，避免外来光源对数据采集产生干扰，调整室温至 $25^{\circ}\text{C} \sim 28^{\circ}\text{C}$ 。然后进行整个测试系统标定，成功的标定是：每个摄像机至少需要采集到 1000 帧的有效数据，即 10 个红外摄像机的 Wandcount 列的每个有效数据在 1000 以上；“Image Error”数值均应小于 0.3。电脑中显示的摄像机和 DV 机应标定在安装的空间位置上。所有调试结束后，将系统调到模

拟平整路面的模式,准备开始测试。

令受试者脱下鞋袜,更换卡伦系统自带的专用衣裤,将受试者身高、体重等基本个人信息录入电脑,然后由工作人员严格按照规定佩戴 Mark 点,共 25 个。步态信息收集由澳大利亚卡伦系统研究与操作专家指导进行。受试者先以自然习惯的姿势在卡伦康复跑台上反复行进 3~5 次,以便适应卡伦康复跑台。注意患者身上所标记的 mark 点均在红外线区域内。每人取 3 次行走,每次行走截取完整的 16 个标记点的图像即包括测力台上图像的步态周期分析。记录时间和空间数据(步频、步态周期、双支撑期、步宽、步长、步幅、步速);下肢关节运动角度等数据。

2.4. 统计学处理

对记录数据进行分类和汇总处理,采用 SPSS21.0 软件处理实验数据,计量资料采用($x \pm s$)表示,计量资料使用 t 检验;计数资料使用%表示,计数资料采用 χ^2 检验;应用 P 值进行比较。当 $P < 0.05$ 为差异具有统计学意义。

3. 结果

由表 2 可知,患者穿戴智能膝关节假肢的步数为 0.91 m/s,跨步长为 1.08 m,双支撑期百分比为 34.01%,步态周期为 1.2 s;患者穿戴液压单轴膝关节假肢的步数为 0.88 m/s,跨步长为 1.05 m,双支撑期占比 34.39%,步态周期为 1.19 s。

Table 2. Comparison of knee joint test results between two kinds of prostheses

表 2. 穿戴两种假肢膝关节测试结果比较

假肢类型	步速(m/s)	跨步长(m)	双支撑期(%)	步态周期(s)
智能膝关节假肢	0.91	1.08	34.01	1.2
液压单轴膝关节假肢	0.88	1.05	34.39	1.19

4. 讨论

由于疾病、创伤或自然衰退,人类的正常步态可能无法有效完成,因此,步态分析是一个有用的工具,尤其对于下肢假肢装配后效果的评价。传统的大腿假肢适配评估通常在室外进行,是一个非常耗时的过程,无法实时收集步态分析相关定量参数,具有较强的主观性,且易受评价者经验水平的限制。与传统的临床康复评定相比,三维步态分析被认为是一种准确、客观的方法。它可以精确测量人体的动力学、运动学和肌电活动参数,定量评估人体的步行能力,全面反映患者的康复功能状态[8]。据了解,目前国内尚未有利用卡伦系统进行大腿假肢不同膝关节适配评估的研究。而本实验所采用的卡伦(CAREN)康复系统,不仅可以直观地将假肢的受力情况及人体生物力学原理进行准确、实时的评估,其虚拟训练环境还能够为患者在提供真实的室外环境的同时为辅具师、治疗师、医师提供可靠的步态数据资料。

大腿假肢穿戴者装配假肢的目的,不仅要具有支撑身体和代偿缺失肢体行走的功能。而且,还需要使截肢患者在行走过程中享有一定的舒适度和具有良好的步态,以更好地参加社会活动,回归社会[9]。膝关节是大腿假肢最重要的功能部件。高性能的大腿假肢膝关节可以保证患者在支撑期的稳定性和摆动期的灵活性,改善截肢者的步行功能[10]。单支撑期占步态周期百分比、双支撑期占步态周期百分比反映受试者在步行过程中的稳定性大小,单支撑期比值增大表明稳定性提高,双支撑期比值增大表明稳定性减少[11]。本实验中,穿戴智能膝关节假肢双支撑期时间占步态周期的百分比,明显低于穿戴液压单轴膝关节假肢双支撑期时间占步态周期的百分比($P < 0.05$),说明智能膝关节假肢的稳定性要好于液压单轴膝

关节假肢的稳定性,给患者带来更多的安全感,更适合患者。同时,本试验表明,在保证患者安全和步行稳定性的前提下,穿戴智能膝关节假肢患者的步速比穿戴液压单轴膝关节假肢的步速较快。由此看出,我们的实验对象穿戴的智能膝关节假肢,可以达到弥补肢体的缺损和代偿基本的行走功能,提高患者的步行能力水平,使步态更接近于正常步态,而且可以使其有一定的舒适感,进而起到装饰性的作用,不引人注意,使残疾人能更好的融入社会。

综上所述,穿戴智能膝关节假肢可以在一定程度上帮助截肢者,达到最初设计智能膝关节假肢的目的。通过本研究,不仅能够检测出不同类型膝关节在大腿假肢装配者步行参数中的差异,更重要的是该差异可在以后的临床应用中作为大腿假肢膝关节选择的一种参考依据,并初步探讨卡伦系统在假肢师为肢体残缺患者制作调配假肢时的必要性和指导意义。但是,由于本研究中受试者人数有限,患者穿戴膝关节假肢的适应时间相对较短,相关结果还需要进一步扩大样本量进行进一步验证。

基金项目

中国残疾人辅助器具中心科研课题(CJFJRRB10-2018);四川省卫健委科研课题(16PJ378);中国康复医疗机构联盟资助/批准项目(20160204)。

参考文献

- [1] 赵燕潮. 中国残联发布我国最新残疾人口数据全国残疾人口逾 8500 万[J]. 中国残疾人, 2012(4): 20.
- [2] 赵辉三. 假肢与矫形器学[M]. 第 2 版. 北京: 华夏出版社, 2013: 14.
- [3] 耿艳利. 下肢运动模式识别及动力型假肢膝关节控制方法研究[D]: [博士学位论文]. 天津: 河北工业大学, 2012.
- [4] Hekmatfard, M., Farahmand, F. and Ebrahimi, I. (2013) Effects of Prosthetic mass Distribution on the Spatiotemporal Characteristics and Knee Kinematics of Transfemoral Amputee Locomotion. *Gait & Posture*, **37**, 78-81. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2012.06.010>
- [5] 李立峰, 王强, 张腾宇, 等. 基于三维步态分析的大腿假肢穿戴者步态对称性研究[J]. 中国民康医学, 2010, 22(19): 2437-2439+2453.
- [6] 刁子龙, 曹学军, 魏艳琴, 等. 1 例单侧大腿截肢者穿戴四种假肢膝关节步行能力的评价[J]. 中国康复理论与实践, 2017, 23(10): 1216-1220.
- [7] Beltran, E.J., Dingwell, J.B. and Wilken, J.M. (2014) Margins of Stability in Young Adults with Traumatic Transtibial Amputation Walking in Destabilizing Environments. *Journal of Biomechanics*, **47**, 1138-1143. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2013.12.011>
- [8] 孙嘉利, 唐丹, 钟世镇. 三维步态分析的研究与应用[J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2007(5): 944-948.
- [9] 李亚楠, 钱秀清, 孙翠莲, 等. 大腿假肢支撑期有限元分析[J]. 北京生物医学工程, 2018, 37(2): 116-121.
- [10] 刘娜, 刁兴建. 假肢膝关节概述[J]. 中国矫形外科杂志, 2006(3): 225-226.
- [11] 张昊华, 闫松华, 方沉, 等. 用便携式步态分析仪评估全髋关节置换术手术效果[J]. 医用生物力学, 2015, 30(4): 361-366.