

膝関節角度と等尺性股関節伸展運動時における ハムストリングスの筋活動量の関係

山元勇樹^{*}・加藤 基^{**}・津賀裕喜^{***}・白木 仁^{*}・宮川俊平^{*}

Relationship between Knee Angle and Hamstring Muscle Activity during Maximum Isometric Hip Extension

YAMAMOTO Yuki^{*}, KATO Hajime^{**},
TSUGA Yuki^{***}, SHIRAKI Hitoshi^{*} and MIYAKAWA Shumpei^{*}

Key words: hamstrings, muscle activity, hip extension

1. 緒 言

ハムストリングスは、外側に位置する大腿二頭筋短頭 (Biceps Femoris short head)、大腿二頭筋長頭 (Biceps Femoris long head; BF long)、内側に位置する半腱様筋 (Semitendinosus; ST)、半膜様筋 (Semimembranosus; SM) から構成される。その中でも BF long、ST、SM は二関節筋であり、膝関節屈曲作用だけでなく股関節伸展作用も有しているため、走動作などにおいて複雑な働きをしている。すなわち、BF long、ST、SM は膝関節角度、股関節角度、膝関節屈曲運動、股関節伸展運動の4つの要因の影響を受けると考えられる。

これまでのハムストリングスに関する研究では、構成筋の解剖学的差異^{6,10)} および機能的差異^{6,8,9)} が存在することが報告されており、これらの研究の多くは膝関節角度を変化させた際の膝関節屈曲運動に関する報告である。一方で、二関節筋という特性を考慮し、膝関節だけでなく股関節角度にも注目した報告も散見され、股関節および膝関節屈曲角度に応じてハムストリングス個々の筋活動の度合いが異なることが報告されている^{5,7)}。しかしながら、これらの報告も膝関節・股関節角度を変化させた時の膝関節屈曲運動に関する報告である。

以上のように、ハムストリングスが膝関節屈曲作用だけでなく股関節伸展作用も有しているにも関わらず、ハムストリングスに関する研究は膝関節屈曲作用に注目したものがほとんどであり、ハムストリングスの股関節伸展作用に注目し、その時の筋活動の変化については明らかではない。

大西ら⁸⁾ は、最大等尺性膝屈曲運動時のハムストリングスの筋活動は関節角度に影響されて変化し、膝関節屈曲運動に関与するハムストリングス4筋の活動様式に違いがあることを報告している。そのため、股関節伸展運動時にも膝関節の角度変化の影響を受け、ハムストリングスの活動様式に違いがある可能性が考えられる。したがって、膝関節角度とハムストリングスの股関節伸展運動時における筋活動との関係を明らかにすることは、二関節筋という特性を考慮したトレーニング内容を考えるための一助となると考えられる。また、ハムストリングスで多くみられる肉離れ損傷^{1,3)} 後のリハビリテーションプログラムを選択する際の科学的根拠を示すことができ、肉離れの再発予防法の確立といった臨床応用のための基礎的知見ともなる。

そこで本研究では、膝関節角度と最大等尺性股関節伸展運動時のハムストリングスの筋活動量との関

^{*} 筑波大学体育系
Faculty of Health and Sport Sciences, University of Tsukuba

^{**} 帝京大学医療技術学部
Faculty of Medical Technology, Teikyo University

^{***} 筑波大学大学院人間総合科学研究科
Graduate School of Comprehensive Human Sciences, University of Tsukuba

係を明らかにすることを目的とした。

2. 方法

2.1 対象

対象は、運動習慣のない健康男性 10 名 (23.6 ± 1.4 歳、 174.6 ± 5.5 cm、 70.2 ± 8.7 kg) とした。被験者には事前に実験内容を十分に説明し、実験への協力の同意を得た。なお、被験筋である右側のハムストリングスに過去 1 年以内に既往が無い事を確認した。

2.2 データ収集およびデータ処理

運動課題は 3 秒間の最大等尺性股関節伸展運動を多用途筋機能評価訓練装置 (BIODEX 社製; BIODEX System 4) を使用して行った。測定は腹臥位で、水硬性プラスチック製のシーネ (アルケア社製; ライトスプリント II) を用いて膝関節を 15 度 (K 15) または 90 度 (K 90) に、足関節を中間位に固定した肢位で行った (図 1)。測定順序は、ランダムに膝関節角度を変えて行った。なお、それぞれの肢位での測定は 3 秒間行い、5 秒間の休息をはさみ 3 回行った。

筋電位測定の被験筋は、右側の大腿二頭筋長頭 (BF long)、半腱様筋 (ST)、半膜様筋 (SM) とした。電極貼付位置は、Perotto A²⁾ に準じ、被験筋を軽く収縮させ筋腹の位置を確認した上で決定した。電極貼付に先立ち、皮膚抵抗を減らし粘着をよくするため、周囲の剃毛および皮膚研磨剤、アルコール脱脂綿を用いて角質の除去を行った。電極は双極表面電極 (日本光電社製; ディスポ電極 F ビトロード F-150S) を使用し、各筋の筋線維方向と平行になるように貼付した。また、電極間距離は 20mm とした。

導出された筋電位は、Multi Telemeter (日本光電社製; WEB5000) を使用して、時定数 0.03 秒で増幅し、AD 変換器 (モンテシステム社製; MP100WS) によってサンプリング周波数 1000Hz で A/D 変換した。変換後のデジタル信号は、生体電気信号処理ソフト AcqKnowledge version 3.7.3 (Biopac Systems 社製) を用いてパーソナルコンピュータ (Dell 社製; Inspiron1100) に記録した。ま

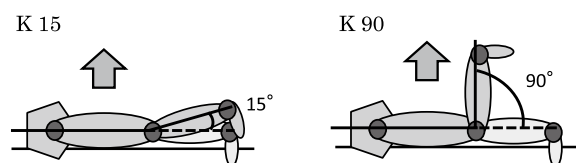


図 1 測定肢位
膝関節角度 (15 度; K 15、90 度; K 90) を変えた肢位で測定を行った

た、ダイナモメーターからのトルク信号も筋電図信号と同様にパーソナルコンピュータ (Dell 社製; Inspiron1100) に記録した。

記録された筋活動電位は、アーチファクト成分をハイパスフィルタで除去した後、全波整流し、遮断周波数 15 Hz の 4 次の位相ずれのない Butterworth digital filter にて包絡線を得た。なおハイパスフィルタは、データを遮断周波数 10 Hz で 4 次の位相ずれのない Butterworth digital filter に通過させ、得られたデータを原信号から差し引きする方法を用いた。

得られたデータは、同期させたトルクの電位のうち安静時の 1sec を平均化した。そして、トルクの電位が平均値 + 3SD を越えた時点を動作開始時点とした。動作開始 1sec 後から 2sec 後までの 1sec 間を分析区間として、得られた包絡線を用いて積分値 (Integrate Electromyography; IEMG) を算出した。得られた IEMG は 3 回の試技の平均値を各被験者の値とし、K 15 で得られた値と K 90 で得られた値を比較した。

2.3 統計処理

得られたデータは、すべて平均値 ± 標準偏差で示した。統計学的分析には、統計解析ツール SPSS Statistics version 20.0 (SPSS 社製; 東京) を使用し、paired t 検定を行った。すべての検定で危険率 5% 未満をもって有意差ありとした。

3. 結果

図 2 に最大等尺性股関節伸展運動時の IEMG と膝関節屈曲角度との関係を示した。BF long の IEMG は、15 度屈曲位るとき 224.1 ± 56.2 mv · msec、90 度屈曲位るとき 119.6 ± 43.6 mv · msec であり、90 度屈曲位るときよりも 15 度屈曲位るときに有意に高値を示した。15 度屈曲位ときの ST の IEMG は、 234.2 ± 102.0 mv · msec であり、90 度屈曲位ときの IEMG は、 113.8 ± 41.1 mv · msec であった。このとき ST の IEMG は、BF long と同様に 90 度屈曲位での値に比べ、15 度屈曲位で有意に高値を示した。また、SM の IEMG は 15 度屈曲位るとき 180.8 ± 87.1 mv · msec、90 度屈曲位るとき 63.6 ± 28.4 mv · msec であり、15 度屈曲位時の IEMG は 90 度屈曲位時の IEMG よりも有意に高値を示した。

4. 考察

本研究は、膝関節角度と最大等尺性股関節伸展運動時のハムストリングスの筋活動量との関係を明らかにすることを目的とした。その結果、被験筋とした BF long、ST、SM のすべての筋において、90 度

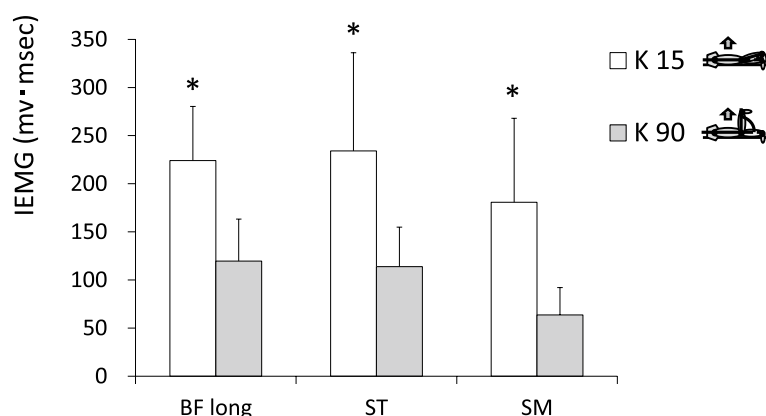


図2 最大等尺性股関節伸展運動時の IEMG と膝関節屈曲角度との関係
*, $p < 0.05$ (compared with K 90)

屈曲位よりも 15 度屈曲位で有意に高い活動を示した。

最大随意収縮を行なう場合、筋に存在するすべての運動単位が動員されるため、筋活動量の変化は関節角度の変化に影響されない^{4,8)}と考えられている。しかし、関節角度を変えること、すなわち筋長の変化によって筋活動量が変化する⁶⁻⁹⁾という報告もあり、本研究での膝関節角度の変化に伴う最大等尺性股関節伸展運動時の IEMG の変化は、筋長の変化に依存したものであると考えられる。

また Onishi et al.⁹⁾ は、最大等尺性膝関節屈曲運動時のハムストリングスの筋活動量は、膝関節 90 度屈曲位と 60 度屈曲位で異なることを報告している。さらに加えて、ST や SM は 60 度屈曲位よりも 90 度屈曲位において大きな筋活動量を示すのに対し、BF long では 60 度屈曲位で大きな筋活動量を示し、膝関節屈曲運動に関与するハムストリングスの活動様式に違いがあることも併せて報告している。さらに Makihara et al.⁶⁾ は、膝深屈曲位での等尺性膝関節屈曲には ST の活動が大きく関与することを報告している。しかしながら本研究における最大等尺性股関節伸展運動では、BF long、ST、SM のすべての筋において同様の变化を示し、最大等尺性膝関節屈曲運動時のような活動様式の違いはみられなかった。そのため、本研究の結果と Onishi et al.⁹⁾ や Makihara et al.⁶⁾ の結果を併せて考えると、ハムストリングスは膝関節の屈曲と股関節の伸展に関与するが、膝関節の屈曲と股関節の伸展では膝関節角度を変化させた時のハムストリングスの活動様式に違いがあるのではないかと考えられ、今後さらなる研究が必要である。

5. 謝 辞

本研究は平成 23 年度体育科学系研究プロジェクトの支援のもと実施された研究であり、ここに深く感謝申し上げます。

文 献

- 1) Agre JC (1985): Hamstring Injuries. Proposed aetiological factors, prevention, and treatment. *Sports Medicine* 2(1): 21-33.
- 2) Perotto A, 栢森良二訳 (1997): 筋電図のための解剖ガイド 第 3 版. 西村書店、新潟: 140-205.
- 3) Garrett WE Jr (1996): Muscle strain injuries. *Am J Sports Med* 24(6): S2-8.
- 4) Leedham JS, Dowling JJ (1995): Force-length, torque-angle and EMG-joint angle relationships of the human in vivo biceps brachii. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 70(5): 421-426.
- 5) Lunnen JD, Yack J, LeVeau BF (1981): Relationship between muscle length, muscle activity, and torque of the hamstring muscles. *Phys Ther* 61(2): 190-195.
- 6) Makihara Y, Nishino A, Fukubayashi T, Kanamori A (2006): Decrease of knee flexion torque in patients with ACL reconstruction: combined analysis of the architecture and function of the knee flexor muscles. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 14(4): 310-317.
- 7) Mohamed O, Perry J, Hislop H (2002): Relationship between wire EMG activity, muscle length, and torque of the hamstrings. *Clin Biomech* 17(8): 569-579.
- 8) 大西秀明、池田知純、八木 了、赤坂清和、大山峰生、百瀬公人、伊橋光二、半田康延 (1999):

- 最大等尺性膝屈曲運動時のハムストリングスの筋活動について. 理学療法学 26(2): 62-67.
- 9) Onishi H, Yagi R, Oyama M, Akasaka K, Ihashi K, Handa Y (2002): EMG-angle relationship of the hamstring muscles during maximum knee flexion. J Electromyogr Kinesiol 12: 399-406.
- 10) Woodley SJ, Mercer SR (2005): Hamstring muscles: architecture and innervation. Cells Tissues Organs 179(3): 125-141.