

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 4 日現在

機関番号：17702

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2012～2013

課題番号：24650395

研究課題名(和文)なぜ肉離れは二関節筋の特定部位において好発するのか？

研究課題名(英文) Why do muscle strain injuries occur frequently at a specific site of bi-articular muscles?

研究代表者

宮本 直和 (MIYAMOTO, NAOKAZU)

鹿屋体育大学・スポーツ生命科学系・准教授

研究者番号：20420408

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,100,000円、(間接経費) 630,000円

研究成果の概要(和文)：二関節筋である大腿直筋は、解剖学的に遠位と近位の二箇所で大腿神経の支配を受けているが、この二箇所が随意収縮中に別々に制御されているのか否か、また、別々に制御されている場合、それは二関節筋特有のものであるのかについては不明である。本研究で、膝関節伸展および股関節屈曲筋力発揮中に外側広筋・内側広筋・大腿直筋の複数箇所から筋電図信号を導出したところ、膝関節伸展筋力発揮時にはいずれの筋でも筋内で均一に、股関節屈曲筋力発揮時には大腿直筋の筋活動は遠位と近位で別々に制御されていることが明らかとなった。この結果は、二関節筋である大腿直筋内に機能的コンパートメントが存在することを示唆している。

研究成果の概要(英文)：The motor nerve of the bi-articular rectus femoris muscle is generally split from the femoral nerve trunk into two sub-branches just before it reaches the distal and proximal regions of the muscle. The purpose of the present study was to examine whether the regional difference in muscle activities exists within the human rectus femoris muscle during maximal voluntary isometric contractions of knee extension and hip flexion. Surface electromyographic signals were recorded from the distal, middle, and proximal regions. There was no significant difference in the normalized electromyographic amplitude during knee extension among regions within the rectus femoris muscle, whereas those were significantly smaller in the distal than in the middle and proximal regions during hip flexion task. These results indicate that the bi-articular rectus femoris muscle is differentially controlled along the longitudinal direction.

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：健康・スポーツ科学

キーワード：神経筋生理学 筋活動 筋内部位差 二関節筋

### 1. 研究開始当初の背景

大腿前部にある大腿四頭筋の1つである大腿直筋と、大腿後部にあるハムストリングは二関節筋であり、スポーツをはじめとする身体運動中に肉離れが好発する部位として知られている(Orchard & Seward, 2002; 武田, 2004)。肉離れは、主に二関節筋の伸張性収縮時に生じやすく、筋内の特定部位の筋腱接合部で起こりやすいと報告されている(Brooksら, 2006; 奥脇, 2004)。しかしながら、肉離れに関する先行研究には、実際に肉離れが発生した筋を、発生後に臨床的に評価するものが非常に多く、実際の肉離れ発生機序に関する知見は皆無に等しいのが現状である。

二関節筋の多くは単関節筋と異なり、解剖学的には一見して分からなくとも局所的に機能が異なるコンパートメント(区画)が存在することが報告されており、申請者らは大腿直筋においてもコンパートメントが存在することを報告している(Miyamotoら, 2011)。二関節筋内に複数のコンパートメントが存在すると、近位あるいは遠位など動かす関節によって同一筋内で生じる歪みや応力が部位によって異なる可能性がある。また、同一筋内においても筋線維の収縮動態が部位によって異なる可能性があり、その場合、同一筋内における歪み・応力の局所化(部位差)はさらに大きくなるため、コンパートメントの存在による筋活動および筋収縮動態の筋内部位差が肉離れを誘発させている可能性が十分に考えられる。

### 2. 研究の目的

本研究では、大腿直筋・外側広筋・内側広筋を対象に、随意筋力発揮中における筋活動制御が筋内および筋間で異なるのかについて検討することを目的とした。また、高強度のレジスタント運動時における筋疲労の程度が筋内および筋間で異なるのかについても検討した。

### 3. 研究の方法

実験 1: 随意収縮時の筋活動制御の筋内部位差

対象は、健康成人男性 12 名(1.74±0.05 cm, 67.3±5.4 kg, 27.1±3.3 歳)の右脚の内側広筋、外側広筋、大腿直筋とした。内側広筋の 2 箇所(大腿長の近位 70%および 90%部位)、外側広筋の 2 箇所(大腿長の近位 50%および 70%部位)、大腿直筋の 3 箇所(大腿長の 30%、50%、70%部位)に表面電極を貼付した(図 1)。この時、超音波撮像装置を用いることにより各部位における筋線維(筋束)走行方向を同定し、さらに、大腿神経を電気刺激した際の M 波が二相性になるように貼付位置を微調整した。被験者に、股関節角度 80 度、膝関節角度 90 度(ともに解剖学的正位=0 度)の座位による等尺性の最大随意膝関節伸展および股関節屈曲筋力発揮を行わせ、その時の筋電図振幅値を算出した。

実験 2: 高強度レジスタンス運動中の神経筋活動および筋酸素飽和度の筋間差および筋内部位差

対象は、日常的にレジスタンストレーニングを行っていない健康な成人男性 12 名(1.73±0.05 m, 67.4±7.3 kg, 26.5±1.9 歳)の右脚の外側広筋および大腿直筋とした。被験者に、80%1RM の負荷にて 8 回×4 セット(セット間休息 90 秒)の膝関節運動(膝関節 110 度 20 度)を行わせた。その際、表面筋電図法および近赤外分光法を用い、外側広筋の 2 箇所(大腿長の近位 50%および 70%部位)、大腿直筋の 1 箇所(大腿長の近位 50%部位)の筋放電量および筋酸素飽和度を計測した。

### 4. 研究成果

実験 1

随意収縮時に導出された筋電図振幅値を最大 M 波振幅値で正規化し比較をしたところ、膝関節伸展筋力発揮時には筋間で差がなく、また、いずれの筋でも筋内で均一であった。それに対し、股関節屈曲筋力発揮時には、二関節筋であり股関節屈曲に関わる大腿直筋の筋放電量は、いずれの箇所においても膝関節伸展筋力発揮時に比べ小さな値を示し、また、中央および近位に比べ遠位で有意に小さな値を示した(図 2)。これは、二関節筋である大腿直筋内にのみ機能的コンパートメントが存在し、それらは別々に制御されていることを示唆するものである。

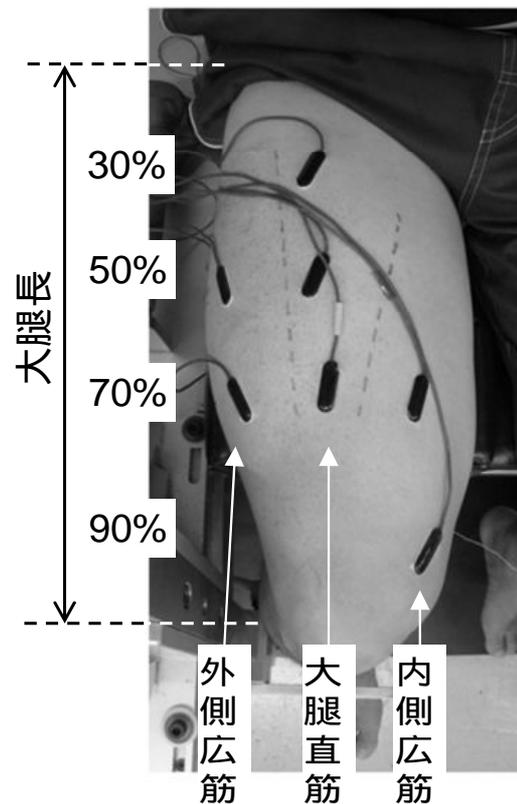


図 1 外側広筋、大腿直筋、内側広筋の表面電極貼付位置

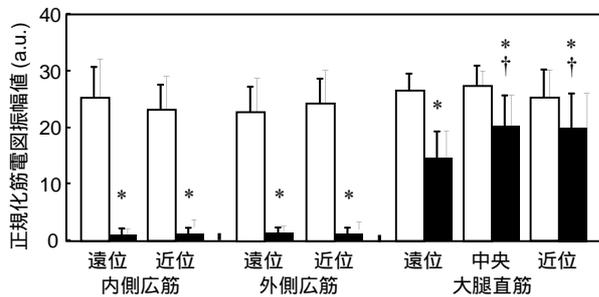


図2 等尺性最大随意膝関節伸展筋力および股関節屈曲筋力発揮時の筋電図振幅値。筋電図振幅値は各部位における最大 M 波で正規化した。\*：膝関節筋力発揮課題、†：股関節屈曲筋力発揮課題。

## 実験 2

レジスタンス運動の筋放電量は、膝関節伸展局面および屈曲局面いずれにおいても大腿直筋と外側広筋の間、および外側広筋内に大きな違いはみられなかった(図3)。筋酸素飽和度については、伸展局面、屈曲局面のいずれにおいても、各セット中盤から後半にかけて、大腿直筋 50%部位と外側広筋 50%部位との間には有意な差は認められなかった。一方、筋内部位差については、各セット中盤から後半にかけて、外側広筋 70%部位(遠位)が 50%部位(中央部)に比べ有意に低い値を示した。

本研究と同様のレジスタンス運動課題を 6 ヶ月間行わせた Narici et al. (1996)の研究によると、外側広筋 50%部位、70%部位、大腿直筋 50%部位の筋肥大率はそれぞれ約 7%、39%、21%である。また、外側広筋および大腿直筋の速筋線維比率はそれぞれ約 60%および 65%であり (Johnson et al. 1973)、外側広筋内では筋線維組成に部位差が無いという報告 (Lexell et al. 1983) をもとに考えると、レジスタンス運動による筋肥大の同一筋内部位差は運動時の筋放電量ではなく筋酸素飽和度の筋内部位差によって、筋肥大の協働筋間差はそのいずれでもなく、筋線維組成などの他の要因の影響による可能性が示唆される。

以上の結果をまとめると、(1)二関節筋内には機能が異なるコンパートメント(機能的コンパートメント)が存在し、単一筋であるにもかかわらず機能的コンパートメントは別々に制御されている、(2)単関節筋内には機能的コンパートメントは存在しないが、代謝的活動、ひいては筋疲労の程度が筋内で異なる、ことが示唆される。

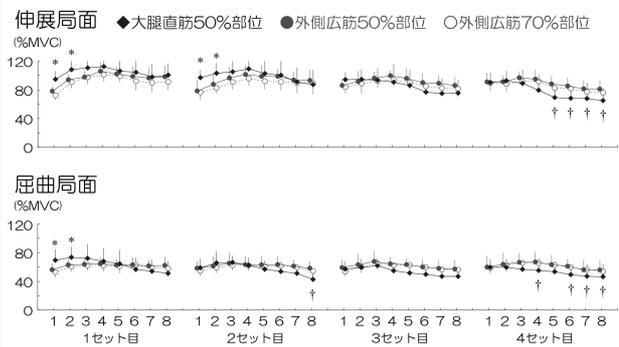


図3 レジスタンス運動中の大腿直筋 50%部位、外側広筋 50%および 70%部位の筋放電量。\*：大腿直筋 50%部位、†：外側広筋 50%部位、‡：外側広筋 70%部位

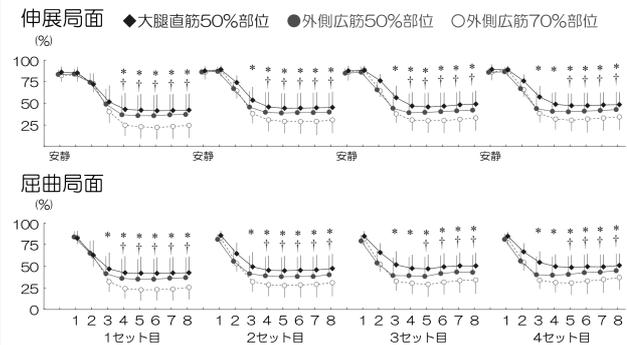


図4 レジスタンス運動中の大腿直筋 50%部位、外側広筋 50%および 70%部位の筋放電量。\*：大腿直筋 50%部位、†：外側広筋 50%部位、‡：外側広筋 70%部位

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 3 件)

Miyamoto N, Wakahara T, Ema R, Kawakami Y. Nonuniform muscle oxygenation despite uniform neuromuscular activity within the vastus lateralis during fatiguing heavy resistance exercise. *Clinical Physiology and Functional Imaging* 33(6): 463-469, 2013. [査読有]

Ema R, Wakahara T, Miyamoto N, Kanehisa H, Kawakami Y. Inhomogeneous architectural changes of the quadriceps femoris induced by resistance training. *European Journal of Applied Physiology* 113(11): 2691-2703, 2013. [査読有]

Miyamoto N, Wakahara T, Kawakami Y. Task-dependent inhomogeneous muscle activities within the bi-articular human rectus femoris muscle. *PLoS ONE* 7(3): e34269, 2012. [査読有]

〔学会発表〕(計 4 件)

宮本直和, 若原卓, 江間諒一, 川上泰雄.

レジスタンス運動中の大腿四頭筋の神経筋活動および筋酸素動態の協働筋間差および同一筋内部位差. 第 68 回日本体力医学会大会 (東京) 2013.9.22

Wakahara T, Ema R, Miyamoto N, Kawakami Y. Changes in the aponeurosis width induced by resistance training implications for a hypertrophic model of pennate muscle. 18th annual Congress of European College of Sport Science (Barcelona, Spain) 2013.7.27

若原卓, 江間諒一, 宮本直和, 川上泰雄. レジスタンストレーニングによる MR-T2 の変化と筋肥大の関連: 協働筋間差および筋内部位差に着目して. 第 25 回日本トレーニング科学会大会 (滋賀) 2012.12.2

Ema R, Wakahara T, Miyamoto N, Kanehisa H, Yanai T, Kawakami Y. Intra- and inter-muscle differences in architectural changes of the quadriceps femoris induced by resistance training. 17th annual Congress of European College of Sport Science (Bruges, Belgium) 2012.7.6

〔その他〕

ホームページ

<http://people.nifs-k.ac.jp/mpl/>

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

宮本 直和 (MIYAMOTO NAOKAZU)

鹿屋体育大学・スポーツ生命科学系・准教授

研究者番号: 20422048

### (2) 研究分担者

( )

研究者番号:

### (3) 連携研究者

川上 泰雄 (KAWAKAMI YASUO)

早稲田大学・スポーツ科学学術院・教授

研究者番号: 60234027

若原 卓 (WAKAHARA TAKU)

同志社大学・スポーツ健康科学部・助教

研究者番号: 20508288