

令和 5 年 6 月 27 日現在

機関番号：32520

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2017～2022

課題番号：17K01681

研究課題名（和文）筋力トレーニングの伸張性収縮局面における動作速度が筋肥大・最大筋力に与える影響

研究課題名（英文）Effect of movement velocity in eccentric phase of resistance training on muscle hypertrophy and maximal strength

研究代表者

光川 眞壽 (Mitsukawa, Naotoshi)

東洋学園大学・人間科学部・教授

研究者番号：60583408

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）：本研究は筋力トレーニングの伸張性収縮（ECC）局面における動作速度が筋肥大および最大筋力の増加に及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。文献レビューの結果、50%1RMの負荷を用いたトレーニングの場合、短縮性収縮（CON）局面およびECC局面それぞれ1秒の条件よりも3秒かける条件の方が筋肥大することが示された。一方、67%から85%1RMの場合は、CONおよびECC局面ともに1秒とする条件と3秒の条件の間では筋肥大の程度に差はみられなかった。トレーニング負荷によってECC局面の動作速度が筋肥大に与える影響が異なることが示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

従来、筋肥大を目的とした筋力トレーニングの動作速度は短縮性収縮（持ち上げる）局面よりも伸張性収縮（下ろす）局面の動作速度を遅くすることが推奨されていたが、本研究の結果、50%1RM程度のトレーニング負荷と67%から85%1RMのトレーニング負荷を用いる場合ではその効果が異なり、67%から85%1RMのトレーニング負荷では、必ずしも下ろす局面を遅くすることによって筋肥大の程度が高まる訳ではないことが新たに明らかとなった。本研究で得られた知見は、筋力トレーニングの動作速度に関する新たなガイドラインとして活用できると考えられる。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this study was to investigate the effect of movement velocity in eccentric(ECC) phase of resistance training on muscle hypertrophy and maximal strength. The results of narrative review indicated that training with a load of 50%1RM resulted in greater muscle hypertrophy with concentric (CON) and ECC contraction time of 3 seconds than with 1 second each. On the other hand, in the case of 67% to 85% 1RM, it was shown that there was no difference in the degree of muscle hypertrophy between the condition of 1 second and the condition of 3 seconds for both the CON and ECC phases. It was shown that the effect of movement velocity in ECC phase on muscle hypertrophy differed depending on the training load.

研究分野：トレーニング科学

キーワード：筋収縮様式 筋疲労 筋損傷 トレーニング変量

### 1. 研究開始当初の背景

筋力トレーニングの動作には、短縮性収縮 (CON) 局面と伸張性収縮 (ECC) 局面が存在する。等速性筋力計を用いた最大努力での CON+ECC トレーニングは、CON のみのトレーニングと比較して筋が肥大し、最大筋力が向上することが報告されている (Colliander と tesch, 1990 など)。また、1RM 以下の重量負荷にてトレーニング効果を検討した石井ら (1993) は、CON+ECC トレーニングは、CON のみ、ECC のみと比較して、等速性最大筋力が向上したと報告している。これらの知見から、負荷強度に関わらず、伸張性収縮の有無が筋肥大や最大筋力向上にポジティブに作用していることがわかる。

1990 年代に ECC トレーニングが筋肥大や最大筋力向上に効果的であること明らかとなり、2000 年代には等速性筋力計を用いて、ECC 局面の動作速度と筋肥大および最大筋力との関係が検討されている。最大努力での ECC トレーニングの場合、ECC 局面の動作速度が速い方が、筋が肥大することが示されている (Farthing ら, 2003 など)。また、そのメカニズムについても筋損傷や筋線維タイプの変化の観点から明らかにされつつある (Paddon-Jones et al, 2001 など)。しかし、最大努力での ECC トレーニング後には、筋損傷が強く起こり遅発性筋痛を伴い最大筋力が低下する (Nosaka and Newton, 2002)。そのため、競技スポーツの現場ではシーズン中に最大努力での ECC トレーニングを実施する事は難しい。したがって、競技現場で頻繁に実施されているフリーウエイトを用いた等張性収縮を対象として、動作速度とトレーニング効果の関係について検証したエビデンスが必要であると考えた。

フリーウエイトなどを用いた等張性収縮による筋力トレーニングのガイドラインでは、筋肥大を目的とする場合、ECC 局面の動作を CON 局面よりも遅い速度で行う事を推奨している (Bompa and Buzzichelli, 2015 など)。しかし、ECC 局面の動作速度を遅くすることで筋肥大や最大筋力が向上する見解を示した論文は、申請者の知る限り Garg (2009) に過ぎない。そのため、等張性収縮による数ヶ月間のトレーニングを対象に、ECC 局面の動作速度の違いが筋肥大や最大筋力に与える影響を解明するエビデンスの蓄積が求められていると考えられる。

### 2. 研究の目的

本研究は、筋力トレーニングの動作速度の違いが筋肥大および最大筋力に及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。特に、筋肥大を起こすために重要な役割を果たしている伸張性収縮局面に着目し、動作速度の違いが長期的なトレーニング効果へ与える影響を検討した。また、得られたエビデンスを基に、筋肥大や最大筋力向上のための最適な動作速度に関する新たなガイドラインの作成を目指した。

### 3. 研究の方法

若齢者を対象とした研究と高齢者を対象とした研究を分類し、トレーニング動作速度の違いが筋肥大および最大筋力に及ぼす影響を文献レビューを通じて検討した。

本研究では、ウエイトマシン、フリーウエイトや自体重を用いた動的なレジスタンストレーニング、つまりアイソトニックトレーニングを用いた研究のみを調査対象論文とした。若齢者を対象とした研究は、レジスタンストレーニングの動作速度が筋肥大や最大筋力に与える影響に関するレビュー論文 (Davies ら, 2017; Hackett ら, 2018; Pereira と Gomes, 2003; Schoenfeld, 2005; Schoenfeld ら, 2015; Wernbom ら, 2007) にて使用されている論文とその文献リスト、および PubMed にて次のキーワードから検索した論文を調査対象とした (2019 年 11 月 23 日時点)。キーワードは、'tempo' OR 'speed' OR 'slow' OR 'fast' OR 'velocity' OR 'cadence' OR 'duration' AND 'resistance training' OR 'weight training' OR 'strength training' AND 'hypertrophy' OR 'muscle cross sectional area' OR 'muscle volume' とした。なお、抽出された研究論文のなかから、以下の条件に当てはまる研究は除外した。1) 介入群と比較対照群のトレーニング負荷が異なる研究 (Neils ら, 2005; Tanimoto ら, 2008; Keeler ら, 2001 など) 2) CON 局面あるいは ECC 局面のどちらかの動作速度が両群ともに統一されていない研究 (Runa ら, 2008; Gillies ら, 2006 など) 3) 比較対象群がない研究、4) 50 歳以上の被験者が含まれている研究 (Bottaro ら, 2007; Claflin ら, 2011; Dias ら, 2015; Fielding ら, 2002; Nogueira ら, 2009 など) 5) 筋線維レベルでの肥大のみを観察した研究 (Schuenke ら, 2012 など) 6) 等速性 (アイソキネティック) トレーニングを用いた研究、7) 査読付きの英語論文ではない研究 (Hisaeda ら, 1996) である。

動作速度を短縮性収縮局面 (CON 局面) 保持局面 (Pause 局面) および伸張性収縮局面 (ECC 局面) に分けて整理し、各局面における動作速度の違いによって以下の 3 つのカテゴリーに分類した。各局面の動作時間が 1 秒以下を高速度 (Fast)、2 秒を中速度 (Moderate)、3 秒以上を低速度 (Slow) と定義した。

高齢者を対象とした研究に関しては、動作速度に関するレビューにて使用されている論文、および関連論文を Pubmed にて検索し論文を収集した (2018 年 10 月 1 日時点)。なお、以下の条件に当てはまる研究論文は除外した。1) 介入群と比較対照群のトレーニング負荷が異なる研究、

2) CON 局面あるいは ECC 局面のみ筋が活動するトレーニング、3) アイソトニック以外のトレーニングを用いた研究、4) 筋肥大効果を検証する項目として周径囲のみを使用した研究、5) 比較対照群のない研究、6) 50 歳未満の被験者が含まれている研究、7) 査読付きの英語論文ではない研究である。同一論文内において、異なるトレーニング部位の結果が示されている場合は、それぞれの結果を1つの結果として扱った。なお、本研究における動作速度とは、物理単位での速度ではなく、各論文で示されている CON および ECC 局面における動作時間を示しており、単位は秒として扱った。動作時間が短い場合を動作速度が速いとし、動作時間が長い場合を動作速度が遅いとした。

#### 4. 研究成果

若齢者を対象とした研究においては、以下の3つの動作速度パターンに分けて検討した。

##### (1) トレーニング動作全体 (CON 局面+ECC 局面) の動作速度に着目した研究

トレーニング動作全体の動作速度を変化させて比較検討した研究を1つのカテゴリーとしてまとめた。例えば、低速度群において CON 局面 3 秒 ECC 局面 3 秒、高速度の群では CON 局面 1 秒 ECC 局面 1 秒という条件で群分けした研究である。本研究において3つの論文が抽出された (Muun ら, 2005; Tanimoto と Ishii, 2006; Usui ら, 2016)。

##### (2) トレーニング動作の CON 局面の動作速度に着目した研究

ECC 局面は両群ともに同じ速度であるが、CON 局面の動作速度を2つの速度条件で比較検討した研究を2つ目のカテゴリーとしてまとめた。例えば、CON 局面において出来る限り素早い動作で行う群を高速度群 (ECC 局面は 2 秒)、CON 局面を 2 秒で行う中速度群 (ECC 局面は 2 秒) を比較する条件の研究である。本研究においては2つの論文が抽出された (Liow と Hopkins, 2003; Young と Bilby, 1993)。

##### (3) トレーニング動作の ECC 局面の動作速度に着目した研究

CON 局面は両群ともに同じ速度であるが、ECC 局面の動作速度を2つの速度条件で比較検討した研究を3つ目のカテゴリーとしてまとめた。例えば、低速度群において CON 局面 1 秒 ECC 局面 4 秒、高速度の群では CON 1 秒 ECC 1 秒という条件の研究である。本研究において2つの論文が抽出された (Pereira ら, 2016; Shibata ら, 2018)。

若齢者の筋肥大を目的としたレジスタンストレーニングの動作速度の論文についてレビューした結果、50%1RM 程度のトレーニング強度の場合、CON 局面および ECC 局面それぞれ 1 秒にて実施するよりも 3 秒以上かけた遅い速度でトレーニングした方が筋肥大に効果的であることが示された。一方、筋肥大を目的としたトレーニング強度 (67%-85%1RM) を用いた場合は、CON 局面および ECC 局面それぞれ 1 秒間と 3 秒間の条件であれば、両条件の筋肥大の程度に差がないことが示された。ただし、CON 局面を 1 秒として、ECC 局面を 1 秒から 4 秒に遅くした研究においては、遅い条件において筋肥大の程度が大きくなっていること、CON 局面を 2 秒として、ECC 局面を 2 秒から 4 秒に遅くした研究では、両条件の筋肥大の程度に有意な差はみられなかったことから、CON 局面が 1 秒の場合は ECC 局面を 4 秒程度確保した方が筋肥大の程度が高まる可能性が示された。

高齢者を対象とした研究においては、以下の3つのカテゴリーに分けて検討した。

##### (1) CON と ECC 局面の低速度トレーニング

CON 局面と ECC 局面の動作速度が一定の割合で遅くなる研究。例えば、低速度群において CON 局面 3 秒 ECC 局面 3 秒、高速度群では CON 局面 1 秒 ECC 局面 1 秒という場合である。本研究においては3本の論文が抽出された (Watanabe ら, 2013, 2014, 2015)。

##### (2) ECC 局面の低速度トレーニング

CON 局面は両群ともに同一であるが、低速度群の ECC 局面の動作速度が高速度群と比較して遅くなる研究。例えば、低速度群において CON 局面 1 秒 ECC 局面 3 秒、高速度群では CON 局面 1 秒 ECC 局面 1 秒という場合。本研究においては1本の論文が抽出された (Dias ら, 2015)。

##### (3) CON 局面の高速度トレーニング

ECC 局面は両群ともに同一であるが、高速度群の CON 局面の動作速度が低速度群と比較して速くなる研究。例えば、高速度群において CON 局面を出来る限り素早い動作で行い ECC 局面を 3 秒、低速度群では CON 局面 3 秒 ECC 局面 3 秒という場合。本研究においては3本の論文が抽出された (Battaro ら, 2007; Feilding ら, 2002; Nogueira ら, 2009)。

高齢者を対象とした研究においては、動作速度が筋肥大へ与える影響を検討した論文は4本あり、異なる部位の結果を1つの結果とすると、6つの結果が得られた。筋サイズの分析方法に

については、Bモード超音波法を用いて筋の厚さを測定した結果が5つ、磁気共鳴画像装置(MRI)を用いて筋の横断面積を計測した結果が1つであった。

6つの結果のうち2つの結果において(Watanabeら KE, 2013; Watanabeら, 2014), 低速度群(3-1-3秒, CON-保持-ECC局面)が高速度群(1-0-1秒, CON-保持-ECC局面)よりも筋肥大することが示されている。これらの結果は、CONおよびECC局面の低速度トレーニングの有効性を示すものである。一方、Nogueiraら EF(2009)は、高速度群(Max-0秒-2-3秒, CON-保持-ECC局面)が低速度群(2-3秒-0秒-2-3秒, CON-保持-ECC局面)よりも筋肥大したと報告している。また、Nogueiraら KE(2009)では高速度群のみ有意に筋が肥大し、低速度群は有意な変化はみられていない(Nogueiraら KE, 2009)。これらの結果は、CON局面の高速度トレーニングの有効性を示すものである。以上のことから、高齢者が筋肥大を目的としてレジスタンストレーニングを実施する場合には、30%から60%1RMの強度にて、ECC局面は2-3秒、CON局面においてはできるだけ素早く行うトレーニング、あるいは保持局面1秒を挟んでCONおよびECC局面をそれぞれ3秒かけて実施する低速度トレーニングが望ましいと考えられる。

最大筋力を高める動作速度に関して、アメリカスポーツ医科学会(2009)では、高齢者においては、低速度から中速度を推奨している(ACSM, 2009)。一方、Daviesら(2017)は、動的な最大筋力に対するトレーニング動作速度の影響についてシステマティック・レビューのメタ分析にて検討した結果、動的な最大筋力への効果は低速度、中速度および高速度いずれにおいても同程度の効果が得られると結論づけている。また、これらの結果は年齢による違いもないとしている。本研究の結果、すべての研究結果において最大筋力の増加に高速度と低速度群との間に有意な差が見られていない。これらの結果は、Daviesら(2017)の知見を支持する結果であると言える。Daviesら(2017)と本研究の結果を合わせて考えると、高齢者において最大筋力の向上のみを目的とした場合、CON局面の高速度トレーニング、CONおよびECC局面の低速度トレーニング、ECC局面の低速度トレーニングにおいては、最大筋力を高める効果に大きな違いはないことが示された。

以上のことから、高齢者のレジスタンストレーニングにおいて、筋肥大を目的としたプログラムデザインをする際には、30%から60%1RMの強度にて、ECC局面は2-3秒、CON局面においてはできるだけ素早く行うトレーニング、あるいは保持局面1秒を挟んでCONおよびECC局面をそれぞれ3秒かけて実施する低速度トレーニングが望ましいと考えられる。一方、最大挙上重量の向上を目的とした場合、ECC局面が1-5秒程度、CON局面が最大速度から3秒程度の範囲であれば、いずれの速度条件においても有意な差はみられないことが示された。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計12件（うち査読付論文 5件 / うち国際共著 3件 / うちオープンアクセス 9件）

1. 著者名 Noro Hiroaki, Miyamoto Naokazu, Mitsukawa Naotoshi, Yanagiya Toshio	4. 巻 42
2. 論文標題 No Association of Plantar Aponeurosis Stiffness with Medial Longitudinal Arch Stiffness	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 International Journal of Sports Medicine	6. 最初と最後の頁 945-949
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1055/a-1373-5734	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 光川真壽	4. 巻 29
2. 論文標題 通信情報技術を活用した大学硬式野球部の練習方法に関する事例報告	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 東洋学園大学紀要	6. 最初と最後の頁 223 - 238
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 無
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 光川真壽	4. 巻 70
2. 論文標題 筋疲労に伴う協働筋の神経制御および筋腱動態の変化	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 体育の科学	6. 最初と最後の頁 806-812
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 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Abe Takashi, Mitsukawa Naotoshi, Thiebaud Robert S, Loenneke Jeremy P.	4. 巻 9
2. 論文標題 No external load (no-load) resistance training to maintain muscle function in the face of the COVID-19 outbreak	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Trainology	6. 最初と最後の頁 64 ~ 65
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.17338/trainology.9.2_64	査読の有無 無
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 該当する

1. 著者名 光川眞壽	4. 巻 28
2. 論文標題 若齢者のレジスタンストレーニングにおける動作速度が筋肥大に与える影響	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 東洋学園大学紀要	6. 最初と最後の頁 118-127
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 無
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 Abe T, Mitsukawa N, Loenneke JP	4. 巻 9
2. 論文標題 Walking past barriers to physical activity	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Trainology	6. 最初と最後の頁 9-10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.17338/trainology.9.1_9	査読の有無 無
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 該当する

1. 著者名 Thiebaud RS, Abe T, Ogawa M, Loenneke JP, Mitsukawa N	4. 巻 9
2. 論文標題 Accelerometer-determined intensity and duration of habitual physical activity and walking performance in well-functioning middle-aged and older women: A cross-sectional study	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Frailty and Aging	6. 最初と最後の頁 139-143
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14283/jfa.2019.26	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Katsumata Yoichi, Omuro Kohei, Mitsukawa Naotoshi, Nakata Hiroki	4. 巻 4
2. 論文標題 Characteristics of Relative Age Effects and Anthropometric Data in Japanese Recreational and Elite Male Junior Baseball Players	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Sports Medicine - Open	6. 最初と最後の頁 52
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1186/s40798-018-0165-9	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 光川 眞壽, 河村 剛光, 佐賀典生, 澁谷智久	4. 巻 3
2. 論文標題 野球のティー打撃における打球方向とスイング特性の関係: 簡易型スイング特性分析器による検討	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 野球科学研究	6. 最初と最後の頁 13-29
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 -

1. 著者名 光川 眞壽, 河村 剛光, 佐賀典生, 澁谷智久	4. 巻 3
2. 論文標題 野球のティー打撃における打球飛距離とスイング特性の関係: 簡易型スイング特性分析器による検討	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 野球科学研究	6. 最初と最後の頁 46-56
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 -

1. 著者名 光川眞壽	4. 巻 27
2. 論文標題 高齢者のレジスタンストレーニングにおける動作速度が筋肥大および筋機能に与える影響	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 東洋学園大学紀要	6. 最初と最後の頁 215-227
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 無
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 澁谷智久 光川眞壽, 佐藤淳一, 田中菊子	4. 巻 27
2. 論文標題 硬式野球部に所属する大学生アスリートの心理的競技能力と運動有能感	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 東洋学園大学紀要	6. 最初と最後の頁 203-214
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 無
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3件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 2件）

1. 発表者名 Noro Hiroaki、Miyamoto Naokazu、Mitsukawa Naotoshi、Yanagiya Toshio
2. 発表標題 Is plantar aponeurosis stiffness related to medial longitudinal arch stiffness?
3. 学会等名 International Society of Electrophysiology and Kinesiology 2020 Congress (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 永見智行、金沢慧、光川眞壽
2. 発表標題 ポータルトラックングデータ計測は投球練習をどう変えるかー大学野球投手を対象とした事例研究ー
3. 学会等名 日本野球科学研究会第7回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Naotoshi Mitsukawa, Kazunori Nosaka
2. 発表標題 Effects of eccentric versus concentric resistance training on muscle hypertrophy and maximal strength: New narrative review of literatures
3. 学会等名 11th International Conference for Strength Training 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 澁谷智久 [ 編著 ]、田中菊子・光川眞壽・城所収二・芳地康幸・水野基樹・今野亮・佐藤淳一 [ 著 ]	4. 発行年 2019年
2. 出版社 創成社	5. 総ページ数 259
3. 書名 新スポーツ科学概論	



1. 著者名 澁谷智久 [ 編著 ]、田中菊子・光川眞壽・城所収二・芳地康幸・水野基樹・田蔵奈緒・今野亮・佐藤淳一 [ 著 ]	4. 発行年 2022年
2. 出版社 創成社	5. 総ページ数 273
3. 書名 新スポーツ健康科学の基礎	

〔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
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------