

令和 2 年 7 月 3 日現在

機関番号：33805

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2019

課題番号：16K01671

研究課題名(和文) 二関節筋の積極的な動員と怪我のリスク回避を両立する運動プログラム基盤の確立

研究課題名(英文) Establishment of exercise program based on recruitment of biarticular muscles and sports injury avoidance

研究代表者

江間 諒一 (Ema, Ryoichi)

静岡産業大学・経営学部(磐田)・講師

研究者番号：10768196

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：久しぶりに実施した激しい運動によって筋に損傷が生じると、筋力の低下や筋肉痛を経験する。損傷はどのような条件で生じやすいのか、損傷を抑制するためにどのような手段があるのかについて、以下の知見を得た。1)筋長が長い条件で運動をすると損傷が生じやすい、2)ただし、損傷を抑制するために、筋長が長い条件で事前運動をしておく必要は必ずしもない、3)損傷を防ぎたい筋と対をなす筋で事前運動を実施しておいても効果が無い。

研究成果の学術的意義や社会的意義

肉離れなどの怪我が生じると、スポーツ活動の停止を余儀なくされてしまう。スポーツをする以上、怪我を完全に回避することはできないが、何かしらの対策を施すことで、怪我が発生するリスクを抑えることはできるはずである。本研究では、リスク回避のために事前に実施しておくことの良い運動、効果は期待できるが、必ずしも実施しておく必要はないであろう運動、効果はおそらく期待できないであろう運動について、指針を示すための重要な成果を提示することができた。

研究成果の概要(英文)：High-intensity exercise involving eccentric contractions induces muscle damage represented by a prolonged strength loss and delayed onset muscle soreness. We obtained following findings: 1) greater damage were induced when the muscle length during exercise were greater, 2) muscle length during exercise did not affect the magnitude of repeated bout effect, 3) a prior exercise by antagonist muscles did not confer protective effect.

研究分野：運動生理学

キーワード：筋損傷 二関節筋

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

二関節筋は、近位と遠位の二つの関節を跨いで骨に付着し、身体運動を生み出す筋である。二関節筋は力を生み出すのみならず、近位関節で生み出されたエネルギーを遠位関節へ伝達する、発揮された外力の方向を制御するといった役割がある(van Ingen Schenau et al. 1992)。二関節筋の機能の向上は、ダイナミックかつ緻密な動作が要求されるスポーツにおいて重要な役割を果たすと考えられる。例えば我々は、股関節と膝関節を跨ぐ二関節筋である大腿直筋について、大腿直筋の筋量が多いほど短距離選手における疾走能力が優れていた結果を報告している(Ema et al. 2018)。

二関節筋の積極的な動員は、スポーツパフォーマンス向上への貢献が大きい期待できる一方で、負の側面をもたらす可能性を忘れてはならない。すなわち、二関節筋ではスポーツ中の怪我、特に肉離れの発症頻度が高く(Speer et al. 1993)、なかでも大腿直筋やハムストリングス、腓腹筋において顕著である。そのため、トレーニングなどを通じて二関節筋を積極的に動員できるようになったとしても、その結果として肉離れを誘発し、スポーツ活動の停止へとつながる恐れがある。この事態を回避するためには、肉離れの発生を予防する対策が必要である。

二関節筋の肉離れは主に伸張性収縮時に生じると考えられているが、伸張性収縮は筋損傷と筋力の低下をもたらす(Clarkson et al. 1992)。それらは肉離れの発生メカニズムの一つである筋力のアンバランス(左右脚間や動作に關する筋間)につながるため、伸張性収縮により生じる二関節筋の筋損傷や筋力の低下を抑制する手段が分かれば、肉離れ予防の手段として効果的なものとなることが期待できる。

2. 研究の目的

本研究では、二関節筋の筋損傷を抑制する手段を明らかにすることを目的とした。そのことを通じて、身体運動パフォーマンスを高めつつ、怪我の発生を予防する運動プログラム作成のための基盤を確立することを目指した。運動時における筋の長さが損傷の程度に影響するのかどうか、影響するとすれば、それはその後実施する運動によって生じる筋損傷を抑制することにもつながるのかどうか、運動を実施する筋ではなく、拮抗筋で事前に運動することが、筋損傷の抑制につながるのかどうか、以上3点を検討した。

3. 研究の方法

(1)筋の長さの影響の検討

若年男性 28 名が、4 週間の期間を空けて 2 セッションの伸張性膝関節伸展運動を実施した。1 セッションあたりの運動量は、10 回×10 セットであった。膝関節角度の可動域は 40 度～110 度(完全伸展位を 0 度)とした。28 名を 1 セッション目の運動姿勢が異なる 2 つの群(各群 14 名ずつ)に分けた。大腿直筋の筋長が短い座位で実施する群(S 群)と筋長が長い仰臥位で実施する群(L 群)であり、2 セッション目の運動は、両群とも大腿直筋の筋長が長い仰臥位で実施した(図 1)。伸張性膝関節伸展運動前および 1～3 日後において、最大努力における等尺性筋力、Visual Analogue Scale 法(0cm を痛み無し、10cm を耐えられない痛み)による遅発性筋肉痛の程度、筋剛性率などを測定し、筋損傷の程度を評価した。

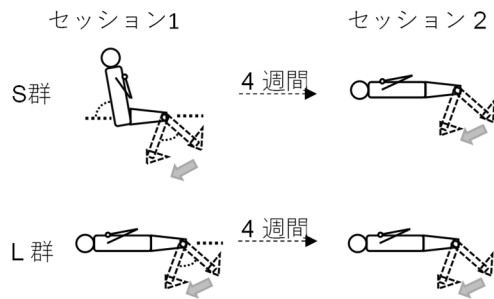


図 1 伸張性膝関節伸展運動時の姿勢

(2)事前の拮抗筋活動の影響の検討

若年男性 24 名が、100 回の伸張性膝関節伸展運動を実施した。1 日前に膝関節屈曲筋力発揮を行う事前運動あり群(12 名)と、運動を実施しない事前運動なし群(12 名)に分かれた。事前運動あり群は、伸張性膝関節を実施する前日に、最大努力による等尺性膝関節屈曲を 10 回行った。伸張性膝関節伸展運動前と 1～3 日後において、(1)と同様の項目を測定し、筋損傷の程度を評価した。

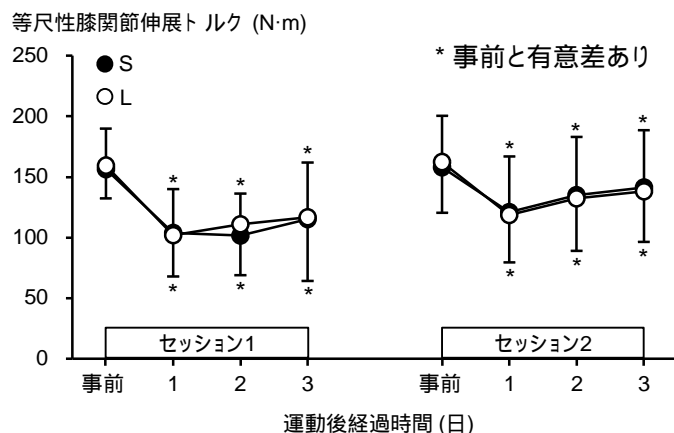


図 2 伸張性運動による膝関節伸展筋力の変化

4. 研究成果

(1)筋の長さの影響の検討

セッション 1 で実施した伸張性膝関節運動後、3 日間にわたり等尺性膝関節伸展トルクは低下し、S 群は 38-43%、L 群は 32-41%の低下率であった

(図2)。また、両群とも大腿直筋に遅発性筋肉痛が生じ、S群では32-47 mm、L群では31-55 mmであった。しかし、これらに有意な群間差はみられなかった。一方、等尺性股関節屈曲トルクはL群においてのみ低下が観察された(図3)。筋剛性率は両群ともに増加したが、増加の程度はL群で有意に大きかった。以上の結果から、セッション1で実施した運動後に生じた大腿直筋の損傷の程度は、S群よりもL群で大きかったと考えられる。

セッション2の運動後、両群において膝関節伸展トルクの低下および遅発性筋肉痛の発生が観察されたが、その程度はセッション1の運動後よりも小さく、群間差はみられなかった。

両群ともに、等尺性股関節屈曲トルクおよび筋剛性率に変化はみられなかった。これらの結果は、セッション1で実施した運動により、セッション2で実施した運動がもたらした筋損傷が抑制されたものの、セッション1の運動における筋長の違いは影響しなかったことを示唆している。

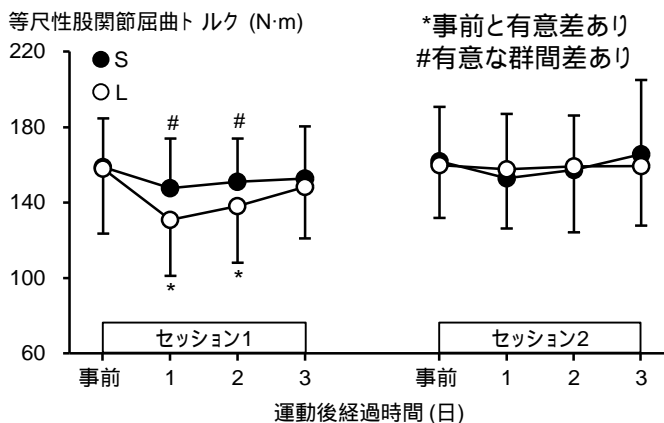


図3 伸張性運動による股関節屈曲筋力の変化

(2)事前の拮抗筋活動の影響の検討

事前に等尺性膝関節屈曲運動を実施した群、しなかった群共に、3日間にわたる筋力の低下、遅発性筋肉痛の発生(図4)、および筋剛性率の増加が観察された。しかし、変化に有意な群間差はみられなかった。これらの結果から、伸張性膝関節伸展運動を実施する前日に、等尺性膝関節屈曲運動を実施していても、伸張性運動による大腿直筋の筋損傷を抑制することにはつながらないことが示唆された。

(3)まとめ

本研究では、二関節筋として、肉離れなどの怪我が好発する大腿直筋を対象とした。怪我につながる症状として、伸張性運動によって生じる筋損傷に着目し、筋損傷を防ぐ手段について検討した。筋損傷は、筋長が長い条件でより生じやすい事が明らかとなった。数週間前に全力での伸張性運動を実施しておくことで、同様の伸張性運動を再び実施した時の筋損傷は抑制されるが、数週間前に「あえて」筋長が長い条件で運動を実施しておく必要はないことが示唆された。また、拮抗筋で事前に運動を実施しておいたとしても、二関節筋の筋損傷を抑制することにはつながらないことが示された。

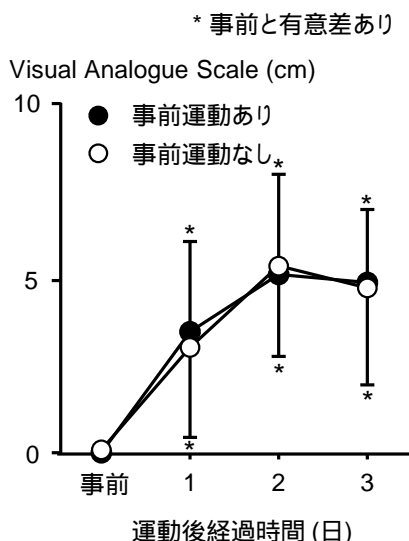


図4 大腿直筋に生じた遅発性筋肉痛

<引用文献>

- Clarkson PM, Nosaka K, Braun B. Muscle function after exercise-induced muscle damage and rapid adaptation. *Med Sci Sports Exerc.* 1992;24(5):512-520.
- Ema R, Sakaguchi M, Kawakami Y. Thigh and Psoas Major Muscularity and Its Relation to Running Mechanics in Sprinters. *Med Sci Sports Exerc.* 2018;50(10):2085-2091.
- Speer KP, Lohnes J, Garrett WE Jr. Radiographic imaging of muscle strain injury. *Am J Sports Med.* 1993;21(1):89-96.
- van Ingen Schenau GJ, Boots PJ, de Groot G, Snackers RJ, van Woensel WW. The constrained control of force and position in multi-joint movements. *Neuroscience.* 1992;46(1):197-207.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Ema Ryoichi, Suzuki Momoka, Kawaguchi Emi, Saito Itaru, Akagi Ryota	4. 巻 6
2. 論文標題 Effects of sex and joint action on voluntary activation	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 PeerJ	6. 最初と最後の頁 e5968 ~ e5968
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.7717/peerj.5968	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計7件（うち招待講演 0件/うち国際学会 4件）

1. 発表者名 Ryoichi Ema, Ryosuke Kawashima, Akihiro Kanda, Koya Ikeda, Kazunori Nosaka, Ryota Akagi
2. 発表標題 Effect of muscle length on muscle stiffness changes in the rectus femoris after repeated bouts of knee extensor eccentric exercise
3. 学会等名 11th International Conference on Strength Training 2018（国際学会）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 神田章裕、江間諒一、赤木亮太
2. 発表標題 伸張性運動後における随意及び単収縮時のRate of Torque Developmentの関係：時間局面の違いに着目して
3. 学会等名 第25回日本バイオメカニクス学会大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Ryoichi Ema, Ryosuke Kawashima, Akihiro Kanda, Koya Ikeda, Kazunori Nosaka, Ryota Akagi
2. 発表標題 Effect of muscle length during eccentric contractions on damage and the repeated bout effect of the rectus femoris
3. 学会等名 24th European College of Sports Sciences（国際学会）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Mikio Shoji, Ryoichi Ema, Akihiro Kanda, Kosuke Hirata, Kazunori Nosaka, Ryota Akagi
2. 発表標題 Knee extensor muscle damage protective effect by maximal isometric contractions of the knee flexors
3. 学会等名 XXVII Congress of the International Society of Biomechanics (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Akihiro Kanda, Ryoichi Ema, Ryosuke Kawashima, Koya Ikeda, Kosuke Hirata, Kazunori Nosaka, Ryota Akagi
2. 発表標題 Changes in maximal voluntary contraction torque and rate of torque development after initial and secondary bouts of maximal knee extensor eccentric exercise
3. 学会等名 XXVII Congress of the International Society of Biomechanics (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 神田章裕、江間諒一、赤木亮太
2. 発表標題 伸張性運動後数日に亘る随意及び単収縮時の瞬発的な筋力並びに最大筋力の変化様相の一致性～時間局面の違いに着目して～
3. 学会等名 日本体育学会第70回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 東海林幹生、江間諒一、神田章裕、平田浩祐、赤木亮太
2. 発表標題 事前に実施する膝関節屈曲筋力発揮が伸張性膝関節伸展運動による筋損傷に及ぼす効果～膝関節伸展筋群各筋に着目して～
3. 学会等名 日本体育学会第70回大会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担者	赤木 亮太 (Akagi Ryota) (20581458)	芝浦工業大学・システム理工学部・准教授 (32619)	
研究 協力者	野坂 和則 (Nosaka Kazunori)	エディスコワン大学	
研究 協力者	平田 浩祐 (Hirata Kosuke)	芝浦工業大学大学院・日本学術振興会特別研究員 P D	