

## 題目：踵骨一下腿の運動連鎖の動態解析

保健医療学専攻・福祉援助工学分野・福祉援助工学領域

学籍番号：11S3009 氏名：江戸 優裕

研究指導教員：山本 澄子教授

キーワード：運動連鎖 踵骨 下腿 距骨下関節 変形性膝関節症

### I. 研究の背景と目的

骨関節疾患の理学療法は罹患部のみの画一的なトレーニングから多関節の運動連鎖を考慮したものへとパラダイムシフトした。運動連鎖と称される運動は多々あるが、その中でも荷重位における踵骨の回外と下腿の外旋、および踵骨の回内と下腿の内旋の連動（以下、踵骨一下腿の運動連鎖）はよく知られた連鎖である。この運動連鎖は距腿関節と距骨下関節の複合運動によって成立し、足部と下腿間の運動面の変換機能を有することから、下肢の関節疾患領域において特に重要視されている。しかし、その動態は多くの成書でも連動の方向を述べるに留まっており、詳細に調べた研究は少ない。このため、踵骨一下腿の運動連鎖の動態をより明確に示すことができれば、更なる臨床応用ができる可能性がある。本研究では踵骨一下腿の運動連鎖の動態を定量的に解析し、その動態を決定する解剖学的要因と、健常者における動態の特徴を明らかにすることを目的とした。また、内側型変形性膝関節症（以下、膝 OA）者は下腿の回旋運動の特異性を有する報告<sup>1)</sup>があるため、膝 OA 者の運動連鎖の動態についても調べた。

### II. 方法

#### 1) 踵骨一下腿の運動連鎖の動態の定量化（「連鎖比」の算出）

三次元動作解析システム VICON (VICON 社製) を使用し、立位にて左右同時に足部の回内外（それに伴う下腿回旋）を 5 回反復する動作を計測した。そして、踵骨と下腿に貼付したマーカーの位置座標から踵骨と下腿の相対角度を算出した。この計測課題での踵骨回内外と下腿回旋は一定の比率で連動するため、両者の一次回帰係数を連鎖比（下腿回旋角度/踵骨回内外角度）と定義した。

尚、この計測方法はマーカー貼付位置と計算プログラムの妥当性、および足部回内と回外の動態、マーカー貼付位置と計測課題の再現性について事前に検討した結果、実用可能であると判断した。

#### 2) 踵骨一下腿の運動連鎖の動態を決定する解剖学的要因

①足部骨アライメントとの関係：対象は若年者 15 名（30 肢）とし、診断用 X 線高電圧装置（島津製作所製）を用いて立位での足部底背像・側面像を撮像した。得られた単純 X 線画像から画像処理ソフト ImageJ（米国国立衛生研究所製）を用いて 34 項目の足部骨アライメントを計測し、連鎖比との関係を Pearson の積率相関係数、および偏相関係数を求めて検討した。

②足関節肢位との関係：対象は若年者 22 名（44 肢）とした。足関節底屈位・中間位・背屈位の 3 条件で連鎖比を計測し、各条件間での差を多重比較検定（Games-Howell の方法）により検討した。

#### 3) 対象者の属性による踵骨一下腿の運動連鎖の動態の特徴

①健常者における特徴：対象は若年者 25 名（50 肢）と高齢者 29 名（58 肢）とした。年代・性別・左右による連鎖比の差を三元配置分散分析、および変動係数により検討した。また、若年群と高齢群の左右差の絶対値を Mann-Whitney の検定により比較した。

②膝 OA 者における特徴：対象は高齢者 29 名（58 肢）と膝 OA 者 5 名（8 肢）とした。高齢群は足関節中間位・背屈位の 2 条件、膝 OA 群は膝関節伸展可動域制限によって足関節が背屈した自然立位にて連鎖比を計測し、計測動作中の平均下腿前後傾角度も算出した。各条件間でのこれらの比較に、多重比較検定（Dunnett の方法：対照カテゴリは膝 OA 群）、および変動係数を用いた。

### III. 倫理上の配慮

全ての対象者に対して本研究の主旨を事前に説明し、同意が得られた場合に同意書を締結した。尚、本研究は国際医療福祉大学倫理委員会の承認を得て行った（承認番号 11-156）。

### IV. 結果

#### 1) 踵骨－下腿の運動連鎖の動態を決定する解剖学的要因

①足部骨アライメントとの関係：14 項目の足部骨アライメントが連鎖比との間に有意な相関 ( $|r|=0.36\sim 0.62$ ) を認めた。それらのアライメントを統合すると、足部アーチの挙上と連鎖比の増大が関連していた。偏相関分析の結果、連鎖比に本質的に影響するアライメントは距骨長軸の前傾角度と踵骨上前縁の前傾角度であり、両者が後傾すると連鎖比が増大するという関係にあった。

②足関節肢位との関係：全ての足関節肢位間に有意差が認められ、連鎖比は背屈位  $1.3\pm 0.5$ ・中間位  $1.0\pm 0.2$ ・底屈位  $0.8\pm 0.3$  で、底屈位から背屈するにしたがって増大した。

#### 2) 対象者の属性による踵骨－下腿の運動連鎖の動態の特徴

①健常者における特徴：若年群と高齢群の連鎖比は  $1.0\pm 0.2$  で、最大 1.6 から最小 0.4 までの個人差が認められた。属性では性別のみに有意差が認められ、男性  $1.1\pm 0.2$ ・女性  $0.9\pm 0.2$  で、男性の方が大きかった。連鎖比の変動係数は年代と性別による差はほとんどなかったが、左右においては右 25.3%・左 20.4%で右の方が大きかった。

②膝 OA 者における特徴：膝 OA 群の連鎖比は  $1.5\pm 0.6$  で、高齢群の中間位よりも大きかったが、背屈位とは有意差はなかった。また、膝 OA 群は計測動作中に下腿が  $7.1\pm 2.5$  度前傾しており、高齢群の中間位と背屈位の中間的な肢位であった。変動係数は高齢群 23.6%・膝 OA 群 40.9%であった。

### V. 考察

#### 1) 踵骨－下腿の運動連鎖の動態を決定する解剖学的要因

今回計測した足部骨アライメントのうち、連鎖比に関与することが分かった距骨長軸と踵骨上前縁は、矢状面上で距骨下関節を挟むように位置している。また、今回条件設定した足関節底屈・中間・背屈の肢位変化は、距腿関節の角度変化が主体となるため、下腿に対して距骨下関節の運動軸の向きを変化させたことを意味している。これらのことから、連鎖比を決定する解剖学的要因は足部骨アライメントと足関節肢位によって規定される距骨下関節の運動軸の向きであることが明らかになった。すなわち、足部アーチの挙上や足関節背屈によって、下腿に対して距骨下関節軸が背屈すると運動連鎖は踵骨の回内外に対して下腿回旋が優位な動態を呈することが分かった。

#### 2) 対象者の属性による踵骨－下腿の運動連鎖の動態の特徴

健常下肢における連鎖比は 3 倍程度の個人差を認めたが、対象者の属性によって異なる特徴があった。すなわち、男性は女性よりも下腿回旋が優位で、高齢者は若年者よりも左右差が大きかった。また、膝 OA 者は高齢者よりも個人差が大きい傾向を認めた。そして、これらの特徴も足部アライメントと足関節肢位の影響を背景に有する結果であることが示唆された。

### VI. 結語

本研究により、踵骨－下腿の運動連鎖をより効果的に理学療法に応用するには、足部骨アライメントと足関節肢位を考慮する必要があることが分かった。具体的には踵骨－下腿の運動連鎖は、足部アーチの挙上や足関節背屈によって距骨下関節の運動軸が下腿に対して背屈すると下腿回旋が優位な動態を呈する。したがって、荷重動作中に踵骨回内外によって下腿回旋を効率的に生じさせるためには、足部アーチを挙上することと足関節を背屈することが重要である。

### VII. 引用文献

- 1) 菅川祥枝, 木藤伸宏, 島澤真一ら. 内側型変形性膝関節症における歩行時大腿・下腿回旋運動の解析. 理学療法学. 2003;31(7):412-419
- 2) 江戸優裕, 山本澄子. 踵骨－下腿の運動連鎖の動態特性. 理学療法科学. 2012;27(6):661-664