

令和 2 年 5 月 29 日現在

機関番号：15301

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2016～2019

課題番号：16K21241

研究課題名（和文）瞬発的筋力トレーニングの中断および再開に対する筋 神経系適応メカニズムの解明

研究課題名（英文）Neuromuscular adaptations during explosive type strength training, detraining, and retraining

研究代表者

小林 雄志（Kobayashi, Yuji）

岡山大学・全学教育・学生支援機構・助教

研究者番号：50549491

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：健康な成人男性を対象として瞬発的筋力トレーニングを実施し、トレーニング期間の前後に筋力測定を行った。またディトレーニング後およびリトレーニング後にも同様の測定を行った。その結果、本研究で用いたトレーニングによって向上した瞬発的筋力は、少なくとも2週間以上のディトレーニングで顕著に低下するが、トレーニング中断期間が2週間程度であれば、その後に短期間のトレーニングを再び行うことで、低下した瞬発的筋力を最初のトレーニング後と同程度まで回復させることができる可能性が示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の結果は、瞬発的筋力トレーニング後のディトレーニング期間の長さによる影響やリトレーニングの効果について、実際のトレーニングの参考となる知見を提供するものとなっている。また、筋肥大型のトレーニングにみられるMuscle Memory（筋記憶）の効果のように、本研究で行った実験においては、瞬発的筋力がリトレーニング時にディトレーニング前と同レベルまで、比較的短い期間で回復する現象が認められており、学術的にも重要な知見が示されたといえる。

研究成果の概要（英文）：This study investigated the influence of explosive type strength training, detraining, and retraining on the ability to rapidly increase torque. The rate of torque development during explosive contractions was measured in healthy male participants before and after 4 weeks of the training and after detraining and retraining. The results suggested that the ability to rapidly increase torque gained from this training will return to the baseline after two weeks of detraining but will recover by two weeks of retraining.

研究分野：トレーニング科学

キーワード：瞬発的筋力 RFD RTD ディトレーニング リトレーニング 神経系の適応

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

従来、ヒト骨格筋の機能評価には主に最大随意収縮 (Maximal Voluntary Contraction: MVC) 時の筋力が用いられ、運動介入 (トレーニング) による最大筋力への効果やその適応機序についてさまざまな研究が行われてきた。しかしながら近年、筋力発揮開始から 2~3 秒後に出現する最大筋力のみならず、200ms 以下といった極めて短い時間での「瞬発的筋力」の評価が重視されるようになりつつある。

瞬発的筋力は力発揮初期の力の立ち上がり率 (Rate of Force Development: RFD) を評価基準として研究が進められているが、ジャンプやスプリント走などの瞬発的な運動パフォーマンスだけでなく、バランスを崩した場合のリカバリーにも重要であり (Thelen et al., 1996)、高齢者においては転倒経験者の瞬発的筋力は転倒未経験者に比べて低いという報告 (Bento et al., 2010, Perry et al., 2007) もあることから、高齢者の転倒予防のためにも瞬発的筋力を高めることは極めて重要であることが伺える。

これまでに、トレーニングによる瞬発的筋力の適応に関しては、一般的な筋肥大型の筋力トレーニングに関する研究の中でわずかに取り上げられるのみであり、そのメカニズムや効果的なトレーニング方法等に関する研究はあまり進められていなかった。ところが 2010 年代以降、RFD の価値に注目する海外の研究グループから、瞬発的な筋力発揮を伴う筋力トレーニング (explosive type strength training) を用いて、瞬発的筋力を特異的に向上させるような実験を行った研究報告が相次いでおり (Tillin et al., 2012, Ceci et al., 2013)、これらの研究の中では RFD の規定因子として、筋活動レベル、最大筋力、筋・腱の構造 (筋束長、筋束の方向、筋・腱の弾性)、筋線維組成などの関与が示唆されている。しかしながら、それぞれの因子がどの程度寄与しているか (その主要な因子の同定等) や、どのようなトレーニングが瞬発的筋力の維持・向上に有効かについてはいまだ研究が乏しく不明な点が多い。

申請者はこれまでに、短期間における瞬発的な筋力発揮を伴うトレーニングとその適応に関して研究を進めており、4 週間 (小林, 2015) や 6 週間 (Kobayashi et al., 2013) のトレーニングにより RFD の向上が認められることを明らかにした。トレーニングを 6 週間実施した研究では、3 週間のディトレーニング期間後において、最大筋力はトレーニング直後と差が認められないものの、RFD はトレーニング直後に比べ有意に低下し、トレーニング前の値近くまで戻ってしまうという興味深い知見を明らかにした。しかしながら、その適応メカニズムについては筋力発揮初期における筋活動レベルの変化の可能性が高いと考えられるものの、短期トレーニングでも腱スティッフの増大が生じる (Tillin et al., 2012) との報告もあり、このディトレーニングによる RFD の急激な低下が神経系の適応なのか筋の構造的な変化なのかは不明である。

2. 研究の目的

上記背景のとおり、瞬発的筋力は運動パフォーマンスや高齢者の転倒予防能力に関連する極めて重要な体力要素であるが、ディトレーニングによって短期間で低下してしまうことが明らかとなっている。そのメカニズムについては筋活動レベルの低下等が挙げられるが、詳細についてはいまだ不明である。また、実際のトレーニング現場では、さまざまな事情でディトレーニングを余儀なくされる場合も多く、その際にどのような影響 (筋力の低下等) があり、それにどう対応できるかについても不明確なままである。

そこで本研究では、瞬発的筋力トレーニング後のディトレーニングが筋・神経系に及ぼす影響を明らかにするとともに、トレーニングの再開 (リトレーニング) の効果を含め、実際のトレーニングプログラム作成に有用な知見を得ることを目的とした。

3. 研究の方法

・対象

健康な成人男性を対象として実験を行った。実験に先立ち、被検者に対して、研究の目的、方法を説明したのち、実験参加の同意を得た。同意を得る際には、実験への参加が任意であり、参加を取りやめても不利益の無いことを申し添えた。

・実施の概要

被検者を 2 群 (トレーニング群・コントロール群) に分け、図 1 の流れのとおり、トレーニング群に対し、4 週間の瞬発的筋力トレーニングを実施し、トレーニング期間の前後に筋力測定を行った (Pre・Post1 測定)。またディトレーニング (2 週間・8 週間) 後および 2 週間のリトレーニング後にも同様の測定を行った (Post2・Post3 測定)。コントロール群に対してはトレーニングを実施せず、Pre・Post1・Post2・Post3 測定のみ実施した。

・トレーニング内容

1 回のトレーニング内容として、1 秒以内の全力での膝伸展筋力発揮を 5 秒おきに 10 回行う運動を 1 セットとし、1 分の休憩をはさんでこれを 4 セット行うものとした。Pre 測定後の期間においては、このトレーニングを 4 週間 (1 週間あたり 2 回、それぞれ 4 8 時間以上空けて) 行うものとした。また、リトレーニング期間には、2 週間 (1 週間あたり 2 回、それぞれ 4 8 時間以上空けて) 行うものとした。

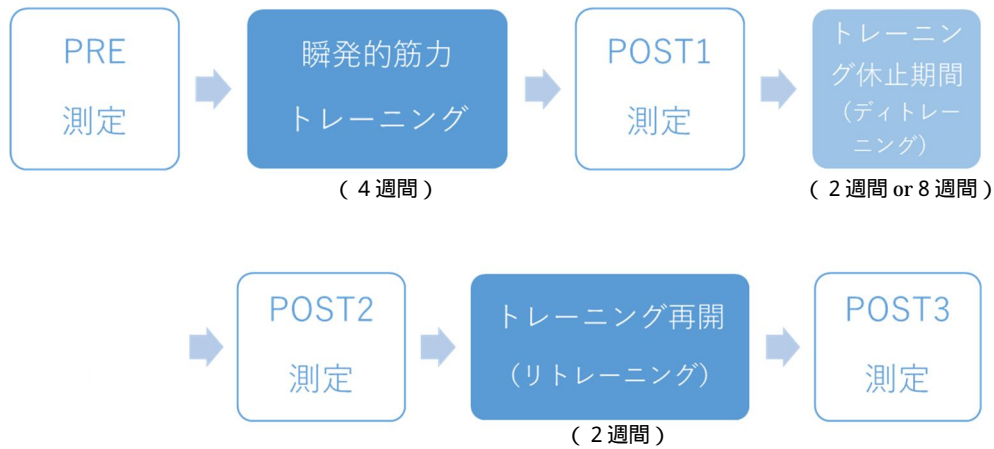


図1．トレーニング実験の流れ

Pre・Post1・Post2・Post3 測定の実施内容

・最大筋力測定

等尺性膝伸展筋力計（VTK-002R，VINE）を用いて，最大随意収縮（MVC）による右脚の等尺性膝関節伸展トルクを測定した．被検者は，筋力計に着座したのち，伸縮性のないストラップを用いて，腰部および右脚足関節上部を固定された．被検者には十分なウォーミングアップの後，最大筋力の測定として，等尺性膝関節伸展運動を3秒間，全力で行わせた．試行は3回とし，試行間には1分以上の休憩を設けた．

・瞬発的筋力測定

最大筋力測定に引き続き，同じ筋力計・設定にて，瞬発的筋力測定を行った．試技内容は，反動を用いず，できるだけ強くかつ速く行う1秒間の全力での等尺性膝関節伸展運動とし，この運動を5～10秒程度の休憩を挟みながら5回行わせるものとした．なお，実施に際し，リアルタイムで時間トルク波形を観察し，筋力発揮前のマイナス方向のトルクがないかどうかを確認することで，反動を用いていないかどうかを判定した．反動を用いていると確認された場合は，その分，試技を追加して実施することとした．

・計測内容

最大筋力測定および瞬発的筋力測定の各試技において発揮された関節トルクは筋力計によって計測され，その信号はA/D変換システムを介して1000Hzでパーソナルコンピュータに記録された．最大筋力測定については各試行の関節トルクのピーク値の内，最も高い値をMVCトルクとして統計処理に使用した．また，瞬発的筋力測定の各試行における時間トルク曲線の力の立ち上がり（RTD：Rate of Torque Development）を算出した．加えて，MVCトルクで正規化したRTD（nRTD：normalized RTD）についても算出を行った．

4．研究成果

最大筋力について

コントロール群に関して，Post1・Post2・Post3測定における最大筋力はPre測定時の値に比べ，有意な差は認められなかった．トレーニング群に関して，Post1測定における最大筋力はPre測定時の値に比べ，有意に増加した．また，Post2（ディトレーニング2週間）・Post3測定における最大筋力についてもPre測定時の値に比べ，有意に高い値を示した．なお，Post2（ディトレーニング8週間）についてはPost1に比べ有意に低下していた．これらのことから，本研究で用いたトレーニングによって向上した最大筋力は，2週間のディトレーニングでは顕著に低下しない可能性が示唆された．

瞬発的筋力について

コントロール群に関して，Post1・Post2・Post3測定における瞬発的筋力はPre測定時の値に比べ，有意な差は認められなかった．トレーニング群に関して，Post1測定における瞬発的筋力はPre測定時の値に比べ，有意に増加した．しかしながら，Post2についてはディトレーニング期間の長さに関わらず，Post1に比べ有意に低下していた．また，Post3（ディトレーニング2週間）についてはPreおよびPost2の値に比べ，有意に高い値を示したが，Post3（ディトレーニング8週間）については有意な差が認められなかった．このことから，本研究で用いたトレーニングによって向上した瞬発的筋力は，少なくとも2週間以上のディトレーニングで顕著に低下するが，2週間程度であれば，その後2週間，同様のトレーニングを再度行うことで，低下した瞬発的筋力を最初のトレーニング後と同程度まで回復させることができる可能性が示唆された．

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 小林雄志、榎崎兼司、赤木亮太、小笠原理紀	4. 巻 112
2. 論文標題 大学体育授業を活用した理系基礎科目教育のための 反転授業用eラーニング教材開発	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 大学体育	6. 最初と最後の頁 60-63
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 Ema Ryoichi, Ohki Shunsuke, Takayama Hirokazu, Kobayashi Yuji, Akagi Ryota	4. 巻 123
2. 論文標題 Effect of calf-raise training on rapid force production and balance ability in elderly men	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of Applied Physiology	6. 最初と最後の頁 424 ~ 433
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1152/jappphysiol.00539.2016	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 赤木亮太, 小林雄志, 後藤田中, 江間諒一	4. 巻 21
2. 論文標題 高齢者のトレーニングを支援する	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 バイオメカニクス研究	6. 最初と最後の頁 142 ~ 146
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 -

〔学会発表〕 計5件（うち招待講演 0件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 鈴木 智也, 後藤田 中, 久門 岳弘, 神田 亮, 小林 雄志, 米谷 雄介, 林 敏浩, 八重樫 理人, 平沢 友貴, 赤木 亮太
2. 発表標題 代償動作改善の映像支援に向けた骨格推定アルゴリズムを用いた代替動作検出の事前評価
3. 学会等名 令和元年度 電気関係学会四国支部連合大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小林雄志、後藤田中、江間諒一、牧下英世、赤木亮太
2. 発表標題 ティーチング・アシスタントとLMSを活用した「非同期型」口頭試問の提案 実験科目の教育効果・効率・魅力の向上を目指して
3. 学会等名 日本教育工学会 第34回全国大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 小林雄志, 有光琢磨
2. 発表標題 瞬発的筋力発揮トレーニングとスロートレーニングを組み合わせた筋力トレーニングの効果 実施順序が最大筋力および瞬発的筋力の増加率に及ぼす影響
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 Ryoichi Ema, Shunsuke Ohki, Hirokazu Takayama, Yuji Kobayashi, Ryota Akagi
2. 発表標題 Home-based calf-raise training with the intent to move rapidly improves rapid force production and balance performance in elderly men
3. 学会等名 第24回日本バイオメカニクス学会大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 赤木亮太、大木俊輔、高山浩一、江間諒一、小林雄志
2. 発表標題 高齢男性における在宅での速さを意識したカーフレイズトレーニングが腓腹筋内側頭の剛性率に及ぼす影響
3. 学会等名 第24回日本バイオメカニクス学会大会
4. 発表年 2016年

〔図書〕 計0件

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