

博士論文要旨

(2023 年 12 月 8 日 提出)

論文題目 健常若年者における歩行中の足部剛性の定量化と

そのメカニズムの解明に向けた探索的研究

指導教員 木藤 伸宏



補助教員 小澤 淳也



大学院

医療・福祉科学 研究科

医療工学 専攻

申請者氏名 山際 大樹



広島国際大学大学院

学生番号 G21-204	氏 名 山際 大樹
題 目	健常若年者における歩行中の足部剛性の定量化とそのメカニズムの解明に向けた探索的研究
英文題目	An exploratory study to quantify foot stiffness and to elucidate its mechanism in healthy young adults during walking
<p>歩行中の足部は、特徴的なドーム状構造（内側・外側縦アーチ、中足骨と足根骨横アーチ）から形成され、地面からの衝撃の吸収および身体重心の前方推進力の発揮のために適切な足部剛性を生成する。この足部剛性が低下すると、後足部、中足部、中足骨の間の機能的連結破綻を起し、足底筋膜、後脛骨筋腱、そして足部関節に過度の機械的負荷が加わる。従って、足部剛性の理解は歩行研究において重要な知見を提供する。</p> <p>Kondo らは、歩行中の足部に対して加えられる力として床反力鉛直成分を、足部に生じる形態変化として足部アーチを構成する前足部と後足部のなす角度変化を用い、立脚後期の足部剛性を定量化したトラス係数を報告した。さらに、立脚中期の抜重から後半までの第1中足趾節関節伸展角度と足部アーチを形成する後足部と中足骨セグメントの矢状面角度を散布図にプロットし、それから近似直線を引き、その傾きをウィンドラス係数として報告した。これらの指標は、歩行中の足関節底屈パワーピーク値や床反力前方成分ピーク値などといった歩行前方推進に関わるパラメータと有意な正の相関関係にあることが報告された。これらの結果は、トラス・ウィンドラス係数が歩行中の足部剛性のサロゲートパラメータとして有用である可能性を示唆するものであった。</p> <p>トラス・ウィンドラス係数が有用な指標である一方、信頼性の検証は十分に行われていない。信頼性は、相対的信頼性と絶対的信頼性の2つに大別される。相対的信頼性とは、測定値に含まれる偶発的な誤差の大きさを定量化する。対して、絶対的信頼性とは、測定値に含まれる誤差の種類と範囲を測定方法と同じ単位で示すことで、「真の変化」を明らかにする手法である。さらに、トラス・ウィンドラス係数は、既存の足部剛性の指標との関係性が検討されておらず、足部剛性としての妥当性は未だ推測の域を出ない。</p> <p>また、トラス・ウィンドラス係数は、算出する過程で後足部に対する前足部の矢状面角度のみを用いており、足部内でどのような運動が生じているかは調査することができない。つまり、足部剛性が生成されるメカニズムまで理解するためには、さらに追加の解析が必要となる。足部キネマティクの詳細な調査方法として、足部セグメント間の運動協調パターンと変動性 (CVA)がある。これらは、修正された Vector cording technique を用いることで算出される。この手法は、セグメント間の相対的キネマティクスのタイミングと程度を評価することができ、足部剛性生成に関わるメカニズムの理解につながる。</p> <p>第1章では、本研究の背景として、足部構造、トラス係数とウィンドラス係数の有用性と限界、足部キネマティクスの解析手法について展開し、目的、仮説を示した。</p> <p>第2章では、トラス係数とウィンドラス係数の信頼性と足部剛性のサロゲートパラメータとしての妥当性を検証した。その結果、トラス係数は絶対的信頼性において系統誤差がなく、相対的信頼性においても高い信頼性が得られた。また、ウィンドラス係数は絶対信頼度では比例誤差を示し、相対信頼度では中程度の誤差を示した。さらに妥当性の検証では、トラス係数は Simplified Foot Stiffness と有意な正の相関関係を認めた。対して、ウィンドラス係数は有意な相関関係を示さなかった。このことから、ト</p>	

学生番号 G21-204

氏 名 山際 大樹

ラス係数は歩行中の足部剛性を定量化する有用な指標であることが示された。ウィンドラス係数は比例誤差に注意する必要がある、足部剛性としての妥当性は示されなかった。そのため、ウィンドラス係数の妥当性については更なる検証が必要である。

第 3 章では、歩行中の足部剛性が生成されるメカニズムについて調査した。具体的には、歩行中の足部剛性に関連する指標を用いてサブグループ化を行い、サブグループ間で足部キネマティクスの違いを調査した。その結果、足部剛性が低いグループは足部剛性が高いグループと比較して、全ての分節間で有意に大きい背屈運動を示した。さらに、足部剛性が高いグループは、歩行立脚期後半の推進相において中足部が優位な運動協調パターンを示すのに対して、足部剛性が低いグループは後足部と前足部が優位な運動協調パターンを示すことが明らかとなった。さらに、歩行中の足部剛性の生成メカニズムの検証では、足部剛性が高いサブグループは、歩行立脚期後期の推進相において中足部が優位な運動協調パターンを示した。対して、足部剛性が低いサブグループは、後足部と前足部が優位な運動協調パターンを示した。この運動協調パターンは、足部剛性の生成メカニズムに関連する可能性があり、さらに足部剛性が低下した個人に対する理学療法評価および治療につながる知見が得られた。

