

## 正常人における腰椎部と骨盤の動きの分析

岩崎 富子\*  
斉藤 昭彦\*  
八幡 純治\*

### The spine and pelvic movement during the dynamic forward bending and returning movement

The purpose of this study was to investigate the relationships of the movement of the pelvis and the lumbar spine during the dynamic forward bending and returning movement with knee extended. The subjects were 8 males aged from 19 to 22 who had no history of low back pain. The video-tape-recorder, the computer and the electromyography were used for analyzing the movements. The muscles were chosen as follows: the right side of erector spinae (ES), rectus abdominis (RA), gluteus maximus (GM), inner hamstrings (IH), rectus femoris (RF), and lateral head of gastrocnemius (GL).

The results were as follows: (1) The pelvic movement occurred with the spine movement from the beginning of the forward bending. The rate of the angle between the lumbar spine and the pelvis was about 3:1 or 2:1 during the forward bending. The movement of the spine continued through the end of the forward bending. (2) The spine and pelvis moved together from the beginning of the returning movement. The pelvic movement continued with the spine movement until the end of the extension. (3) In the returning movement, the spine and the pelvis moved exactly the opposite way from the forward bending. (4) In the forward bending, the activity of ES appeared at first and was followed by IH and GM. In the returning movement, IH or GM appeared at first, then ES followed after them.

**Key words:** kinesiology, pelvic movement, spine movement, back muscles, lower limb muscles

### 1 はじめに

人類の約80%は、その生涯のどこかで、腰背部の痛みを訴えることがあると言われてい  
るほど、人間にとって腰痛は多い。

---

\*信州大学医療技術短期大学部理学療法学科

腰部に痛みを起こさないで、各種の姿勢を自由にとれるためには、脊柱と骨盤に正しい動きの関係が保たれていることが重要である。特に腰椎部と骨盤における正しい動きの関係が重要である<sup>1)</sup>。そのため、腰痛の原因を調べる評価の1つに、膝関節伸展位で、体幹の屈曲と戻りである伸展を行わせる方法がある。

体幹の屈曲および伸展運動における腰椎部と骨盤の動きについては、Okada<sup>2)</sup>やTani<sup>3)</sup>等の健常人について調べた報告がある。しかし、腰椎部と骨盤の動きの関係が充分明らかにされたとは言いがたい。腰痛症患者についても同様のことが言える。

腰痛症のある人では、腰椎部と骨盤における動きの関係が健常人とどのように異なってくるか、また、関係する筋群の活動様態はどう変わるかを調べるために必要な基礎として、健常人では、どのような機構になっているかを知る必要がある。

健常人では、体幹の屈曲と、それからの戻りである伸展運動時に、腰椎部と骨盤はどのような関係をもちながら動くのか、その時間関係する筋群はどのように働いているか、それぞれ、健常人の間に規則性があるか否かを調べることを目的とした。

## 2 対象と方法

### 2.1 対 象

対象は腰痛の既往歴のない健常男子8名、年齢、19～22才（平均年齢20才、標準偏差1.2）である。

### 2.2 測定動作

測定動作は自然立位を開始肢位として、膝関節伸展位にて体幹を屈曲できるところまで屈曲し、その肢位を短時間保った後、再び開始肢位の立位まで伸展する動作とした。両足先間は30度外側に開き、両踵はつけて立つ肢位とした。両上肢は自然に前に下げて行った。速度は各被験者が行いやすい速度とした。自然立位から最終屈曲までの時間、および、最終屈曲より伸展し開始肢位に戻るまでの時間は、それぞれ約4～7秒であった。

### 2.3 動きの測定と解析

脊柱及び骨盤の動きを調べるため、下記の指標点にマークを貼布して、高感度モノクロカメラを用い、ビデオテープレコーダ（以後VTRと略す）に、動きを記録した。

指標点は、次の通りである（いずれも右側とした）。

- ① 耳朶(E)、② 肩峰端の後部(A)、③ 第10胸椎棘突起位置に平行する体側部(T)、④ 上前腸骨棘と上後腸骨棘を結ぶ線の中央点より垂線（床に垂直）を引き、腸骨稜とぶつかる点(P)、⑤ 大転子(G)、⑥ 膝関節裂隙の中央(K)、⑦ 外果(L)、⑧ 第5中足骨頭外側(M)（尚、③については第12胸椎部では指標点がかくれやすいため第10胸椎部位とした）

解析時に必要な基準値と基準線を得るために、メッシュボ

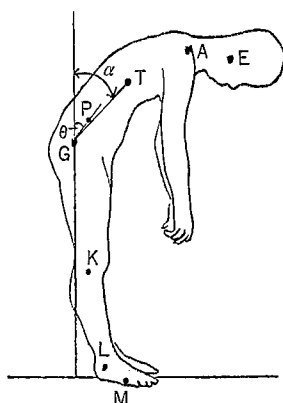


図1 指標点及び胸腰椎部と骨盤の角度設定

ード（縦，横各10cmのます目が画かれている板）の前面に立って，測定を行った。

VTRに記録されたデータは，フレキシブルイメージプロセッサ(PIP-4000, A.D.S製)とパーソナルコンピュータ(PC-9801, NEC製)を用いて，画像解析を行った。VTRに記録した画像データを，開始肢位より0.5秒ごとに画像解析システムに送り，測定動作の動きを解析した。

測定動作における各指標点の軌跡の他に，脊柱の動き（角度）と骨盤の動き（角度）との関係を調べるために，図1の如く，TとGを結ぶ線と垂線のなす角 $\alpha$ を，ここで便宜上胸腰椎部角度，PとGを結ぶ線と垂線のなす角度 $\theta$ を骨盤角度と，呼称して二者間の関係を調べた。

### 2.4 筋電図 (EMG) の測定

測定動作における筋活動の状態を次の筋について調べた。腹直筋，脊柱起立筋，大殿筋，内側ハムストリングス，大腿直筋，腓腹筋外側頭で，いずれも右側について調べた。表面電極を用いて，活動電位を導出し，データレコーダに記録した。そして，体幹の屈曲，伸展の開始時，運動中，終了時を知るために，第10胸椎棘突起の右側に加速度計を取り付けて，筋電図と共にデータレコーダに記録した。VTRによる動きの測定と同期させて筋電図を測定，解析するシステムがとれないため，このような方法を用いた。測定動作は3回記録した。

表面電極の位置（電極間の中心位置）は次の通りで，Delagi 等<sup>4)</sup>に準じて決定した。

腹直筋：臍の上約3cm，右外側2cm

脊柱起立筋：第4腰椎棘突起より約3cm外側の位置

大殿筋：仙骨と大転子を結ぶ線上の中点

内側ハムストリングス：坐骨結節と大腿骨内顆を結ぶ線上の中点

大腿直筋：上前腸骨棘と膝蓋骨上縁の中心とを結ぶ線分の中点

腓腹筋外側頭：膝窩より5横指下部の外側筋腹上

電極間距離は約2.5cmとした。

なお，筋活動の活動順位の測定を，ペーパースピード50mm/secにてペンレコーダにEMGを記録し，行った。

## 3 結 果

### 3.1 体幹屈曲，伸展時の各指標点の移動状態

開始肢位より体幹を最大屈曲し，再び開始肢位の自然立位まで伸展した時の各指標点の移動状態を図2に示す。これは1例であるが，他も同様の結果である。体幹の屈

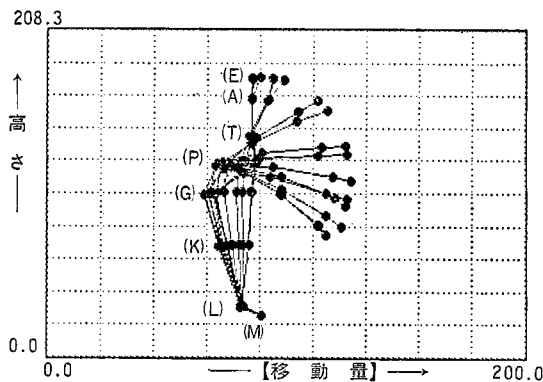


図2 各指標点の移動状態（スタックピクチャー）

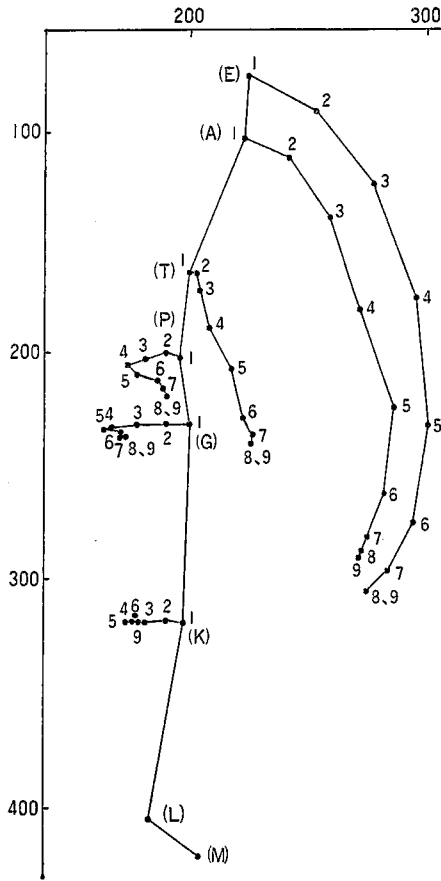


図3 体幹屈曲時の各指標点の移動 (subj. z)

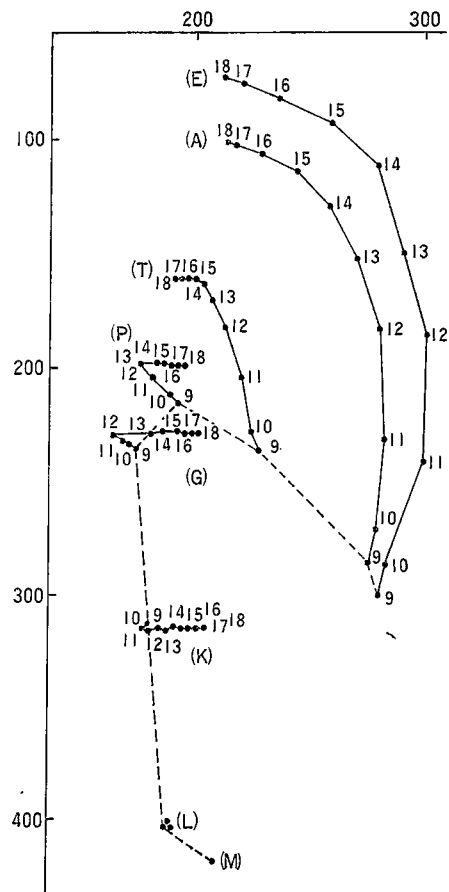


図4 体幹伸展時の各指標点の移動 (subj. z)

曲, 伸展運動は股関節, 骨盤を軸にして起こるため, 股関節からの距離の長い耳朶や肩峰の指標点の移動量が大きい。骨盤, 股関節, 膝関節の指標点も, 体幹の屈曲, 伸展につれて, 移動していることがわかる。側方からみた横の移動量は骨盤, 膝関節が10~15cm, 股関節が20cm前後である。図2のステックピクチャーでは移動量しかわからないため, 体幹の屈曲, 伸展の各時期における各指標点の座標より, 図式化してみた(図3, 4)。体幹の屈曲の際の様子をみると(図3), 骨盤の動きを表わすP点では, 体幹の屈曲運動開始により, ある時点まで後方に移動していく。水平に後方へ移動していないことより, 体幹の屈曲とともに骨盤を前傾させながら後方に移動していることがわかる。胸腰部角度約40度まで, 骨盤は後方に移動し, それ以上屈曲角度が増すと, さらに前傾しながら前方に移動してくる。最大屈曲から伸展して開始肢位に戻る際は, この逆の動き方をしている(図4)。

大転子と膝関節の指標点は, 胸腰椎部の屈曲が約60度になるまで, 後方に移動し, それ以上屈曲すると前方に再び移動してくる(図3)。最大屈曲から開始肢位までの伸展では,

この逆の動き方をしている (図4)。図3, 4は1例であるが, 他の被験者も同様の結果である。

すなわち, 股関節, 膝関節の指標点の軌跡から, 開始肢位より胸腰椎部屈曲約60度まで下肢を後方に移動しながら, 体幹を屈曲し, それ以上の屈曲では下肢は再び前方に移動していく。骨盤の動きは, 体幹の屈曲に従って, 骨盤を前傾しつつ, 下肢とともに後方に移動していき, 胸腰椎部屈曲が約40度以上になると, 骨盤をさらに前傾し続けながら, 前方に移動してくる。前方移動の時期は, 下肢より骨盤の方が早い。

仮に, 立位開始肢位の下肢の位置を保って, 体幹の屈曲を行ったとすると, 身体の重心は前方に移動することになる。実際には, このような現象は生じないで, 体幹の屈曲が増すにつれて, 骨盤以下, 下肢を後方に移動することにより, 身体の重心を常に身体の中心の一定位置に保とおとしている。骨盤, 下肢が最大に後方移動する時期は, 耳朶が体幹から最も遠く前方に位置する時である。つまり身体の重心が最も前方に移動する時期に一致する。さらに体幹の屈曲が増すと, 耳朶は体幹に近づく方向に移動してくる。この時期は, 骨盤, 下肢は前方に移動していく時期で, 身体の重心が再び身体の中心に近づいてくる時期に対応している。

### 3.2 胸腰椎部と骨盤の動き

体幹の屈曲および伸展における胸腰椎部と骨盤の動きの関係をそれぞれの角度の関係でみてみる。胸腰椎部角度と呼称した $\alpha$ は (図1), 下位胸椎以下腰椎, 仙椎部および骨盤の動きを含んだ角度である。胸腰椎部角度 ( $\alpha$ ) と骨盤角度 ( $\theta$ ) との関係を見る。体幹の屈曲では (図5), 動きの開始の初期から $\alpha$ と $\theta$ の角度は増加している。つまり体幹屈曲の開始初期より, 脊柱の屈曲のみでなく, 骨盤も前傾を始めていることを示している。初期から胸腰椎部屈曲40度位までは, 胸腰椎部と骨盤の角度の比率が約3対1で動き, 以後最大屈曲まで約2対1で動いているのが7名, 最初から最大屈曲位までほぼ2対1の比率で動いているのが1名である。

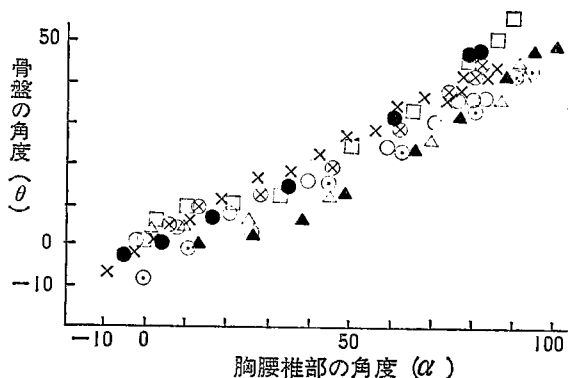


図5 体幹屈曲時の胸腰椎部と骨盤の角度 (8名の結果)

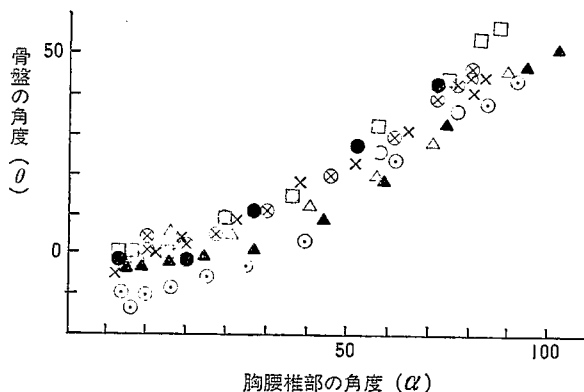


図6 体幹伸展時の胸腰椎部と骨盤の角度 (8名の結果)

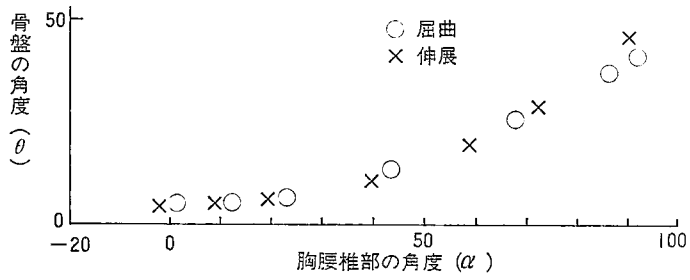


図7 体幹伸展と屈曲における胸腰椎部と骨盤 (subj: o)

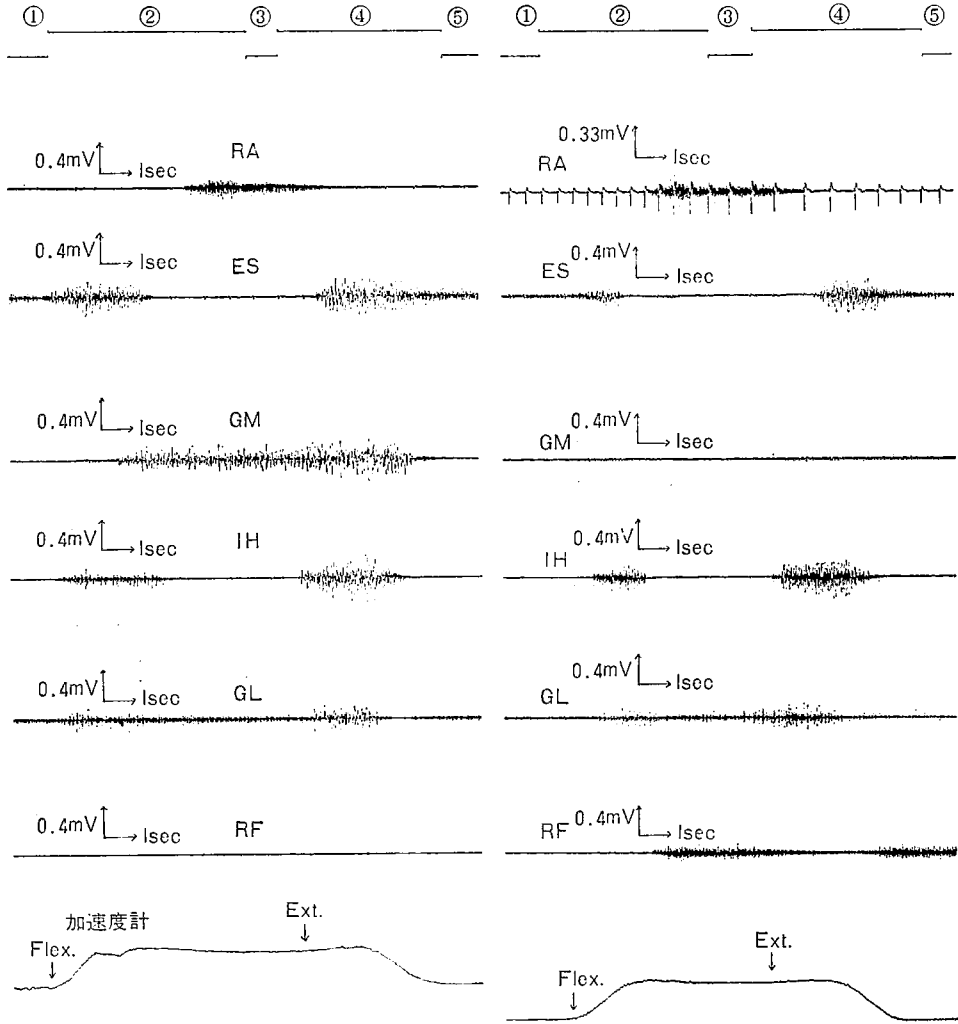


図8 体幹屈曲, 伸展時の EMG (Subj. I)

図9 体幹屈曲, 伸展時の EMG (Subj. S)

①開始肢位, ②屈曲, ③最終屈曲位保持, ④伸展, ⑤開始肢位を示す。

加速度計の矢印 Flex は屈曲開始, Ext は伸展開始を示す。

体幹の屈曲では、初期から脊柱のみでなく、骨盤にも動きが生じている。また、最終屈曲まで、胸腰椎部と骨盤の動きの比率が3対1、又は2対1で行われており、最終屈曲には、骨盤のみでなく、脊柱の動きも関与している。

体幹の伸展即ち、体幹の最大屈曲位からの戻りにおける胸腰椎部と骨盤の角度の結果を図6に示す。胸腰椎部と骨盤の角度の関係を分類すると次の様になる。

- (1) 胸腰椎部約70度屈曲位の位置まで、胸腰椎部と骨盤の角度の比率は1対1で動き、以後屈曲位20度前後まで、2対1、それ以後の10～20度の最終伸展は胸腰椎部のみの動きで行われ、骨盤には動きが生じない(2名)。
- (2) 初期の屈曲位約60度まで1対1、それ以後、屈曲位約10度まで2対1、それ以後の伸展は主に胸腰椎部で行っている(1名)。
- (3) 約40度屈曲位まで2対1、以後3対1で行っている(3名)。
- (4) 初期から最終伸展まで、ほぼ2対1で行っている(2名)。

要約すると、体幹の伸展運動における胸腰椎部と骨盤の動きの関係は、伸展の初期の70度屈曲位前後までは、その比率がほぼ1対1又は2対1で行われ、以後、屈曲10～20度位までは2対1又は後半3対1で行われ、最終伸展の10～20度は主に胸腰椎部で行われ、骨盤の動きは軽度関与するか、又は全く関与しない。結果から、体幹の伸展の初期から、骨盤のみでなく、脊柱の動きも関与している。また、最終伸展10～20度は、主に脊柱の動きで行われており、骨盤の動きは、軽度関係するか、全く関与しないかである。

屈曲と伸展における胸腰椎部と骨盤の動きの関与をみると(図7)、両者の動きは、ほぼ逆の変化をたどっていて、胸腰椎部と骨盤の動きの関係図が、両方の運動で一致している。体幹の伸展時には、体幹の屈曲時の動きの逆をたどっている。図7に1例を示したが、他の被験者も同様の結果である。

### 3.3 筋活動

#### 3.3.1 体幹の屈曲

体幹の屈曲では、いずれの被験者にも、まず最初に脊柱起立筋に活動がみられ、その後内側ハムストリングスに活動を生じてくる。大殿筋は脊柱起立筋の活動より遅れて活動を生じ、かつ、内側ハムストリングスより先に活動がみられたのは7名である。1名は内側ハムストリングスより後に活動を生じている。後者の例では、内側ハムストリングスの活動量が少なく、体幹屈曲に伴う骨盤の前傾、すなわち股関節の屈曲の制動を大殿筋が主に行っている例と考えられる。

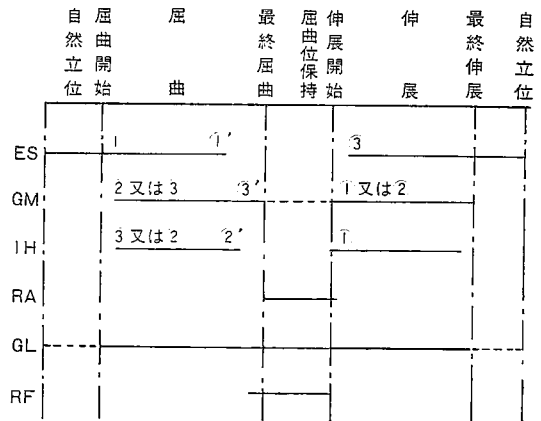


図10 筋活動順位と活動期間の模式図  
(実線と点線は活動中を示す)

脊柱起立筋は最終屈曲よりかなり手前のある角度で活動が消失する。内側ハムストリングスは最終屈曲の少し手前で活動がなくなる。大殿筋は最終屈曲まで活動しており、中には最終屈曲位保持の時も持続的に活動が認められる例もある。

骨盤の前傾の制動は主に大殿筋が行っていることが、最終屈曲まで活動することや、最終屈曲位保持で活動が認められること、しかも、かなりの活動量であること等から考えられる。

### 3.3.2 体幹の伸展

体幹の伸展では、内側ハムストリングス又は、大殿筋に活動が最初にみられ、その後に脊柱起立筋に活動がみられるようになる。

大殿筋は、内側ハムストリングスの直後に活動が開始される者6名、内側ハムストリングスと同時に活動を開始している者1名、内側ハムストリングスより早く、最初に活動している者1名であった。このうち、大殿筋に最初に活動認められる例では、内側ハムストリングスには、ほとんど活動が認められなかった。

また、大殿筋と内側ハムストリングスに同時に活動が認められる例は、最終屈曲保持中に、大殿筋に持続的に活動があり、体幹の伸展運動で、その活動は増加している。

開始肢位である最終伸展の少し手前で、内側ハムストリングスの活動は消失する。大殿筋は、ほぼ最終伸展で活動がみられなくなる。脊柱起立筋は最終伸展まで活動が認められる。図8、9に体幹屈曲、伸展時の筋活動の2例を示す。

### 3.3.3 腹直筋の活動

腹直筋は最終屈曲時に活動を生じ、最大屈曲位を保持している間は活動が認められる。この時期は動きの測定結果からみると、胸腰椎角度が、ほぼ90度となった時期である。

最大屈曲位から開始肢位に戻る体幹の伸展を開始すると、伸展開始の直後に腹直筋の活動はなくなる。そして、脊柱起立筋の活動が生じてくる。

### 3.3.4 腓腹筋外側頭

立位開始肢位で、5名は明らかに軽度の活動が認められ、3名は活動を認められない。体幹屈曲中、最大屈曲位保持、および伸展で、いずれの被験者にも筋活動がみられる。活動量は屈曲運動及び屈曲位保持より、伸展運動の際の方が多く、また、立位時より屈曲運動時の方が多し。

### 3.3.5 大腿直筋

1例を除き、最大屈曲の直前より著明な活動が認められ、屈曲位保持および伸展の開始まで、活動は持続する。伸展時には、活動の認められる者と、全く認められない者とある。1例は、屈曲、伸展を通じて活動が全くみられなかったが、この例では大殿筋に最大屈曲、最大屈曲位保持および伸展で活動がみられた。なお、この1例については、最大収縮運動を行わせた際には大腿直筋に著明な活動が出現し、電極位置の正しさは確認されている。

## 4 考 察

### 4.1 体幹の屈曲、伸展運動と脊柱、骨盤の動きとの関係



体幹の屈曲では、初期より脊柱のみでなく、骨盤にも動きがみられ、屈曲の過程では、胸腰椎部と骨盤の動きの比率が3対1又は2対1で、屈曲が行われていき、最終屈曲まで胸腰椎部の動きが関与している結果を得た。

また、体幹の伸展では、伸展の初期から骨盤の後傾のみでなく、胸腰椎部にも伸展の動きが生じており、さらに、骨盤の後傾は立位開始肢位の近くまで起っているという結果である。

Tanii 等<sup>3)</sup>は、体幹の伸展では、骨盤の伸展、すなわち骨盤の後傾が止った時に脊柱の伸展が始まると報告している。

Okada<sup>2)</sup>は、2例の結果を報告しており、体幹屈曲時、1例は体幹屈曲50度（この角度は肩峰と大転子を結ぶ線と垂線のなす角度）までは脊柱が主で、それ以後は骨盤の動きが主であり、戻りの伸展はこの逆をたどった。他の1例は、体幹屈曲時、最初から骨盤の動きが関与しており、伸展では60度まで主に骨盤の動きでなされており、それ以後は脊柱の伸展が主であった。

我々の結果は Okada の後者の例に近いものである。

脊柱起立筋、大殿筋、内側ハムストリングスの筋活動の結果から、体幹の屈曲時は、脊柱起立筋の活動の直後に大殿筋、内側ハムストリングスの活動が始まっていることより（いずれも遠心性の収縮）、脊柱の動きに引き続き、骨盤部の動きも生じていることが推測される。また、体幹の伸展では、内側ハムストリングス、大殿筋の活動の開始後、脊柱起立筋は約10mm sec 後に活動が開始されていることや、加速度計の信号より、伸展の初期に活動が開始されていることが明らかであることから、伸展の初期に腰椎部に動きが生じていると考えられる。また、体幹の伸展では、骨盤が後傾していくが、骨盤の後傾に従い、腰仙部は伸展しやすい構造となっており、後傾と同時に腰椎部に伸展の動きが起こることは、構造的原理に合っている。

体幹の屈曲とその戻りである伸展において、胸腰椎部と骨盤の動きの関係は、ほぼ同じ状態で行われている結果を得た。すなわち、屈曲時の胸腰椎部と骨盤の動き方の逆もどりを伸展で行っていることが明らかとなった。図7の結果のみでなく、図3、図4の軌跡がほぼ一致することも、これを裏付けている。体幹の伸展では、屈曲時の胸腰椎部と骨盤の動きの関係を逆戻りすることから、これより逸脱した動きが生じる場合は、腰痛を生じる可能性が予測される。

#### 4.2 筋の機能

腹直筋の活動が脊柱起立筋の弛緩状態である体幹の最大屈曲位で出現することは、既に報告されており<sup>2,3)</sup>、同様の結果が得られた。体幹の最大屈曲位で脊柱起立筋が弛緩状態の時、腰椎部を支持しているのは靭帯と、脊柱起立筋の他動的伸展であるが、腹直筋の筋活動が出現していることより、腹腔内圧が増加する<sup>6,7)</sup>ことが考えられ、腹腔内圧の増加が、腰椎部を支持する役割を一部担っていることが考えられる。

腓腹筋外側頭は、体幹の屈曲、最大屈曲位保持および伸展の間、立位時より著明に大きい活動が持続して出現している。これは、これらの運動中に変化する身体の重心に符合させて、足部の上に体幹、骨盤、下肢、下腿を常に安定して位置させている。下腿三頭筋は

身体の重心の変化により筋活動の量が変わる事が報告されており<sup>8)</sup>、我々の結果は、これに合致するものである。

腓腹筋外側頭とともに、大腿直筋は、膝関節を伸展位に保持し、下腿三頭筋と同様、重心の変化に対応している。この時期に大腿直筋に活動がみられない場合は、大殿筋に活動が出現し、下腿三頭筋と共同して下肢を伸展位に保持することにより、支持している。

## 5 ま と め

体幹の屈曲とそれからの戻りである伸展における胸腰椎部と骨盤の動きの関係及び筋活動を調べ、次の結果を得た。

- (1) 体幹の屈曲運動では、初期より脊柱のみでなく、骨盤にも動きがみられる。屈曲中の胸腰椎部と骨盤の動きの比率は3対1か2対1で動きが行われており、最終屈曲まで胸腰椎部の動きも関与する。
- (2) 体幹の伸展では、伸展の初期から骨盤の後傾のみでなく、胸腰椎部にも伸展の動きが生じている。そして、骨盤の後傾は最終伸展位の近くまで起つている。
- (3) 体幹の伸展では、胸腰椎部と骨盤の動きは、体幹の屈曲時の動きの逆を正確にたどっていく。
- (4) 体幹の屈曲時には、脊柱起立筋に活動が最初に出現し、その後、内側ハムストリングス、大殿筋に活動が出現する。伸展時には、内側ハムストリングス、または大殿筋に活動が出現し、その後に脊柱起立筋に活動が現われる。

## 文 献

- 1) Cailliet, Rene : Low Back Pain Syndrome, F. A. Davis, 1968.
- 2) Okada, Morihiko : Electromyographic Assessment of the Muscular Load in Forward Bending Postures, Journal of the Faculty of Science, University of Tokyo Sect. V, 3, 311-336, 1970.
- 3) Tanii, K, and Masuda, T : A Kinesiological Study of Erectores Activity during Trunk Flexion and Extension, Ergonomics, 28, 6, 883-893, 1985.
- 4) Delagi, E. F., et al: Anatomic Guide for the Electromyographer, c.c, Thomas 1975,
- 5) Goodgold, J.: Anatomical Correlates of Clinical Electromyography, 2nd ed. Williams & Wilkins, 1984.
- 6) Morris, J. M., et al: Role of the Trunk in Stability of the Spine, J. B. J. S. 43-A, 327-351, 1961.
- 7) Nachemson, A., et al : Intravital Dynamic Pressure Measurements in Lumbar Discs. Scand. J. Reha. Med. Suppl. 1, 1970.
- 8) 岡田守彦: 姿勢保持における負担, 姿勢シンポジウム論文集 P25~36, 1971.
- 9) Basmajian, J. V., et al: Muscles Alive, 5th ed. Williams & Wilkins 1985.
- 10) Tanii, K., et al: A Study by EMG Stick Diagrams of the Muscular Activities in the Trunk Flexion and Extension Movement, Ergonomics, 28, 6, 895-904, 1985.
- 11) Bartelink, D. L. : The Role of Abdominal Pressure in Relieving the Pressure on the Lumbar Intervetebral Discs. J. B. J. S., B-39, 718-725, 1957.

(1987年9月30日 受付)