

## 運動中の足部内スティッフネス変化の推定の試み

新潟医療福祉大学 理学療法学科・久保雅義, 亀尾徹

### 【背景】

走行の様な動的な運動では、肢節は体重を支持するだけでなく、運動エネルギーの蓄積・開放の機能を持ち、効率のよい運動の発現を支える重要な役割を果たしている。特に足部は床面と直接接触し、短時間に大きな床反力をうけるため、この部位のアライメント異常や機能異常は運動パフォーマンスに大きな影響を及ぼす。

足部のエネルギー蓄積・開放の能力を示すパラメータとしてスティッフネスがある。従来足部のスティッフネスは、足部を剛体とした上で、足関節のスティッフネスとして求められてきた。しかし、足部だけに注目しても、加えられる床反力とそれに伴う足部内の変形量から「足部内スティッフネス」を考えることができる。

特に、扁平足・凹足のような足部内アライメント（縦アーチ）の変化が、歩行や走行時の衝撃吸収・蹴りだし能力に影響をあたえることが示唆されているが、足部内スティッフネスはアライメント異常に伴う機能異常の定量的評価を可能とする指標となりえる。

今回の研究では、歩行・走行中での、足部内変形とその時の床反力の関係から、「足部内スティッフネス」を推定し、さらに速度の変化に対応するスティッフネス変化を捉えることを目的としている。

### 【方法】

ボランティアとして参加した成人被験者は裸足で、フォープレートに埋め込まれた10mの直線歩行路を、様々な速度で歩行・走行する。

右裸足の第1・5中足骨頭および踵骨後面の3点、および舟状骨粗面部にマーカーを貼付し、それらの位置を3次元動作解析装置(Vicon Nexus)で経時的に測定する。中足骨頭と踵のマーカーにより足底面を定義し、さらに舟状骨マーカーから足底面までの垂直距離変化を計算で求め、足部変位とする。

立脚中期から後期に足部へ作用する床反力をフォープレートで計測し、1) 足底面に垂直な床反力成分と、2) 動作解析で求められた足部変位[m]の比を回帰直線によって求め、足部内スティッフネスと定義する。

本研究のプロトコルは新潟医療福祉大学倫理委員会の審査を経ており (No. 17400-130524)、被験者の同意を得た後、計測を行った。

### 【結果】

立脚中後期に足底面垂直方向にかかる床反力成分は歩行ではほぼ一定であるが、走行になると歩行の関数として高い値

をとる。同じ速度域でも、歩行から走行では非連続的に変化する(図1)。

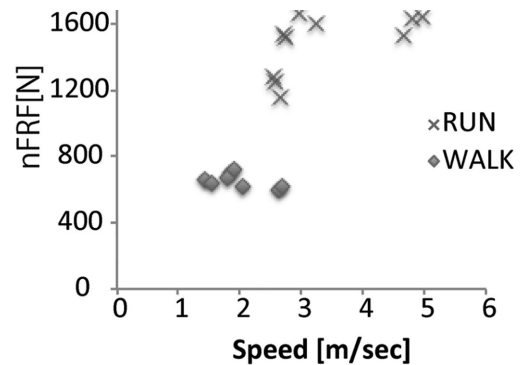


図1. 速度と床反力足底面垂直成分(nFRF)。立脚中後期のnFRFは歩行では一定であるが、走行では急激に増加する。

足部内スティッフネスも速度の関数として変化する。この変化の様相は、床反力垂直成分の変化と相似しているおり、歩行での低い値、走行への移行期での非連続的な変化で特徴づけられる(図2)。

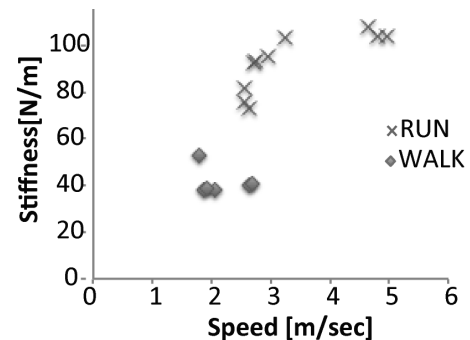


図2. 速度と足部内Stiffnessの変化。

### 【考察】

筋骨格系の物理的特性であるスティッフネスは、収縮要素を伴わない腱や靭帯などの受動的な成分と、筋収縮による自動的な「見かけ上」の成分の2つの要素によって構成される<sup>1)</sup>が、速度の関数として変化するスティッフネスは、自動的な要素の変化によるものであると考えられる。

長腓骨筋・後脛骨筋は足底部のアーチ構造を維持する自動的な要素とされており、速度を変化させて動的に足底内スティッフネスの変化をとらえることは、これらの筋肉の機能の動的評価となると考えられる。

### 【結論】

足部内スティッフネスの動的な変化を捉えることができた。運動時の足部機能の異常評価の方法として用いることができれば、リハビリテーションへの応用が考えられる。

### 【文献】

- 1) Zatsiorsky, VM, Kinetics of Human Motion, Human Kinetics