

平成 30 年 5 月 22 日現在

機関番号：14301

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2015～2017

課題番号：15K12582

研究課題名(和文) 相対的筋張力による新たな関節機能評価法の開発

研究課題名(英文) Development of new evaluation method for muscular coordination

研究代表者

市橋 則明 (Ichihashi, Noriaki)

京都大学・医学研究科・教授

研究者番号：50203104

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円

研究成果の概要(和文)： 関節運動時の共同筋間の協調的な筋張力の調整機構を解明することを目的として、筋の神経活動を評価する筋電図と筋張力を評価する超音波せん断波エラストグラフィー機能を同時に用いることにより、非荷重位、荷重位での運動や筋のストレッチ前後での変化を分析した。それらの結果、共同筋のうちある筋の受動的筋張力が低下すると当該筋の筋活動量が増加して筋張力が一定に保たれる仕組みが存在することやストレッチによりある筋の受動的張力が低下した条件下では、別の共同筋が代償的に筋活動を増加させ筋力(筋トルク)を一定に保つ仕組みがあることが示唆された。本研究課題により筋張力制御の新たな評価方法を提示することができた。

研究成果の概要(英文)： To elucidate mechanism of muscular coordination during joint movement, we used an electromyogram for evaluating muscle nerve activity and shear wave elastography for evaluating muscle tension in non-weight bearing position, weight bearing position, and before and after static muscle stretching. The results indicated that, when the tension of certain muscles decrease, the activity of these muscles compensatory increase. Furthermore, when the passive muscle tension decreased with static stretching, the synergist muscle activity increased compensatory to maintain constant muscle strength (muscle torque). The research presented a new evaluation method for muscular coordination.

研究分野：理学療法

キーワード：筋張力 筋力 筋活動

1. 研究開始当初の背景

下肢の筋力は、高齢者や下肢に障害を有する患者が移動能力を維持するために、あるいは、スポーツ選手がパフォーマンスを向上するために最も重要な機能である。筋力発揮に際しては、運動にかかわる筋群の協調性が重大な影響を与える。例えば、股関節伸展筋力発揮時には、大殿筋やハムストリングスが主となって張力を発揮するが、それらの筋張力の相対性は課題間で異なると考えられる。大殿筋は単関節筋でありハムストリングスは二関節筋であるため、股関節角度変化は両筋に影響を与え、膝関節角度変化はハムストリングスにのみ影響を与える。関節角度変化は筋の受動的張力（筋活動がない状態での筋張力）及び能動的張力（筋活動により発揮される筋張力）に影響を与え、受動的張力と能動的張力を足し合わせた全張力も関節角度により変化する。また実際の運動時には、それら筋張力は神経活動により調整されている。したがって、運動にかかわる筋群の協調的制御を解明するためには、神経活動を評価することができる筋電図評価に加え、筋張力の指標となる筋弾性率の評価を同時に行い、両者のふるまいを解析する必要がある。しかし、現在までそのような手法での解析は行われていない。

本研究課題では、非荷重位での運動（股関節伸展運動）および荷重位での運動（スクワット肢位の保持）における股関節伸展筋群の協調関係を分析し、さらに静的ストレッチングによりハムストリングスの受動的張力を低下させた場合のスクワット肢位での大殿筋及びハムストリングスの筋張力及び筋活動の変化を分析した。

2. 研究の目的

本研究の目的は以下の3点である。

- 1) 非荷重位での課題である股関節伸展位での保持において、股・膝関節に同等の外的トルクが加わる肢位で膝関節の角度のみ変化させ、大殿筋及びハムストリングスの筋張力及び筋活動の変化を分析し、ハムストリングスの受動的張力が変化した際の共同筋間の代償的制御メカニズムを明らかにすること
- 2) 荷重位での課題であるスクワット肢位の保持において、体幹前傾角度（股関節屈曲角度）および膝関節屈曲角度を変化させることにより大殿筋・ハムストリングスの受動的張力を変化させた際の共同筋間の筋張力の制御メカニズムを明らかにすること
- 3) ハムストリングスの受動的張力をストレッチングにより変化させた際のスクワット肢位での共同筋間の代償的制御メカニズムを明らかにすること
これらを明らかにすることによって、関節

運動における筋群の新たな評価方法を提供することができ、またそれに基づいた新たな評価・トレーニング方法の開発に貢献できる可能性がある。

3. 研究の方法

実験 1

対象：健常若年男性 20 名 (23.0 ± 2.4 歳)
 方法：腹臥位股関節屈曲 45° 位で膝関節屈曲 80° 位と 10° 位の 2 肢位での姿勢保持課題とした (図 1)。この 2 肢位では股関節および膝関節に加わる外的負荷としてのトルクは同等になる。これら 2 肢位に対して自重での保持課題と 3kg の重錘を下腿遠位につけた重錘条件を設けて計 4 課題とした。2 肢位を保持した際の大殿筋（上部線維と下部線維の和）及びハムストリングス（大腿二頭筋）の筋活動量（表面筋電図による評価）および筋張力の指標となる筋弾性率（超音波せん断波エラストグラフィ機能で評価；図 2）を測定した。また、各筋の受動的張力を測定するため、上記 2 肢位で検者が他動的に下肢を保持した際の筋張力も計測した（安静条件）。統計解析として、筋活動については安静条件を除いた 4 課題、筋張力については安静課題を含めた 6 課題において、2 要因反復測定二元配置分散分析と多重比較を用いて分析した。

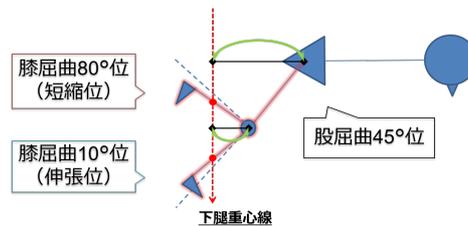


図1 股伸展45°、膝関節屈曲80°もしくは10°での姿勢保持
 上記2条件では、股・膝関節から重心線までの距離は等しい
 負荷量が同じであれば、両条件で発揮される関節トルクも同じになる

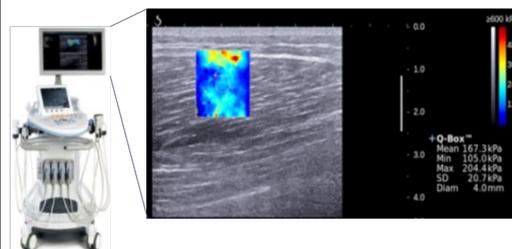


図2 超音波せん断波エラストグラフィ機能による筋弾性率の計測

実験 2

対象：健常若年男性 13 名 (24.8 ± 4.0 歳)
 方法：片脚でのスクワット肢位の保持を課題として、大殿筋とハムストリングスの受動的張力を変化させる目的で、体幹前傾角度（股関節屈曲角度）を 0°、30°、60° の 3 条件、膝関節屈曲角度を 20°、40°、60° の 3 条件とした。各肢位で、大殿筋とハムストリングスの筋張力を超音波せん断波エラストグラフィ機能で評価した。加えて、各肢位での

受動的筋張力を測定するため、安静臥位で上記関節角度に検者が他動的に下肢を保持した際の筋張力も計測した（安静条件）。各課題時の全張力から受動的張力を減じることで能動的張力を算出し、受動・能動的張力のバランスの指標として、全張力に対する能動的張力の割合（%能動的張力）を求めた。統計解析では、%能動的張力について、体幹と膝関節角度の2要因反復測定二元配置分散分析と多重比較を用いた。

実験3

対象：健康若年男性11名（24.7±4.7歳）
 方法：まず、片脚でのスクワット肢位の保持（股屈曲60°、膝屈曲40°）における大殿筋とハムストリングスの筋張力、筋活動量を計測し、同肢位での両筋の受動的筋張力を測定した。次に、ハムストリングスの受動的張力を低下させる目的で、静的ストレッチングを施行した（2分×3セット）。その後、ストレッチング前と同様に、同じスクワット肢位を保持した際の筋張力、筋活動量と同肢位での受動的筋張力を計測した。統計解析では、大殿筋とハムストリングスの受動的筋張力、全張力、筋活動量について、ストレッチング前後での比較（対応のあるt検定）を行った。

4. 研究成果

実験1

ハムストリングスの受動的張力は膝屈曲10°よりも80°で低下した。しかし、自重条件、重錘条件ともに、膝関節屈曲角度の違いでハムストリングスの筋張力に有意差はなく、筋活動量を膝屈曲10°よりも80°で増加させることによって筋張力を保っていることが明らかとなった。そのため、大殿筋には代償的な筋活動および筋張力の変化は認めなかった（図3）。

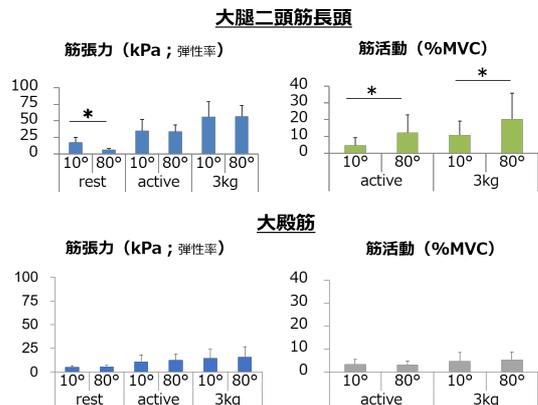


図3 大殿筋及びハムストリングスの筋張力と筋活動

実験2

ハムストリングスの%能動的筋張力には交互作用を認めず、体幹前傾0°よりも30°で%能動的張力が増加する傾向を示した。大殿筋については交互作用を認めたが、各膝関節屈

曲角度で体幹前傾角度が大きくなるほど%能動的張力も増加する傾向を示した（図4）。

本結果より、例えば、スクワット肢位においてハムストリングスの筋活動による筋張力（能動的筋張力）を増加させてトレーニングを行うためには、膝関節角度にはかわらず体幹前傾角度を30°程度で行うことが推奨される。

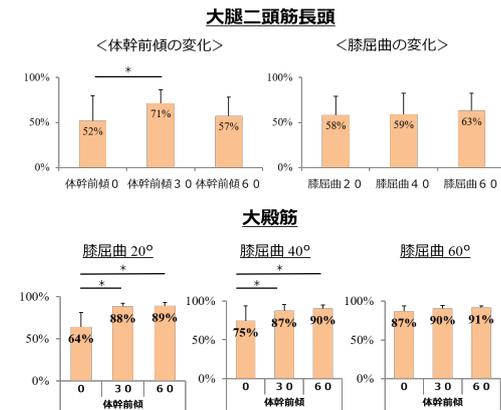


図4 大殿筋及びハムストリングスの%能動的筋張力

実験3

ストレッチングを施行されたハムストリングスは、受動的張力の低下を認めた。しかし、スクワット肢位を保持している際の筋活動量や筋張力には有意差を認めなかった。一方、大殿筋は、ストレッチングを施行されていないため受動的筋張力に変化は認めないが、ハムストリングスのストレッチング後に筋活動量が増加する傾向を認めた（図5）。本研究では、ハムストリングスとして大腿二頭筋のみを対象としているため定かではないが、ハムストリングス全体のストレッチングにより受動的張力が低下した分を大殿筋で補おうとする制御がなされている可能性があると考えられる。

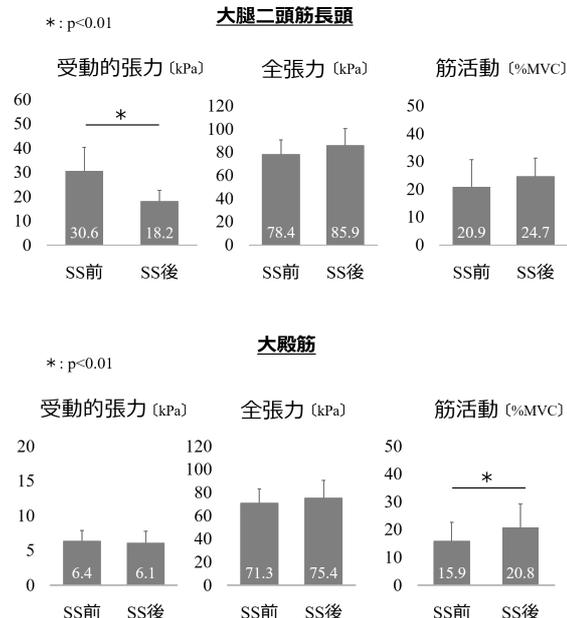


図5 大殿筋及びハムストリングスの筋張力と筋活動量

このように、本研究課題では、筋活動量と筋張力を同時に計測する新たな評価方法を用いることで、関節運動時の共同筋間における協調的な制御メカニズムの一端を明らかにすることができた。今後は、このような評価方法に基づく新たなトレーニング方法の開発につなげたい。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計0件)

〔学会発表〕(計4件)

本村 芳樹, 建内 宏重, 中尾 彩佳, 神谷 碧, 水上 優, 八木 優英, 市橋 則明, ストレッチングによる即時的な受動的張力の低下が運動時の共同筋間の筋張力制御に及ぼす影響. 第52回日本理学療法学会, 2017.

本村 芳樹, 建内 宏重, 中尾 彩佳, 加藤 丈博, 近藤勇太, 市橋 則明, 片脚スクワット時の体幹と膝関節の角度変化がハムストリングスと大殿筋における能動的な張力発揮に与える影響. 第3回日本運動器理学療法学会, 2016.

Motomura Y, Tateuchi H, Nakao S, Kato T, Kondo Y, Ichihashi N, The influence of joint angles on the muscle tension ratio of gluteus maximus and hamstrings during single leg squat. 13th Asian Confederation for Physical Therapy Congress, 2016.

本村 芳樹, 建内 宏重, 清水 徹郎, 加藤 丈博, 近藤勇太, 市橋 則明, ハムストリングスと大殿筋における異なる膝関節角度での筋張力と筋活動の関連 - 受動的・能動的筋張力と筋活動の協調関係 -. 第51回日本理学療法学会, 2016.

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

出願状況 (計0件)

取得状況 (計0件)

〔その他〕

ホームページ等

京都大学大学院医学研究科人間健康科学系
専攻臨床バイオメカニクス研究室

<http://clin-biomech.hs.med.kyoto-u.ac.jp/>

6. 研究組織

(1)研究代表者

市橋則明 (ICHIHASHI, Noriaki)
京都大学・医学研究科・教授
研究者番号: 50203104

(2)研究分担者

建内宏重 (TATEUCHI, Hiroshige)
京都大学・医学研究科・特定准教授
研究者番号: 60432316