

# A Comparative Study on Gait of Thigh Amputees Wearing Intelligent Knee Joint Based on Caren Rehabilitation System

Linlin Han<sup>1\*</sup>, Xidong Liu<sup>1#</sup>, Panpan Cheng<sup>1</sup>, Wei Fang<sup>1</sup>, Yingchun Mei<sup>2</sup>, Chengpan Wang<sup>2</sup>, Yinghan Qin<sup>2</sup>, Ruisong Liao<sup>1</sup>, Zhi Yan<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Affiliated Sichuan Provincial Rehabilitation, Hospital of Chengdu University of TCM, Chengdu Sichuan

<sup>2</sup>Liaoning Normal University, Dalian Liaoning

Email: <sup>#</sup>1184515582@qq.com

Received: Sep. 13<sup>th</sup>, 2019; accepted: Oct. 3<sup>rd</sup>, 2019; published: Oct. 10<sup>th</sup>, 2019

## Abstract

**Purpose:** To investigate the walking characteristics of unilateral leg amputees wearing artificial intelligent knee joint. **Methods:** Eight patients with unilateral thigh amputation and prosthetic limbs were divided into experimental group and eight healthy adults as control group. The five-minute walking test was performed on the Caren system. **Results:** There were statistical differences between the experimental group and the control group in walking speed, step length, support time during swing period, double support time and whole gait cycle ( $P < 0.05$ ). There was no significant difference in step length and standing period between the two groups ( $P > 0.05$ ). **Conclusion:** There are differences in walking function between unilateral thigh amputation wearing intelligent knee joint and normal people. Wearing intelligent knee joints in thigh amputees has an impact on walking ability.

## Keywords

Caren Rehabilitation System, Intelligent Knee Joint, Thigh Amputation, Lower Limb Gait

# 基于卡伦康复系统探讨大腿截肢患者穿戴智能膝关节步态的对比研究

韩林林<sup>1\*</sup>, 刘夕东<sup>1#</sup>, 陈盼盼<sup>1</sup>, 方伟<sup>1</sup>, 梅英春<sup>2</sup>, 王成盼<sup>2</sup>, 秦英瀚<sup>2</sup>, 廖瑞松<sup>1</sup>, 颜智<sup>1,2</sup>

\*第一作者。

#通讯作者。

**文章引用:** 韩林林, 刘夕东, 陈盼盼, 方伟, 梅英春, 王成盼, 秦英瀚, 廖瑞松, 颜智. 基于卡伦康复系统探讨大腿截肢患者穿戴智能膝关节步态的对比研究[J]. 临床医学进展, 2019, 9(10): 1150-1154. DOI: 10.12677/acm.2019.910177

<sup>1</sup>成都中医药大学附属四川省康复医院, 四川 成都

<sup>2</sup>辽宁师范大学, 辽宁 大连

Email: "1184515582@qq.com"

收稿日期: 2019年9月13日; 录用日期: 2019年10月3日; 发布日期: 2019年10月10日

## 摘要

**目的:** 探讨单侧大腿截肢者穿戴假智能膝关节后的步态情况。**方法:** 8例单侧大腿截肢穿戴假肢者为实验组, 8名健康成年人作为对照组, 分别在卡伦系统上进行平整路面步行5分钟的测试。**结果:** 实验组在穿戴智能膝关节与对照组相比在步速、步长、摆动期支撑时间、双支撑期时间和整个步态周期存在统计学的差异( $P < 0.05$ )。跨步长与站立期与正常对照组无差异, 没有统计学意义( $P > 0.05$ )。**结论:** 单侧大腿截肢患者穿戴智能膝关节与正常人的行走功能存在差异; 大腿截肢患者穿戴智能膝关节对步行能力产生影响。

## 关键词

卡伦康复系统, 智能膝关节, 大腿截肢, 下肢步态

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

据有关数据统计, 截止 2006 年, 我国残疾人占全国人口的比例为 6.34%, 其中肢体残疾 2412 万人, 占残疾人总数的 29.07% [1], 下肢截肢人数约为 158 万人[2], 并且近年来此数据还在不断增长。单侧大腿截肢者是常见的截肢者, 居于第二位[3]。截肢对于患者来说是永久性损伤, 直接导致生活质量下降, 日常活动和社会活动受到诸多限制[4]。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[5], 改善截肢者的步行功能。穿戴大腿假肢配合下肢步态训练系统可以促进患者的主动肌和对抗肌的协调活动, 诱发髋、膝、踝各关节的稳定性及协调控制能力, 有助于刺激患者的本体感觉恢复[6]。假肢膝关节分不同的类型, 品种也是多种多样, 当然其所达到的功能及性能也不尽相同[5]。智能型的假肢膝关节, 就是利用假肢中的微处理器来控制膝关节的摆动和支撑的组件式膝关节[7]。虚拟现实(VR)技术作为一种新型康复策略, 可以明显减少人力和物力消耗, 为患者的运动功能康复提供新的思路[8]。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。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[9]。CAREN 系统在康复过程中扮演了重要的角色, 加速了康复进程[10]。基于卡伦康复系统对大腿截肢患者步态分析的国内外鲜见报道, 本研究采用 CAREN 步态分析系统对大腿截肢患者穿戴智能膝关节的时空参数进行分析, 以为假肢部件选择、智能膝关节性能、康复疗效评定提供临床借鉴。

## 2. 资料与方法

一般资料。

### 2.1. 纳入标准

1. 单侧大腿截肢患者；2. 年龄：40~50 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。6. 排除其他可能导致患者步态异常疾病；7. 试验过程中无法良好配合者；8. 因各种因素无法坚持试验者；9. 排除有心脏病、骨骼肌肉系统疾病、精神疾病；10. 均签署知情同意书。

选取 2017 年 6 月到 2018 年 6 月来我院治疗符合纳入标准的单侧大腿截肢患者 8 名穿戴智能膝关节，简称实验组，其中男 6 例女 2 例；平均年龄( $45 \pm 1.89$ )岁；平均体重( $68.9 \pm 1.67$ ) kg；平均身高( $167.35 \pm 4.3$ ) cm；另选正常人 8 人作为对照组男 6 例，女 2 例，平均年龄( $44 \pm 8.89$ )岁；平均体重( $69.9 \pm 0.18$ ) kg；平均身高( $168.85 \pm 2.3$ ) cm；2 组受试者在年龄、性别、体重、身高等一般因素上与其他实验组相当，无统计学差异( $P > 0.05$ )。实验组使用相同的使用智能膝关节在平面条件下行走并记录相关数据。借助卡伦和虚拟界面分别在稳定环境下步行：实验组穿戴智能膝关节在卡伦系统上步行 5 分钟，重复三次，收集有效数据进行平衡和步态分析。健康对照组一样。实验组和对照组行走截取完整的 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(步态周期、双支撑期、步长、步速、摆动期、步速)。

### 2.2. 数据收集

步态信息收集由荷兰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 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(步态周期、双支撑期、步长、步速、摆动期、步速)。卡伦康复系统数据采集见图 1。



Figure 1. Data acquisition of Caren rehabilitation system

图 1. 卡伦康复系统数据采集

### 2.3. 研究方法

#### 统计学处理

对记录数据进行分类和汇总处理，采用 SPSS20.0 软件处理实验数据，计量资料采用(xs)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  $\chi^2$  检验；应用 P 值进行比较。当  $P < 0.05$  为差异具有统计学意义。

已经我中心伦理委员会研究，该方法符合伦理学要求。

### 3. 结果

通过表 1 的数据显示：我们可以得出实验组在穿戴智能膝关节与正常人相比在步速、步长、摆动期支撑时间、双支撑期时间和整个步态周期存在一定的差异。跨步长与站立期与正常对照组无差异，没有显著性意义。步长变短、步速减慢、双支撑相时间延长。表明研究对象通过减慢步速、延长双支撑相时间来增强步行时身体的平衡能力，从而减小摔倒的风险。实验组于健康对照组，摆动期和步态周期均有统计学意义。跨步长与站立期与正常对照组无差异，没有显著性意义。通过两组的比较，间接说明患者平地步行中仍存在健侧下肢负重较多、患侧下肢负重能力稍差的问题。

**Table 1.** Comparison of temporal and spatial parameters between experimental group and control group

**表 1.** 实验组和对照组时空参数比较

指标	实验组	健康对照组	P
步速(m/s)	0.88 ± 0.14	1.13 ± 0.12	0.023
步长(m)	0.52 ± 0.08	0.60 ± 0.06	0.034
跨步长(m)	1.05 ± 0.13	1.21 ± 0.12	0.986
站立期(s)	67.19 ± 2.18	65.73 ± 0.69	0.056
摆动期(s)	32.80 ± 2.18	34.26 ± 0.97	0.016
双支撑期(s)	34.39 ± 1.91	31.48 ± 1.13	0.034
步态周期(%)	84.09 ± 0.45	94.25 ± 0.42	0.016

### 4. 讨论

随着我国工业现代化的不断进步，交通事故等外伤导致的下肢运动、感觉和自主功能障碍的截瘫合并一侧大腿截肢这类曾罕见的双重残疾日益多见[11]。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[4]。步行能力是下肢截肢者的康复目标，强烈影响患者的个人独立性[12]，因此，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具有重要意义[4]。本次研究在卡伦系统下对实验组受试者使用智能膝关节步行 5 分钟，重复三次，收集有效数据进行平衡和步态分析。健康对照组在伦系统下步行 5 分钟，重复三次，收集有效数据进行平衡和步态分析。得出结论实验组在穿戴智能膝关节与正常人相比在步速、步长、摆动期支撑时间、双支撑期时间和整个步态周期存在一定的差异。步长变短、步速减慢、双支撑相时间延长。实验组于健康对照组差异有显著性意义。摆动期和步态周期均有统计学意义。跨步长与站立期与正常对照组无差异，没有显著性意义。但是通过分别与健康对照组比较，间接说明患者平地步行中仍存在健侧下肢负重多、患侧负重能力稍差的现象。

### 5. 小结

综上所述，单侧大腿截肢者与健康成年人步行能力存在显著性差异，本研究结果可以为临床工作者评价单侧大腿截肢者、制定康复目标提供参考。目前，智能假肢膝关节的研究和应用取得了长足进步，

但仍存在诸多技术难点。智能膝关节在提供足够的动力和阻尼力矩还有很大的进步空间，与人体膝关节高度仿生结构及功能上也需进一步加强，患者能否快速、准确地适应和学习健肢运动，控制假肢从而做到步态自然，最终加强穿戴大腿假肢患者在复杂环境中协调运动的能力，是我们进一步探讨和研究的方向。最后，本研究中受试者人数有限，穿戴假肢膝关节适应时间相对较短，相关结果还需今后进一步验证。

## 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] 中华人民共和国国家统计局, 第二次全国残疾人调查领导小组. “2006年第二次全国残疾人抽样调查主要数据公报”(第一号)[EB/OL]. [http://www.cdpf.org.cn/sjzx/cjrgk/200804/t20080407\\_387580.shtml](http://www.cdpf.org.cn/sjzx/cjrgk/200804/t20080407_387580.shtml), 2007-11-21.
- [2] 杨鹏, 刘作军, 耿艳利, 等. 智能下肢假肢关键技术研究进展[J]. 河北工业大学学报, 2013, 42(1): 76-80.
- [3] 赵辉三. 假肢与矫形器学[M]. 第2版. 北京: 华夏出版社, 2013: 14.
- [4] 刁子龙, 曹学军, 杨平, 等. 单侧大腿截肢者步行能力研究[J]. 中国康复理论与实践, 2015, 21(4): 470-474.
- [5] 刘娜, 刁兴建. 假肢膝关节概述[J]. 中国矫形外科杂志, 2006, 14(3): 225-226.
- [6] 王芳. 脑卒中患者采用下肢步态训练系统防治膝关节过伸的效果[J]. 中国医疗器械信息, 2017, 23(12): 33-34+54.
- [7] 王振平, 喻洪流, 杜妍辰, 等. 假肢智能膝关节的研究现状和发展趋势[J]. 生物医学工程学进展, 2015, 36(3): 159-163.
- [8] 李冰洁, 李芳. 虚拟现实康复技术在脑卒中后上肢运动障碍中的应用进展[J]. 中国现代神经疾病杂志, 2017, 17(4): 245-248.
- [9] 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>
- [10] van der Meer, R. (2014) Recent Developments in Computer Assisted Rehabilitation Environments. *Military Medical Research*, **1**, 22. <https://doi.org/10.1186/2054-9369-1-22>
- [11] 曹学军. 截瘫合并大腿截肢者的康复工程方法探索[C]//中国康复研究中心. 第六届北京国际康复论坛——截肢与康复工程分论坛论文集. 北京: 中国康复研究中心, 2011: 5.
- [12] Reid, L., Thomson, P., Besemann, M. and Dudek, N. (2015) Going Places: Does the Two-Minute Walk Test Predict the Six-Minute Walk Test in Lower Extremity Amputees. *Journal of Rehabilitation Medicine*, **47**, 256-261. <https://doi.org/10.2340/16501977-1916>