

## 下肢伸展挙上運動時の股関節回旋位が筋活動に及ぼす影響

白木 仁<sup>1)</sup>, 青野淳之介<sup>2)</sup>, 八十島崇<sup>3)</sup>, 宮下寛子<sup>2)</sup>,  
花岡美智子<sup>1)</sup>, 向井直樹<sup>1)</sup>, 宮川俊平<sup>1)</sup>, 宮永 豊<sup>1)</sup>

### The effect of hip rotation on hip and thigh muscle activity during Straight Leg Raise Exercise

Hitoshi SHIRAKI, Jyunnosuke AONO, Takashi YASOJIMA, Hiroko MIYASHITA,  
Michiko HANAOKA, Naoki MUKAI, Shumpei MIYAKAWA, Yutaka MIYANAGA

The purpose of this study was to establish the usability of Straight Leg Raise Exercise (SLR Ex.) with various rotational positions of the hip joint (neutral, internal and external rotation) by estimating the hip and thigh muscle activities.

The results were as follows;

- 1) In SLR Ex., the muscle activities of vastus medialis and vastus lateralis were lower than the tensor fasciae latae and the sartorius.
- 2) The muscle activity of the tensor fasciae latae in SLR Ex. in external rotation was low and the muscle activity of the sartorius in SLR Ex. in external rotation was higher comparing in other positions.
- 3) SLR Ex. in various rotational positions of the hip joint should be effective for the training and athletic rehabilitation of lower limb, because this exercise realize a selective enhancement for the tensor fasciae latae and the sartorius.

### 1 緒 言

下肢伸展挙上運動 (Straight Leg Raise Exercise: 以下 SLR Ex.) は、関節に荷重負荷がかからず、安全に膝関節のトレーニングが行えることから、膝関節疾患等に対する運動療法の1つとして、医療現場を中心に幅広く行われている<sup>1)</sup>。市橋ら<sup>2)</sup>は、SLR Ex.時の

股関節屈曲角度や負荷量の違いが、大腿四頭筋の筋活動に及ぼす影響を筋電図学的に検証し、負荷量が少ない場合においてのみ、屈曲角度の違いによる筋活動量の変化が見られること、負荷量の増加による筋活動の増加は、大腿直筋が最も大きいことを報告している。その他、SLR Ex.を膝関節伸筋群に対する運動種目としてとらえた研究は、これまでも

1) 筑波大学体育科学系  
2) 筑波大学体育研究科  
3) 筑波大学体育科学研究科

数多くなされている<sup>8),9),17),18)</sup>。一方、白木<sup>13),14)</sup>は、SLR Ex.は膝関節周囲筋だけでなく、股関節周囲筋のトレーニングとしても有用であるとの見解から、アスレティックリハビリテーションやスポーツ現場でのトレーニング種目の1つとして、股関節の動きをより強調した異なる股関節回旋位でのSLR Ex.を提唱している。

股関節は多軸性の臼状関節で、回旋を含めた多角的な運動が可能な関節である<sup>12)</sup>。したがって、スポーツにおける股関節の重要性を考慮すると、股関節の多角的な動きに着目した異なる股関節回旋位でのSLR Ex.は、アスレティックリハビリテーションやトレーニングを行う上での有効な種目の1つになると考えられる。しかし、これまでSLR Ex.時の股関節周囲筋の活動を明らかにしたものは少なく<sup>4),5)</sup>、また異なる股関節回旋位でのSLR Ex.に関する研究はほとんどなされていないことから、現場における有用性についての検証を行う必要があると思われる。

そこで本研究では、異なる股関節回旋位での下肢伸展挙上運動時の股関節、膝関節周囲筋の筋電図学的評価を行い、より多角的な下肢伸展挙上運動の有用性を明らかにすることを目的とした。

## 2 方法

### 2-1 対象

被験者は健康な男子学生6名であり、被験者の右脚を実験の対象とした(年齢 $23.1 \pm 0.7$

歳、身長 $172.5 \pm 2.9$ cm、体重 $69.2 \pm 5.2$ kg、最大SLR角度 $83.4 \pm 5.8$ )。なお実験に際し、被験者に研究の目的と内容を説明し、実験に参加する同意を得た。

表1 随意等尺性最大収縮の方法

	起始位	運動
内側広筋	座位、股関節90°屈曲、膝関節軽度屈曲	膝関節伸展
外側広筋	座位、股関節90°屈曲、膝関節軽度屈曲	膝関節伸展
大腿直筋	座位、股関節90°屈曲、膝関節軽度屈曲	膝関節伸展
大腿筋後部筋	座位、股関節45°屈曲、膝関節軽度屈曲	膝関節外転
踵工筋	座位、股関節/膝関節90°屈曲	股関節屈曲/外転/外展、膝関節屈曲

### 2-2 動作課題

仰臥位での下肢伸展挙上運動を股関節中間位、内旋位、外旋位にて、それぞれ7回の試技を行った(図1)。動作範囲は股関節屈曲0°~60°とし、電子メトロノームを用いて30deg/secの速度に運動を規定した。また挙上角度は60°の高さの位置に目標物を置き、その高さまで挙上するように指示した。下肢は、両側とも膝関節伸展位、足関節90°とし、上肢は体側に置いた。また挙上運動中は、被験者に体幹部が動かないように意識することを指示した。これらの規定動作に対し、被験者は事前に十分な練習を行った上で測定を行った。

### 2-3 筋電図

筋活動の導出には小型生体電極(日本光電社製)を用い、電極間距離を1.5cmとし角質除去を行った皮膚表面に貼付した。筋電データは、マルチテレメータ(日本光電社製)を用いて高域遮断周波数450Hz以上、時定数0.03secにて導出し、MP100WS(BIOPAC社

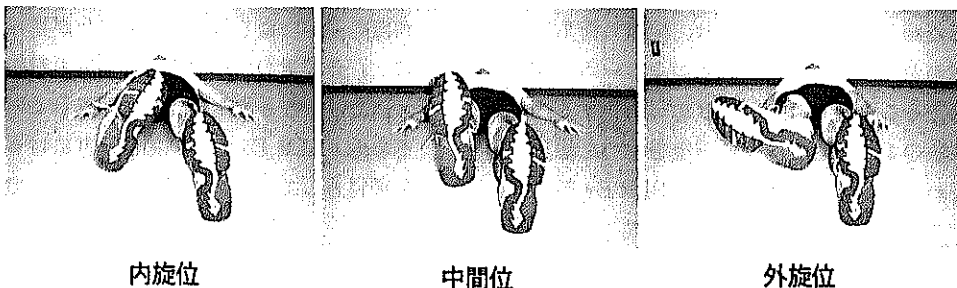


図1 異なる股関節回旋位

製)を介して、サンプリング周波数2000HzでA/D変換を行った。

被験筋は、内側広筋 (Vastus Medialis muscle)、外側広筋 (Vastus Lateralis muscle)、大腿直筋 (Rectus Femoris muscle)、大腿筋膜張筋 (Tensor Fasciae latae muscle)、縫工筋 (Sartorius muscle)とし、電極の貼付位置は、Delagi et al.<sup>3)</sup>の記述を参考にし、各筋の筋腹上に、筋線維の走行に平行になるように貼付した。被験者の体幹部と大腿部に電気角度計 (日本光電社製) を股関節の運動軸に合わせて固定し、股関節の運動と筋電信号を同期させた (図2)。

#### 2-4 EMG処理

得られた筋電データは、10Hzのハイパスフィルターでアーチファクトの除去後、全波整流を行った。分析の対象は、挙上動作中の2秒間 (0~60°)とし、各筋の筋活動量 (iEMG) を随意等尺性最大収縮時の活動より相対値 (% iEMG) 化し、7回の試技の平均値にて肢位間、筋間での比較を行った (表1)。また挙上動作の2秒間を0.5秒ずつ、0-15°、15-30°、30-45°、45-60°の4つの角度範囲に分け、それぞれの角度範囲における% iEMGから各筋の角度変化に対する筋活動量の違いを検討した。

#### 2-5 統計処理

統計処理は、各筋の肢位間における% iEMGを比較するため分散分析を行った。さらに有

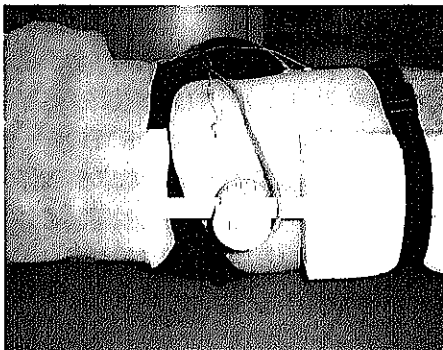


図2 電気角度計の設定

意差の見られた項目については、Fisher's PLSD法を用いて多重比較検定を行った。なお、統計処理における有意水準は5%未満とした。

### 3 結果

図3には、それぞれの肢位における各筋の筋電図典型例を示した。

#### 3-1 異なる股関節回旋位における% iEMG比較

図4には、各筋の異なる股関節回旋位における% iEMGを示した。内側広筋、外側広筋、大腿直筋の% iEMGには、回旋位による有意な差は認められなかった。大腿筋膜張筋は、中間位 $33.1 \pm 9.37\%$ 、内旋位 $39.1 \pm 4.4\%$ に比し、外旋位で $14.2 \pm 3.7\%$ となり、外旋位で有意に低値を示した ( $p < 0.05$ )。また、縫工筋は、中間位 $20.2 \pm 4.6\%$ 、内旋位 $16.5 \pm 4.0\%$ に比し、外旋位で $29.7 \pm 7.0\%$ となり、外旋位で有意に高値を示した ( $p < 0.05$ )。

#### 3-2 異なる股関節屈曲角度による各筋の% iEMG

異なる股関節屈曲角度による筋活動様式の違いを評価するために、屈曲初期である0-15°と屈曲後期である45-60°における% iEMGを比較した。

##### 1) 中間位

図5には、股関節中間位における各屈曲角度での% iEMGを示した。

大腿筋膜張筋、縫工筋は0-15°に比し、45-60°でそれぞれ有意に高値を示した ( $p < 0.05$ )。一方、大腿直筋は0-15°に比し、45-60°で有意に低値を示した ( $p < 0.05$ )。

##### 2) 内旋位

図6には、股関節内旋位における各屈曲角度での% iEMGを示した。

縫工筋は0-15°に比し、45-60°で有意に高値を示した ( $p < 0.05$ )。

##### 3) 外旋位

図7には、股関節外旋位における各屈曲角

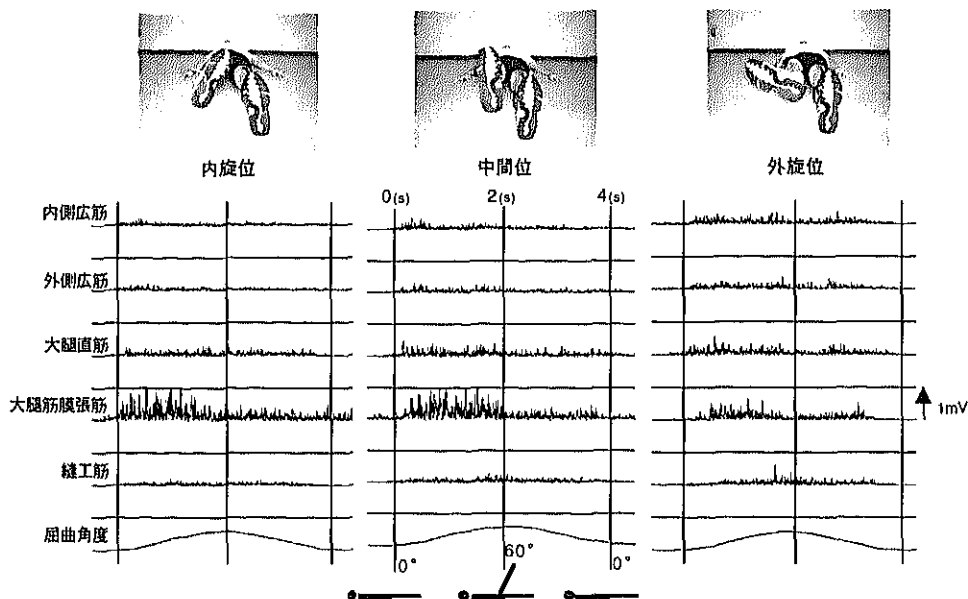


図3 筋電図典型例

度での% iEMG を示した。

内側広筋, 外側広筋, 大腿筋膜張筋, 縫工筋は0-15°に比し, 45-60°でそれぞれ有意に高値を示した ( $p < 0.05$ )。

### 3-3 各股関節回旋位における各筋の% iEMG 比較

図8には, 各股関節回旋位における各筋の% iEMG を示した。

中間位においては, 大腿筋膜張筋が, 内側広筋, 外側広筋, 縫工筋に比し, 有意に高値を示した ( $p < 0.05$ )。また, 内旋位においては, 大腿筋膜張筋が, 他の全ての筋に対し, 有意に高値を示した ( $p < 0.05$ )。外旋位においては, 大腿直筋と縫工筋が, 内側広筋, 外側広筋, 大腿筋膜張筋に比し, 有意に高値を示した ( $p < 0.05$ )。

## 4 考 察

### 4-1 各筋の筋活動動態

#### 1) 異なる股関節回旋位による筋活動様式

内側広筋, 外側広筋, 大腿直筋の筋活動には, 股位間における違いは認められなかった (図4)。Livecchi et al.<sup>9)</sup>は, 股関節中間位, 外旋位でSLR Ex.を行った際の内側広筋, 外側広筋の筋活動を比較したところ, 両筋とも股位間に有意な差は認められなかったと報告し, 本研究と同様の結果となった。これらのことからSLR Ex.時の大腿四頭筋の筋活動は, 股関節回旋位の影響を受けないということが明らかになった。

縫工筋, 大腿筋膜張筋は外旋位において筋活動に違いが認められた。縫工筋の筋活動は中間位, 内旋位に対し, 外旋位で高値を示した。縫工筋は, 上前腸骨棘から脛骨粗面内側へと大腿前面を斜走している<sup>11)</sup>。そのため外旋位をとることによって, 筋の走行と股関節屈曲の運動軸が一致し, 股関節屈曲作用が強まり, 筋活動が増加したと考えられる。

一方, 大腿筋膜張筋の筋活動は中間位, 内旋位に比し, 外旋位で低値を示した。これに

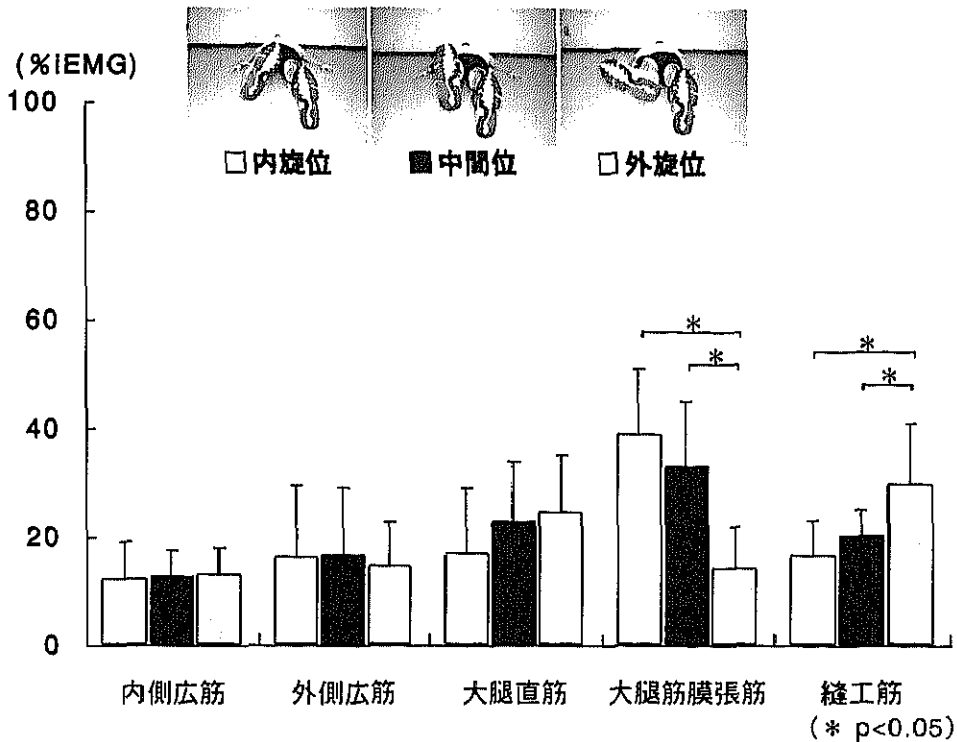


図4 異なる股関節回旋位における%iEMG比較

は大腿筋膜張筋の股関節内旋筋としての働きが影響していると考えられる。つまり股関節中間位、内旋位では、その肢位を保持するために内旋方向への筋収縮が必要なのに対し、外旋位では肢位を保持するために、内旋筋の活動を必要としないため、筋活動が低値を示したと考えられる。

## 2) 異なる股関節屈曲角度による筋活動様式

縫工筋の筋活動は、全ての肢位で屈曲初期に対して、屈曲後期で高値を示した(図5~7)。Andersson et al.<sup>4)</sup>は、股関節屈曲10°, 30°, 60°でSLR Ex.を2秒間保持した際に、より高い屈曲角度で縫工筋の筋活動が高値を示したことを報告している。これらのことからSLR Ex.時の縫工筋は、股関節屈曲筋として作用し、かつ屈曲角度の増加に伴って筋活動が高値を示すことが明らかとなった。

大腿筋膜張筋の筋活動は中間位、外旋位で、屈曲初期に対して、屈曲後期で高値を示した。しかし内旋位では屈曲角度による違いは認められず、常に高い筋活動を示した。このことからSLR Ex.時の大腿筋膜張筋は、股関節屈曲筋としての作用も有するが、股関節屈曲筋よりも股関節内旋筋としての働きが大きいものと考えられる。

以上のことから、異なる股関節回旋位でのSLR Ex.では、縫工筋と大腿筋膜張筋が股関節屈曲筋、回旋筋として作用すると考えられる。しかしAndersson et al.<sup>4)</sup>は、SLR Ex.において縫工筋と同様に腸骨筋も、より高い屈曲角度で筋活動が高値を示したと報告している。したがって、SLR Ex.においては縫工筋や大腿筋膜張筋などの表層筋と、深層筋である腸骨筋が協働的に股関節屈曲に作用してい

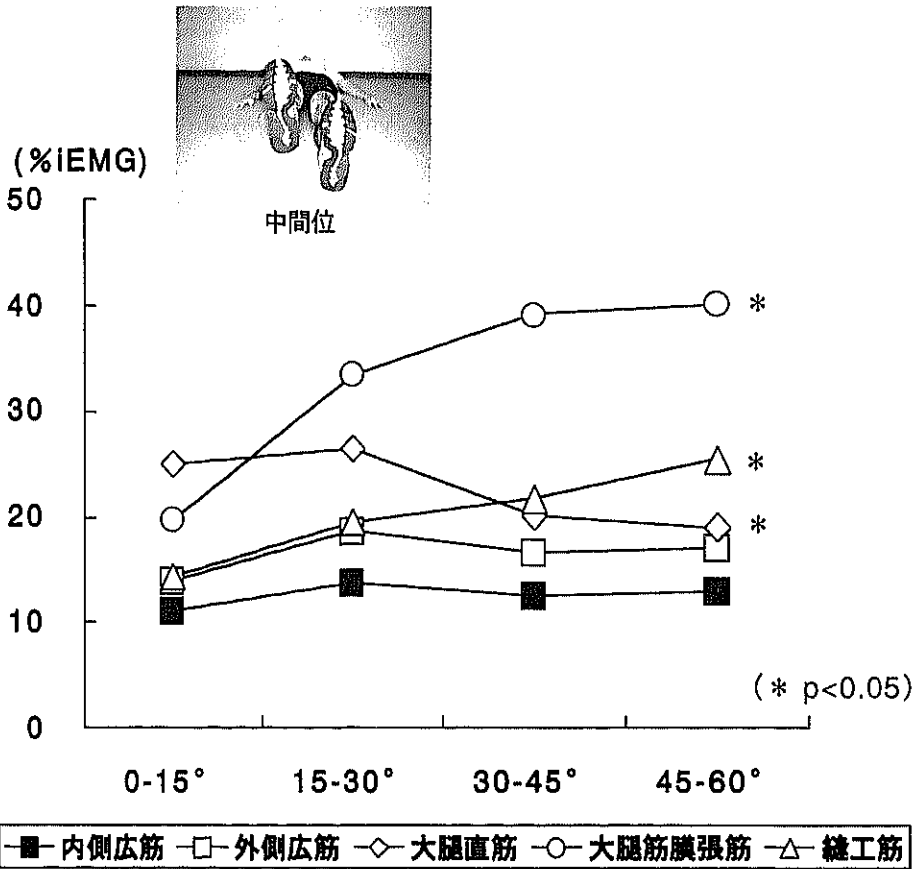


図5 中間位における各屈曲角度での%iEMG

・グラフ中の\*は、0-15°に比し、45-60°で有意差が認められたことを示す。

ると考えられる。さらにSLR Ex.では、腸骨筋と同じく深層筋である大腰筋も運動に関与していると予想される。これらの深層筋は筋活動を導出する困難さなどの問題により、本研究では被験筋とすることができなかった。したがってMRI(Magnetic Resonance Imaging)などの非侵襲的な方法を用いて、深層筋を含めた股関節周囲筋の活動動態をさらに検討していく必要があると思われる。

#### 4-2 トレーニングへの応用

内側広筋、外側広筋は、全ての股関節回旋位において、相対的に低い筋活動を示した。

また中間位、内旋位では大腿筋膜張筋より低い筋活動を示し、外旋位では大腿直筋、縫工筋より低い筋活動を示した(図8)。これらのことから、筋活動の面から考えると、SLR Ex.は、内側広筋、外側広筋よりも股関節屈筋群の動きが大きいのではないと思われる。一般に、SLR Ex.は膝関節伸筋群のトレーニングとして広く用いられているが、SLR Ex.は股関節屈筋群のトレーニングであり、膝関節伸筋群のトレーニングとしては不十分だとした報告もある<sup>15),19)</sup>。本研究においても大腿筋膜張筋や縫工筋、大腿直筋といった股関節の屈

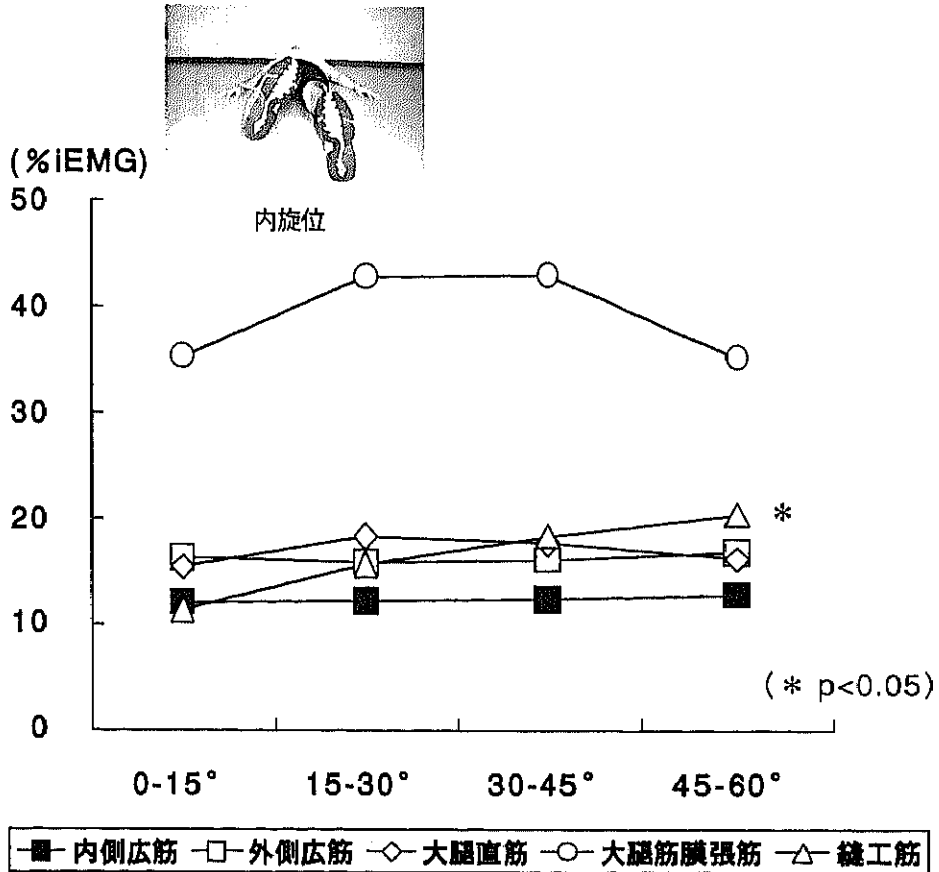


図6 内旋位における各屈曲角度での%iEMG  
 ・グラフ中の\*は、0-15°に比し、45-60°で有意差が認められたことを示す。

曲に作用する筋は、内側広筋、外側広筋に対して有意に高い筋活動を示しており、健常者に対する筋力強化種目として考えた場合、SLR Ex.は膝関節伸筋群よりも股関節屈筋群のトレーニングとして有用であると推察される。しかし、SLR Ex.は荷重負荷がかからず、膝蓋大腿関節への圧迫力が少ないことから、膝関節疾患に対する安全な運動療法として有効であるとの報告も多い<sup>16),17)</sup>。したがって、リハビリテーションの初期段階など、関節に荷重負荷をかけられない、あるいは膝の屈曲伸展が十分に行えない段階での内側広筋、外側広筋への刺激としては有効な方法であると思われ

る。

また本研究では、SLR Ex.時の筋活動が大腿筋膜張筋は外旋位で低値を示し、縫工筋は外旋位で高値を示すことが明らかになった。さらに両筋は、股関節屈曲角度の増加によって筋活動が高値を示した。これらのことから異なる股関節回旋位でのSLR Ex.は、大腿筋膜張筋や縫工筋をより強調したトレーニングを可能にすると考えられる。これまで、大腿筋膜張筋が運動時の左右方向の動揺に対して補正機能を有すること<sup>11),7),10)</sup>、また膝関節の内反/外反ストレスを制御する働きを有することなどが報告されている<sup>2)</sup>。さらに縫工筋につい

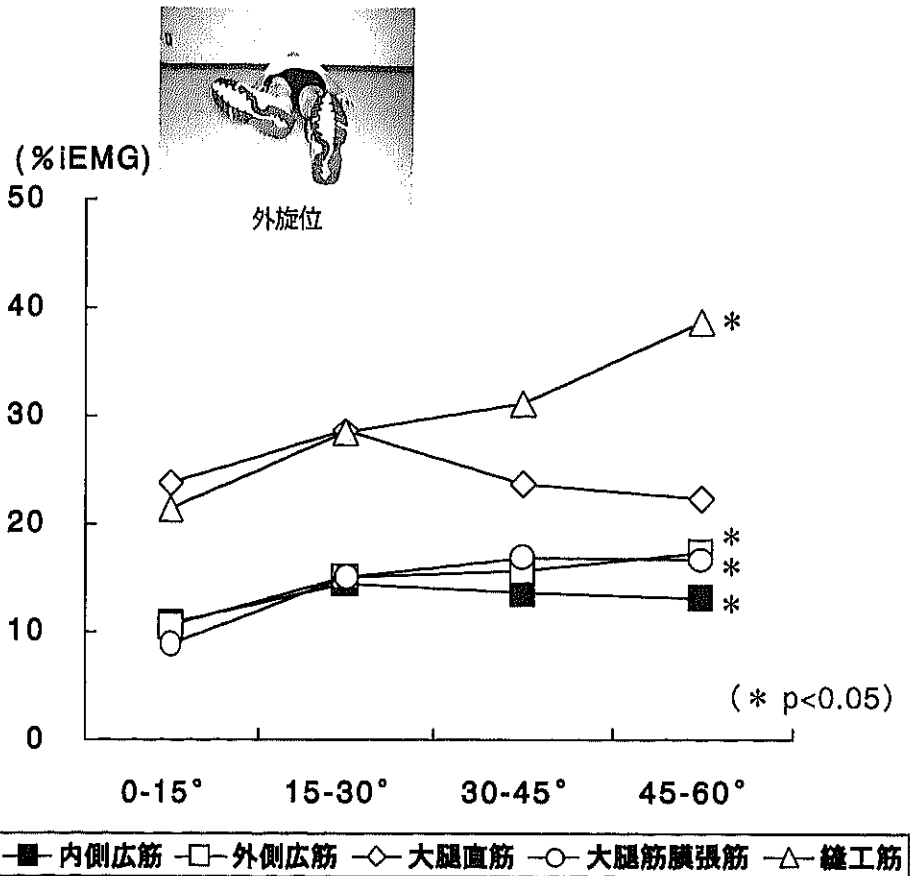


図7 外旋位における各屈曲角度での%iEMG

・グラフ中の\*は、0-15°に比し、45-60°で有意差が認められたことを示す。

ても、膝関節の外反ストレスを制御する働きがあることが報告されている<sup>2),10)</sup>。これらのことから両筋は、運動時に下肢に加わる側方のストレスに対して重要な働きを持つと考えられる。スポーツ動作においては、方向転換を行う際や、横方向からのコンタクトプレー時など、下肢に対して側方のストレスが繰り返し加わることが予想されるが、このようなストレスを大腿筋膜張筋や縫工筋の機能を高めることによって軽減することができると思われる。

以上のことから、一般的に行われている中

間位でのSLR Ex.に、股関節の回旋を加えたSLR Ex.は、医療現場だけでなくアスレティックリハビリテーションやスポーツ現場でも応用が可能な、股関節の多様性を強調した下肢のトレーニング種目になると考えられる。

## 5 まとめ

本研究では、健康な男子大学生に対し中間位、内旋位、外旋位での下肢伸展挙上運動を行った際の、股関節、膝関節周囲筋の筋電図学的評価を行い、以下の結果を得た。

1. SLR Ex.における内側広筋、外側広筋の



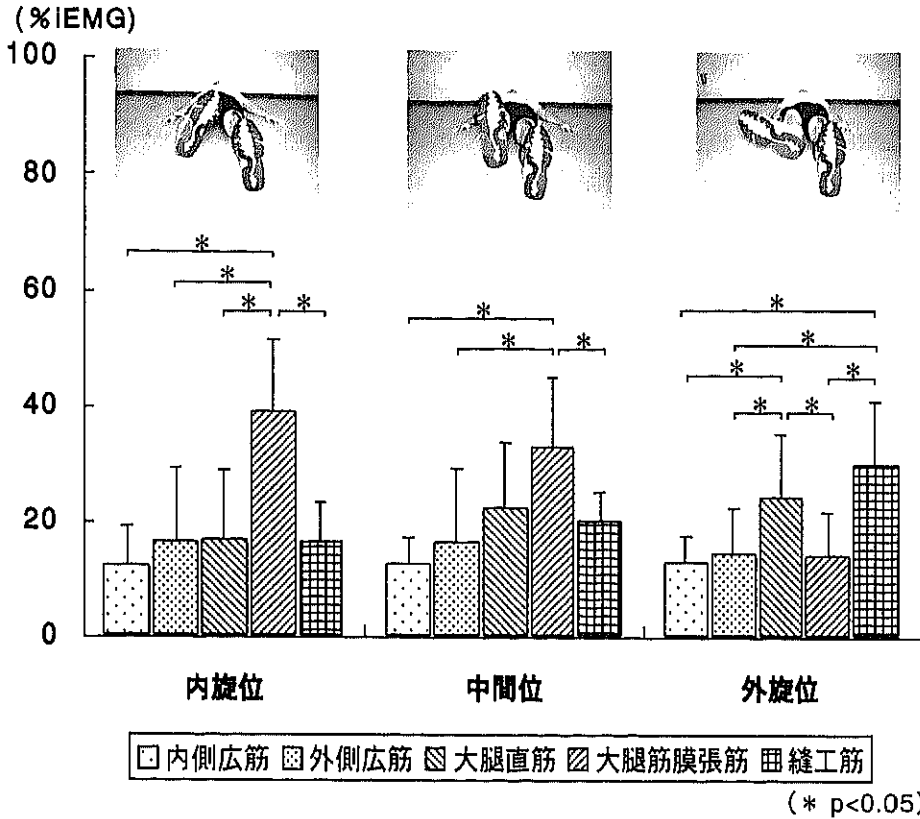


図8 各股関節回旋位における%iEMG比較

筋活動は、大腿筋膜張筋や縫工筋などの股関節周囲筋の筋活動に対して低値を示した。

2. SLR Ex.における筋活動が、大腿筋膜張筋は外旋位で低値を示し、縫工筋は外旋位で高値を示した。また両筋は股関節屈曲角の増加によって筋活動が高値を示した。このことから、異なる股関節回旋位でのSLR Ex.は、大腿筋膜張筋や縫工筋をより強調したトレーニングとなりうる。
3. 異なる股関節回旋位でのSLR Ex.は、スポーツにおいて重要な股関節周囲筋の多角的な強化が行えるため、下肢のアスレチックリハビリテーションやトレーニングにおける種目の1つとして有用であると思われる。

#### 参考文献

- 1) Buchanan et al. : Muscle activation at the human knee during isometric flexion-extension and varus-valgus loads, J. Orthopaedic Research. 15(1), 11-17, 1997.
- 2) David G. Lloyd et al. : Strategies of muscular support of varus and valgus isometric loads at the human knee, J. Biomechanics. 34, 1257-1267, 2001.
- 3) Delagi et al. : 筋電図のための解剖学ガイド, 西村書店, 180-195, 1985.
- 4) Eva A. Andersson et al. : Abdominal and hip flexor muscle activation during various training exercises, Eur. J. Appl. Physiol. 75, 115-123, 1997.

- 5) Eva A. Andersson et al. : Relative EMG levels in training exercises for abdominal and hip flexor muscles, *Scand. J. Rehab. Med.* 30, 175-183, 1998.
- 6) 市橋則明：下肢伸展挙上（SLR）訓練時の大腿四頭筋の筋活動量—負荷量，対側下肢肢位，SLR 角度の影響—，*運動・物理療法*10(2)，141-146，1999.
- 7) Jonsson B. et al. : Electromyographic study of muscle function in standing, *Acta Morphol Neerl Scand.* 6, 361-370, 1966.
- 8) 腰野富久：大腿四頭筋力増強のための膝伸展位下肢挙上訓練，*整形外科 MOOK 増刊 1-B*，123-128，1983.
- 9) Livecchi et al. : Vastus lateralis and vastus medialis obliquus activity during a straight-leg raise and knee extension with lateral hip rotation, *J. Sport Rehabilitation (Champaign-3)*, 2002.
- 10) Melling et al. : Musculus sartorius bicaudatus, *Acta Anatomica.* 155(3), 215-218, 1996.
- 11) 中村隆一ら：基礎運動学，医歯薬出版株式会社，224，2001.
- 12) Rolf W. : 目で見る動きの解剖学，大修館書店，11-12，1999.
- 13) 白木 仁：ウォームアップでマットをしよう・股関節のインナーマッスを鍛える・演技をダイナミックにする，*コーチング・クリニック* 3，6-19，2002.
- 14) 白木 仁：マットトレーニング，*スポーツ外傷・障害の理学診断・理学療法ガイド*，438-444，2003.
- 15) Skurja M. et al. : Quadriceps action in straight leg raise versus isolate knee extension, *Phys. Ther.* 60, 582, 1980.
- 16) 鈴木洋子ほか：変形性膝関節症の大腿四頭筋訓練方法—三方法の比較，*臨床理学療法* 2，56-62，1975.
- 17) 鶴見隆正ほか：膝関節痛を持つ高齢者の大腿四頭筋筋力強化訓練について，*理・作・療法* 9，229-232，1975.
- 18) 鶴見隆正ほか：SLR (straight leg raising) による大腿四頭筋の筋力増強効果と運動強度について，*運動・物理療法*8(1)，58-62，1997.
- 19) Wessel J. : Straight leg raise—An over-used exercise, *Physiother Can.* 46, 17-19, 1994.
- 20) 山本宏茂ら：大腿筋膜張筋の筋活動—股関節肢位および各種動作における検討—，*理学療法*24(5)，270-273，1997.