

# 中足指節関節周りの底屈筋群が足部遠位端に発揮する力の 機械的低拘束計測法

小室 有子

ヒト下肢は大別すると、大腿、下腿、足から成る。従来、バイオメカニクス分野等では足は一つの剛体ととらえられており、従って、身体のバランスと前進を補助する中足指節関節 (Metatarsophalangeal 関節: MTP 関節) 以遠のつま先の運動機能については、ヒトの2足歩行に極めて重要ではあるものの、注意や関心があまり払われては来なかった。また、つま先底屈力の計測は研究室等に限られた場所で実施されてきたため、一般にはあまり知られていない。本論文はこのつま先の機能 (底屈力) に関して行った研究を纏めたものである。

つま先底屈力 (Strength of Toe Plantar Flexion: STPF) の計測に関し先行研究を調査した結果、計測の多くは坐位姿勢で行われていた。つま先底屈筋群の一部の筋は、下腿後面から足関節と MTP 関節を跨いでつま先まで走行する2関節筋であり、それらは筋収縮によりつま先の底屈のみならず足関節底屈をも引き起こす。従って、STPF 計測を坐位で行った場合、この足関節底屈が STPF に影響を及ぼすことから、計測時に足を拘束する、ないし、計測助手が足を押さえるなど、多くの労力が必要とされる。加えて、被験者には、足関節を底屈させることなく中足趾節関節 (Metatarsophalangeal Joint; MTP 関節) を底屈させる、すなわち、踵を挙上させずにつま先を最大筋力で地面に押しという極めて巧緻性の高い動作が要求される。本研究では、これらの坐位計測法における問題点を解決する画期的な計測方法の考案とデバイスの設計・製作を行い、被験者実験を通して評価することを目的とした。

第1章では、つま先の運動機能と底屈、底屈力の定義について述べた。すなわち、つま先の役割は荷重負荷領域を広げ歩行を安定化する働きである。つま先とは MTP 関節以遠の領域と定義した。また、つま先の底屈とは、MTP 関節におけるつま先の足部下方への運動と定義し、その力を STPF と定義した。また、先行研究で使用されている計測方法について述べ、最後に研究目的について述べた。

第2章では、論文で提案した新 STPF 計測方法について原理を詳細に述べた。新計測方法は立位姿勢で足を挙上させて計測することとした。また、計測デバイスの仕様についても述べた。次いで、デバイスに使用される足部固定器の素材について平板曲げ解析を行いその結果について述べた。センサは軽量で多様な足サイズに対応できるようシート型足圧分布センサとした。このセンサと固定器を合わせてデバイスを試作した。被計測者が簡易装着できるようデバイスはストラップで計測足裏に取り付けられた。

第3章では、新つま先底屈力計測方法が上記で作製されたデバイスによって安定計測ができるか否かを確認するため、成人女性13人の被験者を対象につま先底屈力の計測を行なった。計測姿勢は、立位・片足離床 (新 STPF 計測方法) と無拘束坐位の2つであった。STPF データは足圧分布結果からつま先領

域のみを囲むことで計算した。その結果、新計測方法で得られた値は、坐位計測方法と比べ増加傾向にあること、また、バラつきが少ないことがわかった。

第4章では、最大 STPF 発揮時の母趾と母趾以外の足趾の底屈力を評価した。前章で得られた足圧分布データを用い、母趾領域を囲むことで拇趾底屈力 (SHPF) を計算した。その結果、坐位計測方法では SHPF の寄与割合が増加すること、すなわち、母趾以外の足趾底屈力は一部しかとらえられないことが分かった。それに対し、新 STPF 計測方法では、ほとんどすべての足趾の底屈力が良好に計測出来た。

第5章では、前章までの結果に基づき、本手法の社会実装に向けた考察を行った。すなわち、高齢者に対する介入に関し、計測方法の改善と普及を目指した計測機器の検討を行った。次に、本研究で設定した STPF 計測技術の仕様を評価するとともに、近年研究開発が盛んに行われているスマートシューズによる計測可能性に関しても考察した。最後にロジックモデルを利用することでアウトカム (成果) /インパクト (社会変革) に向けたロードマップを作製した。

第6章では結論を述べた。新 STPF 計測方法と計測デバイスの開発により、計測のための多くの労力と機械拘束から解放されることになった。また、被験者に求められた踵挙上無くつま先底屈を行うという巧緻性動作も不要となった。計測方法は容易、デバイスも軽量、かつ装着も簡単であり多数の人を計測するスクリーニングにおいても、或いは、個人でも使用可能と考える。定期的計測を行うことにより、STPF 低下を早期発見し、トレーニングすることで、筋力の維持・向上が可能と考える。今後の課題としては、①高齢者の計測が行われていない、②男性被験者での計測を実施していない。③安価なデバイスの開発などが挙げられる。今後、ロードマップを検討しながらインパクトを目指し、更に研究を進めていく考えである。多くの人が STPF に関心を持ち、より長い自立生活が出来るようになることを目指す。