

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成26年5月26日現在

機関番号：34310
研究種目：若手研究（B）
研究期間：2011～2013
課題番号：23700745
研究課題名（和文） 機能的磁気共鳴画像を用いたレジスタンストレーニングの
評価指標の開発
研究課題名（英文） Development of an index for evaluating the effect of resistance
training using functional magnetic resonance imaging
研究代表者
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
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）：

本研究は、レジスタンストレーニングによる筋肥大を評価する指標として、機能的磁気共鳴画像における筋の横緩和時間(T2)の有効性を明らかにすることを目的とした。若年男性に12週間のトレーニングを行わせ、大腿四頭筋におけるT2値の変化と筋の肥大率を測定した。その結果、T2値の変化からトレーニングによる筋肥大率の筋内部位差・個人差を予測できる可能性が示されたが、筋肥大率における筋間差の予測は難しいことが示された。

研究成果の概要（英文）：

The purpose of this study was to examine the availability of transverse relaxation time (T2) in muscle functional magnetic resonance imaging (MRI) as an index for evaluating the training-induced muscle hypertrophy. The T2 and hypertrophy of the quadriceps femoris of young males were evaluated before and after 12 weeks of resistance training. The results showed that, from changes in T2, it may be possible to predict intra-muscle differences and inter-individual variability in training-induced muscle hypertrophy, but the T2 change did not reflect inter-muscle differences.

研究分野： バイオメカニクス

科研費の分科・細目：健康・スポーツ科学・スポーツ科学

キーワード： 筋肥大、筋力トレーニング、磁気共鳴画像

1. 研究開始当初の背景

レジスタンストレーニングを継続的に実施すると、筋力および筋量が増加する。こうしたトレーニングの効果は、トレーニングプログラムの内容（負荷、量、頻度など）に依存するため、トレーニングプログラムの内容と効果の実態を明らかにした上で、効率的なトレーニングプログラムを提案することは重要である。しかし、トレーニングによる筋量増加（筋肥大）が生じるまでには、通常、2~3ヶ月かかるため、目的に合った効果が生じているかを判定するためには長期間を要する。長期のトレーニングによる効果を即時的に予測・評価できれば、より効率的なレジスタンストレーニングプログラムの作成や処方に貢献すると考えられる。

本研究では、長期のトレーニング効果を予

測するための指標として、機能的磁気共鳴画像から求められる筋の横緩和時間 (T2) に着目した。レジスタンストレーニングで用いられるような高強度の運動の後に T2 強調 MRI を撮影すると、主働筋の T2 値が変化する。この T2 値の変化は、筋の活動を表す指標とされている(Adams et al. 1992)。研究代表者がこれまでに行ってきた研究では、協働筋（同じ作用を有する筋群）全体における T2 値の変化が、その筋肥大率を反映することが示されている(Wakahara et al. 2012, 2013)。しかし、筋肥大における協働筋の筋間差や同一筋内の部位差、あるいは個人差を反映するかについては不明である。

2. 研究の目的

本研究課題では、レジスタンストレーニン

グの 1 セッション (1 日分) による筋の T2 値の変化と長期的トレーニングによる筋肥大の関連を明らかにすることを目的とし、特に以下の 3 点について検討を行った。

- (1) T2 値の変化は、協働筋における筋肥大の筋間差を反映するか？
- (2) T2 値の変化は、同一筋内における筋肥大の部位差を反映するか？
- (3) T2 値の変化は、トレーニングによる筋肥大の個人差を反映するか？

3. 研究の方法

下肢に既往歴のない健常な成人男性 11 名に、膝関節伸展動作のレジスタンストレーニング (図 1) を、週に 3 回の頻度で 12 週間 (36 セッション) 行わせた。この動作は大腿四頭筋を主動筋とする動作であり、被験者は専用のマシンを用いてトレーニングを実施した。トレーニングの負荷は、最大の 80% の重りとした。トレーニングの 1 セッション (1 日分) は、8 回の反復を 1 セットとして、これを 5 セット繰り返すものであった。第 1 日目のトレーニング実施日に、トレーニングセッション前後の大腿部の T2 強調 MRI (エコー時間: 25、50、75、100 ms、繰り返し時間: 2000 ms、マトリックス: 256×256、撮像野: 24 cm、スライス厚: 1 cm、スライス間隔: 1 cm) を撮影した (図 2)。また、12 週間のトレーニング期間前後に T1 強調 MRI (エコー時間: 11 ms、繰り返し時間: 520 ms、マトリックス: 256×192、撮像野: 24 cm、スライス厚: 1 cm、スライス間隔: 0 cm) を撮影した。MRI の撮像には、1.5 テスラの MRI 装置 (Signa 1.5T, GE) を用いた。



図 1 レジスタンストレーニングの実施風景

撮像した MRI をコンピュータに転送し、

画像分析ソフトを用いて分析を行った。T2 強調 MRI では、大腿四頭筋各筋における T2 値の算出を行った。セッション前の画像における T2 値の平均値+1 標準偏差を筋活動の

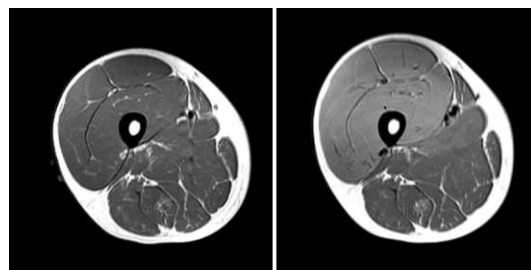


図 2 トレーニング前後の T2 強調 MRI
トレーニング前 (左) に比べてトレーニング後 (右) では大腿四頭筋の輝度に変化している (白くなっている)。

閾値とし、セッション後の画像において閾値を超えた T2 値を持つ面積を計算した (%activated area)。近位から遠位までの %activated area を用いて、各筋の平均的な T2 値変化を表す %activated volume を計算した。T1 強調画像では、大腿四頭筋各筋の断面積の計測を行った。近位から遠位までの各筋における断面積を合計し、スライス厚を乗じることで筋体積を計算した。

4. 研究成果

(1) T2 値の変化と筋肥大の筋間差

図 3、4 に、T2 値変化の指標である %activated volume と、筋肥大の指標である筋体積の変化率を各筋の平均値で示した。各筋の %activated volume は、89% から 98% の高い値を示した。中間広筋の %activated volume は、内側広筋のそれよりも有意に高い値を示した。一方、筋体積の変化率は大腿直筋が他の 3 筋よりも有意に高い値を示した。したがって、T2 値の変化は筋肥大の筋間差を反映しないことが示された。

(2) T2 値の変化と筋肥大の筋内部位差

大腿直筋において、%activated area と筋断面積の変化率は、いずれも近位に比べて遠位が高い値を示した (図 5)。一方、外側広筋、中間広筋、内側広筋の %activated area と筋断面積の変化率には、顕著な筋内部位差が認められなかった。したがって、T2 値の変化は、筋肥大における同一筋内の部位差を反映することが示された。

(3) T2 値の変化と筋肥大の個人差

内側広筋では、%activated volume と筋体積の変化率の間に有意な正の相関関係が認められた (図 6)。すなわち、第 1 回目のトレーニングセッションにおいて内側広筋の T2 値の変化が大きかった人ほど、12 週間のトレ

ーニングによる内側広筋の体積増加率も高かった。しかしながら、大腿直筋、外側広筋、中間広筋では、両者の間に有意な相関関係は認められなかった。よって、特定の筋においては、T2 値の変化が筋肥大率の個人差を反映することが示された。

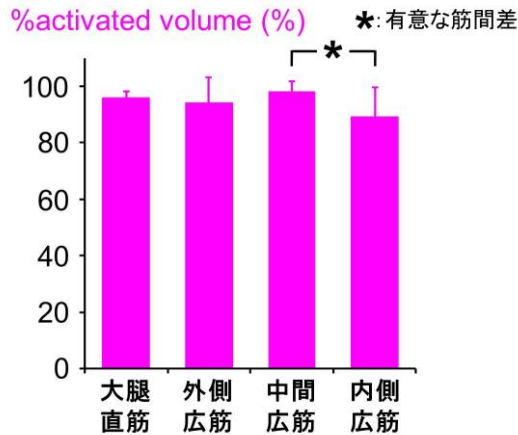


図3 大腿四頭筋各筋の%activated volume

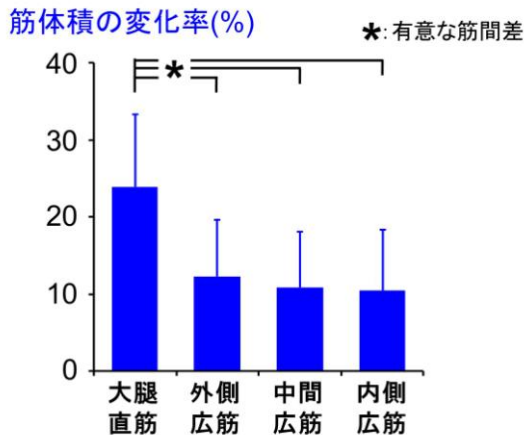


図4 大腿四頭筋各筋の肥大率

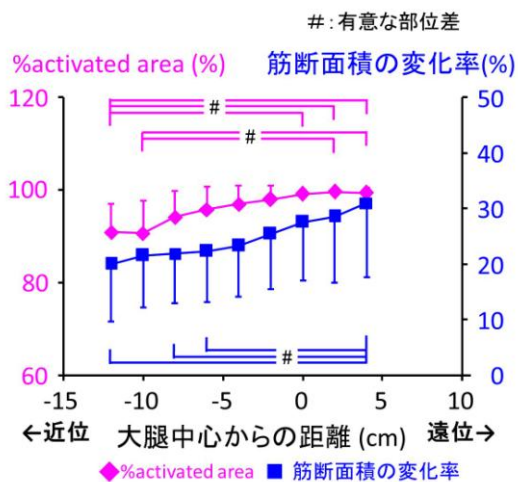


図5 大腿直筋の各部位における%activated areaと筋断面積の変化率

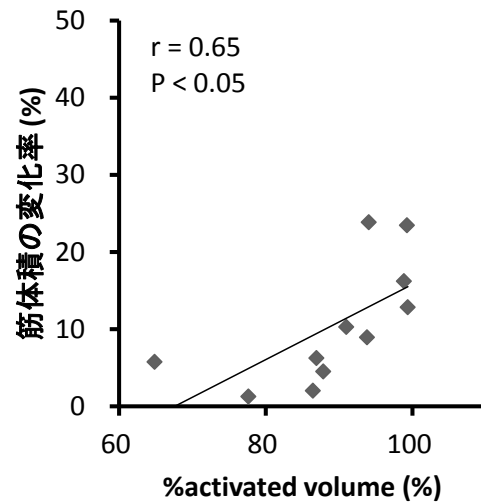


図6 内側広筋における%activated volumeと筋体積の変化率の関係

これらの研究成果は、国内外の先行研究においても報告されておらず、非常に高い新規性を有するものである。

1回のトレーニングセッションで求められるT2値の変化から数か月後の筋肥大の筋内部位差を予測できれば、特定の部位を肥大させるためのトレーニングプログラムや、損傷部位に照準を絞ったりリハビリテーションプログラムの評価等に役立つことが期待される。また、1回のトレーニングセッションで求められるT2値の変化から数か月後の筋肥大の個人差を予測できれば、トレーニングを実施する各人に対して、より効果的なトレーニングプログラムを模索する際に役立つことが期待される。ただし、本研究においてT2値の変化と筋肥大における部位差・個人差の対応がみられたのは特定の筋に限られており、上記の応用を現実のものとするためには、今後の更なる検討が必要である。

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)

① 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*, 査読有, 113, 2013, 2691-2703
DOI: 10.1007/s00421-013-2700-1

② Miyamoto N, Wakahara T, Ema R, Kawakami Y. Non-uniform muscle oxygenation despite uniform neuromuscular activity within the vastus lateralis during fatiguing heavy

resistance exercise. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 査読有, 33, 2013, 463-469

DOI: 10.1111/cpf.12054

③ Miyamoto N, Wakahara T, Ema R, Kawakami Y. Further potentiation of dynamic muscle strength after resistance training. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 査読有, 45, 2013, 1323-1330

DOI: 10.1249/MSS.0b013e3182874c0e

〔学会発表〕(計 6件)

①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、2013 年 9 月 21 日～23 日、日本教育会館学術総合センター（東京都千代田区）

②Wakahara 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 the European College of Sport Science, 2013 年 6 月 26 日～29 日, the National Institute of Physical Education of Catalonia (Barcelona)

③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、2012 年 12 月 1 日～2 日、立命館大学びわこ・くさつキャンパス（滋賀県草津市）

④宮本直和、若原卓、江間諒一、川上泰雄、動的筋力に対する高強度短時間のウォームアップ収縮の効果はレジスタンストレーニング後により顕著になる、第 25 回日本トレーニング科学会大会、第 25 回日本トレーニング科学会大会、2012 年 12 月 1 日～2 日、立命館大学びわこ・くさつキャンパス（滋賀県草津市）

⑤若原卓、骨格筋の可塑性：個人差と部位差に着目して、第 12 回日本超音波骨軟組織学会学術総会、2012 年 10 月 14 日、富士通関西システムラボラトリ（大阪府大阪市）

⑥Ema 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 the European College of Sport

Science, 2012 年 7 月 4 日～7 日, The Vrije Universiteit Brussel (Bruges)

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

○出願状況 (計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

○取得状況 (計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

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

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

()

研究者番号：