

歩行速度の変化と足部ウィンドラス機構の関連性について —3DFoot model による検証—

高林 知也¹⁾, 江玉 睦明¹⁾, 稲井 卓真¹⁾, 横山絵里花¹⁾, 徳永 由太²⁾, 久保 雅義¹⁾

¹⁾新潟医療福祉大学 運動機能医科学研究所, ²⁾医療法人愛広会 新潟リハビリテーション病院

key words 歩行速度・ウィンドラス機構・3DFoot model

【はじめに, 目的】

歩行速度は、運動機能を推測するための‘バイタルサイン’とされており、歩行における重要な評価指標である。先行研究では、多くの整形疾患で歩行速度が低下することや、認知機能との関連性があることも指摘されている。さらに、Winterらは片麻痺患者を対象に歩行速度を検証し、屋外および屋内歩行レベルは歩行速度により決定されると報告した。したがって、歩行速度の低下は社会参加制約に直結する因子である。歩行速度に関与する足部機能のひとつに、ウィンドラス機構(WM)がある。WMとは、足指背屈により内側縦アーチが拳上し、蹴り出し時の推進力を生み出す機構である。しかし、歩行速度の変化とWMの関連性については現在まで検証されていない。その要因として、足指角度や内側縦アーチ拳上角度(MLAEA)の動的な定量化が困難であり、詳細な足部評価が確立していないことが挙げられる。そこで、本研究は足指角度とMLAEAを動的に評価できる3DFoot modelを用いて、歩行速度の変化とWMの関連性について明らかにすることを目的とした。

【方法】

対象者は健康成人男性6名とした(年齢 23.5 ± 3.8 歳, 身長 171.2 ± 4.6 cm, 体重 60.0 ± 5.5 kg)。課題動作は通常歩行(NG:4.8km/h), 低速歩行(SG:2.9km/h), 超低速歩行(VSG:1.0km/h)の3条件とした。歩行速度は先行研究に準じ、SGは脳卒中患者の屋外歩行、VSGは脳卒中患者の屋内歩行レベルに規定した。トレッドミル(AUTO RUNNER AR-100)にて歩行速度を設定し、課題動作を実施した。課題動作の順序は無作為に実施し、各条件で10回の成功試行を計測した。動作解析には赤外線カメラ11台を含む3次元動作解析装置(VICON MX)を使用し、サンプリング周波数100Hzにて右下腿と足部に貼付した15個の反射マーカーを計測した。データ解析にはScilab(5.5.0)を使用し、計測した反射マーカーに対し遮断周波数6Hzの2次Zero-lag butterworth low pass filterを施した。その後、足指角度とMLAEAを評価可能な3DFoot modelを構築した。母趾は足指の中でWMに最も関与するとされているため、母趾背屈角度(HDFA)とMLAEAを算出し、WMの指標とした。なお、3DFoot modelで算出されるMLAEAは低値であるほど高アーチを示す。解析区間である踵接地から爪先離地(TO)までの立脚期を100%正規化し、各被験者で課題条件毎に解析項目を加算平均した。統計は、TO時におけるHDFAとMLAEAの平均値に対し、課題条件を因子としたフリードマン検定、事後検定としてSteel-Dwass法にて解析した。また、HDFAとMLAEAの関連性を相関係数にて検証した。有意水準は5%とし、統計ソフトstatics R(3.0.0)を用いた。

【結果】

HDFAとMLAEAの相関関係において、NGでは強い負の相関を示し($r = -0.91$)、SGおよびVSGでは中等度の負の相関を示した($r = -0.50, -0.57$)。TO時のHDFAにおいて、NG($34.5 \pm 5.7^\circ$)はVSG($8.0 \pm 6.7^\circ$)と比較して有意に高値を示したが($p < 0.05$)、SG($23.1 \pm 5.0^\circ$)はNGおよびVSGと比較して有意差を示さなかった。TO時のMLAEAは課題条件間にて有意差を示さなかったが、歩行速度増加に伴い高アーチの傾向を示した(NG: $159.2 \pm 3.8^\circ$, SG: $164.5 \pm 4.9^\circ$, VSG: $167.1 \pm 6.3^\circ$)。

【考察】

本研究において、歩行速度の変化とWMの間には高い関連性が存在していることが示唆された。WMは足指背屈により生じるため、足指の動きがWMのトリガーの役割を担っている。また、内側縦アーチの低下はWMが破綻するとされているため、MLAEAもWMに関与する重要な因子である。本研究において、NGのHDFAはVSGと比較して有意に増加し、MLEAは歩行速度の増加に伴い高アーチの傾向を示した。さらに、HDFAとMLAEAの相関関係は、NGにおいて強い負の相関を示した。そのため、NGはWMがより働き、SGとVSGはWMへの関与が少ない可能性が考えられた。課題条件で用いたSGとVSGは、脳卒中患者の歩行レベルに準じて規定した。本研究結果より、脳卒中患者の歩行速度を通常歩行レベルに向上させるためには、WMを考慮する必要性が示唆された。なお、本研究で用いた3DFoot modelは、他のMulti-segment foot modelと比較して再現性が高いことが確認されている。また、算出したHDFAとMLAEAは、3DFoot modelを報告した先行研究と類似した波形パターンと値を示したため、本研究結果は妥当性が高いと考えられた。

【理学療法学研究としての意義】

理学療法において歩行速度を向上させることは、実用的および効率的な歩行を実現するために重要な課題である。本研究の知見は、歩行動作にアプローチする上で有益な基礎情報に成り得る。