

令和 2 年 6 月 25 日現在

機関番号：32692

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K01530

研究課題名(和文)速筋線維を標的とした短期間・低強度レジスタンストレーニング法の開発

研究課題名(英文) Study of short-term low load resistance training method targeting fast muscle fiber

研究代表者

菅原 仁 (SUGAWARA, Hitoshi)

東京工科大学・医療保健学部・教授

研究者番号：90613290

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：自重を使うトレーニング手法は、リハビリテーションにおいて低強度で使いやすく、効果的と考えられる。そこで、高齢者や脳卒中患者に使用できる速筋線維を標的とした短期間の低強度筋力トレーニング手法の開発を目的とした。運動課題は立位での遅い遠心性収縮と速い求心性収縮とし、皮膚冷刺激付加の有無で2群に分け研究を行った。結果は両群とも最大随意筋力を増大させ、かつ皮膚冷刺激付加では力発揮率を増大させることができた。この評価指標は、筋機能と転倒リスクとの関係を明らかにする可能性がある。開発した本トレーニング手法は、高齢者の全般的な健康づくりのプログラムの中に加えることで、体力の改善効果を得ることが期待できる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

これまでの筋力トレーニングでは、高齢者であっても高強度を用いた研究が多かった。しかし、高強度のトレーニングではリスクを伴う場合があり、低強度で効果的なトレーニング手法の開発が望まれている。また、高齢者が地域で実施する簡易なトレーニング手法もなかった。本研究で用いた皮膚冷刺激を付加した低強度トレーニングは、短期間で効果を得ることができ、疲労感も少なく安全に実施できる。そのため、本手法は地域居住者対象の転倒予防運動等のトレーニングに活用できる。また、短期間で効果が認められたことで、高齢者や脳卒中患者の全般的な健康づくりのプログラムとしても導入でき、今後のトレーニング手法としての活用が期待できる。

研究成果の概要(英文)：Body weight exercises are potentially more beneficial and more easily employed at low load intensities in rehabilitation settings than conventional weight training exercises. Therefore, the development of a low load training method targeting the recruitment of fast muscle fiber for stroke patients and the elderly is required. The purpose of this study was to verify the effect of a short-term low load strength training method targeting fast muscle fiber. Subjects in two groups, Control and Skin Cooling, performed body weight plantar flexor muscle contractions with a concentric phase at fast speed and an eccentric phase at slow speed. MVC significantly increased in both Control and Skin Cooling. RFD was significantly greater in Skin Cooling than in Control. This evaluation index may reveal the relationship between muscle function and fall risk and the training method should be expected to improve physical fitness if incorporated into general health promotion programs for the elderly.

研究分野：リハビリテーション

キーワード：遠心性収縮 求心性収縮 低強度筋力トレーニング 皮膚冷刺激 ヒールライズテスト

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

レジスタンストレーニングでは、高強度での実施が効果的とされてきたため、高齢者や脳卒中などの中枢神経障害を抱える者に適用しづらかった。一般的に、加齢により速筋線維が有意に萎縮することがわかっており、高齢者や脳卒中後遺症に対しては、この速筋線維を活動させたレジスタンストレーニング方法を開発する必要がある。しかし、速筋線維は、Hennemann のサイズの原理に従い、活動筋の負荷がある程度高くなったときに動員されてくるため、低強度での運動では、十分なトレーニング効果が得られない。そのため、低強度でのレジスタンストレーニングでは、回数を増やし疲弊するまで行う方法がとられているが、医療現場での使用は非常に難しい。しかし、最大筋力の 10% 程度の遠心性収縮や皮膚冷刺激付加をした低強度運動で、選択的に速筋線維が動員されることがわかっており、低強度トレーニングであっても効果が得られる可能性がある (Nardone : 1989, 菅原 : 2013)。

低強度かつ短期間でトレーニング効果が得られる可能性はあるが、その効果は十分に明らかにされていない。その背景には、遠心性収縮を用いることによる遅発性筋痛の発生や疲労感があるためと思われる。しかし、低強度であれば遅発性筋痛の発生や疲労感を減らすことができる可能性がある。速筋線維を標的とした低強度トレーニングでは、速筋線維の選択的な動員を促すことで、最大随意筋 (maximal voluntary contraction: MVC) だけでなく、力発揮率 (rate of force development : RFD) を増大することができる。

### 2. 研究の目的

そこで、低強度の筋力トレーニング法を開発するにあたり、低強度でも速筋線維が動員可能な手法を確立することを目的とする。そのために、以下の手順で検証を進めていく。

(1) トレーニング戦略に用いる運動課題と皮膚冷刺激付加による神経筋活動の変化を検証する。具体的には、運動課題の収縮様式、運動速度、運動強度を確認する。また、その運動課題に皮膚冷刺激に付加した場合の神経筋活動の変化を筋電図で明らかにする。

(2) 速筋線維の動員を促す運動課題 (遠心性・求心性収縮の組み合わせ運動) と皮膚冷刺激を付加したトレーニングの効果検証を行う。神経筋機能の変化は、筋電図学を使うことで神経要因によるものかを明らかにする。

(3) トレーニングによる運動パフォーマンスの改善や転倒予防につながられるかを明らかにする。

### 3. 研究の方法

トレーニング戦略に用いる運動課題を確立するための研究とその運動課題を使ったトレーニング効果の検証に分けて実験を行った。

#### (1) トレーニングに使用する運動課題の決定

被検筋を腓腹筋内側頭とヒラメ筋とし、トレーニングは週に 3 回、3 週間の 9 回とした。

遠心性収縮 (eccentric contraction: ECC) による筋力トレーニングは、高強度でのトレーニングで効果が高いとされている。しかし、リハビリテーション領域において高強度の負荷では使いづらい。そこで、簡易的トレーニングの一手法として、被験者体重を負荷として用いることで安全なトレーニングとした。

足関節底屈筋の MVC と RFD、筋電図を使って評価し、神経筋活動の変化を検証した。

運動課題は同一の負荷によるカーフレイズを用いた下腿三頭筋の ECC と求心性収縮 (concentric contraction: COC) とし、双方の運動課題とも運動速度は、3 秒で全可動範囲とした。表面筋電図は、腓腹筋内側頭とヒラメ筋から導出した。トレーニングは 30 回の反復運動で、週に 3 回、3 週間で 9 回とした。

#### (2) トレーニング効果の検証

トレーニングの被検筋を足関節底屈とし、トレーニング期間は 6 週間とした。

対象者をコントロール群と皮膚冷刺激群の 2 群に分けてトレーニング効果を比較した。

足関節底屈筋の MVC を測定し、対象者の運動機能のレベルと運動パフォーマンスの効果判定にロコモ度テストを使った。

筋力トレーニングは、両膝関節伸展位の両脚立位とし、自重負荷 (左右均等荷重) で行った。トレーニング課題は、1 秒以内に急速な COC を課題としたヒールライズ (ballistic heel raise: BHR) とそれに続く 3 秒で遅い ECC を課題としたヒールドロップ (slow heel drop: SHD) の運動を 1 サイクルとして、休息をはさみずリズムカルに 30 回の反復運動を行った。トレーニングは平らな床面上で行い、ヒールライズは足関節中間位から最大底屈位まで、ヒールドロップは最大底屈位から足関節中間位までとした。トレーニング条件は、少なくとも週に 2 回以上実施することとし、6 週間継続することとした。皮膚冷刺激には、メントールジェル剤を使った。

#### (3) 転倒と筋機能の関連性の検証

トレーニングの被検筋を足関節底屈筋とし、トレーニング期間は 6 週間とした。

対象者をコントロール群と皮膚冷刺激群の 2 群に分けてトレーニング効果を比較した。

足関節底屈筋の MVC と RFD、筋電図を使って評価を行った。また、対象者の運動機能のレベルと運動パフォーマンスの効果判定にロコモ度テストを使った。

筋機能と転倒との関連性を調査するために、転倒リスク調査、活動別バランス信頼度 (ABC) スケール調査を行った。

RFDの測定は、床反力計を使い、両脚立位からの素早いカーフレイズとした。カーフレイズテストとし、その解析方法についても検討をした。

筋力トレーニングは、両膝関節伸展位の両脚立位とし、自重負荷（左右均等荷重）で行った。トレーニング課題は、BHR とそれに続く SHD の運動を 1 サイクルとして、休息をはさまずリズムカルに 30 回の反復運動を行った。トレーニングは平らな床面上で行い、ヒールライズは足関節中間位から最大底屈位まで、ヒールドロップは最大底屈位から足関節中間位までとした。トレーニング条件は、少なくとも週に 2 回以上実施することとし、6 週間継続することとした。皮膚冷刺激には、メントールジェル剤を使った。

#### 4. 研究成果

トレーニングに戦略に用いる運動課題を確立するための研究とその運動課題を使ったトレーニング効果の検証に分けて実験を行い、研究成果を得ることができた。

##### (1) トレーニングに使用する運動課題

ECC と COC の運動課題の比較を筋電図と筋機能から評価を行った。その結果、同一の運動負荷と運動速度( ゆくりとした運動) では、MVC の効果は同一であることがわかった。

一方、RFD では、ECC の運動課題にトレーニング効果が認められた。ECC と COC の効果の違いを明らかにすることができた。この違いについては、ECC の神経筋活動の特徴による運動単位活動の変調が関与している可能性がある。遅い ECC 運動により速筋線維の動員閾値が低下するために、自覚的運動強度が低いにもかかわらず効果を得ることができたと推測される(図1)。

##### (2) トレーニング効果の検証

本研究で使用した BHR と SHD の組み合わせ運動は、トレーニング時の疲労感が少なく、遅発性筋痛を訴える被験者もいなかった。

介入前後の MVC は両群とも増大するが、コントロール群に 22.0%、皮膚冷刺激群に 28.9%の増大であった。しかし、ロコモ度テストによる運動パフォーマンスの改善は認められなかった。

BHR と SHD の組み合わせ運動は高齢者の筋力トレーニング方法として推奨できる。また、皮膚冷刺激付加は歩行や階段、椅子からの立ち上がり動作を使ったトレーニングにも利用できる可能性が示唆された。

##### (3) 転倒と筋機能の関連性の検証

本研究で使用した BHR と SHD の組み合わせ運動によって、MVC の増大効果が得られた。しかし、RFD の増大は、皮膚冷刺激を付加した場合に得られることがわかった(図2)。

活動別バランス信頼度(ABC)スケールとロコモ度テストには相関関係が認められた。カーフレイズテストによる RFD は、床反力計を用いており、体操教室や体力測定でも簡易に使用できるメリットがある。また、足関節の底屈の MVC とカーフレイズテストの RFD には相関関係があることがわかった。また、カーフレイズテストと質問紙であるロコモ度 25 の相関関係も認められた。

ヒールドロップとヒールライズの組み合わせ運動に皮膚冷刺激を付加したハイブリッド低強度トレーニングで筋機能の改善が可能であった。

本研究で使用したトレーニング戦略は対象者にとって疲労感が少なく、地域居住者対象の転倒予防運動等のトレーニング戦略に活用できる可能性のあることがわかった。また、高齢者の全般的な健康づくりのプログラムの中に加えることで、体力の改善効果を得ることが期待できる。

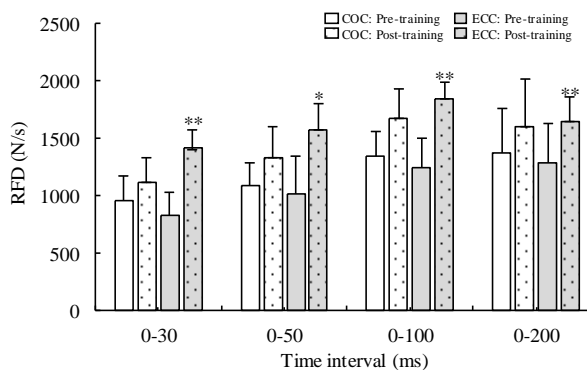


Figure 1. RFD in isometric ankle plantar flexion force before and after training.

Pre-training (white bars) and post-training (dotted white bars) of COC trained side. Pre-training (gray bars) and post-training (dotted gray bars) of ECC trained side. \* $P < 0.05$  vs pre-training of ECC trained side. Data are mean  $\pm$  SE.

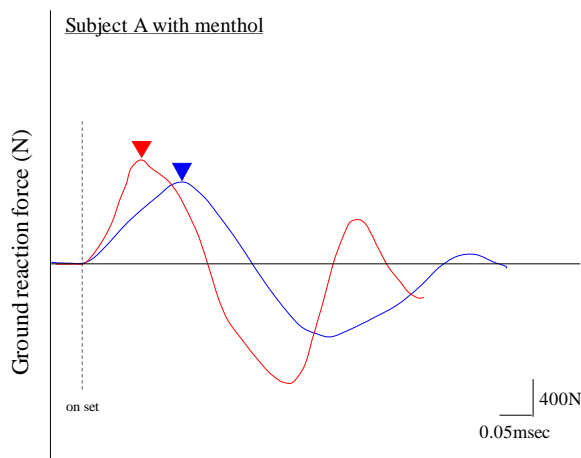


Figure 2. Typical data of force-time curve obtained before and after 6W of training.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Tokunaga Tadayuki, Tadano Chigaya, Muro Masuo, Sugawara Hitoshi	4. 巻 32
2. 論文標題 Menthol-induced cutaneous stimulation combined with self-paced walking training improves knee extension performance in untrained older healthy females	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Physical Therapy Science	6. 最初と最後の頁 269 ~ 276
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1589/jpts.32.269	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 -

1. 著者名 菅原 仁、栗田英明、太箸俊宏、室 増男、只野ちがや	4. 巻 18
2. 論文標題 高齢者の下腿三頭筋における皮膚冷刺激付加の短期的低強度筋力トレーニングの効果	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Health and Behavior Sciences	6. 最初と最後の頁 53-57
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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8件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 菅原 仁、只野千茅、下瀬良太、関 博之、内藤祐子、與那正栄、室 増男
2. 発表標題 高齢女性におけるメントール刺激を付加した動的筋力トレーニングの効果
3. 学会等名 第73回日本体力医学会大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 菅原 仁、只野千茅、與那正栄、内藤祐子、関 博之、室 増男
2. 発表標題 速筋線維を標的とした皮膚冷刺激を付加した足関節底屈筋の筋力トレーニングの効果
3. 学会等名 日本健康行動科学会第17回学術大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 宮本翔平, 菅原 仁, 高橋伸太郎, 岡本 務, 遠山正樹・他
2. 発表標題 高齢者に対する皮膚冷刺激を付加したパワートレーニングの効果
3. 学会等名 第24回千葉県理学療法士学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 菅原 仁, 栗田英明, 只野千茅, 下瀬良太, 関 博之, 内藤祐子, 與那正栄, 室 増男
2. 発表標題 下腿三頭筋トレーニングにおける遠心性と求心性収縮運動の効果の違い
3. 学会等名 第72回日本体力医学会大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 菅原 仁, 只野千茅, 與那正栄, 内藤祐子, 関 博之, 室 増男
2. 発表標題 足関節底屈筋における短期間の求心性と遠心性収縮トレーニングの効果比較
3. 学会等名 日本健康行動科学会第16回学術大会(札幌)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 赤城圭佑, 齋藤 弘, 蓮沼雄人, 中村大祐, 田口真衣, 水瀬 光汰, 菅原 仁
2. 発表標題 高齢者に対する速筋線維を標的とした筋力トレーニングの試み～運動速度の遅速と皮膚冷刺激付加にて～
3. 学会等名 第37回東京都理学療法学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 菅原 仁、只野ちがや、栗田 英明
2. 発表標題 皮膚冷刺激を付加した短期間低強度筋力トレーニングの効果
3. 学会等名 第27回日本物理療法学会学術大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 只野ちがや、菅原 仁、太箸俊宏、與那正栄、内藤祐子、室 増男
2. 発表標題 高齢者の立位姿勢における簡易的足関節底屈筋力の評価について
3. 学会等名 日本健康行動科学会第17回学術大会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 杉本雅晴、菅原 仁	4. 発行年 2019年
2. 出版社 医歯薬出版	5. 総ページ数 231
3. 書名 イラストでわかる物理療法	

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>教員業績  <a href="https://gsdatabase.teu.ac.jp/teuhp/KgApp?kyoinId=yimidgiysggy">https://gsdatabase.teu.ac.jp/teuhp/KgApp?kyoinId=yimidgiysggy</a></p>
--

## 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	只野 ちがや  (TADANO Chigaya)  (40261094)	東邦大学・医学部・講師       (32661)	