

## ■原著

# MRIによる他動的一側股関節伸展時の 腰椎骨盤-股関節複合体を構成する関節の動きの解析

The MRI analysis of motions of each joint which composes  
the lumbopelvic-hip complex during passive unilateral hip extension

宇佐 英幸<sup>1</sup>, 竹井 仁<sup>2</sup>, 畠 昌史<sup>3</sup>, 小川 大輔<sup>4</sup>  
市川 和奈<sup>5</sup>, 松村 将司<sup>5</sup>, 妹尾 淳史<sup>6</sup>, 渡邊 修<sup>2</sup>

Hideyuki Usa<sup>1</sup>, Hitoshi Takei<sup>2</sup>, Masahumi Hata<sup>3</sup>, Daisuke Ogawa<sup>4</sup>  
Kazuna Ichikawa<sup>5</sup>, Masashi Matsumura<sup>5</sup>, Atsushi Senoo<sup>6</sup>, Shu Watanabe<sup>2</sup>

**要 旨:** 健康者 24 名 (男女各 12 名) を対象に (平均年齢: 男性 21.3 歳, 女性 20.6 歳), 大腿・骨盤の動きと仙腸関節・腰仙関節・腰椎椎間関節の動きを, 腹臥位と腹臥位・膝関節伸展位での股関節 5・10・15° 伸展位, 15° 伸展位から 10・20 N・m の伸展方向への加重を大腿遠位部に加えた肢位の 6 肢位で撮像した MRI (Magnetic Resonance Imaging: 磁気共鳴画像) を用いて解析した。結果, 男女とも, 股関節伸展角度の増加に伴って, 大腿は骨盤に対して伸展し, 骨盤は前傾した。股関節非伸展側の仙腸関節では前屈, 第 3/4・4/5 腰椎椎間関節と腰仙関節では伸展の動きが生じた。しかし, 第 3/4 腰椎椎間関節を除く各部位の動きは, 10 N・m 加重時と 20 N・m 加重時の間では女性だけにみられた。これらの結果から, 他動的一側股関節伸展時の腰椎骨盤-股関節複合体を構成する関節の正常な動きが明らかになった。

**キーワード:** MRI (磁気共鳴画像), 股関節伸展, 腰椎骨盤-股関節複合体, 骨盤前傾

1 首都大学東京大学院人間健康科学研究科理学療法科学系・千川篠田整形外科 Department of Physical Therapy, Graduate School of Human Health Sciences, Tokyo Metropolitan University・Senkawa-Shinoda Orthopedic Clinic

2 首都大学東京大学院人間健康科学研究科理学療法科学域 Department of Physical Therapy, Graduate School of Human Health Sciences, Tokyo Metropolitan University

3 首都大学東京大学院人間健康科学研究科理学療法科学域・池上総合病院リハビリテーション室 Department of Physical Therapy, Graduate School of Human Health Sciences, Tokyo Metropolitan University・Department of Rehabilitation, Ikegami General Hospital

4 首都大学東京大学院人間健康科学研究科理学療法科学域・目白大学保健医療学部理学療法学科 Department of Physical Therapy, Graduate School of Human Health Sciences, Tokyo Metropolitan University・Department of Physical Therapy, Faculty of Health Sciences, Meiji University

5 首都大学東京大学院人間健康科学研究科理学療法科学域・千川篠田整形外科 Department of Physical Therapy, Graduate School of Human Health Sciences, Tokyo Metropolitan University・Senkawa-Shinoda Orthopedic Clinic

6 首都大学東京大学院人間健康科学研究科放射線科学域 Department of Radiological Sciences, Graduate School of Human Health Sciences, Tokyo Metropolitan University

## I はじめに

股関節の運動を観察するときは、股関節だけでなく、腰椎・骨盤・股関節の協調した動きについて観察することが重要である。

股関節屈曲運動をみると、骨盤に対する大腿の動き(股関節固有の屈曲)と骨盤後傾によって構成され<sup>1,2)</sup>、その骨盤後傾には仙腸関節・腰仙関節・腰椎椎間関節の動きが関与する<sup>3~6)</sup>。我々は、MRI(Magnetic Resonance Imaging: 磁気共鳴画像)を用いて、健康成人女性を対象に背臥位・膝関節屈曲位での他動的な一側および両側股関節屈曲運動について解析し、股関節屈曲運動における骨盤大腿リズムの存在と、骨盤後傾への仙腸関節・腰仙関節・腰椎椎間関節の動きの関与について報告した<sup>7~9)</sup>。

一方、股関節伸展運動に関する報告には、歩行・走行時の股関節と骨盤の動きを解析した報告<sup>10,11)</sup>や、腹臥位での股関節伸展運動における腹部収縮が骨盤前傾量に及ぼす影響の報告<sup>12)</sup>、歩行・走行時の腰椎と骨盤の動きを解析した報告<sup>13,14)</sup>などがある。このように、自動的な股関節伸展運動時に生じる骨盤前傾や大腿・腰椎の動きについての報告は散見される。しかし、自動的な運動は、関節を構成する組織(骨・関節包・靱帯)や関節運動に関与する組織(筋・滑液包・腱附着部・神経・骨膜など)の可動性や柔軟性などの構造的な要因に加えて筋力・バランス・協調性などの機能的な要因にも影響を受けるため、臨床においては、主として構造的な要因に影響を受ける他動的な運動の評価も行われる。ところが、他動的な股関節伸展運動時の腰椎骨盤-股関節複合体を構成する関節の動きを解析した報告は我々が渉猟する限りみられない。また、Schacheら<sup>11)</sup>は、トーマステスト(変法)によって測定した股関節の静的な柔軟性は最大努力下速度での走行時の骨盤前傾量や股関節伸展可動域の最大値に影響を与える主要な要因ではないかもしれないと述べている。しかし、Schacheらが述べている柔軟性は単独の関節の柔軟性である。腰椎骨盤-股関節複合体のように、共通の運動方向をもつ複数の関節において連携した運動を行う場合、問題となるのは相対的な柔軟性である<sup>15)</sup>。よって、腰椎骨盤-股

関節複合体の動きに関与する関節の他動的な可動性を総合的に解析する必要がある。

そこで本研究では、MRIを用いて、腹臥位・膝関節伸展位での他動的な一側股関節伸展時の大腿・骨盤の動きと、その骨盤の動きに関与すると考えられる仙腸関節・腰仙関節・腰椎椎間関節の動きを解析し、他動的な一側股関節伸展によって生じる腰椎骨盤-股関節複合体を構成する関節の動きを明らかにすることを目的とした。臨床において、股関節伸展の関節可動域運動やストレッチングを実施する際は、最終域感を感じるまで適切な外力を加えて股関節を伸展する。しかし、腰椎骨盤-股関節複合体内において、制限のある関節以外の関節が代償的に動く場合、制限のある関節の動きの改善が選択的かつ効果的に図れない。そのため、本研究においても適切な外力を股関節に加えて、最終可動域まで腰椎骨盤-股関節複合体を構成する関節の動きを明らかにすることは重要である。よって本研究では、開始肢位である腹臥位から、股関節伸展の参考可動域角度<sup>16)</sup>である15°伸展位までだけでなく、そこから定量化した加重を大腿遠位部に加えて最終可動域まで解析できるように考慮した。また、前述した我々の報告<sup>7~9)</sup>ではMR装置の構造上対象外であった男性も、今回は対象とすることが可能であったため、解析は性別を考慮して行い、性別による相違について検証した。

## II 対象および方法

### 1. 対象

被験者は腰部・股関節疾患の既往がない健康者24名(男性12名、女性12名)とした(表1)。なお、本研究は首都大学東京荒川キャンパス研究安全倫理委員会の承認を受けており(承認番号08085)、実験前に、被験者に研究趣旨と方法、研究参加の有無によって不利益にならないことを十分に説明し、書面にて承諾を得た上で実施した。

### 2. 実験手順

実験課題は、腹臥位・膝関節伸展位での他動的な一側(右)股関節伸展運動とした。被験者をMR装置のベッド上に腹臥位にし、実験条件を設定した。実験条件は以下の5肢位とした。

肢位①：股関節 5° 伸展位；  
 肢位②：股関節 10° 伸展位；  
 肢位③：股関節 15° 伸展位；  
 肢位④：股関節 15° 伸展位から 10 N・m の伸展方向への加重を大腿遠位部に加えた肢位；  
 肢位⑤：股関節 15° 伸展位から 20 N・m の伸展方向への加重を大腿遠位部に加えた肢位。

肢位①から肢位③までの股関節角度の設定は、日本リハビリテーション医学会<sup>16)</sup>の測定法にならない、腹臥位・膝関節伸展位で、基本軸を体幹と平行な線、移動軸を大転子と大腿骨外顆の中心を結ぶ大腿中央線として基本軸と移動軸とのなす角度を、ゴニオメーターで測定して行った。肢位①・②の設定に際しては、クッションを用いて右下肢を他動的に保持した。また、肢位③・④・⑤における右下肢の他動的保持ならびに股関節への加重は、非磁性体負荷装置(図 1)を使用して行った。なお、われわれの先行研究<sup>9)</sup>における予備実験時、20 N・m を超える股関節への加重により仙腸関節あるいは股関節に痛みを訴える被験者がいた。そ

のため、本研究における加重量は安全面を考慮して、20 N・m 以下に設定した。すべての実験条件において、体幹・骨盤に対する固定は行わなかった。また、腰部や股関節周囲の筋活動の影響を最小限にするため、すべての実験条件設定時に、被験者に対してリラックスして脱力するように指示し確認した。

MRI の撮像は臨床用 MR 装置(Philips Electronics Japan, Achieva 3.0T)を用いて行った。MRI 信号の受信には Body Coil を用い、T2 強調撮像視野(field of view : FOV)470 mm、繰り返し時間(repetition time : TR)6278 ms、エコー時間(echo time : TE)90 ms、スライス厚(slice thickness)6 mm]のシーケンスにより、開始肢位である腹臥位と実験条件の 5 肢位において、それぞれ約 3 分半で約 50 スライスの矢状断像撮像を実施した。なお、矢状断像撮像前に位置決め画像を撮像し、その画像から大腿骨頭中心・上後腸骨棘・腰椎棘突起・正中仙骨稜・恥骨結合などの骨指標が確認できるように約 50 スライスの矢状断面を決定した。撮像の順序はランダムとし、各撮像後には体動による画像の乱れがないことを確認した。また、設定や休憩など撮像以外の時間を含めて実験時間は約 1 時間半であった。

### 3. 測定方法

得られた全画像から各肢位ごとに、大腿骨頭中

表 1 被験者特性

性別	年齢 [歳]	身長 [cm]	体重 [kg]
女性	20.6 (19 ~ 22)	155.4 (3.3)	49.3 (4.5)
男性	21.3 (20 ~ 23)	170.3 (4.4)	59.8 (4.4)

年齢の値は平均値 (最小値～最大値)。  
 身長と体重の値は平均値 (標準偏差)。

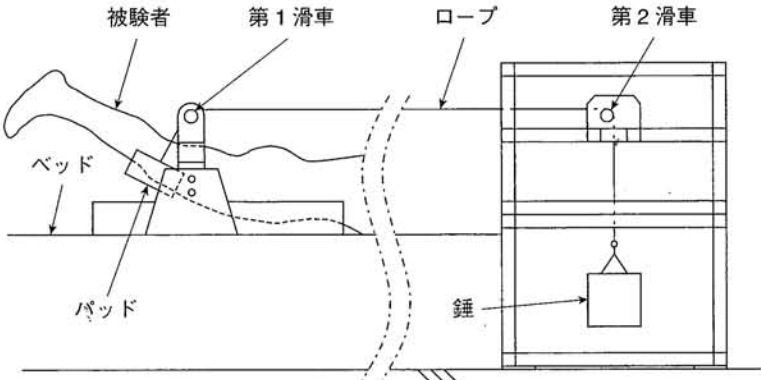


図 1 非磁性体負荷装置

錘とパッドが2つの滑車を介してロープでつながっている。肢位③・④・⑤における右下肢の他動的保持ならびに股関節への加重に必要な股関節伸展モーメントを加えるため、大腿長軸に対して直交し、かつ股関節伸展角度を増大する方向に、錘による張力が大腿遠位部に加わるように非磁性体負荷装置を設置した。

心と大腿骨体を含む矢状断像、腰椎棘突起と正中仙骨稜を含む矢状断像、上後腸骨棘を含む矢状断像、恥骨結合を含む矢状断像を、DICOM 閲覧ソフト (IMAGE Information Systems, K-PACS V 1.6.0) を用いて抽出した後、画像処理ソフト (National Institutes of Health, Image J 1.38x) で以下の測定項目を測定した。

測定項目は、腹臥位にて大腿骨長軸と水平面とのなす角度 (Femur-Horizontal angle: 以下 FH 角)、上後腸骨棘と恥骨結合を結んだ線と水平面とのなす骨盤傾斜度 (Pelvic Inclination angle: 以下 PI 角)、第 1 仙椎上面と水平面とのなす腰仙角 (Lumbosacral angle: 以下 L 角)、腰椎椎間角度 ( $\angle L2 \cdot \angle L3 \cdot \angle L4 \cdot \angle L5 \cdot \angle S1$ ) とした (図 2)。

解析項目は、右 FH 角と右股関節固有角度、左右の骨盤前傾量、仙骨前傾量、腰椎椎間角度の変化量 ( $L1/L2 \cdot L2/L3 \cdot L3/L4 \cdot L4/L5 \cdot L5/S1$ ) とした。左右の骨盤前傾量と仙骨前傾量はそれぞれ、各肢位における左右の PI 角・L 角と開始肢位である腹臥位におけるそれらとの差とした。また、右股関節固有角度は、右 FH 角の変化量 (各肢位における右 FH 角と腹臥位におけるそれとの差) と右骨盤前傾量の差とし、左右の仙腸関節の動きは、左右の骨盤前傾量と仙骨前傾量の差とした。腰椎椎間角度の変化量も各肢位における腰椎椎間角度と腹臥位におけるそれらとの差とした。

#### 4. 統計学的分析方法

右 FH 角の実験条件による変化と性別による相違を検討するために、実験条件と性別を 2 要因とする二元配置分散分析、単純主効果の分析とその後の多重比較 (Tukey HSD 法) を行った。右股関節固有角度の実験条件による変化を検討するために、性別ごとに実験条件を要因とする一元配置分散分析とその後の多重比較 (Tukey HSD 法) を行った。骨盤前傾量 (右骨盤前傾量、仙骨前傾量、左骨盤前傾量) の実験条件による変化と解析項目による相違を検討するために、性別ごとに実験条件と解析項目を 2 要因とする二元配置分散分析、単純主効果の分析とその後の多重比較 (Tukey HSD 法) を行った。腰椎椎間角度の変化量についても骨盤前傾量と同様の処理を行った。統計処理には PASW Statistics 18 を用い、有意水準は 5% とした。

#### III 結果

右 FH 角、L 角、左右の PI 角、腰椎椎間角度を測定した MRI 画像の例を図 3 に示す。

右 FH 角の結果を表 2 に示す。分散分析の結果、実験条件と性別の間で交互作用が有意であった。そこで、実験条件についての単純主効果の分析とその後の多重比較の結果、女性ではすべての実験条件間で右 FH 角は有意に増加した。男性においても有意に増加したが、肢位④-⑤間にだけ

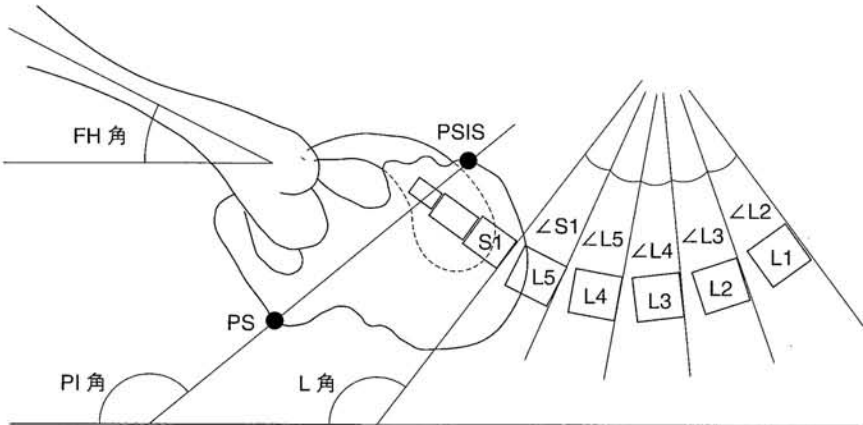


図 2 測定項目

PSIS (posterior superior iliac spine: 上後腸骨棘), PS (pubic symphysis: 恥骨結合)。

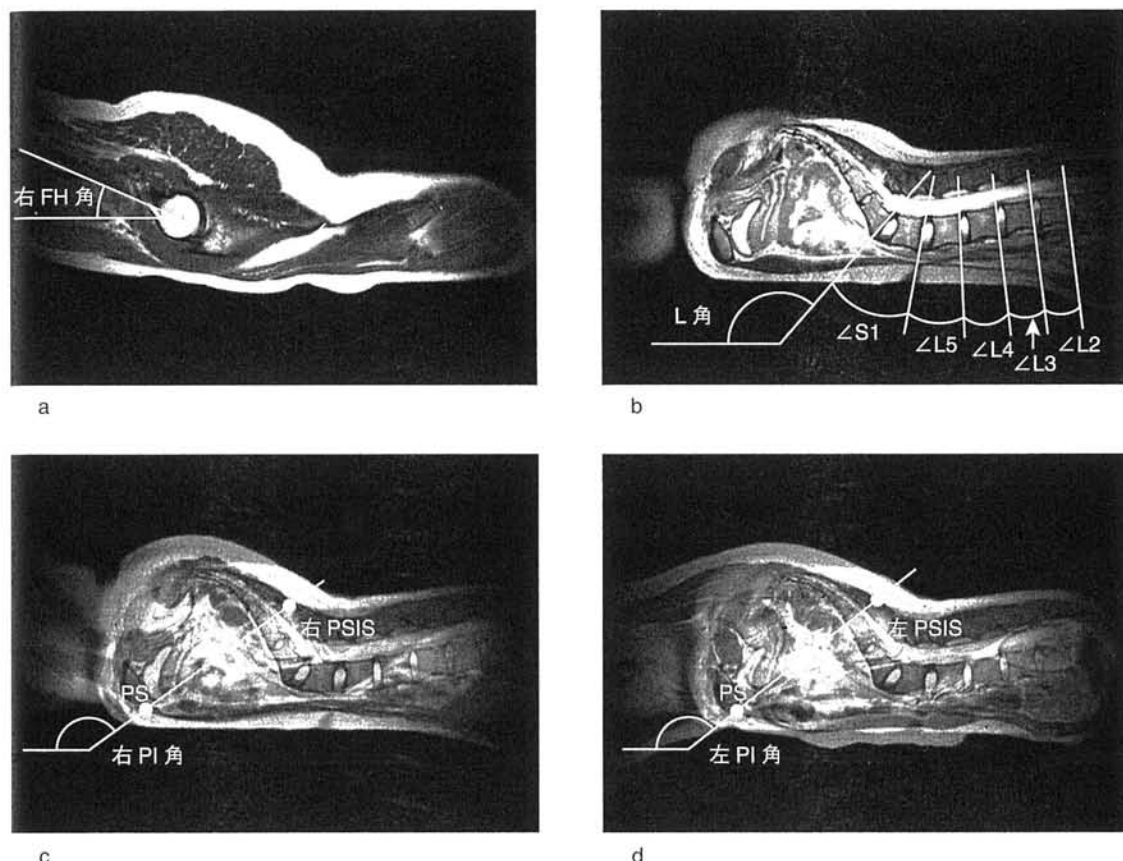


図 3 測定に用いた MRI 画像の一例

a: 右大腿骨頭中心と大腿骨体を含む矢状断像, b: 腰椎棘突起と正中仙骨稜を含む矢状断像, c: 右上後腸骨棘を含む矢状断と恥骨結合を含む矢状断の合成画像, d: 左上後腸骨棘を含む矢状断と恥骨結合を含む矢状断の合成画像。

表 2 右 FH 角の平均値(標準偏差) [°]

	肢位①	肢位②	肢位③	肢位④	肢位⑤ <sup>‡</sup>
女性 <sup>*</sup>	5.2 (0.7)	10.1 (0.5)	14.9 (0.5)	18.3 (1.7)	23.4 (1.8)
男性 <sup>†</sup>	5.2 (0.5)	9.9 (0.5)	15.1 (0.6)	19.2 (1.7)	20.3 (1.9)

値は平均値 (標準偏差)。

プラスの値は、腹臥位における水平面に対する大腿の伸展を示す。

<sup>\*</sup>: すべての実験条件間に有意差があった ( $p < 0.05$ )。

<sup>†</sup>: 肢位④と肢位⑤の間にだけ有意差がなかった ( $p > 0.05$ )。

<sup>‡</sup>: 男女間に有意差があった ( $p < 0.05$ )。

は変化がなかった。性別の単純主効果を分析した結果、肢位⑤においてのみ有意であった。このように、加重量の増加に伴い、女性では右 FH 角が増加したが男性では変化しなかったため、各部位の動きにも男女差があることが予想される。そのため、他の解析項目の統計処理は男女別々に行った。

右股関節固有角度の結果を表 3 に示す。分散分析とその後の多重比較の結果、女性ではすべての実験条件間で右股関節固有角度は有意に増加した。男性においても有意に増加したが、肢位④-⑤間にだけは変化がなかった。

骨盤前傾量(右骨盤前傾量, 仙骨前傾量, 左骨盤前傾量)の結果を表 4 に示す。分散分析の結果、



表3 右股関節固有角度の平均値(標準偏差) [°]

	肢位①	肢位②	肢位③	肢位④	肢位⑤
女性*	7.9 (2.4)	12.2 (2.2)	15.5 (2.4)	18.0 (2.2)	20.6 (1.7)
男性†	7.4 (1.9)	11.2 (2.3)	14.6 (2.3)	18.0 (1.9)	18.0 (1.6)

値は平均値(標準偏差)。

プラスの値は、骨盤に対する大腿の伸展を示す。

\*:すべての実験条件間に有意差があった ( $p < 0.05$ )。

†:肢位④と肢位⑤の間にだけ有意差がなかった ( $p > 0.05$ )。

表4 骨盤前傾量の平均値(標準偏差) [°]

		肢位①	肢位②	肢位③	肢位④ <sup>‡</sup>	肢位⑤ <sup>§</sup>
女性	右骨盤前傾量*	1.6 (1.1)	2.3 (1.0)	3.8 (1.3)	4.6 (1.6)	7.2 (1.6)
	仙骨前傾量*	1.7 (1.6)	2.4 (1.5)	4.2 (1.9)	5.5 (1.5)	8.1 (1.4)
	左骨盤前傾量*	1.7 (1.2)	2.0 (1.1)	3.3 (1.2)	4.2 (1.0)	5.6 (1.6)
男性	右骨盤前傾量†	1.3 (1.1)	2.2 (1.1)	4.0 (1.6)	4.7 (1.5)	5.8 (1.4)
	仙骨前傾量†	1.2 (1.1)	2.2 (1.2)	4.4 (1.2)	5.6 (1.3)	6.6 (1.1)
	左骨盤前傾量†	0.9 (0.7)	2.0 (0.8)	3.3 (1.3)	4.3 (1.3)	5.3 (1.2)

値は平均値(標準偏差)。

プラスの値は、左右の骨盤前傾量では左右の寛骨の前方への回転を、仙骨前傾量では仙骨の前方への回転を示す。

\*:肢位①と肢位③・肢位④・肢位⑤の間、肢位②と肢位④・肢位⑤の間、肢位③と肢位⑤の間、肢位④と肢位⑤の間に有意差があった ( $p < 0.05$ )。

†:肢位①と肢位③・肢位④・肢位⑤の間、肢位②と肢位③・肢位④・肢位⑤の間、肢位③と肢位⑤の間に有意差があった ( $p < 0.05$ )。

‡:男女とも、仙骨前傾量と左骨盤前傾量の間に有意傾向があった ( $p = 0.07$ )。

§:仙骨前傾量と左骨盤前傾量の間に女性では有意差があり ( $p < 0.05$ )、男性では有意傾向があった ( $p = 0.05$ )。

男女とも解析項目と実験条件の間で交互作用が有意であった。そこで、実験条件についての単純主効果の分析とその後の多重比較の結果、男女とも3つの前傾量はそれぞれ有意に増加した。しかし、肢位④-⑤間に関しては、女性では3つの前傾量はそれぞれ有意に増加したのに対して、男性では変化がなかった。解析項目についての単純主効果の分析とその後の多重比較の結果、女性では肢位④で仙骨前傾量は左骨盤前傾量より1.3°有意に大きい傾向があり、肢位⑤で2.5°有意に大きかった。それに対して男性では、肢位④・⑤とも仙骨前傾量は左骨盤前傾量より1.3°有意に大きい傾向があった。

腰椎椎間角度の変化量の結果を表5に示す。分散分析の結果、男女とも解析項目と実験条件の間で交互作用が有意であった。そこで、実験条件についての単純主効果の分析とその後の多重比較の結果、男女ともL1/L2・L2/L3に変化はなかったが、L3/L4・L4/L5・L5/S1はそれぞれ有意に増加した。しかし、肢位④-⑤間に関しては、女

性ではL4/L5・L5/S1はそれぞれ有意に増加したのに対して、男性では変化がなかった。解析項目についての単純主効果の分析とその後の多重比較の結果、男女ともL4/L5・L5/S1は他に比べて有意に大きかった。

#### IV 考察

本研究の結果より、腹臥位・膝関節伸展位での他動的な一側股関節伸展運動には骨盤に対する大腿の伸展(股関節固有の伸展)に加えて骨盤前傾が含まれ、この骨盤前傾に関与する第3/4・4/5腰椎椎間関節と腰仙関節の伸展および股関節非伸展側の仙腸関節の前屈の動きが確認できた。これらの結果の要因は、以下のような他動的伸張による股関節屈筋群や股関節周囲の靱帯、仙腸関節周囲の靱帯などの緊張の増加にあると考える。

股関節固有の伸展によって伸張された腸骨大腿靱帯・恥骨大腿靱帯・坐骨大腿靱帯や前方関節包、腸骨筋・大腿直筋・縫工筋・大腿筋膜張筋と股関節伸展位で屈曲作用をもつ股関節内転筋群と

表 5 腰椎椎間角度の変化量の平均値(標準偏差) [°]

		肢位① <sup>††</sup>	肢位② <sup>**</sup>	肢位③ <sup>††</sup>	肢位④ <sup>††‡</sup>	肢位⑤ <sup>††‡</sup>
女性	L1/L2	0.1 (0.6)	0.2 (0.5)	0.3 (0.7)	0.6 (0.7)	0.7 (0.8)
	L2/L3	0.2 (0.6)	0.7 (0.8)	0.7 (0.8)	0.6 (0.7)	0.7 (0.8)
	L3/L4 <sup>*</sup>	0.5 (0.6)	0.7 (0.5)	1.0 (0.6)	1.3 (0.7)	1.4 (0.7)
	L4/L5 <sup>†</sup>	1.2 (0.7)	1.5 (0.7)	2.8 (1.1)	3.1 (1.0)	4.2 (1.0)
	L5/S1 <sup>‡</sup>	0.8 (0.8)	1.3 (0.8)	1.6 (0.8)	2.6 (1.0)	4.1 (1.0)
男性	L1/L2	0.2 (0.5)	0.3 (0.7)	0.3 (0.4)	0.6 (0.5)	0.6 (0.6)
	L2/L3	0.1 (0.8)	0.7 (0.7)	0.7 (0.5)	0.7 (0.7)	0.8 (0.7)
	L3/L4 <sup>*</sup>	0.4 (0.5)	0.7 (0.7)	1.1 (0.8)	1.4 (0.8)	1.5 (0.7)
	L4/L5 <sup>§</sup>	1.2 (0.9)	1.7 (1.1)	3.0 (1.2)	3.3 (1.2)	3.7 (1.1)
	L5/S1 <sup>‡‡</sup>	0.7 (1.1)	1.5 (1.0)	1.6 (1.1)	2.8 (0.8)	3.3 (1.0)

値は平均値 (標準偏差)。

プラスの値は、腰椎椎間椎間関節・腰仙関節の伸展を示す。

\*: 肢位①と肢位④・肢位⑤の間に有意差があった ( $p < 0.05$ )。

†: 肢位①と肢位③・肢位④・肢位⑤の間、肢位②と肢位③・肢位④・肢位⑤の間、肢位③と肢位⑤の間、肢位④と肢位⑤の間に有意差があった ( $p < 0.05$ )。

‡: 肢位①と肢位④・肢位⑤の間、肢位②と肢位④・肢位⑤の間、肢位③と肢位⑤の間、肢位④と肢位⑤の間に有意差があった ( $p < 0.05$ )。

§: 肢位①と肢位③・肢位④・肢位⑤の間、肢位②と肢位③・肢位④・肢位⑤の間に有意差があった ( $p < 0.05$ )。

‡‡: 肢位①と肢位④・肢位⑤の間、肢位②と肢位④・肢位⑤の間、肢位③と肢位⑤の間に有意差があった ( $p < 0.05$ )。

††: 男女とも、L1/L2とL4/L5の間、L2/L3とL4/L5の間に有意差があった ( $p < 0.05$ )。

\*\* : 男女とも、L1/L2とL4/L5・L5/S1の間、L2/L3とL4/L5の間、L3/L4とL4/L5の間に有意差があった ( $p < 0.05$ )。

†††: 男女とも、L1/L2とL4/L5・L5/S1の間、L2/L3とL4/L5の間、L3/L4とL4/L5の間、L4/L5とL5/S1の間に有意差があった ( $p < 0.05$ )。

‡‡‡: 男女とも、L1/L2とL4/L5・L5/S1の間、L2/L3とL4/L5・L5/S1の間、L3/L4とL4/L5・L5/S1の間に有意差があった ( $p < 0.05$ )。

いった軟部組織の緊張は、寛骨前傾に作用する。また、腸骨筋は仙骨外側部上面からも起こる<sup>17)</sup>ため、仙骨前傾にも作用する。これらの作用により、股関節伸展側の寛骨と仙骨は前傾したと考える。さらに、仙骨が前傾することにより、股関節非伸展側の仙腸関節には前屈の動きが生じて骨間仙腸靱帯や仙結節靱帯、腸骨尾骨筋や尾骨筋が緊張し、それが股関節非伸展側の寛骨の前傾に作用すると考える。また、仙骨の前傾は間接的に腰部の前彎を増強するため、第3/4・4/5腰椎椎間関節・腰仙関節では伸展の動きが生じたと考える。

10 N・m加重時までのこれら各部位の動きが男女間でほぼ同様であったことから、これらの関節の相対的な柔軟性は男女間でほぼ同様であると考ええる。しかし10 N・m加重時から20 N・m加重時の間では、各部位の動きに男女差がみられた。女性では股関節・仙腸関節・腰仙関節・第4/5腰椎椎間関節が動き、骨盤前傾が生じたが、男性ではこれらの動きは生じず、10 N・m加重時にすべ

ての関節がすでに最終可動域に達していた。よって、これらの関節個々の柔軟性には男女差があり、そのために股関節伸展最終可動域に男女差が生じたと考える。

これらのことを考慮すると、男性では、一側股関節伸展運動に関与する股関節や第3/4・4/5腰椎椎間関節、腰仙関節および股関節非伸展側の仙腸関節は10 N・m加重時に固定される。よって、臨床においてこれらの関節のいずれかに制限がある場合には、股関節伸展の関節可動域運動やストレッチングの実施時に、大腿に10～20 N・m加重することで制限のある関節以外の関節は固定され、制限のある関節の動きの改善に対してより選択的にその加重が作用すると考える。他方、女性では、20 N・m加重時においてもこれらの関節が固定されるかは不明である。しかし、股関節非伸展側の寛骨に対する仙骨の相対的な前屈角度が生体における仙腸関節の前屈角度の限界である2.5°<sup>9)</sup>であったことから、股関節にこれ以上加重

することはリスク管理の面から不適切である。よって、女性に対して関節可動域運動やストレッチを実施する際は、制限のある関節以外の関節を外から固定する必要があると考える。

仙腸関節の動きは男女とも、股関節伸展側では生じず、股関節非伸展側の仙腸関節で生じた。20 N・m 加重時、股関節非伸展側の寛骨に対する仙骨の相対的な前屈角度は、女性の場合 2.5°, 男性の場合 1.3° であった。

仙腸関節の可動性に関しては、屍体の仙腸関節を用いた報告<sup>4)</sup>や生体におけるレントゲン立体画像解析による報告<sup>5, 6)</sup>がある。報告によりばらつきはあるが、仙腸関節の可動性は概して小さいとされている。本研究の結果もそれを支持するものとなった。仙腸関節の可動性が小さい原因としては、仙骨のくさび形の形状やL字形の耳状関節表面の凹凸、関節軟骨のきめの粗さ、筋や靱帯の緊張が挙げられる<sup>18~20)</sup>。Vleeming ら<sup>19, 20)</sup>は、重心位置の違いによる仙腸関節に生じる負荷の男女差や出産の関係から、特に思春期以降、仙腸関節表面の凹凸や関節軟骨のきめの粗さには男女差が生じて仙腸関節の安定性に影響を与えると述べている。本研究の被験者は全員出産経験がなかったが、年齢が19歳から23歳であった。このことから、重心位置の違いによる仙腸関節に生じる負荷の男女差が、本研究において仙腸関節の可動性に男女差がみられた原因であると考えられる。

腰仙関節・腰椎椎間関節の動きは男女とも、第1/2・2/3 腰椎椎間関節では生じず、第3/4・4/5 腰椎椎間関節、腰仙関節で生じた。特に下位の関節である第4/5 腰椎椎間関節、腰仙関節の伸展の動きが大きかった。

腰仙関節・腰椎椎間関節の可動性に関しては、生体における体幹前後屈を解析した報告<sup>21~24)</sup>や屍体標本を用いて腰椎前後屈を解析した報告<sup>25)</sup>があるが、上位の関節のほうが下位の関節より大きく動いたという報告<sup>21, 22)</sup>や逆の結果の報告<sup>24, 25)</sup>、同等の動きをしたという報告<sup>23)</sup>があり、その結果は一定していない。Li ら<sup>21)</sup>は椎間関節の向きの相違という構造的な要因によって、上位の関節のほうが下位の関節より大きく動くことと述べるとともに、文献による結果の相違について

も言及しており、脊柱の運動における荷重状況や運動パターンの重要性を述べている。本研究では、測定肢位が臥位のために無荷重な上に、対象としている運動が股関節の運動であり、腰椎骨盤-股関節複合体体内での力の伝達は尾側から頭側へ向かって生じる。そのため力の伝達という要因だけを考慮すると、運動は尾側の関節から順番に起こりやすくなる。よって、対象としている運動が腰椎骨盤-股関節複合体のより尾側の関節の運動なのか、それともより頭側の関節の運動なのかということもこの部位の運動に影響を与える要因であると考えられる。

本研究では、他動的な一側股関節伸展時の腰椎骨盤-股関節複合体を構成する関節の正常な動きを明らかにするために、健康者を対象とした。股関節伸展に影響を及ぼす関節のいずれかに機能異常がある場合には、機能異常がある関節の動きを他の関節の動きで代償することが示唆される。そのため、股関節伸展に制限がみられる症例に対する理学療法評価において、その原因となる機能異常を呈している関節を鑑別し、かつ代償運動が生じている関節を特定することは、治療対象の限定、治療法の選択につながり、機能異常の改善と代償によって生じる二次的な機能障害を予防するための効果的かつ効率的な理学療法の実施を可能にする。本研究の結果はこうした評価における基準となるデータとして臨床において用いることができると考える。しかし、股関節伸展可動域や骨盤前傾運動は年齢により大きく異なる可能性がある。また、正常値からどの程度逸脱すると症状が出現するかについては本研究の結果からは言及できない。そのため今後は、年齢別の解析や実際に股関節伸展可動域に制限を有する者などでの検討を加えることが必要である。

## V 結論

腹臥位・膝関節伸展位での他動的な一側股関節伸展運動には骨盤に対する大腿の伸展(股関節固有の伸展)に加えて骨盤前傾が含まれ、この骨盤前傾に関与する第3/4・4/5 腰椎椎間関節と腰仙関節の伸展および股関節非伸展側の仙腸関節の前屈の動きが確認できた。10 N・m 加重時までのこ



れら各部位の動きは男女間でほぼ同様であったが、10 N・m 加重時から 20 N・m 加重時の間では、女性だけに第 3/4 腰椎椎間関節を除く各部位の動きが生じた。

## 文 献

- 1) Bohannon R W, Gajdosik R L, LeVeau B F : Relationship of pelvic and thigh motions during unilateral and bilateral hip flexion. *Phys Ther*, 65(10): 1501-1504, 1985.
- 2) Murray R, Bohannon R, Tiberio D, et al : Pelvifemoral rhythm during unilateral hip flexion in standing. *Clin Biomech*, 17(2): 147-151, 2002.
- 3) Tully E A, Wagh P, Galea M P : Lumbofemoral rhythm during hip flexion in young adults and children. *Spine*, 27(20): E432-440, 2002.
- 4) Miller J A, Schultz A B, Andersson G B : Load-displacement behavior of sacroiliac joints. *J Orthop Res*, 5(1): 92-101, 1987.
- 5) Sturesson B, Uden A, Vleeming A : A radiostereometric analysis of the movements of the sacroiliac joints in the reciprocal straddle position. *Spine*, 25(2): 214-217, 2000.
- 6) Jacob H A, Kissling R O : The mobility of the sacroiliac joints in healthy volunteers between 20 and 50 years of age. *Clin Biomech*, 10(7): 352-361, 1995.
- 7) 竹井仁, 根岸徹, 中俣修, 他 : MRIによる股関節屈曲運動の解析. *理学療法学*, 29(4): 113-118, 2002.
- 8) 竹井仁, 宇佐英幸, 根岸徹, 他 : MRI(磁気共鳴画像)による背臥位での両側股関節屈曲運動の解析—仙腸関節・腰仙関節・腰椎椎間関節の関与について—. *理学療法学*, 33(7): 363-369, 2006.
- 9) 宇佐英幸, 竹井仁, 妹尾淳史, 他 : MRIによる背臥位での一側および両側股関節屈曲運動の解析—股関節最大屈曲位での屈曲方向への加重の影響—. *理学療法学*, 37(1): 1-8, 2010.
- 10) Franz J R, Paylo K W, Dicharry J, et al : Changes in the coordination of hip and pelvis kinematics with mode of locomotion. *Gait Posture*, 29(3): 494-498, 2009.
- 11) Schache A G, Blanch P D, Murphy A T : Relation of anterior pelvic tilt during running to clinical and kinematic measures of hip extension. *Br J Sports Med*, 34(4): 279-283, 2000.
- 12) Oh J S, Cynn H S, Won J H, et al : Effects of performing an abdominal drawing-in maneuver during prone hip extension exercises on hip and back extensor muscle activity and amount of anterior pelvic tilt. *J Orthop Sports Phys Ther*, 37(6): 320-324, 2007.
- 13) Schache A G, Blanch P, Rath D, et al : Three-dimensional angular kinematics of the lumbar spine and pelvis during running. *Hum Mov Sci*, 21(2): 273-293, 2002.
- 14) Whittle M W, Levine D : Three-dimensional relationships between the movements of the pelvis and lumbar spine during normal gait. *Hum Mov Sci*, 18(5): 681-692, 1999.
- 15) Sahrman S A : *Diagnosis and Treatment of Movement Impairment Syndromes* : 9-50, Mosby, Missouri, 2002.
- 16) 日本リハビリテーション医学会(編) : 関節可動域表示ならびに測定法. *リハ医学*, 32(4): 207-217, 1995.
- 17) Salmons S : *Muscle*. Williams P L(ed), *Gray's Anatomy*, 38th ed : 737-900, Churchill Livingstone, New York, 1995.
- 18) Pool-Goudzwaard A L, Vleeming A, Stoelckart R, et al : Insufficient lumbopelvic stability: a clinical, anatomical and biomechanical approach to 'a-specific' low back pain. *Man Ther*, 3(1): 12-20, 1998.
- 19) Vleeming A, Stoelckart R, Volkers A C, et al : Relation between form and function in the sacroiliac joint. Part I : Clinical anatomical aspects. *Spine*, 15(2): 130-132, 1990.
- 20) Vleeming A, Volkers A C, Snijders C J, et al : Relation between form and function in the sacroiliac joint. Part II: Biomechanical aspects. *Spine*, 15(2): 133-136, 1990.
- 21) Li G, Wang S, Passias P, et al : Segmental in vivo vertebral motion during functional human lumbar spine activities. *Eur Spine J*, 18(7): 1013-1021, 2009.
- 22) Wong K W, Leong J C, Chan M K, et al : The flexion-extension profile of lumbar spine in 100 healthy volunteers. *Spine*, 29(15): 1636-1641, 2004.
- 23) Pearcy M, Portek I, Shepherd J : Three-dimensional x-ray analysis of normal movement in the lumbar spine. *Spine*, 9(3): 294-297, 1984.
- 24) Kanayama M, Abumi K, Kaneda K, et al : Phase lag of the intersegmental motion in flexion-extension of the lumbar and lumbosacral spine. An in vivo study.

Spine, 21(12): 1416-1422, 1996.  
25) Yamamoto I, Panjabi M M, Crisco T, et al : Three-dimensional movements of the whole lumbar spine

and lumbosacral joint. Spine, 14(11): 1256-1260, 1989.

---

**Abstract :** Motions of the femur · pelvis and the sacroiliac joint · lumbosacral joint · lumbar facet joints were analyzed by MRI in 6 positions of an extremity, i.e., in a prone position with no hip extension, in 3 prone positions with the hip extension of 5°, 10°, and 15° (the knee extended), and 2 prone positions with a load of 10 N·m and 20 N·m being applied to a distal portion of femur from the hip extension of 15° (the knee extended). The subjects were 24 healthy individuals [12 males (mean age: 21.3 years) and 12 females (mean age: 20.6 years)]. Consequently, in all the subjects, as the degree of hip extension increased, femoral extension relative to the pelvis and anterior pelvic tilt increased. Also nutation of the sacroiliac joint on the side of the non-extended hip increased, and extension of the 3/4 and 4/5 lumbar facet joints and lumbosacral joint increased. However, motions of all sites excluding the 3/4 lumbar facet joints between the 10 N·m load application and the 20 N·m load application were recognized only in the female subjects. These results clarified normal motions of each joint which composes the lumbopelvic-hip complex during passive unilateral hip extension.

**Key words :** MRI (Magnetic Resonance Imaging), Hip extension, Lumbopelvic-hip complex, Anterior pelvic tilt

(2011 年 10 月 5 日 原稿受付)