

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 5 月 11 日現在

機関番号：32619

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2014

課題番号：24700689

研究課題名(和文)筋硬度の一過性の変化及び長期的な変化が筋の力発揮特性に及ぼす影響

研究課題名(英文)Acute and chronic effects of muscle hardness changes on muscle force production

研究代表者

赤木 亮太 (Akagi, Ryota)

芝浦工業大学・システム理工学部・助教

研究者番号：20581458

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、筋硬度の一過性の変化及び長期的な変化が筋の力発揮特性に及ぼす影響について検討した。下腿三頭筋のストレッチングを1セッションあるいは5週間継続した結果、どちらも腓腹筋の筋硬度は低下し、足関節底屈筋力は維持された。肘関節伸展筋群を対象としたレジスタンストレーニングにより、一時的に上腕三頭筋は硬くなるものの、6週間後には最初と同様の柔らかさに戻り、肘関節伸展筋力は如実に向上した。以上のことから、筋硬度の変化と筋の力発揮特性の変化が一致しないことが示唆される。

研究成果の概要(英文)：In this study, acute and chronic effects of muscle hardness changes induced by stretching or resistance training on muscle force production were investigated. The static stretching of the triceps surae decreased the hardness of the gastrocnemius muscle both temporarily and chronically, but did not change the plantar flexion strength. The resistance training of the elbow extensors increased the triceps brachii hardness temporarily, but the muscle hardness was not changed before and after the 6-week training program. On the other hand, the resistance training increased the elbow extension strength significantly. Thus, it is suggested that the changes in muscle hardness induced by stretching or resistance training do not correspond to that in muscle force production.

研究分野：バイオメカニクス、運動生理学

キーワード：筋硬度 ストレッチング レジスタンスエクササイズ 超音波エラストグラフィ 下腿三頭筋 上腕三頭筋

1. 研究開始当初の背景

(1) 筋のコンディションの客観的な評価指標の1つである筋硬度は、超音波エラストグラフィにより定量可能である。

(2) 筋のコンディションの良し悪しは、筋の力発揮特性に影響を及ぼし得るものである。そこで、申請者がこの点を検討した結果、筋硬度の個人間の差異は、筋の力発揮特性における個人間の差異に大きな影響を及ぼさないことが明らかにされた。

(3) 個人内の筋硬度変化が筋の力発揮特性に及ぼす影響については不明であり、筋のコンディションの客観的指標としての筋硬度の持つ意義については、さらなる検討が必要である。

2. 研究の目的

(1) ストレッチングに伴う筋硬度の一過性的変化及び長期的な変化が、筋の力発揮特性に及ぼす影響を明らかにする。

(2) レジスタンストレーニングに伴う筋硬度の一過性的変化及び長期的な変化が、筋の力発揮特性に及ぼす影響を明らかにする。

3. 研究の方法

(1) 1セッションの下腿三頭筋のストレッチングが腓腹筋筋硬度及び足関節底屈筋力に及ぼす影響 (実験1)

実験1では、若年男性20名を対象に、市販のストレッチングボードを用いて、下腿三頭筋のストレッチングを、2分間×3セット (セット間の休息:1分間) 実施した (図1)。その後で、下腿長近位30%部位における腓腹筋内側頭 (MG) 及び外側頭 (LG) の筋硬度 (図2)、足関節底屈トルクを測定した。本実験では、筋硬度をヤング率で算出した。



図1 下腿三頭筋ストレッチング

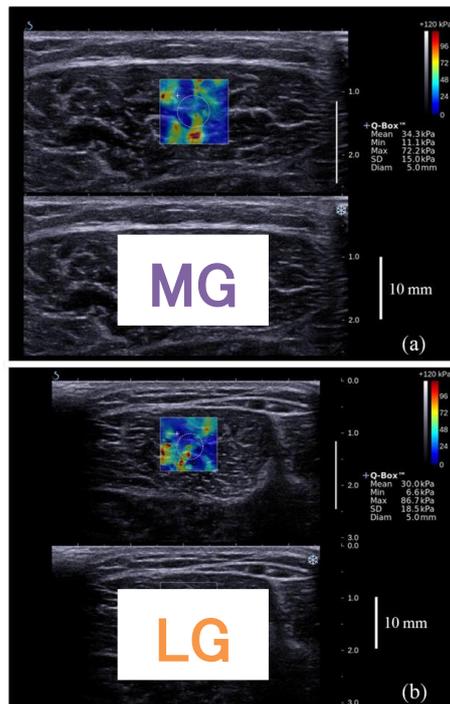


図2 腓腹筋内側頭 (MG) 及び外側頭 (LG) の超音波エラストグラフィ画像

(2) 5週間の下腿三頭筋のストレッチングが腓腹筋筋硬度及び足関節底屈筋力に及ぼす影響 (実験2)

実験2では、若年男性19名を対象に、実験1と同様のストレッチング (図1) を週6日、5週間実施し、その後で、下腿長近位30%部位における腓腹筋内側頭及び外側頭の筋硬度、足関節底屈トルクを測定した。片脚をストレッチング群、反対の脚をコントロール群とした。本実験では、筋硬度をヤング率で算出した。

(3) 1セッションの肘関節伸展動作におけるレジスタンストレーニングが上腕三頭筋筋硬度及び肘関節伸展筋力に及ぼす影響 (実験3)

実験3では、若年男性18名を対象に、最大挙上重量 (1RM) の80%の重量のダンベルを用いて、2秒間で短縮性収縮による肘関節伸展を、2秒間で伸張性収縮による肘関節伸展を実施 (図3) し、それを8回継続した。セット間には90秒の休憩を挟んで、合計5セットを1セッションとした。その後で、上腕長近位50%、60%、70%における上腕三頭筋長頭の筋硬度 (図4)、肘関節伸展動作における1RMを測定した。本実験では、筋硬度を剛性率で算出した。

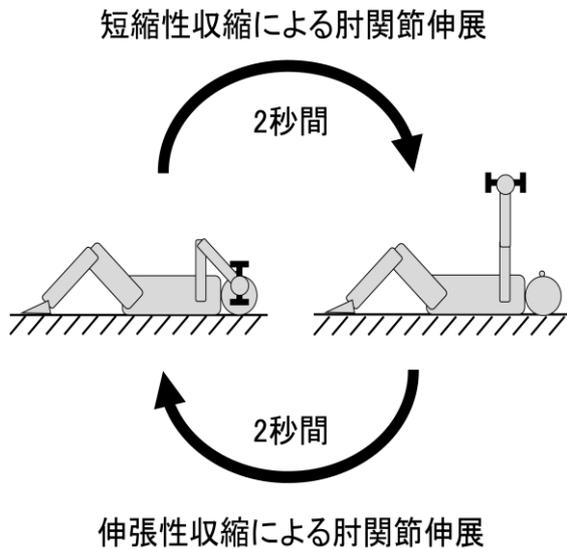


図 3 肘関節伸展筋群を対象としたレジスタンストレーニング

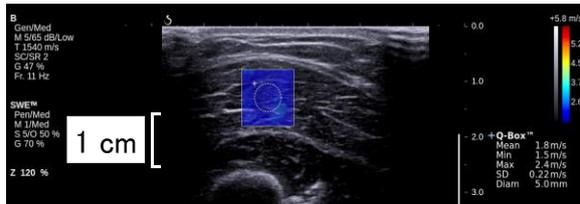


図 4 上腕三頭筋長頭の超音波エラストグラフィ画像

(4) 6 週間の肘関節伸展動作におけるレジスタンストレーニングが上腕三頭筋筋硬度及び肘関節伸展筋力に及ぼす影響 (実験 4)

実験 4 では、若年男性 23 名をランダムにトレーニング群 13 名、コントロール群 10 名に分けた。トレーニング群は、実験 3 と同様のレジスタンストレーニング (図 3) を、週 3 日、6 週間実施した。コントロール群は、同期間、レジスタンストレーニングを一切実施しなかった。6 週間の前後で、上腕長近位 70% における上腕三頭筋長頭の筋硬度 (図 4)、肘関節伸展動作における 1RM を測定した。本実験では、筋硬度を剛性率で算出した。

4. 研究成果

(1) 1 セッションの下腿三頭筋のストレッチングが腓腹筋筋硬度及び足関節底屈筋力に及ぼす影響 (実験 1)

1 セッションのストレッチングにより、MG、LG ともに、筋硬度は 13% 程度低下した (図 5)。一方、足関節底屈トルクは、ストレッチング前が 116 ± 24 Nm、ストレッチング後が 115 ± 23 Nm と、ほとんど変わらなかった。

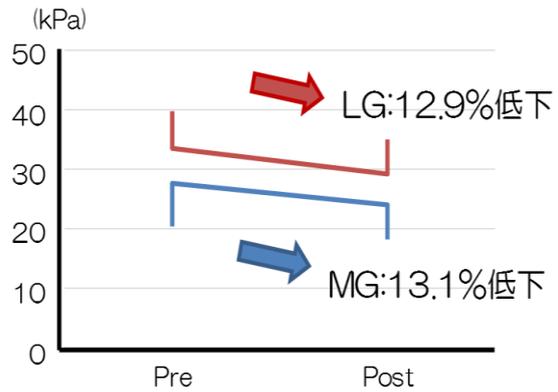
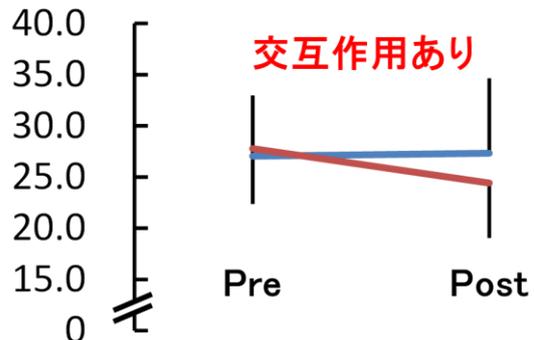


図 5 1 セッションのストレッチング前後の筋硬度

(2) 5 週間の下腿三頭筋のストレッチングが腓腹筋筋硬度及び足関節底屈筋力に及ぼす影響 (実験 2)

5 週間のストレッチングにより、ストレッチング群の筋硬度は MG、LG ともに 8-11% 低下した (図 6)。コントロール群の筋硬度は、5 週間で変化はみられなかった。足関節底屈トルクは、両群ともに、ほとんど変化がみられなかった (図 7)。

MG (kPa)



LG (kPa)

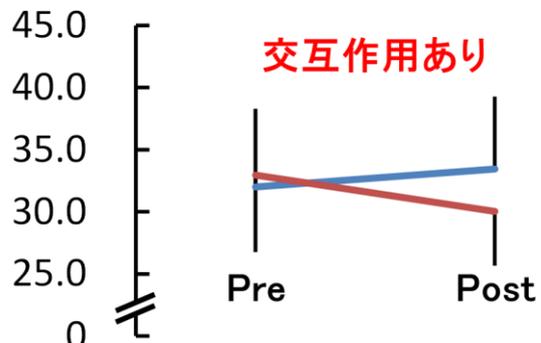


図 6 5 週間のストレッチング前後の筋硬度 (赤: トレーニング群, 青: コントロール群)

関節トルク (Nm)

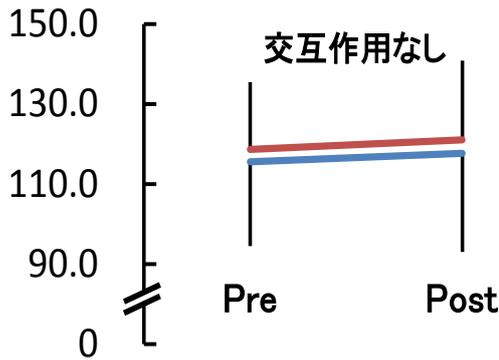


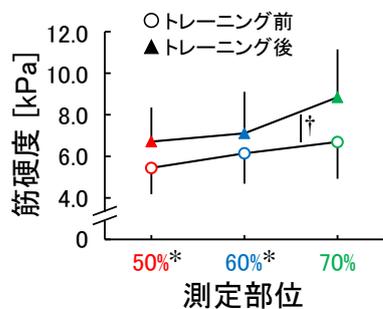
図7 5週間のストレッチング前後の関節トルク

(赤: トレーニング群, 青: コントロール群)

このように, 実験2では, 1セッションのストレッチングによる影響が, 5週間後も維持されている結果となった。

(3) 1セッションの肘関節伸展動作におけるレジスタンストレーニングが上腕三頭筋筋硬度及び肘関節伸展筋力に及ぼす影響 (実験3)

1セッションのレジスタンストレーニングにより, いずれの測定部位も上腕三頭筋長頭の筋硬度が増加した (図8)。その中でも, 上腕長近位70%部位の筋硬度は, 他の2部位よりも高い値を示した (図8)。



(肩峰から上腕骨外側上顆までの相対部位)

トレーニング前後 × 測定部位の交互作用 $P > 0.05$

†: トレーニング後 > トレーニング前 ($P < 0.05$)

*: 50% < 70%, 60% < 70% ($P < 0.05$)

図8 1セッションのレジスタンストレーニング前後の筋硬度

(4) 6週間の肘関節伸展動作におけるレジスタンストレーニングが上腕三頭筋筋硬度及び肘関節伸展筋力に及ぼす影響 (実験4)

実験3で筋硬度が高い値を示した上腕長近位70%に限定して, 6週間のレジスタンストレーニング前後で筋硬度を測定したところ, 有意な変化はみられなかった (表1)。コントロール群の筋硬度も同様であった (表1)。一方, トレーニング群の1RMは33%増加し, コ

ントロール群の1RMに有意な変化はみられなかった (表1)。

表1 6週間のレジスタンストレーニング前後の筋硬度及び1RM

変数	群	事前測定	事後測定
1RM [kg]	トレーニング	8.6 ± 1.3	11.5 ± 1.8
	コントロール	9.1 ± 2.0	9.4 ± 2.3
筋硬度 [kPa]	トレーニング	6.48 ± 2.26	5.30 ± 1.59
	コントロール	6.20 ± 3.85	5.52 ± 1.38

平均 ± 標準偏差

以上のことから, 実験4では, 実験3で観察されたレジスタンストレーニング初期の筋損傷は, トレーニングプログラムを遂行する過程で徐々に回復し, 6週間のトレーニングプログラムを終える頃には完全に回復していることが示唆された。

(5) まとめ

実験1～実験4の結果から, 筋硬度の一過性の変化及び長期的な変化と筋の力発揮特性の変化に関連性が存在しないことが示唆された。

5. 主な発表論文等

(研究代表者には下線)

[雑誌論文] (計15件)

- ① Akagi R, Kusama S, Comparison between neck and shoulder stiffness determined by shear wave ultrasound elastography and a muscle hardness meter, *Ultrasound in Medicine and Biology*, 査読有, Epub ahead of print, 2015, doi: 10.1016/j.ultrasmedbio.2015.04.001
- ② Akagi R, Tanaka J, Shikiba T, Takahashi H, Muscle hardness of the triceps brachii before and after a resistance exercise session: a shear wave ultrasound elastography study, *Acta Radiologica*, 査読有, Epub ahead of print, 2014, pii: 0284185114559765
- ③ Akagi R, Takahashi H, Effect of a 5-week static stretching program on hardness of the gastrocnemius muscle, *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 査読有, Vol. 24, 2014, 950-957, doi: 10.1111/sms.12111
- ④ 赤木亮太, 新しい弾性超音波検査の有用性, *Monthly Book Medical Rehabilitation*, 査読無, Vol. 169, 2014, 70-75
- ⑤ Akagi R, Takahashi H, Acute effect of

static stretching on hardness of the gastrocnemius muscle, *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 査読有, Vol.45, 2013, 1348-1354, doi: 10.1249/MSS.0b013e3182850e17

〔学会発表〕(計 11 件)

- ① 赤木亮太, 式場智史, 田中潤, 高橋英幸, 6 週間のレジスタンストレーニングは筋硬度を変化させるのか?, 第 35 回バイオメカニズム学術講演会, 2014 年 11 月 8 日-9 日, 岡山
- ② Akagi R, Tanaka J, Shikiba T, Takahashi H, Muscle hardness of the triceps brachii before and after one session of resistance exercise. 2014 International Forum on Ultrasound Applications, 2014 年 3 月 26 日-27 日, Kaohsiung, Taiwan
- ③ 赤木亮太, 高橋英幸, 足関節底屈筋群の定期的な静的ストレッチングが腓腹筋筋硬度に及ぼす影響, 第 26 回日本トレーニング科学会大会, 2013 年 11 月 8 日-9 日, 山形

6. 研究組織

(1) 研究代表者

赤木 亮太 (AKAGI RYOTA)
芝浦工業大学システム理工学部・助教
研究者番号: 20581458