

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 5 月 23 日現在

機関番号：12501

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2013

課題番号：24700667

研究課題名(和文) 疾走能力の個人差に関わる下肢・体幹筋の特定およびそのトレーニング方法に関する研究

研究課題名(英文) The key muscles for better sprint running performance and resistance training method for them

研究代表者

杉崎 範英 (SUGISAKI, Norihide)

千葉大学・環境健康フィールド科学センター・准教授

研究者番号：10508287

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,400,000円、(間接経費) 420,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、発達度が疾走パフォーマンスにおける個人差に關与する下肢筋を特定すること、およびその筋のトレーニング法を検討することを目的とした。下肢各筋群の筋体積を測定し、疾走タイムとの関係を検討したところ、相対的に大殿筋およびハムストリングが大きい選手ほど疾走タイムに優れることが明らかとなった。またスクワットトレーニングを行う場合、バーベルを用いた低速度で行う場合よりも、自体重のみによる全力での跳躍を行う方が、大殿筋の大きな活動を引き出すことができることが示された。

研究成果の概要(英文)：The present study aimed to determine the key muscles for better sprint running performance and the effective exercises for training the muscles. The results showed that the volumes of the gluteus maximus and hamstring muscles relative to the total lower limb muscle volume were significantly correlated to the sprint running performance. In a squat exercise, the greater activity of the gluteus maximus muscles was elicited when performed explosively without extra-load than at a steady-slow speed with barbell load. These results indicated that the gluteus maximus and hamstring muscles are the key muscles, i.e., to be trained, for better sprint running performance and that the explosive jumping exercise is better training than the steady speed barbell squatting exercise.

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：スポーツ科学 A

キーワード：スプリント走 筋体積 筋力トレーニング MRI 動作分析

1. 研究開始当初の背景

(1) 近年、磁気共鳴画像を用いて、発達度の違いが疾走パフォーマンスの個人差の要因となる筋を特定しようとする試みが行われている。しかしながら、疾走能力と関係するとされる筋は研究間で異なる。研究間の不一致の主な理由として、疾走距離が異なることや、測定対象に含まれる筋が一部の筋に限定され、かつ研究間で異なることが挙げられる。さらに、いずれの研究においても、疾走動作において重要と考えられる股関節伸展の主働筋である大臀筋を測定していないという大きな欠点が存在する。

(2) 一方、疾走パフォーマンスの個人差に関わる筋を特定したとしても、いかにしてその筋を鍛えるかという課題が残る。効果的なトレーニングを行うには、対象とする筋の活動を十分に引き出せる種目や条件を採用する必要がある。近年、磁気共鳴画像における T2 値変化を観察することで、筋力トレーニングにおける筋活動の部位差を定量的に評価することが可能となり、さらに T2 値変化の部位差が長期的なトレーニングにおける筋肥大の部位差と対応することが確認されている。しかし、疾走パフォーマンスにおいて重要な役割を果たすと考えられる筋に顕著な活動が得られる種目や実施条件について検討した報告はない。

2. 研究の目的

(1) 本研究は、疾走パフォーマンスにおける個人差に影響を及ぼす要因を、下肢・体幹筋の発達度合いにおける個人差という観点から検討した。先行研究における知見から、疾走パフォーマンスに優れる選手は、腸腰筋、大臀筋、ハムストリング、ヒラメ筋といった筋が顕著に発達しているという仮説を設定した。なお、対象とする疾走距離については、各疾走距離のパフォーマンス間に非常に強い相関が認められたことから、100m に限定して研究を行った。一方、下肢筋群の発達における差は、大腿部および下腿部のセグメント特性（質量、質量中心位置、慣性モーメント、回転半径）の差を生む可能性があることを考慮し、各セグメント特性と疾走パフォーマンスとの関連も検討に加えることとした。

(2) 疾走能力の個人差に関わる筋（群）に顕著な活動をもたらすために有効となる筋力トレーニング条件を検討することを目的として、スクワット運動を対象に、速度および重量の異なる実施条件間での下肢筋群の動員の差を調べた。

3. 研究の方法

(1) 下肢筋群の筋体積および下肢セグメント特性と疾走パフォーマンスとの関係

【被験者】

31 名の男子陸上短距離走選手 (19.9 ± 1.4

years, 173.5 ± 4.6 cm, 67.0 ± 4.9 kg, 100m 走タイム: 10.23-11.71 秒) を対象に実験を行った。

【磁気共鳴画像取得および筋体積とセグメント特性の算出】

磁気共鳴画像装置を用いて、被験者の第一腰椎から足関節までの連続横断画像を取得した。各スライス画像において、下肢の 12 筋群（腸腰筋、大臀筋、中臀筋、縫工筋、大腿筋膜張筋、大腿直筋、大腿広筋、内転筋群、ハムストリング、薄筋、腓腹筋、ヒラメ筋）の断面積を測定し、錐台モデルを用いて各筋体積を算出した。その後、各筋体積の下肢筋群の総体積に占める割合を算出した（筋体積相対値）。

また、各スライス画像において、骨、脂肪および筋の断面積を測定し、錐台モデルおよび先行研究において報告されている各組織の密度を用いて、大腿部および下腿部のセグメント特性（質量、質量中心位置、慣性モーメント、回転半径）を算出した。筋体積およびセグメント特性の値と 100m 走タイムとの関係をピアソンの積率相関係数を用いて検討した。

(2) スクワットにおける拳上条件が下肢筋群の動員に及ぼす影響

本研究においては、2 つの実験を行った。

- ・ 下肢関節出力における条件間差（実験 1）
- ・ 臀部および大腿部筋動員における条件間差（実験 2）

【被験者】

実験 1 には 10 名の男性 (age 28 ± 4 years, height 173 ± 5 cm, weight 69 ± 6 kg) が被験者として参加した。また、実験 2 には 8 名の男性 (age 24 ± 2 years, height 172 ± 8 cm, weight 69 ± 6 kg) が被験者として参加した。

【試行】

両実験において、被験者は、(1) 最大拳上重量のおよそ 60% の重量を用いたバーベルバックスクワット、および (2) 自重によるスクワットジャンプを行った。

【分析】

実験 1 では、高速度カメラおよび床反力計を用いて、被験者の動作および床反力データを取得し、逆動力学的手法によって両試行時の下肢 3 関節の機械的出力を算出した。また、実験 2 においては、試技の前後に磁気共鳴画像装置を用いて T2 強調画像を取得し (図 1)、各筋における T2 値を算出した後、筋動員の大きさを表す指標である %activated area を算出した。

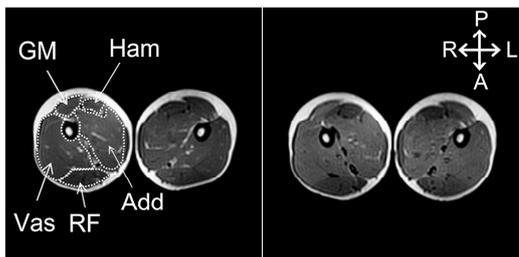


図1大腿部のT2強調画像の例
左:安静時, 右:スクワット運動後. GM:大臀筋, Ham:ハムストリング, Vas:大腿広筋, RF:大腿直筋, Add:内転筋群. P:背側, A:腹側, R:右側, L:左側. 動員があった部分が白く描出される(T2値が高いことを示す).

4. 研究成果

(1) 下肢筋群の筋体積および下肢セグメント特性と疾走パフォーマンスとの関係

相関分析の結果、体重に対する下肢筋群総体積と100m走タイムとの間に有意な相関関係は認められなかった($p > 0.05$)。一方、大殿筋およびハムストリングにおいて、筋体積相対値と100m走タイムとの間に有意な負の相関関係が認められた。また、大腿広筋において、筋体積相対値と100m走タイムとの間に有意な正の相関関係が認められた(以上、表1)。下肢、大腿、および下腿セグメントにおけるセグメント特性に関しては、いずれの値も100m走タイムとの間に有意な相関関係は認められなかった(表2)。

表1 筋体積相対値と100m走タイムとの関係

筋	筋体積相対値 (%総体積)	100-m タイムとの相関 r	p値
腸腰筋	6.79 ± 0.51	-0.038	0.838
中・小殿筋	6.24 ± 0.49	-0.184	0.321
大臀筋	15.06 ± 1.24	-0.418	0.019 *
縫工筋	2.21 ± 0.24	-0.004	0.981
大腿筋膜張筋	1.10 ± 0.20	0.203	0.273
大腿直筋	4.36 ± 0.50	0.240	0.193
大腿広筋	23.03 ± 1.42	0.445	0.012 *
内転筋群	14.04 ± 1.09	0.016	0.932
ハムストリング	12.93 ± 0.78	-0.422	0.018 *
薄筋	1.82 ± 0.37	-0.157	0.398
腓腹筋	5.85 ± 0.69	0.290	0.113
ヒラメ筋	6.56 ± 0.84	0.009	0.961

平均 ± 標準偏差. * $p < 0.05$.

表2. セグメント特性と100m走タイムとの関係

パラメータ	セグメント	平均 ± 標準偏差	100mタイムとの相関 r	p値
質量 (% 体重)	下肢	18.42 ± 0.60	-0.035	0.853
	大腿	13.98 ± 0.51	-0.111	0.553
	下腿	4.44 ± 0.27	0.133	0.476
質量中心位置 (% セグメント長)	下肢	38.98 ± 0.60	0.326	0.073
	大腿	47.42 ± 0.76	0.239	0.194
	下腿	39.36 ± 0.61	-0.300	0.101
慣性モーメント (体重 × 身長 ² × 10 ³ 比)	下肢	2.682 ± 0.190	-0.092	0.623
	大腿	0.720 ± 0.050	-0.097	0.604
	下腿	0.134 ± 0.015	-0.049	0.796
回転半径 (% セグメント長)	下肢	24.14 ± 0.31	-0.031	0.868
	大腿	24.51 ± 0.33	-0.096	0.606
	下腿	25.97 ± 0.35	-0.090	0.630

平均 ± 標準偏差.

これらの結果から、疾走パフォーマンスにとっては、総合的な筋の発達ではなく、局所的な筋の発達が重要であり、相対的に大きな大臀筋およびハムストリングを有することが疾走パフォーマンスにおいて重要である可能性が示唆された。その一方で、膝関節伸展筋の過度な肥大は疾走パフォーマンスにとってマイナスの要因となる可能性が示唆された。

(2) スクワットにおける拳上条件が下肢筋群の動員に及ぼす影響

足関節底屈トルクおよび膝関節伸展トルクについては、スクワットジャンプにおける値がバーベルバックスクワットにおける値よりも有意に大きな値であった。一方、股関節伸展トルクについては、最大値はスクワットジャンプにおいて有意に大きな値が観察されたものの、平均値には両試行間に有意な差は認められなかった(以上、表3)。

表3 関節トルクの比較

		BS	PSJ	d
足関節底屈	最大	78 ± 3	125 ± 8 *	1.87
	平均	48 ± 2	81 ± 6 *	1.70
膝関節伸展	最大	82 ± 3	186 ± 21 *	1.70
	平均	55 ± 2	76 ± 5 *	1.61
股関節伸展	最大	149 ± 5	272 ± 32 *	1.27
	平均	95 ± 4	97 ± 7	0.09

平均値 ± 標準偏差. BS:バーベルバックスクワット, PSJ: 自重でのスクワットジャンプ. * $p < 0.01$.

筋の動員度(% activated area)については、大臀筋および内転筋群において、スクワットジャンプがバーベルバックスクワットよりも有意に大きな値を示した。またハムストリングの% activated areaは、いずれの試行においても他の筋と比較して有意に小さな値であった(以上、表4)。

表4 筋動員度(% activated area)の比較

	BS	PSJ	d
大臀筋	50 ± 5	66 ± 7 *	0.92
大腿広筋	55 ± 8	64 ± 10	0.35
大腿直筋	36 ± 10	44 ± 7	0.23
内転筋群	40 ± 6	58 ± 7 *	1.11
ハムストリング	16 ± 2 †	13 ± 1 †	0.4

平均 ± 標準偏差. PSJ, スクワットジャンプ, BS, バーベルバックスクワット. * $PSJ > BS$ ($p < 0.05$). † ハムストリング < 大臀筋および内転筋群 ($p < 0.01$).

以上の結果から、スクワットジャンプにおいては、バックスクワットよりも大きな膝関節伸展筋力をバックスクワットと同等の大腿四頭筋の動員によって発揮している、バ

ックスクワットと同等の股関節トルクを、大臀筋および内転筋のより大きな動員によって発揮していることが示唆された。また、スクワット動作におけるハムストリングの動員は、実施条件によらず他の筋よりも小さい可能性が示唆された。

以上の結果は、動作に用いられる関節やその動きが外見上同様の動作であっても、負荷や速度によって各筋の動員が異なることを示すものであり、疾走パフォーマンスの個人差にその発達度が関わると考えられる大臀筋をスクワット運動によってトレーニングしようとする場合、より軽負荷で高速度の条件で行う方が好ましいことが示唆される。一方、スクワット運動はハムストリングのトレーニングにとっては有効ではなく、ハムストリングの動員を高めることができる他の種目の実施が不可欠であることが示唆された。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表](計 3件)

杉崎範英. 疾走能力と臀部および大腿部筋の発達度との関係. 千葉大学産学官連携イノベーションフォーラム～食と緑と健康を基盤とした研究シーズ～, 2013年11月, 千葉大学.

杉崎範英. 男子大学陸上短距離選手における100m走タイムと臀部および大腿部筋断面積との関係, 日本体育学会第64回大会, 2013年8月, 立命館大学.

杉崎範英、岡田純一. スクワットトレーニング動作における股関節伸展筋群の活動. 日本体育学会第63回大会. 2012年8月. 東海大学.

6. 研究組織

(1)研究代表者

杉崎 範英 (SUGISAKI, Norihide)

千葉大学・環境健康フィールド科学センタ

ー・准教授

研究者番号：10508287