

早稲田大学審査学位論文  
博士（人間科学）  
概要書

The effect of walking speed on thorax, lumbar and  
pelvis movements during gait in women

健常女性の歩行速度に対応する胸郭、腰椎  
および骨盤の協調運動

2012年7月

早稲田大学大学院 人間科学研究科

楊 雅婷  
YANG, Ya-Ting

研究指導教員： 鈴木 秀次 教授

ヒトの通常歩行は矢状面での左右脚の周期的な前後運動が大きく貢献するが、これには体幹部の骨盤、腰椎、そして胸郭の貢献度も無視できない。ところが、その歩行時の骨盤、腰椎と胸郭から生じる動きの相互依存関係の系統的な研究はまだ多くの点で明らかになっていない。これらセグメント間の協調関係を系統的にしらべることは歩行運動の研究をする上で重要である。この点に絞った過去の研究をみると、Saunders ら (1953) が体幹全体、また、Stokes ら (1989) は特に骨盤の回転が歩行時のバランス維持に重要な役割を果たしているとの報告がある。最近では、身体横断面における体幹の動きも解明されてきた (Bruijn et al., 2008; Callaghan et al., 1999; Crosbie et al., 1997)。しかし、これらの研究では、胸郭の動きを測定する方法の定義がまちまちであったり、歩行時の腰椎の動きを表現する際にもいくつかの矛盾があり、見解に相違がある。Lamoth ら (2006) は歩行速度の違いが横断面での体幹の骨盤と胸郭の協調性について研究しているが、定性的にしか特徴づけていない。

以上、これまでの歩行運動における身体横断面での体幹の各部位、特に骨盤、腰椎、胸郭の協調性の研究は断片的な報告があるのみで系統的な研究はなされていない。特に、歩行運動における運動制御の視座からの研究は特に明らかになっていない。そこで本研究では、ヒトが前方に脚を運びながら歩くとき骨盤がどのように動くか、そしてその動きが脊柱にどのように作用するか、さらに胸郭と骨盤の運動にはどのような関係があるかをバイオメカニクスと運動制御の視座から系統的に観察し、検討した。

被験者は、健常女性 9 名 (年齢 =  $24.6 \pm 2.4$  歳, 身長 =  $158 \pm 5$  cm, 体重 =  $47.9 \pm 3.6$  kg) とした。キネマティクスはモーションキャプチャーシステム (MAC3D, モーションアナリシス社製, USA, 200Hz) により解析をおこなった。被験者はトレッドミル (L7, LANDICE 社製, USA) 上を各速度 (0.40, 0.93, 1.47 m/s) で歩いた。胸郭、骨盤および腰椎の角度を求めるために反射マーカーを胸骨、第 1 胸椎、両上前腸骨棘、第 2 仙椎棘突起上に、マーカーセット (リグ) を第 1 腰椎、第 3 腰椎、第 5 腰椎の棘突起上に装着した。座標データは遮断周波数 = 5 Hz で平滑化した。右踵接地から次の右踵接地までを 1 歩行周期 (100%) とし、10 歩行周期間の平均値を求めた。回旋・回転角度は、自然立位時を基準位とし水平面上の角度を求めた。反時計まわりを正の角度と定義した。

その結果、歩行速度の増大に伴い、ストライド長 (2 歩間) は 0.91m から 1.55m までに伸び、周期時間は 1.72 s から 0.95 s までに短縮した ( $p < 0.05$ )。各部位の身体横断面における角度変位は、骨盤と第 5 腰椎 (L5) では大きくなったが、第 1 腰椎 (L1) と胸郭では小さくなった ( $p < 0.05$ )。1 歩行周期中のそれぞれのセグメントの動きの特徴として、右足接地時、骨盤は他

の部位に先行して右回旋し、歩行速度 0.40m/s では接地時から 22%の時点で右回旋のピークに達した。続いて、L5、L3、L1、そして最後に胸郭が順に位相をずらしながら右回旋ピークに達し、左回旋時の動きも同様の位相のずれを示した ( $p < 0.05$ )。また、歩行速度の増大によって、胸郭と L1 の角度変位は減少し、骨盤と L5 の角度変位は増大した ( $p < 0.05$ )。回旋ピークのずれ順は変わりなかったが、胸郭を除き、すべての部位はピークに到達するタイミングが早まった ( $p < 0.05$ )。胸郭と L1、L3 の間の in-phase 位相区間は短くなり、胸郭と骨盤の間は  $74.4 \pm 7.3\%$  から  $42.5 \pm 14.1\%$  までと in-phase 位相区間が大幅に減少した ( $p < 0.05$ )。胸郭と L1、L3 および骨盤と L3、L5 の間の最大ねじれ角度は増大し、胸郭と骨盤の間は  $5.44 \pm 0.47^\circ$  から  $10.63 \pm 0.56^\circ$  までと最大ねじれ角度が大幅に増大した ( $p < 0.05$ )。

以上、健常女性の歩行中の骨盤、脊椎、胸郭の身体横断面での回旋・回転運動の位相をみると、一般的には脚にリードされた骨盤が先ず回旋し、それが輪軸作用によって脊柱に伝わり、第 5 腰椎、第 3 腰椎へと順に作用していることが明らかとなった。また、速度が増大すると、骨盤の回転のタイミングが早まり、それにより胸郭と骨盤の間の in-phase 位相の期間が短くなり、それに対し、out-of-phase の区間は増加することが明らかになった。本研究では、歩行速度の増加に伴って胸郭と骨盤の回旋の out-of-phase の割合が増加する理由についてさらに解析した。その結果、歩行中の胸郭以外の各セグメントは歩行速度の増大とともに回旋・回転の位相が前方に移動すること、一周期中でのピークタイミングが早まったのに対し、胸郭のそれが変わらいことが主な要因であることが明らかになった。

本研究は、健常女性の歩行で脚の運びに対して体幹の回旋運動がどのように協調するかを検討した。健常者の歩行時は胸郭、腰椎と骨盤の間の動きは相互依存があることがわかり、比較的ゆっくりした歩行では脚の運びが骨盤の動きを誘導し、それによって骨盤が回旋運動を起こして、それが脊柱に作用して第 5 腰椎から第 1 腰椎、それがさらには胸郭にも作用していることが示唆された。一方歩行速度が上がってくると骨盤の回転タイミングが早まることにより胸郭との間の in-phase 位相の期間が短縮し、また、骨盤と胸郭でバランスをとるために胸郭が反対方向に回旋して協調していることが示唆された。

本内容の掲載誌：

**Yang YT, Yoshida Y, Hortobágyi T & Suzuki S** : 2012 Interaction between thorax, lumbar, and pelvis movements in the transverse plane during gait at three velocities. *Journal of Applied Biomechanics*, in press.

以上