

機関番号：84506  
 研究種目：若手研究（B）  
 研究期間：2009～2010  
 課題番号：21700482  
 研究課題名（和文）筋音図によるトレーニング初期の神経系機能の適応による筋力増強の評価  
 についての研究  
 研究課題名（英文）A novel evaluation of muscle-building effect in the early stage of  
 resistance training by mechanomyogram  
 研究代表者  
 原 良昭（HARA YOSHIAKI）  
 兵庫県立福祉のまちづくり研究所・研究第二グループ・研究員  
 研究者番号：00426545

## 研究成果の概要（和文）：

本研究では、筋力訓練初期に生じる神経系機能の適応より最大随意張力に占める遅筋線維群の割合がどのように変化するかを明らかにするために、5名の被験者の上腕二頭筋に対して約2週間の高負荷低頻度の筋力訓練を行った。筋力訓練前後におけるランプ状収縮時の筋音図波形の変化から、当研究で実施した筋力訓練では神経系機能の適応による筋力増強では割合に明確な変化は生じなかった。

## 研究成果の概要（英文）：

Aim of this study is to prove whether adaptation of the neuromuscular system to in the early stage of resistance training will strengthen muscular force from type-1 muscle fibers by mechanomyogram (MMG). Five subjects were employed high load and low frequency resistance training of this study, which period was 2 weeks. Comparison of MMG patterns which were measured during isometric voluntary ramp contraction before and after the resistance training indicated that muscular force from type-1 muscle fiber was strengthened.

## 交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,400,000	420,000	1,820,000
2010年度	1,100,000	330,000	1,430,000
総計	2,500,000	750,000	3,250,000

## 研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：人間医工学・医用生体工学・生体材料学

キーワード：筋音図, 筋生理, レジスタンストレーニング

## 1. 研究開始当初の背景

介護予防サービスの1つとして運動器の機能向上がある。このように、自立した生活を営むには、筋力訓練によって各骨格筋（以下、筋）の機能を維持・増強させることが重要である。医療現場でも、リハビリテーション訓練の一環としてレジスタンストレーニング（以下、筋力訓練）が行われている。

筋力訓練によって神経系機能の適応と筋線維の肥大が生じ、これによって発揮できる最大筋力の増強が生じる。筋力訓練初期では神経系機能の適応が、後期では筋線維の肥大が最大筋力増強の主たる要因であることは明らかになっている。

筋を構成する筋線維は、疲労しやすい速筋線維と疲労しにくい遅筋線維に大別でき、1

つの筋に混在している。介護・医療現場では日常生活における活動性向上という観点から、特に筋力訓練初期では疲労しやすい速筋線維よりも疲労しにくい遅筋線維による筋力増強が重要となる。筋力訓練後期の筋力増強の主たる要因である筋線維の肥大は、遅筋線維よりも速筋線維で優位に生じることが明らかにされている。しかし、筋力訓練初期の筋力増強の主たる要因である神経系機能の適応については、その生じやすさが筋線維の種類によって異なるのか、また、その生じやすさは筋力訓練の強度や頻度によって変化するのかが明らかではない。筋力訓練初期に増強された筋力が疲労しにくい遅筋線維によるものかどうかは介護従事者や医療従事者にとって、介護・医療プランの作成を行うための重要な情報となる。そのため、筋線維の種類によって神経系機能の適応の生じやすさが異なるかどうかを明らかにすることが求められている。

## 2. 研究の目的

本研究では、神経系機能の適応のみが生ずると考えられる約2週間の短期的な筋力訓練を行い、その前後の筋音図の波形の変化から、高負荷低頻度の筋力訓練において、各筋線維群の最大随意張力に占める割合がどのように変化するかを明らかにする。

## 3. 研究の方法

### (1) 概要

Akasaki 等は上腕二頭筋の等尺性収縮において、その筋力をランプ状に増加させた場合、筋音図の実効値が特定の%MVC（最大発揮筋力に対する発揮筋力の割合）で急峻に増加すること、また、実効値の急峻な増加が生じる%MVC が被験者の年齢によって変化することを報告している。これらの結果について、Akasaki 等は、筋力の制御機構と筋音図の発生原理より、筋音図の実効値の急峻な増加は速筋線維群の動員が原因であり、実効値が急峻に増加する%MVC が年齢によって異なるのは、加齢により速筋線維群が萎縮し、筋力全体に占める速筋線維群による筋力の割合が減少したことが原因であると述べている。

Akasaki 等の研究を基に考えると、仮に筋力訓練前に音図の実効値が 25%MVC で急峻に増加していた場合、筋力訓練によって急峻に増加する%MVC の変化は以下に述べる 3つの場合が考えられる。

始めに筋音図の実効値が急峻に増加する%MVC の値は 25 よりも多くなった場合を考える。これは、最大随意張力に占める遅筋線維群の割合が増加したと考えられる（図 1(A)）。次に、筋音図の実効値が急峻に増加する%MVC の値は変化しなかった場合を考える。これは、最大随意張力に占める各筋線維

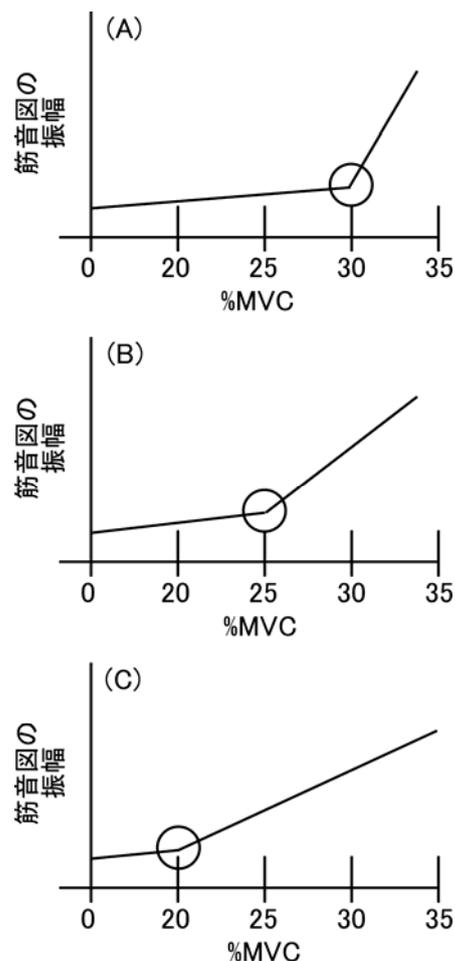


図 1 張力の増加と筋音図の実効値の変化の予想図

群の割合が変化しなかったと考えられる（図 1(B)）。最後に、筋音図の実効値が急峻に増加する%MVC の値が 25 よりも少なくなった場合を考える。これは、最大随意張力に占める遅筋線維群の割合が減少したと考えられる（図 1 (C)）。

本研究では、神経系機能の適応のみが生ずると考えられる約2週間の短期的な筋力訓練を行い、筋音図波形の変化から、高負荷低頻度の筋力訓練において、各筋線維群の最大随意張力に占める割合がどのように変化するかを明らかにした。

### (2) 測定項目

本研究の測定項目は、筋力訓練前後における肘関節の最大発揮張力、同じく訓練前後におけるランプ状収縮時における上腕二頭筋の筋音図、筋電図、上腕三頭筋の筋電図、肘関節の発揮目標張力および肘関節の発揮張力である。これらはサンプリング周波数 4kHz、A/D 分解能 16bit で計測した。

### (3) 被験者

被験者は 5 名の健常成人男性（年齢の平均

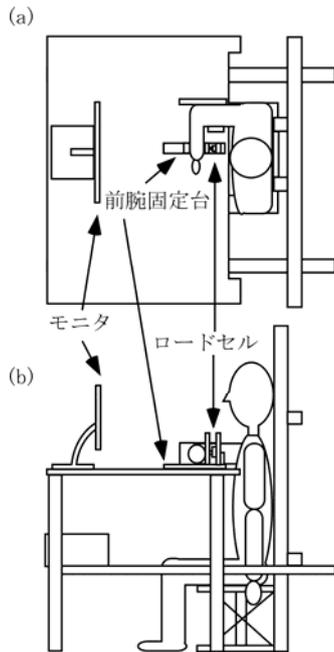


図2 計測システムの概略図  
(a): 俯瞰図, (b): 左側面図

は 25.6 歳, 標準偏差は 2.2 歳) である。

#### (4) 測定装置

最大発揮筋力や筋音図の測定を行った計測装置の概略図を図に示す。計測装置は机部と椅子部に大きく分けられる。机部には発揮筋力の計測装置や発揮筋力のフィードバック様のモニタなどが設置されている。椅子部には身体を固定するためのベルトがある。

机と椅子はアルミフレームにより接続されている。机と椅子の距離は調整可能である。また、椅子の座面の高さも調整可能である。

被験者の前腕部は机部上の台座に固定される。被験者の前腕部を固定する台座 (以下、前腕固定部) と机部の間にはレールがあり、前腕固定部はレールの上を滑ることができるようになっている。また、レールの終端にはロードセル (共和電業, LMA-A-1KN) が組み込まれている。本研究では前腕部固定部がロードセルを押す力を肘関節の発揮筋力とした。

被験者の眼前に接地されているモニタには、肘関節の発揮筋力と目標発揮筋力が示されている。

#### (5) 最大随意筋力

本研究では、始めに被験者の右肘関節の最大随意筋力を測定する。

最大随意筋力計測時の被験者の肢位は図 2 に示す。具体的には被験者の腰および両肩は椅子にベルトを用いて固定、被験者の前腕部を前腕固定部に固定した後、肘関節が 90 度屈曲になるように上腕部を机部に固定する。その後、椅子の位置や座面の高さを調整する。

被験者には 3 秒間の最大努力屈曲を 5 分間の休憩を挟みながら 5 回行わせ、その最大値を MVC とした。

#### (6) ランプ状収縮

最大随意筋力の計測から 1 日が経過してからランプ状収縮時における上腕二頭筋の筋音図の計測を行った。同時に計測をした項目は上腕二頭筋と上腕三頭筋の筋電図、被験者の発揮筋力および目標筋力である。

目標筋力は 10%MVC を 2 秒間維持した後、5%MVC/sec で 60%MVC まで増加していく。被験者は眼前のモニタに示された目標筋力に追随するように発揮筋力を増加するように指示されている。

筋音図は全波整流処理を行い、その後、遮断周波数 1Hz のバターワース型 1 次ローパスフィルタを用いて平滑化処理を行う。平滑化処理時はフィルタ処理を順方向と逆方向から行う (ゼロ位相処理) ことでフィルタ処理による位相のずれを打ち消す。

全波整流平滑化処理をされた筋音図 (以下、ARV\_MMG) については値が急峻に変化%MVC をも求めた。筋音図が ARV\_MMG が急峻に変化する%MVC は目視にて特定した。

#### (7) 筋力訓練

ランプ状収縮時の筋音図の計測から 1 日以上が経過してから筋力訓練を開始した。筋力訓練を行った日数は約 2 週間で 6 日である。

1 日の筋力訓練内容は、最大随意筋力計測時の肢位で右肘関節に対して 5 秒間の最大努力収縮を 1 回として、5 分間の休憩を挟みながら 10 回行うものである。

2 週間の筋力訓練終了から 1 日以上経過後、再度、筋力訓練前と同様の内容で最大随意筋力の計測を行った。また、最大随意筋力の計測から 1 日以上経過後にランプ状収縮時の筋音図を筋力訓練前と同様の内容で計測した。ただし、用いた MVC は筋力訓練後のものである。

#### (8) 統計的手法

本研究の有意水準は 5% とする。本研究で行った検定は 2 つに大別される。大別された各検定の有意水準はボンフェローニ法によりそれぞれ 2.5% となる。

2 つに大別された検定の 1 つは、筋力訓練によって最大随意筋力が増加したかについての検定である。これは筋力訓練後の最大随意筋力を筋力訓練前の MVC で割った値が 1 よりも大きいかどうかを被験者毎に片側 t 検定を行い確かめた。各検定の有意水準はホルム法により p-値の低い順に、0.5%, 0.62%, 0.83%, 1.2%, 2.5% となる。

上記の筋力訓練によって最大随意筋力の増加が認められた 4 名に対して、急峻に増加

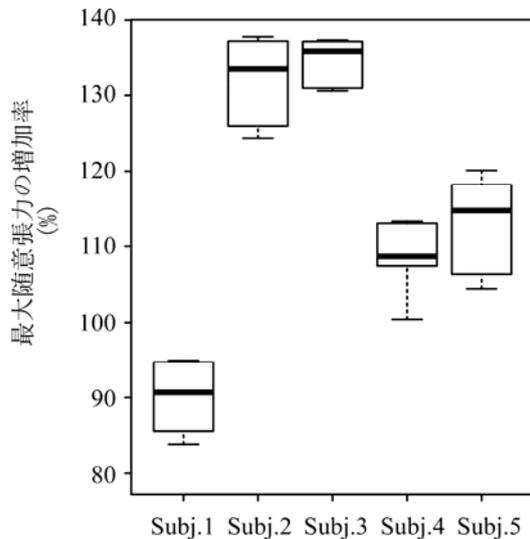


図3 筋力訓練による最大随意張力の変化

する%MVC が何ポイント変化したかを確認するために両側 t 検定を行った。ホルム法により調整した各検定の有意水準は p-値が低かった順に、0.62%, 0.83%, 1.2%, 2.5%である。

#### 4. 研究成果

##### (1) 最大随意張力の変化

筋力訓練後の最大随意張力を筋力訓練前の MVC で割った値を被験者毎に箱ひげ図を用いて図3に示す。本研究では最大随意聴力は Subj.1 以外の被験者については統計的に増加していた。

##### (2) ランプ状収縮における測定結果

ランプ状収縮時における測定結果の1例を図4に示す。図4下段は全波整流平滑処理後の筋音図であり、目視にて急峻に増加する箇所を求め、その後、図4上段より急峻に増加した%MVCを求めた。

筋力訓練によって MVC が増加した被験者 Subj.2~4 の4名について、ARV\_MMG が急峻に増加する%MVC の筋力訓練前後の差を求め、箱ひげ図として図5に被験者毎に示した。筋力訓練前後において%MVC に統計的な有意な差が生じたのは Subj.2 のみであった。

また、図5が示すように各被験者の分布は統計的に有意な差が生じていた Subj.2 でさえも、0ポイントを跨いでいた。そのため、本研究で行った筋力訓練の内容では、MVCに占める各筋線維群の割合が変化したとは言いがたい(図1(B))。MVCに占める遅筋線維群の割合は変化したとは言えないことから、本研究で行った筋力訓練では、遅筋線維群も速筋線維群と同等の割合で張力が増加したことが示唆された。

#### 5. 主な発表論文等

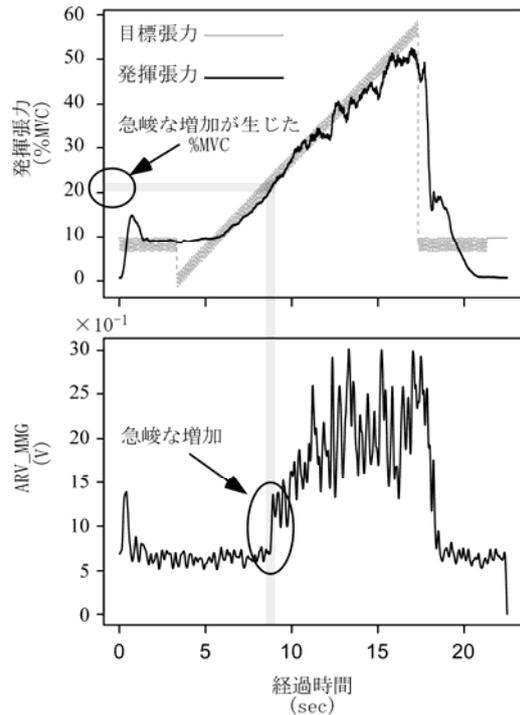


図4 測定結果の1例

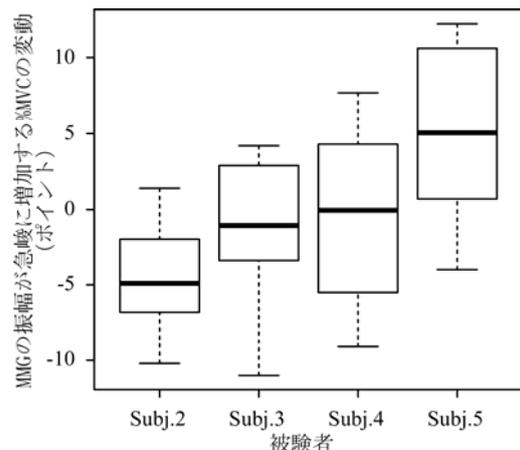


図5 ARV\_MMG 急峻な変化が生じた %MVC の筋力訓練による変化

- [雑誌論文] (計0件)
- [学会発表] (計0件)
- [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] (計0件)

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

原 良昭 (HARA YOSHIAKI)

兵庫県立福祉のまちづくり研究所・研究第二グループ・研究員

研究者番号：00426545