

平成30年6月7日現在

機関番号：82404

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2016～2017

課題番号：16H07455

研究課題名(和文) 大腿義足使用者の日常生活動作における高機能膝継手の実用性の検証

研究課題名(英文) Investigation on the usability of advanced prosthetic knees in daily activities for individuals with lower limb amputation

研究代表者

沖田 祐介 (Okita, Yusuke)

国立障害者リハビリテーションセンター(研究所)・研究所 義肢装具技術研究部・流動研究員

研究者番号：00784357

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,300,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では片側大腿切断者がイールディング機能(義足の膝がゆっくりと曲がるようになる機能)を使用した階段降段と下り坂歩行を計測し、どのように動作を達成しているかを解析した。結果から、切断者が階段を1足1段で降りる際には義足足部の後1/3を段上に乗せ、イールディングを使わない場合と比べ早く階段を降りていることを計測データから定量的に示した。一方で非切断側には体重2倍程度の衝撃が生じ、非切断側を保護する配慮が必要と考えられる。下り坂歩行では切断者は短い歩幅でゆっくりと歩くことでイールディング機能を活用しやすくなることを示した。これらの知見は切断者の動作指導や義足機能の使用習熟の評価に活用可能である。

研究成果の概要(英文)：We investigated how individuals with unilateral transfemoral amputation (TFA) can perform step-over-step stair descent and ramp descent using a stance-yielding prosthetic knee that helps the prosthetic knee flex gradually during weight bearing. The results indicated that, during step-over-step stair descent, those with TFA put the posterior 1/3 of their prosthetic foot on the tread to descend the stairs faster than step-to-step one. We should keep in mind that the contralateral limb is subject to excessive loading in turn. For ramp descent, we observed that individuals with TFA could make the most of the functionality of stance-yielding knees by making a smaller step and walking slowly. These findings would be helpful for teaching these locomotive activities for those with TFA and evaluating the performance during rehabilitation process.

研究分野：理学療法学

キーワード：リハビリテーション 大腿義足 膝継手 イールディング 三次元動作解析 高機能膝継手

1. 研究開始当初の背景

義足膝継手の機能は日常生活動作に大きく影響し、蝶番型の関節を持たせたのみの単純な構造の場合は義足側の接地の失敗時や、急な外力が体に加わった時に急速に膝継手が屈曲する(膝折れ)。このため、椅子の座る際は反対側下肢に頼らざるを得ず、傾斜の大きい坂道や階段を非切断者と同様に下りることは不可能であるか、転倒・転落の危険を大きく伴う。切断者の転倒・転落は受傷の危険に加え、特に高齢者や両側下肢切断者では床面に倒れた状態から立位へ戻ることも難しいため、動作時の膝折れの予防は大腿義足使用者の重要な課題の一つである。

膝折れの予防を目的として、膝継手には材料の性質や機械的な構造、コンピューター制御などを利用した多様な機構が開発されている。前述の単純な膝継手に比べ高機能な膝継手(高機能膝継手)に用いられる代表的な機構には、急激な膝関節屈曲運動の発生に対して制動するイールディング機構が挙げられる。この機構を用いることで、大腿義足使用者では従来困難を伴う下り坂歩行や階段を左右の足で一段ずつ降りる動作(交互降段動作)などを義足側下肢に十分荷重しながら、円滑に行うことが可能となる。義足側下肢への荷重量が増えれば反対側の下肢への負荷を減少し、切断後に生じうる二次的な関節障害の予防へもつながることが期待される。

義肢の費用は医療保険や労災保険等の社会保険、もしくは補装具費支給制度等の公費で賄われることが多い。イールディング機構を有する膝継手は概して高額(非コンピューター制御のもので60万円以上)でありながら費用対効果は不明瞭であり、限られた財源を有効に活用するには切断者の生活背景などを十分に考慮し、特定の膝継手の使用や公費等での支給が適切であるかを個別に判断する必要がある。しかし、この判断には切断者の能力や生活環境などを多面的に評価する必要があり、熟練した医師・義肢装具士の判断に現状は頼らざるを得ない。コンピューター制御型の膝継手に関してはその処方指針を開発する試みがなされたが(Sedki, 2015)、現状では経験に基づく定性的な指針を作成する段階である。科学的根拠に基づき一貫した基準で義肢部品を決定するには、定量的情報として疫学的情報や実際の動作時の特性に関する情報の蓄積が必要である。特にイールディング機構に代表される高機能膝継手が利点を発揮するとされる動作(下り坂歩行、交互降段動作)では、イールディング機構が大腿義足使用者に対しどの程度の利益を与えているかは明らかではない。このような情報は、各切断者に対して高機能膝継手の適応を考えるに当たり必要である。

2. 研究の目的

本研究では大腿義足を使用する下肢切断者を対象に応用歩行(下り坂歩行、階段の1

足1段での交互降段動作)を計測し、接地中の急激な義足側膝継手の屈曲を制動するイールディング機構の有無が義足側を代償すると考えられる反対側下肢への負荷に与える影響を明らかにする。また、同時に切断者がイールディング機構を活用してどのように動作を達成しているかを定量的に示す。これらの情報は大腿義足使用者に対するイールディング機構を有する高機能膝継手の処方判断する材料や、使用方法の指導・習得の際の情報として活用できる。

3. 研究の方法

7名の大腿切断者を対象に三次元動作解析装置と床反力計を用いた動作計測を行った。下り坂歩行の計測ではイールディング機構の有無が反対側下肢の負荷に与える影響に加え、付随する下肢の各関節運動や関節モーメント(関節回りに生じる回転力)の変化を評価した。交互降段動作は難易度が高いため既に動作を習得している7名中3名のみを対象とし、イールディング機構を用いて片足で1段ずつ降りる場合(1足1段)にどのように動作を達成しているか、また2歩で1段ずつ降りる場合(2足1段)と比較した反対側下肢への負荷の差を定量化した。

4. 研究成果

(1): 大腿切断者のイールディング膝を用いた階段降段動作の特性
(Okita, et al., in review; Okita, et al., ISB Congress 2017)

大腿切断者はイールディング膝(荷重位での膝継手屈曲時に抵抗が生じる機能を有する膝)を用いることで交互降段動作(1足1段で降りる方法)が可能となるが、その具体的な方法は不明な点が多く、新規切断者の降段動作習得の適応判断や指導方法は切断者の動作特性を知る専門家の経験に基づいたものとなっている。本研究では大腿切断者の交互降段動作時(7名中3名可能)に健側(非切断側)に生じる荷重量、義足足部の段に対する相対的な接地位置や義足を降り出す際、下の段に義足を衝突させずに前方移動する動作戦略を可視化し(図1)切断者の動作指導時に提供可能な情報を得た。得られた情報から、より切断者の降段動作を健常者に近づけるには、膝継手だけではなく足部の機能が重要である点を示した。

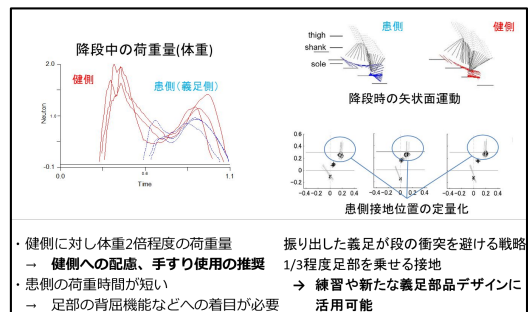


図1: 大腿切断者の交互降段動作の特性

(2) 膝継手イールディング機能の有無が大股切断者の下り坂歩行時と与える影響

(Okita, et al., Prosthet Orthot Int, in press; 沖田ほか、第33回日本義肢装具学会大会)

大股切断者に対し、膝継手のイールディング機能が使える条件(有効時)と使えない条件(無効時)の2条件で5°下り坂歩行を計測し、その動作特性の違いを評価した。結果から、イールディング機能の使用に伴い義足側の荷重量が増大する傾向が見られる一方で、膝継手選択の決定因子となり得る健側(非切断側)に対する負荷の変化は個人差が大きく、イールディング膝継手の使用による健側下肢への負荷の変化は切断者の義足習熟・使用状況や使用環境(傾斜の程度など)に依存するものと考えられた。イールディング膝継手の適応判断に当たっては、切断者の義足使用環境に応じた動作指導、各部品に期待される効果が得られているかを個別評価し、義足制作後の使用状況を継続的に確認することが重要と考えられた。

また、7名中3名の下り坂歩行時では接地後にイールディング機能を用いた膝継手屈曲が生じていなかった。事後解析の結果、イールディング機能を用いた膝継手屈曲が下り坂歩行中に生じた4名では生じなかった3名と比べ、歩行速度、歩幅が小さく、接地時に生じる床反力後方分力が増大する傾向が見られた(図2)。これらは生体力学的にも義足膝継手を接地後屈曲させる方法として合理的であり、イールディング機能を任意の条件で切断者が使用できるようになるためのトレーニングに活用可能である。

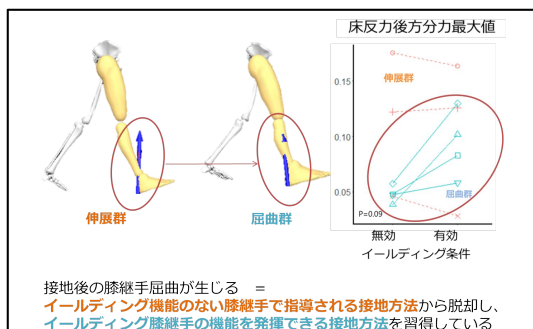


図2: 大股切断者の下り坂歩行時の接地方法の違い

(3) 大股切断者の平地歩行と下り坂歩行の力学的差異

(Okita, et al., Gait Posture, in press, Okita, et al., 44th AAOP meeting 2018)

副次的なデータ解析として、データ提示がこれまでに十分なされていないまま議論が進められている大股切断者の平地歩行と下り坂歩行(イールディング機能無効時)で生じる力学的差異を今回計測したデータを用いて検証した。平地・下り坂歩行とも同等の歩行速度であったが、下り坂歩行では平地歩行に比べ、床反力内側方向成分(内外側方向の身体の安定性に寄与する)の増大が両側下肢

で見られ、義足側下肢に生じる負荷の指標は減少傾向であったが義足の振り出しに関わる股関節パワー(筋がなす仕事の指標)の増大が見られた。下り坂歩行時、平地歩行と比べ健側では足関節のパワーの増大傾向が認められ、健側下肢への荷重量は個人差が大きいものの平均すると体重の10%以上平地歩行と比べ増大していた。上記は非切断者で生じるとされる膝関節周囲を中心とした力学的変化とは異なるものであり、下り坂歩行により生じうる大股切断者の健側下肢への負担増大の可能性を示すデータが得られた。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 2件)

Okita Y, Yamasaki N, Nakamura T, Mita T, Kubo T, Mitsumoto A, Akune T. Intra-individual biomechanical effects of a non-microprocessor-controlled stance-yielding prosthetic knee during ramp descent in persons with unilateral transfemoral amputation. Prosthet Orthot Int. in press.

Okita Y, Yamasaki N, Nakamura T, Kubo T, Mitsumoto A, Akune T. Kinetic differences between level walking and ramp descent in individuals with unilateral transfemoral amputation using a prosthetic knee without a stance control mechanism. Gait Posture. in press.

[学会発表](計 3件)

Okita Y, et al. Kinetic difference between ramp descent and level walking in persons with unilateral transfemoral amputation. the Annual Meeting of American Association of Orthotists and Prosthetists, New Orleans, LA, USA (February 2018)

沖田祐介ほか、「片側大股切断者の下り坂歩行における非電子制御イールディング機構と立脚期の膝継手屈曲運動の影響」、『第33回日本義肢装具学会学術大会』、P1-1-18、東京、2017年10月

Okita Y, et al. Foot clearance and placement during step-over-step stair descent in persons with unilateral transfemoral amputation using a hydraulic stance yielding knee. 26th Congress of International Society of Biomechanics. P041, Brisbane, Australia. (July 2017)

[その他]

沖田祐介 「下肢骨・軟部悪性腫瘍治療後の機能成績評価」、「がんリハビリテーション講演会」、京都大学、2018年1月(本研究課題の紹介を含む)

6 . 研究組織

(1)研究代表者

沖田 祐介 (OKITA, Yusuke)

国立障害者リハビリテーションセンター
(研究所)・

研究所 義肢装具技術研究部・流動研究員

研究者番号：00784357