

令和 3 年 6 月 17 日現在

機関番号：34101

研究種目：若手研究

研究期間：2018～2020

課題番号：18K17815

研究課題名(和文) スプリントパフォーマンス向上に最適なレジスタンストレーニング法の究明とその効果

研究課題名(英文) Determining the optimal resistance training method for improving sprint performance

研究代表者

吉本 隆哉 (Yoshimoto, Takaya)

皇學館大学・教育学部・助教

研究者番号：20756465

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究ではT2強調画像を用いて、スプリント走における下肢筋群の筋活動水準を明らかにしたうえで、スプリント走に重要となる筋を究明し、各レジスタンストレーニングについて、筋毎および同一筋内の筋活動水準の部位間差と種目間差を検討した。そのうえで、スプリント走で筋活動水準の高い筋の改善を目的としたレジスタンストレーニングの継続的な実施が筋の形態的特徴および力学的特性、疾走能力に与える影響を明らかにした。スプリント走に貢献する筋を特定し、その筋を的確に刺激するトレーニングを実施することで、パフォーマンスの向上が見込めることが示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、これまで定量が困難であったダイナミックな筋収縮における下肢筋群の筋活動水準を競技レベル毎や、部位毎、種目毎に定量することができたことにある。これによって、スプリント走において筋活動水準が高い筋や部位を特定できたとともに、どのトレーニングがどの筋、どの部位を改善しうるのかを明らかにすることができた。そして、スプリント走を行ううえで筋の形態的特徴を科学的に理想的なものへ近づけることができた可能性があり、疾走能力に改善がみられた。本研究の成果は、科学的な知見に基づく効果的なトレーニングプログラムとして競技スポーツ現場に提案できると考えられる。

研究成果の概要(英文)：In this study, T2 weighted magnetic resonance imagings were used to clarify level of the lower extremity muscles during sprinting, to determine the muscles that are important for sprinting, and to examine the differences in muscle activity level between areas and between exercises for each resistance training muscle and within the same muscle. In addition, the effects of resistance training on the morphological and mechanical characteristics of muscles and sprint performance were investigated. It was shown that identifying the muscles that contribute to sprinting and training to stimulate these muscles accurately can improve performance.

研究分野：運動生理学，バイオメカニクス，トレーニング科学

キーワード：大臀筋 半腱様筋 100m走

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

これまで、大腰筋、臀筋群、内転筋群およびハムストリングスが疾走能力に重要な要素となることが明らかとなっており(狩野ら, 1997; Kumagai et al., 2000; Sugisaki et al., 2017), それらの筋群を改善するレジスタンストレーニングが競技スポーツ現場で導入されている。レジスタンストレーニングの筋活動水準を定量した研究は、主に表面筋電図法が用いられており(眞鍋ら, 2003; 半田ら, 2009), それらの研究のほとんどで、各筋 1 か所の電極から筋電位が導出している。一方、先行研究(狩野ら, 1997)では、大腿骨遠位端を 0%, 近位端を 100%とした場合、50%部位の内転筋群およびハムストリングスの筋横断面積に疾走速度と有意な相関関係はみられず、70%部位に有意な相関関係がみられている。このことから、各レジスタンストレーニングは、筋毎に筋活動水準を定量するだけでは不十分であり、同一筋内の部位間差についても検討する必要があるといえる。

同一筋内における筋活動水準の部位間差を検討する方法として、多チャンネル方式の表面筋電図法が用いられている(Watanabe et al., 2011, 2015)。この方法は、大腿直筋や大腿二頭筋のような近位から遠位に走行する筋において同一筋内の部位間差を検討することができる。アイソメトリックな筋収縮時における同一筋内で部位間差を検討した上記の報告では、大腿直筋では近位と遠位で部位間差がみられた一方、大腿二頭筋では部位間差がみられず、スプリント中においても大腿二頭筋に部位間差はみられていない(渡邊, 2015)。しかしながら、先行研究では、大腿二頭筋のみを定量しており、被検者も一般大学生を対象としていることから、内転筋群や大腿四頭筋群といったその他の筋の活動や、高い疾走能力を有する短距離選手に同様の傾向がみられるのかは不明である。また疾走能力の高い者と低い者で筋活動に差がみられるのかも明らかにされていない。さらに、筋の収縮中に筋の長さや張力が変化するとき、信号の定常性の急速な変化、筋線維に対する電極位置のシフトなどによって、筋の賦活と筋張力との関係性が複雑化することから表面筋電図法ではダイナミックな筋収縮における筋活動水準の定量が難しい(Enoka, 2001)。したがって、疾走能力の高い者が疾走中にハムストリングスの近位部の筋活動が高い可能性は否定できず、その部位を効果的に改善するトレーニングが必要となる可能性が残されている。さらに各レジスタンストレーニングによって、筋活動に部位間差があるのかも不明であり、それぞれのトレーニングを継続的に実施することで筋の形態的变化が異なる可能性がある。競技スポーツ現場では、股関節屈曲伸張運動(ルーマニアンデッドリフトなど)と膝関節屈曲伸張運動(レッグカールなど)ではハムストリングスの筋活動が近位と遠位で異なる可能性が指摘されており、このことから部位間差を検討することはトレーニング活動に重要な情報となる。

短距離走では先行研究(狩野ら, 1997; Sugisaki et al., 2017)から、臀筋群、内転筋群およびハムストリングス近位部の筋活動が大きく、大腿四頭筋の筋活動が小さいトレーニングが最適である可能性があるが、競技パフォーマンスの高い者ほど、上記の筋群でスプリントの筋活動が高い(もしくは低い)ことが明らかとなれば、より効果的なレジスタンストレーニングを提案できる可能性がある。

近年、表面筋電図法では評価が難しいダイナミックな筋収縮における筋活動水準を求める手法として、MRI 法による T2 強調画像が用いられている(吉本と杉崎, 2017)。T2 強調画像から算出される T2 値は、筋収縮に伴う代謝物を反映しているとされ、筋の動員度と比例関係にあることが知られている(Prior et al., 2001)。吉本と杉崎(2017)は 8 種類のトレーニングにおける大腰筋の筋活動水準を定量化し、高い筋活動水準を示す運動を明らかにしている。この方法を用いれば、下肢筋群のトレーニング手段における筋活動水準の定量化が可能となり、加えて筋毎および同一筋内の部位間差を検討することができる。さらに、これまで表面筋電図法では定量が困難であったレッグプレスのような、表面電極を貼付することが難しいトレーニング手段においても、筋活動水準を求めることができると考えられる。

### 2. 研究の目的

本研究では、T2 強調画像を用いて、1) スプリントにおける下肢筋群の筋活動水準を明らかにしたうえで、スプリントに重要となる筋を究明し、2) 各レジスタンストレーニングについて、筋毎および同一筋内の筋活動水準の部位間差と種目間差を検討する。そのうえで、3) スプリント走で筋活動水準の高い筋の改善を目的としたレジスタンストレーニングの継続的な実施が筋の形態的特徴および力学的特性、疾走能力に与える影響を明らかにする。

### 3. 研究の方法

#### 研究の研究方法

##### 1) 被検者

陸上競技男子 100m 走選手 22 名(年齢:  $21.2 \pm 3.8$  歳, 身長:  $171.5 \pm 4.1$  cm, 体重:  $65.9 \pm 5.2$  kg, 自己記録: 10.33s ~ 11.74 s)とした。

##### 2) 測定項目

以下に示す 60m 往復走前後の体幹部，骨盤部，大腿部の 70%，50%および 30%部位の T2 強調画像(Magneton skyra および Verio，SIEMENS 社製)を取得した。

本研究では，一般的なスプリンターにおいて最高疾走速度が出現する区間が 50m 60m であるという研究を参考に，走行距離を 60m と設定した。また，60m 走は 6 秒~7 秒で試技が終了することから，エネルギー供給系の観点から乳酸の蓄積が小さいことが想定され，顕著な乳酸の蓄積がみられる筋とみられない筋の判別が困難となることが予想された。運動と休息を繰り返すインターミッテント運動では，高いレベルの乳酸の蓄積がみられる。したがって，走運動を繰り返すことで，活動量の高い筋ほど乳酸が蓄積することが想定される。以上の研究から，最高疾走速度を獲得しつつ，乳酸の蓄積も期待できる試技として 60m 走往復走を採用した。

被検者には，屋内の陸上競技場にてスタンディングスタートから 60m を全力で疾走させる運動を 30 秒の休息を挟んで 3 本，3 セット実施させた。セット間の休息は 3 分とした。測定の実施に先立ち，被検者毎に全力疾走できるよう，1 時間程度のウォーミングアップを行わせた。疾走タイムは光電管 (Brower timing system, Brower 社製) を用いて計測した。光電管は，0m，10m，30m，50m および 60m 地点に設置し，それぞれの通過タイムを計測した。

### 3) 統計処理

すべての測定値は，平均値 ± 標準偏差 (SDs) で表した。60m 走の往復走前後における各筋の T2 値の変化については対応のある t 検定を，事前および事後測定の前筋の変化率の筋間差は一要因の分散分析を用いて検証した。

すべての統計処理は，統計処理ソフト (IBM SPSS Statistics 20, IBM Japan 社製) を用いて行った。いずれの場合も危険率 5%未満をもって統計的に有意とした。

## 研究 の研究方法

### 1) 被検者

日常的に運動の習慣がある一般成人男性 11 名 (年齢: 34.0 ± 5.2 歳，身長: 171.7 ± 3.7cm，体重: 70.1 ± 9.9kg) とした。

### 2) 測定項目

研究 と同様の T2 強調画像を取得した。

レジスタンストレーニングは，スクワット，デッドリフト，ルーマニアンデッドリフト，リバースランジ，グッドモーニング，ヒップスラスト，レッグプレス，レッグカール，マルチヒップ，ノルディックハムストリングスを採用した。負荷強度は 80%1RM とし，6 回 5 セット行わせた。

### 3) 統計処理

すべての測定値は，平均値 ± 標準偏差 (SDs) で表した。レジスタンストレーニングの前後における各筋の T2 値の変化については対応のある t 検定を，事前および事後測定の前筋の変化率の筋間差は一要因の分散分析を用いて検証した。

すべての統計処理は，統計処理ソフト (IBM SPSS Statistics 20, IBM Japan 社製) を用いて行った。いずれの場合も危険率 5%未満をもって統計的に有意とした。

## 研究 の研究方法

### 1) 被検者

大学男子陸上競技短距離選手 32 名 (年齢: 20.7 ± 1.2 歳，身長: 172.2 ± 5.3cm，体重: 65.1 ± 6.6kg) とした。被検者はトレーニング群およびコントロール群に分けた。

### 2) 測定項目

トレーニング期間の前後における体幹部・骨盤部および大腿部の筋横断画像(Magneton skyra および Verio，SIEMENS 社製)を取得した。

スプリント動作中のキネマティクスおよびキネティクスは三次元動作解析システム (Vicon nexus 1, VICON 社製) を用いて取得した。

### 3) トレーニング

研究 の結果から，ヒップスラスト，ノルディックハムストリングス，グッドモーニングをトレーニングとして採用した。10 回 3 セットを週 2 回，3 か月にわたって実施させた。

### 4) 統計処理

すべての測定値は，平均値 ± 標準偏差 (SDs) で表した。レジスタンストレーニングの前後における筋横断面積，キネマティクスおよびキネティクスは 2 要因の分散分析を用いて主効果および交互作用を確認した。

すべての統計処理は，統計処理ソフト (IBM SPSS Statistics 20, IBM Japan 社製) を用いて行った。いずれの場合も危険率 5%未満をもって統計的に有意とした。

#### 4. 研究成果

##### 研究 の研究成果

10m, 30m, 50m および 60m 地点のすべての通過タイムで, 1 セット目 1 本目の疾走速度が最も高く, 本数およびセット数を重ねるごとに徐々に疾走タイムが増加し, 3 セット目 3 本目が最も大きい疾走タイムを示した.

図 1 にスプリント走後の大腿部の T2 強調画像を示す. 60m 往復走前後で, T2 値が有意に増加する筋と, 低下するもしくは変化がない筋がみられた ( $P < 0.05$ ).

60m 往復走の前後における T2 値の変化率は, 体幹部では大腰筋の, 骨盤部および大腿部では大臀筋および半腱様筋の変化率が大きかった.

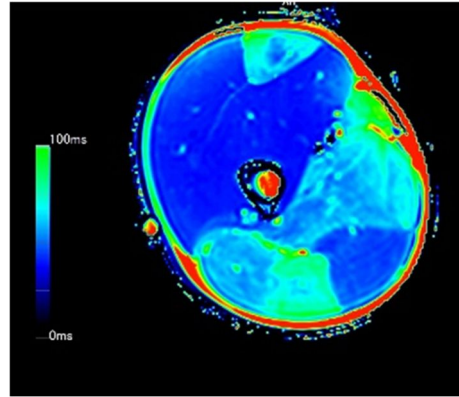


図 1. スプリント走後の大腿部の T2 強調画像

##### 研究 の研究成果

大臀筋についてはヒップスラストが, 半腱様筋についてはノルディックハムストリングスが採用した種目の中で最も高い変化率を示した.

##### 研究 の研究成果

図 2 にトレーニング群およびコントロール群の最高疾走速度の変化を示す. 本研究で採用したトレーニングの前後で, 最高疾走速度は有意に増大した ( $P < 0.05$ ).

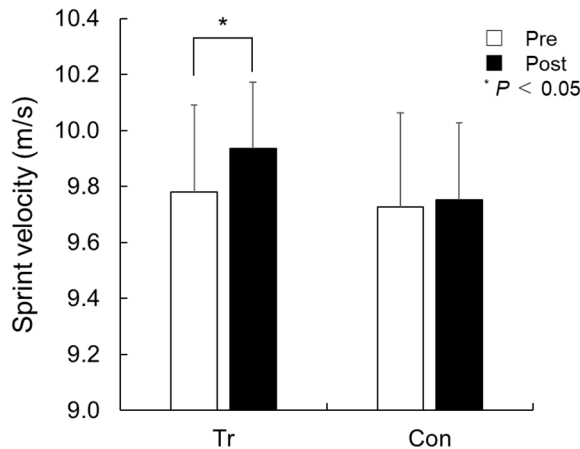


図 2. トレーニング前後の最高疾走速度の変化

以上の結果から, 本研究ではスプリント走において高い筋活動水準がみられる筋を特定し, その筋を強く刺激するトレーニング種目を明らかにし, そのトレーニングの実施によってスプリント能力を向上させることができた. 本研究の成果は, 科学的な知見に基づく効果的なトレーニングプログラムとして競技スポーツ現場に提案できると考えられる.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 吉本隆哉, 千葉佳裕, 大沼勇人
2. 発表標題 磁気共鳴画像法（MRI法）におけるT2強調画像を用いた スプリント走の筋活動水準の究明
3. 学会等名 日本陸上競技学会 第18回大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 吉本隆哉
2. 発表標題 スプリントトレーニング科学の最前線 「骨格筋バイオメカニクスの視点から」
3. 学会等名 日本スプリント学会 第31回学会大会（招待講演）
4. 発表年 2021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
研究協力者	千葉 佳裕  (Chiba Yoshihiro)		
研究協力者	大沼 勇人  (Ohnuma Hayato)		

6. 研究組織（つづき）

	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
研究協力者	谷中 拓哉  (Yanaka Takuya)		
研究協力者	杉崎 範英  (Sugisaki Norihide)		

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