

《論 文》

# 動作の違いが膝関節周囲の筋活動に及ぼす影響

## —静止スクワットとの比較—

漆畑 俊哉, 森本 晃司, 荒川 崇, 山田 睦雄

Effects of different movements on knee muscle activity

—comparison of static-squat—

Toshiya URUSHIHATA, Koji MORIMOTO, Takashi ARAKAWA, Mutsuo YAMADA

キーワード：筋電図，ツイスト，ピボット，大腿二頭筋，筋力訓練

Keywords: Electromyogram, Twisting, Pivoting, Biceps femoris, Resistance training

### 【要約】

本研究は、股内転や下肢の回旋動作が膝周囲筋の筋活動に及ぼす影響を検討した。対象は健常成人男性9名で、静止スクワット、股内転スクワット、ツイスト、ピボットの4種の動作について、静止スクワットの筋活動量を基準にした課題間の比較を行った。測定筋は、内側広筋、外側広筋、半膜様筋、大腿二頭筋の4筋であった。その結果、ツイストでは他の動作と比較し、内側広筋の筋活動量が低値であった。またツイストやピボットは、大腿二頭筋をはじめとしたハムストリングスの筋活動が高い筋出力特性であった。

本研究の結果より、ツイストやピボット動作は、アライメント学習法としてだけでなく、筋力強化法としても有効な可能性が示唆された。

### 1. はじめに

近年、Closed-kinetic-Chain (CKC) による運動は安全性<sup>1), 2)</sup>が実証され、早期からのスポーツリハビリテーションに導入されている。CKCの早期筋力強化法として、静止スクワット<sup>1), 2), 3), 4), 5)</sup>、股でボールを挟んだ静止スクワット(股内転スクワット)<sup>6)</sup>が挙げられる。一方、再受傷を予防するために早期から

の運動学習<sup>7), 8), 9)</sup>は重要である。動作時のアライメント学習<sup>9), 10), 11), 12)</sup>はスポーツ傷害と関連<sup>12), 13), 14)</sup>があり、下肢の回旋に対して膝や足部を一致させた中間位保持が重要とされている。川野らは、下肢のダイナミックアライメントに注目してACL損傷などの受傷機転を明らかにした。その結果、膝が内側に入り足先が外側に向くニーイン・トゥアウト(knee-in & toe-out)や膝が外側に流れ足先が内側を向い

たニーアウト・トゥイン (knee-out & toe-in) において、下肢の傷害が起こりやすく、中間位の動作学習が重要であるとしている<sup>9)</sup>。早期のアライメント学習法として、ツイスト<sup>9)</sup>、ピボット<sup>9), 10), 11)</sup>が挙げられる。このような背景から、静止スクワット、股内転位スクワット、ツイスト、ピボットはいずれも効果的な動作学習の手段であるといえる。しかしながら、その筋出力特性は明らかにされていない。そこで、本研究では、静止スクワットを基準にして、股内転スクワット、ツイスト、ピボットの筋活動量の比較し、筋出力特性を明らかにすることを目的とした。

## 2. 対象と方法

### 2-1. 対象

対象は、膝の傷害を有していない流通経済大学ラグビー部の男子学生9名(年齢:  $19.8 \pm 1.0$  歳)であった。

### 2-2. 測定筋

測定筋は、右の内側広筋 (Vastus Medialis: VM)、外側広筋 (Vastus Lateralis: VL)、大腿二頭筋 (Lateral Hamstring: LH)、半膜様筋 (Medial Hamstring: MH) の4筋とした。

### 2-3. 測定手順

電極はディスプレイ型電極2個を用いて、電極中心間距離を20mmとした。貼付の位置は、内側広筋で膝蓋骨直上から近位内側の点(縦×横に2×2横指)、外側広筋で膝蓋骨直上から近位外側の点(縦×横に3×2横指)、大腿二頭筋で坐骨結節と大腿骨外顆を結んだ線上の中点、半膜様筋で坐骨結節と大腿骨内顆を結ん

だ線上の遠位1/3の点とした。筋電図の測定は、ホルター筋電計(日本メディックス社製、バイオモニター ME6000)を使用した。



Fig.1 VMおよびVLの貼付位置



Fig.2 MHおよびLHの貼付位置

体幹や膝関節角度による影響<sup>3), 15)</sup>を除外するために、基本姿勢は膝屈曲60°で両上肢を胸の前で組んだ立位とした。静止スクワットは、基本姿勢で5秒間保持した(Fig.3)。股内転スクワットは、セラピーボールをはさんだ基本姿勢にて5秒間保持した(Fig.4)。ツイストは、両側の下肢を同時に左右90°回旋させた(Fig.5)。ピボットは右下肢を軸足とし、時計回り・反時計回りに回旋させた(Fig.6)。試行回数は、すべての動作で3回ずつ行い、測定前に十分な練習を行った。

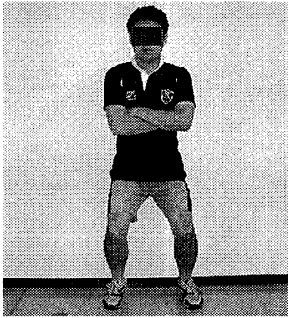


Fig.3 基本姿勢 (静止スクワット)

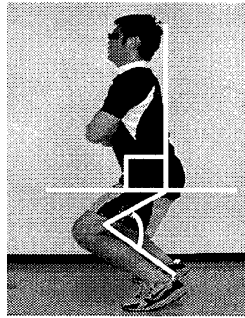


Fig.4 股内転スクワット (squat-AD)

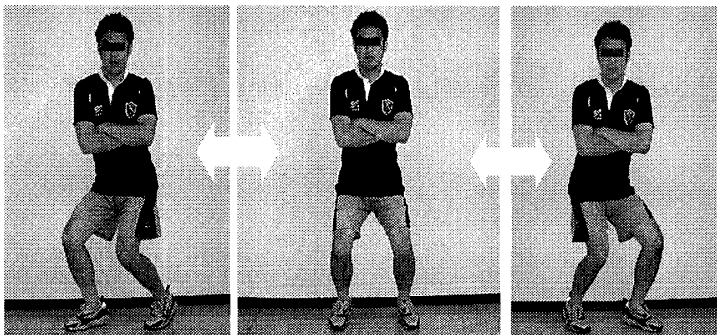
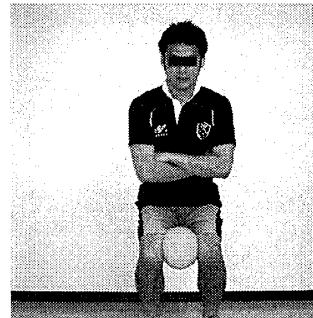


Fig.5 ツイスト

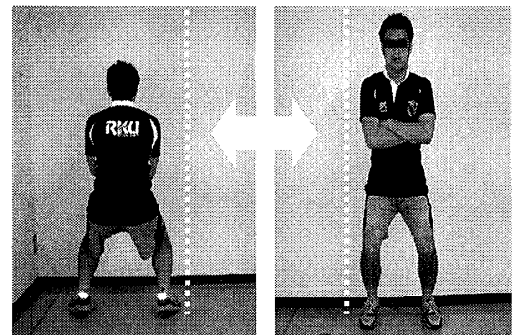


Fig.6 ピボット

## 2-4. 解析

解析は、運動開始から500msec後の1000msecを対象区間とした。サンプリング周波数1000Hz, band pass filter 10-350HzでA/D変換し、パーソナルコンピュータに取り込み、実効値 (Root Mean Square: RMS) を求めた。RMSは静止スクワット時の平均筋活動量を100%とし、各筋ごとに股内転スクワット、ツイスト、ピボットの筋活動量を% squatに換算した。

## 2-5. 統計処理

各筋における動作間の% squat比較を一元配置の分散分析とSchafferの多重比較を行った。統計処理ソフトは、SPSS11.0を使用した。

## 3. 結果

・VMにおいて、ツイスト (60.3±9.0%) は、静止スクワット (100%) や股内転スクワット

(106.4±31.1%) と比較して筋活動が低かった (Fig.7)。その他の動作間に差はみられなかった (ピボット: 110.6±45.2%)。

- ・VLでは、動作による筋活動の差はみられなかった (股内転スクワット: 96.0±17.3%, ツイスト: 77.1±23.4%, ピボット: 130.4±65.4%)。
- ・LHにおいて、ピボット (191.8±72.6%) は、静止スクワット (100%) や股内転スクワット (97.0±13.8%) より筋活動が高値であった (Fig.9)。その他の動作間に差はみられなかった (ツイスト: 154.7±67.3%)。
- ・MHにおいて、ツイスト (120.8±87.6%) およびピボット (174.61±100.8%) は、筋活動が高い傾向を示した (Fig.10)。しかし、統計学的な有意差は認められなかった (股内転位置スクワット: 97.0±13.8%)。

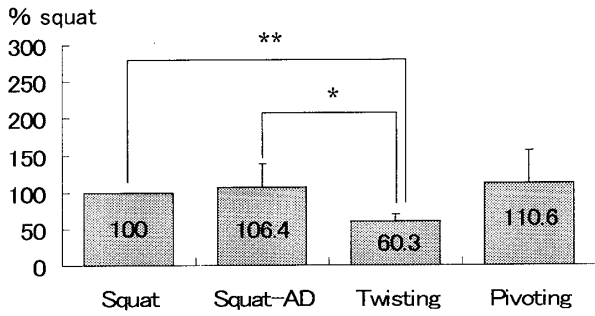


Fig.7 動作間のVM比較

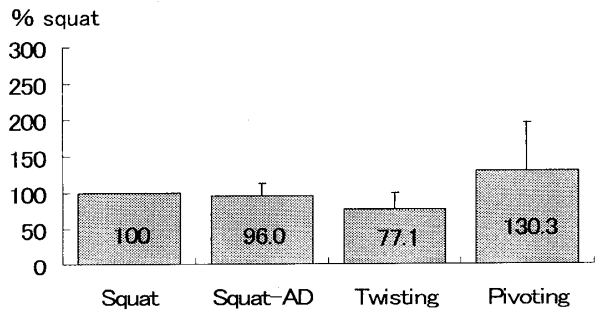


Fig.8 動作間のVL比較

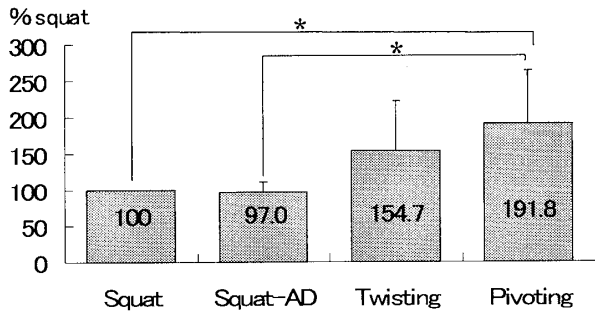


Fig.9 動作間のLH比較

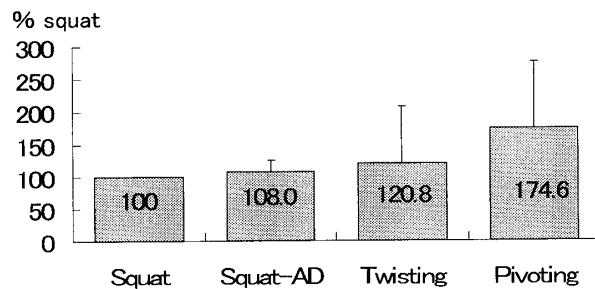


Fig.10 動作間のMH比較

#### 4. 考察

本研究では、静止スクワットを基準に、股内転スクワット、ツイスト、ピポットの膝周囲筋の筋活動を比較した。その結果、外側広筋および内側広筋は、ツイスト動作でのみ低値であった。膝関節の動きと靭帯の緊張度について、Lanzら<sup>16)</sup>は回旋ストレスによって、十字靭帯に加えて内側および外側側副靭帯が緊張することを報告した。ツイストやピポットでは、膝屈曲角度が同じ条件であっても、回旋ストレスによって靭帯性の緊張を高めたため、四頭筋群の仕事量が軽減した可能性がある。ピポットでは静止スクワットや股内転スクワットの筋活動量と差がなかったのは、ツイストよりも軸足の荷重量が大きい動作であったため、高い筋出力が要求されたのであろう。

一方、大腿二頭筋と半膜様筋の筋活動は、ツイストやピポットで高値であった。池添ら<sup>3), 4)</sup>によれば、静止スクワットと足圧位置の関係について、内側広筋および外側広筋は中間位および後方位の足圧で、ハムストリングスは前方位の足圧でいずれも筋活動が増加をしたと報告している。ツイストやピポットは、第1中足指節関節を軸に下肢を回旋させる動作である。そのため、足圧中心が相対的に前方に移動した影響により、大腿二頭筋をはじめとするハムストリングスの筋活動が増加した可能性がある。ハムストリングスは、カッティングやターンといった下肢に回旋力を伴う動作時に緩衝作用<sup>10), 11), 12), 14), 17), 18)</sup>として働くことが知られている。Johnら<sup>11)</sup>は代表的なACL損傷の受傷機転について、過大な大腿骨の内旋、膝の外反、脛骨の外旋方向への力学的負荷によって生じるとし、実際にカッティング動作やターン動作など

下肢に回旋力を伴う動作時に受傷する機会が多い<sup>9), 10), 11), 12)</sup>。すなわち、ツイストやピボットでは、脛骨の外旋方向に働く力学的負荷に対して拮抗するハムストリングスの機能が要求され、かつ再受傷の予防に効果的な動作である可能性が示唆される。

したがって、膝60度屈曲位のツイストやピボットは、アライメント学習法としてだけでなく、筋力トレーニングとしても有効であるといえる。

本研究の限界として、正規化の方法が挙げられる。課題間による比較は簡便に計測可能できる利点があるが、同一筋以外の比較が出来ない欠点をもつ。そのため、発揮条件が十分であったかは先行研究と比較できない。今後は、この課題として、ツイスト動作やピボットの動作について、最大随意収縮法を用いた先行研究との比較を行っていく必要がある。またバイオメカニクス的手法を用いて、関節や靭帯に加わる力学的ストレスについても明らかにし、運動特性と導入時期の明確化につなげていきたい。

## 参考文献

- 1) Victoria, L. G., Gale, M. G., Jennifer, A. E.: Electromyographic evaluation of closed and open kinetic chain knee rehabilitation exercises. *J Athle Train*, 1993, 28: 23-30
- 3) 池添冬芽, 市橋則明, 森永敏博: スクワット肢位における足圧中心位置の違いが下肢筋の筋活動に及ぼす影響. *理学療法学*, 2003, 30: 8-13
- 4) 池添冬芽, 市橋則明, 万久里知美・他: スクワット動作時の足圧中心位置が下肢筋の筋活動に及ぼす影響(会議録). *運動療法と物理療法*. 2001, 12: 233.
- 5) Gaston A, NISHIWAKI, Yukio URABE, Kosuke TANAKA: EMG Analysis of lower extremity muscles in three different squat exercises. *J Jpn Ther Assoc*, 2006, 9: 23-29
- 6) 市橋則明, 羽崎完, 森永敏博・他: 股関節内転動作が膝周囲筋活動に与える影響—closed kinetic chainにおける内側広筋斜頭の選択的訓練の検討— *運動療法・物理療法*, 1997, 8: 70-75
- 7) Gray, C., Lee, B., Keith, F: Reactive neuromuscular training for the anterior cruciate ligament-deficient knee: A case report. *J Athle Train*, 1999, 34: 194-201
- 8) Kevin, E. W., Christopher, A., James, R. A., et al: Rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction in the female athlete. *J Athle train*, 1999, 34: 177-193
- 9) 三木英之: バスケットボールのACL損傷とバイオメカニクスからみた予防法. *臨床スポーツ医学*, 2001, 18: 53-57
- 10) Simonsen, B. E., Magnusson, P. S., Bencke, J., et al: Can the hamstring muscles protect the anterior cruciate ligament during a side-cutting maneuver?. *Scand J Med Sci Sports*, 2000, 10: 78-84
- 11) John, A. N., David, N.M. C, Robert, S., et al: Crossover cutting during hamstring fatigue produces transverse plane knee control deficits. *J Athle Train*, 1999, 32: 137-143
- 12) Mary, L: Anterior cruciate ligament injury in female athlete: *Epidemiology*. 1999, 34: 150-154
- 13) Christine, M. B: Assessment and evaluation of predisposing factors to anterior cruciate ligament injury. *J Athle Train* 1999, 34: 155-164
- 14) Mark, H., John S, David, K: An investigation of postural control in postoperative anterior cruciate ligament reconstruction patients. *J Athle Train*, 1999, 34: 130-136
- 15) 金宮毅, 原道也, 張敬範・他: 前十字靭帯再建術後の立位荷重訓練において体幹屈曲角度および爪先立ち荷重が再建靭帯に及ぼす影響について. *整形外科と災害外科*, 2000; 49: 1188-1190
- 16) Lanz, T. V. and Wachsmuth, W: *Praktische Anatomie*, 2te Auflage, Springer-Verlag, Berlin, 1959
- 17) Swanik, B. C., Scott, M. L., Jorge, L., et al: Reactive muscle firing of anterior cruciate ligament-injured females during functional activities. *J Athle Train*, 1999, 32: 121-129
- 18) Michael, G. C., Robert, K. K., Jacquelin, P., et al: An electromyographic analysis of the knee during functional activities. *Am J Sports Med*, 1994, 22: 651-658