

## 論文の要旨

題 目 短下肢装具の制動力が歩行に及ぼす影響

(Effect of resistive moment of ankle foot orthosis on gait)

氏 名 山本 征孝

短下肢装具（以下、AFO）は脳卒中患者のリハビリテーションにおいてよく使用される歩行補助具であり、国内外のガイドラインにおいても使用が推奨されている治療法である。脳卒中を発症した場合、運動麻痺や感覚障害などの影響により、歩行中に足関節や膝関節などの動きを制御することが困難となる。AFOは主に足関節の運動を補助、あるいは制限する機能があり、患者の身体機能や動作能力に応じてAFOの機能を調整して処方されている。しかし、AFOの使用自体は推奨されているものの、AFOのもつ制動機能の変化が身体機能に及ぼす影響は明らかにされておらず、現状の臨床現場では観察による動作分析などで処方するAFOを決定することが多い。また、AFOの制動力が過小の場合は異常運動を制御することが困難であるため、十分に運動を制御できるように強い制動力を有するAFOが臨床現場では処方されることも多い。

本件研究では、AFOの底屈制動の変化が歩行中の身体機能や歩行能力に及ぼす影響を調査し、実際の歩行データなどから筋骨格モデルを使用したシミュレーションにより、下肢筋力への影響を明らかにする。また、得られた結果から、実際に脳卒中患者1名を計測し、筋骨格モデルから膝関節間力を推定することで、脳卒中患者の膝関節負荷と装具療法による効果を調査する。

第1章では、本研究の背景と目的について述べた後、従来研究と本研究の位置づけを明らかにする。

第2章では、健常者を対象にAFOの底屈制動の変化が歩行中の関節角度、重心移動などといった運動学的要素や歩行速度、歩幅などの時空間因子に及ぼす影響を、三次元動作解析装置と床反力計を使用して調査する。AFOの使用は歩行中の関節モーメントや角度変化、歩行速度を変化させることが多いため、シミュレーションによる解析のみではAFOの底屈制動の影響を詳細に調査することは難しい。そのため、本研究ではAFOの底屈制動を4段階に調整し、AFOなしの条件を含めた5条件での計測において歩行中の運動学的要素や時空間因子に及ぼす影響について議論した。結果としてAFOの使用は関節角度、角速度、質量中心の移動量変化に影響を及ぼし、特に背屈角速度変化において制動条件間でも有意な変化を認めた。

第3章では、筋骨格モデルと装具モデルを使用した下肢筋力推定を行う。筋骨格モデルを使用した解析はシミュレーションソフトウェアOpenSimを使用し、筋骨格モデルは23自由度、92筋で構成されるモデルを使用した。装具モデルは底背屈が可能な1軸性のモデ

ルを用い、制動力の値を入力できるように設定した。シミュレーションには第 2 章で計測した各条件でのマーカー座標データと床反力データを使用し、微細な関節角度変化などの影響を含めて解析できるように条件設定を行った。また、本研究では装具モデルを併用しているため、筋活動の実測値と推定値の関係性を事前に調査し、先行研究と同程度の精度があることを確認している。その後、主要下肢抗重力筋の筋力推定を行い、AFO の底屈制動の変化が下肢筋力に与える影響について議論した。結果として膝関節周囲筋や足関節周囲筋において有意な変化を認め、特に前脛骨筋と腓腹筋内側頭は制動条件間でも変化を認めた。

第 4 章では、第 2, 3 章で得られた結果と底屈制動の間に関係性がないかを調査する。一般的に、歩行のような自然観察の結果であり、かつ複数の因子が関与する動作については強い相関関係は得られにくい。その中で得に相関関係を認める項目を抽出することができれば、制動力の決定に重要な評価項目となると考えられる。そのため、各項目と底屈制動の間に関係性を調査し、特に相関が高い項目に関して、脳卒中患者を対象とした先行研究と照合しながら議論した。結果として足関節背屈角速度、膝関節最大屈曲角度、前脛骨筋、腓腹筋内側頭において制動力との中等度の相関を認めたが、高い相関関係は認められなかった。

第 5 章では底屈制動の変化が歩行中の膝関節の負荷にどの程度影響するかを検証する。脳卒中患者は身体機能低下により様々な異常歩行を呈するが、そのパターン分類は膝の異常運動に着目されている (Murloy et al,2003)。また、脳卒中患者にとって膝関節の変形は重篤な合併症の一つであり、先行研究において膝関節痛や膝の変形 (変形性膝関節症) は脳卒中患者の歩行機能と相関すると報告されている (Doruk, 2016)。そこで本章では第 2 章で計測した健常者に加え、実際に歩行可能な脳卒中患者 1 名の歩行計測を行い、脳卒中患者に多い症状の一つである膝関節変形への影響を関節間力から検証する。関節間力の推定は第 2, 3 章で得られた筋力推定結果や運動学的データを使用し、各条件での微細な運動変化の影響を含めて解析できるように設定した。得られた結果を健常者、脳卒中患者それぞれで比較し、膝関節の負荷を表すことのできる指標である、関節間力の増減について議論した。結果として、健常者においては AFO の過剰な底屈制動力は膝関節間力を増大させてしまうことが明らかとなった。脳卒中患者での解析においては制動力を調整することで膝関節間力を減少させることができおり、膝関節の負担軽減に AFO が貢献する可能性が示唆された。

第 6 章では、本論文の要約と今後の研究課題について述べたが、今後の課題として脳卒中患者での計測数が少ないため、今後も計測を継続する必要がある。また、脳卒中患者での計測結果から、制動力調整案や評価支援機器の作成を行う必要がある。