

# Pedalling Optimisation and Balance Challenges in Leisure Cycling with Unilateral Transtibial Prostheses

エロイザ セラチュキ フロレス

<https://hdl.handle.net/2324/7393664>

---

出版情報 : Kyushu University, 2025, 博士 (工学), 課程博士  
バージョン :  
権利関係 :



氏 名	Heloísa Seratiuk Flores			
論 文 名	Pedalling Optimisation and Balance Challenges in Leisure Cycling with Unilateral Transtibial Protheses (片側下腿義足を装着したレジャーサイクリングにおけるペダリングの最適化とバランスの課題)			
論文調査委員	主 査	九州大学	教授	村木 里志
	副 査	九州大学	助教	Loh Ping Yeap
	副 査	広島国際大学	教授	石原 茂和

### 論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

下腿義足者にとってサイクリングは主に競技スポーツ選手に限られ、日常的な義足でのペダリングには困難が伴う。その要因として、足関節の底背屈動作が制限されること、義足の多くが片側装着であるため左右の下肢動作が非対称になることが挙げられる。本研究では、サイクリングが下腿義足者にとって新たな趣味や健康維持の手段、さらには日常の移動手段となることを目指し、その実現に向けた三つの課題に取り組むことを本博士論文の目的とした(第一章)。なお、第二章および第四章では、下腿義足の影響(足関節運動の制限)を模擬できる実験用義足を用い、これを健常者に適用して実験を実施した。また、第二章と第三章ではエルゴメーター(固定式自転車)を、第四章ではローラー上での実車走行を用いた。

第二章では、下腿義足着用時に適したサドルの高さを検討した。10名の健常者(若年成人:女性6名、男性4名)を対象に、一般的に推奨されているサドル高さを基準とし、-7.0%、-3.5%、0%、+3.5%、+7.0%の5条件でペダリング動作(負荷40W、ペダル回転数60rpm)を行わせた。その際、下肢(股・膝・足)関節の角度変化、筋活動(外側広筋、半腱様筋、腓腹筋の表面筋電図)、ペダルフォースおよび主観的運動強度を比較した。その結果、下腿義足を着用する場合、推奨高さよりやや低めのサドルの方が、動作の非対称性が軽減され、主観的にも好まれやすい傾向が示された。

第三章では、下腿義足利用者2名(成人男性)を対象に、独自に開発・製作したサイクリング用義足の有効性を検証した。本義足は日常用義足と容易に交換でき、ペダルとの着脱もスムーズに行える構造となっている。さらに、義足のチューブ下端部とペダルと接続するプレートの間にはバネを組み込むことが可能である。本実験では2様式のペダリング動作(負荷40W・ペダル回転数60rpm、負荷60W・ペダル回転数50rpm)にて、3種類の異なるバネ定数(4.27、6.17、13.08N/m)を比較した。第二章とほぼ同様の測定項目を用いた検証の結果、義足の有効性は被験者によって異なり、最適なバネ定数として中間条件(6.17N/m)が示唆された。

第四章では、義足によるサイクリングは下肢動作の非対称性を引き起こしやすく、バランス維持に困難を伴う可能性があると考え、その実態を明らかにすることを試みた。10名の健常者(若年成人:女性6名、男性4名)を対象に、速度が安定して走行している状態(2.53m/分)から、速度を上昇(2.87m/分へ)および下降(2.16m/分)させる課題を行わせた。走行中の身体姿勢、車輪の傾きおよび左右のペダルフォースを計測した。その結果、義足を着用すると、非着用時と比較して速度変化に伴うバランスの乱れが見られたが、著しく懸念される影響は確認されなかった。また、

第二章で明らかになった最適サドル高さの適用が、バランス維持に寄与した可能性が示された。

第五章では、第二章から第四章までの研究成果に加え、著者の修士研究を含む先行研究を踏まえて、下腿義足利用者のサイクリングにおける課題とその解決策を整理した。さらに、それらの成果を通じて、本研究の意義や今後の展望、ならびに残された課題について考察した。

本研究の知見は、サイクリングのような繰り返し動作において片側の関節動作が制限される場合の動作適応のメカニズムを理解する上で学術的に重要である。さらにその成果は、下腿義足者のサイクリングの可能性を広げ、健康増進や趣味の選択肢の拡大に貢献し、社会的にも意義を持つ。よって本調査委員会は、厳正なる審査の結果、本論文は博士（工学）の学位に値すると判定した。