

令和 3 年 6 月 16 日現在

機関番号：82606

研究種目：若手研究

研究期間：2018～2020

課題番号：18K17744

研究課題名（和文）動作計測と計算機シミュレーションに基づく大腿切断者のペダリング運動特性の解明

研究課題名（英文）Measurement- and simulation-based elaboration of pedaling in individuals with transfemoral amputation

研究代表者

沖田 祐介 (Okita, Yusuke)

国立研究開発法人国立がん研究センター・中央病院・理学療法士

研究者番号：00784357

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では自転車や義足の形状変化に伴う義足側ペダリングの漕ぎやすさの変化をシミュレーション解析するプログラムを作成し、これにより6つの要素（座面の高さ、骨盤の前後位置、前後傾、座面チューブ角、クランクのアーム長、大腿部/下腿部の長さの比）を変化させた場合のペダリングの挙動の変化を評価した。得られた結果より、座面の高さ、クランクの長さ、骨盤の傾きは、関節運動や筋のクランク回転能力に与える影響が単純かつ操作も容易であり、大腿切断者が自転車ペダリングを行う際に操作する変数の候補となることが考えられた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究結果により、大腿切断者、義足、自転車に関連する各要素を変化させることでペダリング動作やその行いやすさに与える影響の定量的な情報が得られ、ペダリング方法の効率的な習得、パフォーマンス向上が期待できる。また、付随的に本研究の成果は大腿義足を用いてペダリング動作を行う際の股関節内転筋の重要性を示しており、股関節内転筋を大腿切断者の動作トレーニングの標的筋とする根拠の一つとなりうる。

研究成果の概要（英文）：We performed musculoskeletal simulations to provide information on the effects of riding position and bicycle geometry on pedaling with a transfemoral prosthesis. The simulation results quantified the effects of each variable on the hip and knee kinematics and muscle potential during a pedaling cycle; seat height, crank length, and pelvic tilt were the primary candidates for bicycle fitting considering their accessibility and simple effects on the joint kinematics and muscle potential. The seat-tube angle (similar to pelvic tilt) and the anteroposterior seating position (similar to seat height and seat-tube angle) seemed to have an effect similar to the other variables and thus can be reserved for fine-tuning after gross fitting of the bicycle. Although not considered for adjustment, considering the effects of the thigh length could help as it affects hip kinematics and muscle potentials.

研究分野：理学療法学

キーワード：大腿切断 大腿義足 ペダリング 筋骨格モデル 三次元動作解析

1. 研究開始当初の背景

下肢切断は糖尿病や血管病に伴う血管障害、交通事故などの外傷、疾病や感染に対して行われ、身体機能面で重度の制限を伴う。切断部が股関節 膝関節間(大腿部)である場合は大腿切断と呼ばれ、切断肢に対して大腿義足が処方される。大腿切断後は膝関節から足部の機能が失われるため、切断肢に用いる大腿義足には膝関節から足部を代替する部品が用いられる。現在主に使用されている部品ではモーターなどで関節を直接駆動できないため、大腿切断者が義足側下肢の運動を制御するためには、切断側の股関節周囲筋など残存する身体部位での代償が重要となる。

大腿切断後の自転車使用は行動範囲の拡大、レジャー・スポーツ活動に伴う活動量増大、社会参加の促進につながると期待されるが、一連の動作(乗降車、停発車、走行、障害物対応)は非切断者が行う場合に比べて困難となる。大腿切断者が義足側ペダルを漕ぐには主として切断肢の股関節伸展運動に頼らなくてはならず、力が伝わる股関節 ペダル間には切断端 ソケットの接合、義足足部 ペダルの接触部があり、ペダリング時に義足が脱げる方向、ペダルから足部が外れる方向に力が生じ、その漕ぎ方は体型または自転車の形状が影響することも問題となる。

大腿切断者の自転車走行習得にあたっては転倒による受傷の危険性や状況判断能力の問題も加味する必要があるが、一方で切断者、義足、自転車に関連する要素を考慮し条件を設定することで、ペダリング方法の効率的な習得、パフォーマンス向上が期待できる。股関節周囲の筋は多くの筋が股関節角度に応じて屈曲・伸展運動を起こす能力が変化し、各筋で不均一な筋量変化が生じる大腿切断者の切断肢では、股関節伸展トルクを発揮しやすい股関節屈曲角度が異なることが推測される。また、座面の高さやペダルの回転径、下肢長や義足側膝軸の位置はペダリング時の股関節角度に影響するため、切断者や義足のサイズ、自転車のデザインも考慮する必要がある。

2. 研究の目的

本研究の目的は片側大腿切断者の自転車のペダリング動作習得、パフォーマンス向上を考える上で問題となる切断者・義足・自転車の要素がペダリングの生体力学的特性(関節運動、力の作用)に及ぼす影響を明らかにし、大腿切断者のペダリング運動の指導・トレーニングに活用できる定量的情報を提供することである。

3. 研究の方法

本研究では片側大腿切断者の自転車のペダリング動作習得、パフォーマンス向上を考える上で考慮すべきと申請者が考える問題をコンピューターモデルで検証し、大腿切断者のペダリングに各要素が及ぼす影響を明らかにする。得られた結果に基づいて大腿切断者のペダリング条件設定の指針を提案する。

4. 研究成果

既存の全身モデルを元にペダリング運動の筋骨格モデルを作成した(図1)。このモデルをベースに自転車や義足の形状変化に伴う義足側ペダリングの漕ぎやすさの変化をシミュレーション解析するプログラムを作成した。これにより6つの要素(座面の高さ、骨盤の前後位置、前後傾、座面チューブ角、クランクのアーム長、大腿部/下腿部の長さの比)を変化させた場合のペダリングの挙動の変化を評価できるようになった。このプログラムを用いてペダリング時の座面の高さが各筋のクランク回転能力に与える影響を解析した結果、座面が低い場合、(特にクランク角 180° 付近で) 切断側股関節筋を用いたクランク回転能力が向上すること(図2)、また大腿義足でのペダリングでは股関節伸展筋群(大内転筋含む)、外転筋後部、内転筋近位部はそれぞれクランクを回転させやすい相が異なることなどを明らかにした(図3)

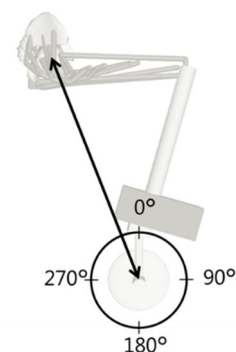
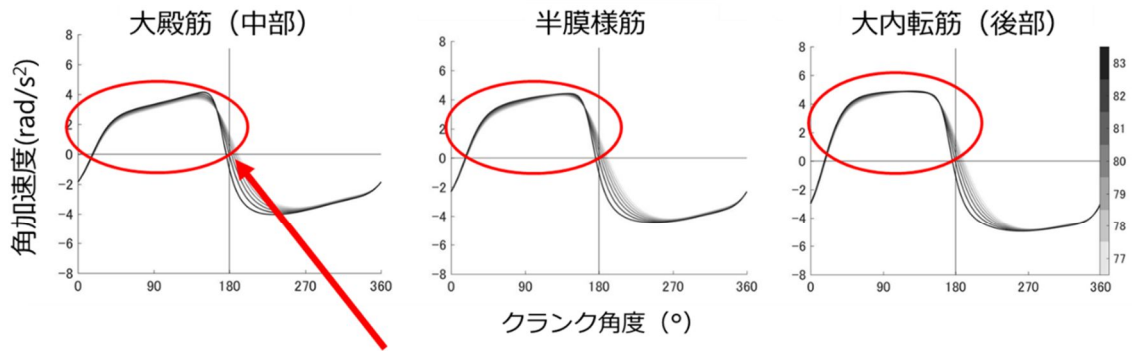


図1. 作成した筋骨格モデル



座面を低くするほど、下死点（180°）付近でのクランク回転能力が向上する

図2. 各筋 1N の出力がクランク回転能力（正の角加速度はクランクを順回転させる）に与える影響。座面低下（黒 灰線）に伴い、筋がクランクを順回転させるクランク角度区間が拡大する。

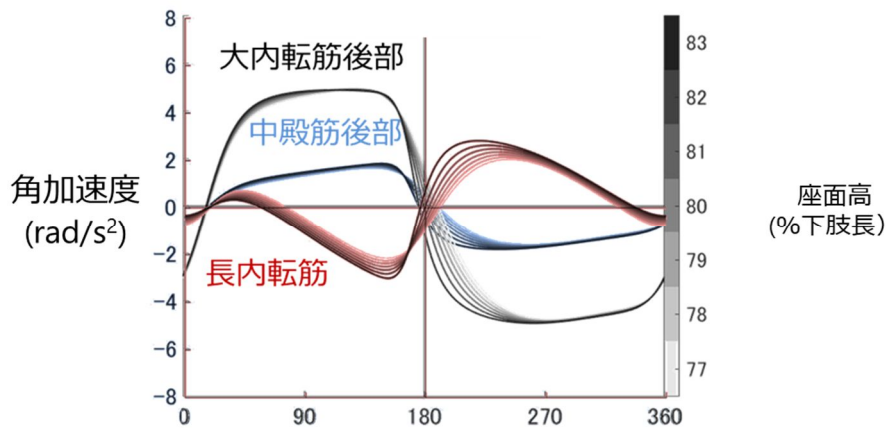


図3. 各筋 1N の出力がクランク回転能力（正の角加速度はクランクを順回転させる）に与える影響を 3 種の筋で比較したもの。股関節伸展運動を主要な作用としない図示した 3 筋でもペダリング運動に寄与し、クランク角度に応じた寄与の程度も異なることを示している。

上記と合わせて他の 5 要素（骨盤の前後位置、前後傾、座面チューブ角、クランクのアーム長、大腿部/下腿部の長さの比）についても同様にシミュレーションを用いた検証を行い、結果より下記の特徴を有するものと考察した。

- ・座面の高さはペダリング中の下肢関節可動域に加え、各筋がペダリングに寄与するクランク角度の区間にも影響する。
- ・座面チューブ角は骨盤の前後傾でほぼ代替可能であり、各筋がペダリングに寄与するクランク角度に主として影響する。
- ・クランク長はペダリング中の下肢関節可動域に影響を与えるが各筋がペダリングに寄与するクランク角度やその寄与の大きさへの影響は少ない
- ・骨盤の前後位置は座面チューブ角と座面の高さの変化の特徴を同時に有する。
- ・大腿部/下腿部の長さの比について、大腿部が相対的に長くなるほど股関節最大屈曲角度は減少するが、膝継手の運動は大きく変わらない。

本研究の成果より、座面の高さ、クランクの長さ、骨盤の傾きは、調整可能であること、関節運動や筋のクランク回転能力に与える影響が単純であることを考慮すると、大腿切断者が自転車ペダリングを行う際に操作する変数の候補となることが考えられた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 0件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Yusuke Okita, Takashi Nakamura	4. 巻 -
2. 論文標題 Effects of bicycle geometry and riding position on the potential of residual limb muscles to pedaling with a transfemoral prosthesis: a computer simulation study	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 bioRxiv	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1101/615245	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件／うち国際学会 1件）

1. 発表者名 Okita Y, Nakamura T
2. 発表標題 Effects of bicycle geometry on the kinematics and potential of residual limb muscles to pedaling with a transfemoral prosthesis: a computer simulation study
3. 学会等名 The 17th World Congress of the International Society for Prosthetics and Orthotics（国際学会）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 沖田祐介
2. 発表標題 大腿義足を用いたペダリング時の座面高が残存筋のクランク回転能力に及ぼす影響：筋骨格モデルを用いたシミュレーション解析
3. 学会等名 第23回日本基礎理学療法学会学術大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 沖田祐介
2. 発表標題 片側大腿切断者を対象とした移動動作の運動学・運動力学的解析
3. 学会等名 日本基礎理学療法学夏の学校
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------