

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 15 日現在

機関番号：17702

研究種目：若手研究(A)

研究期間：2013～2016

課題番号：25702038

研究課題名(和文)ウォームアップ効果の生理学的機序の解明と競技特性に合致したプロトコルの確立

研究課題名(英文)Physiological mechanisms for warm-up exercise on sports performance: implication for establishing effective warm-up programs to enhance muscle performance

研究代表者

宮本 直和 (MIYAMOTO, Naokazu)

鹿屋体育大学・スポーツ生命科学系・准教授

研究者番号：20420408

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 18,300,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、動的最大筋力・筋パワーを向上させるためのウォームアップ法を確立することを主目的とした。本研究の結果、瞬発的・爆発的筋力や筋パワーを要する運動パフォーマンスは、主動作の1～3分前に、主動作に近いフォームで主働筋を5秒程度活動させておくことによって向上することが示唆された。また、その効果は、主動作を日常的に行っているアスリートにおいても認められることが明らかとなった。

研究成果の概要(英文)：Pre-exercise warm-up is performed with the expectation that it will enhance the subsequent performance. However, little is known about how one should warm-up. Therefore, the present study aimed to establish proper warm-up programs to enhance voluntary dynamic/explosive performance. The findings obtained from the present experiments suggest that high-intensity, short-duration (~ 5 s) muscle contractions performed prior to the main action can be effective warm-up modality for dynamic/explosive performance even for athletes.

研究分野：トレーニング科学

キーワード：活動後増強 筋疲労 最大筋力 筋パワー

1. 研究開始当初の背景

アスリートやスポーツ愛好家は、競技前の準備運動(ウォームアップ)を習慣的にしている。ウォームアップ効果の生理学的機序として、教科書的には、ヘモグロビンやミオグロビンからの酸素乖離の促進、活動筋への血流量の増加、主運動前の安静時酸素摂取量の上昇、代謝性アシドーシス(pH低下)に伴う有酸素性代謝の亢進、などが挙げられる。しかしながら、これらの要因は、エネルギー代謝や循環の生理応答に関する基礎研究の知見から、スポーツにおけるウォームアップ効果を推察しているに過ぎない。

スポーツパフォーマンスに対するウォームアップ効果に関する研究は近年になってようやく行われ始めたが、機序を検討している研究のほぼ全ては、筋温や筋酸素動態あるいは酸素摂取量の一側面からのみの検討であり、スポーツパフォーマンスに多大な影響を与える“筋の力発揮能力”の変化、すなわち、ウォームアップ運動のマイナス効果である筋疲労については一切考慮されていない。

一方、酸素摂取量等を改善させるウォームアップはある程度の時間を要するが、高強度のみならず低～中強度であっても長時間の運動は筋の力発揮能力を低下させることが分かっている。ウォームアップ効果を筋疲労の観点からも検討している唯一の研究(Tomara & MacIntosh 2011)によると、国際レベルの自転車競技選手が日常的に行っているウォームアップ運動では、筋温や酸素摂取動態は適切とされるレベルに達するが、それと同時に大きな筋疲労が生じるのに対し、実験的に設定した短時間ウォームアップでは、筋温等は適切レベルに達しなかったが筋疲労の程度も小さく、主運動のパフォーマンスは従来法に比べ6%高くなる。この結果は、ウォームアップ効果に関しては、筋温や筋酸素動態による検討のみでは不十分であり、ウォームアップ効果は筋疲労も加味して検討する必要性があることを示唆している。

一方、筋には、筋収縮により筋疲労が生じるだけではなく、力発揮能力が一時的に向上(活動後増強)する性質も備わっている(図1)。すなわち、発揮される筋力は「活動後増強」と「筋疲労」のバランスによって決まり、筋疲労を抑えつつ活動後増強を最大限に活かすウォームアップを行うと、身体パフォーマンス、特に瞬発的な最大筋力・筋パワーを要する身体運動パフォーマンスが向上すると考えられる。

2. 研究の目的

本研究では、動的最大筋力・筋パワーを向上させるためのウォームアップ法を確立することを主目的とした。

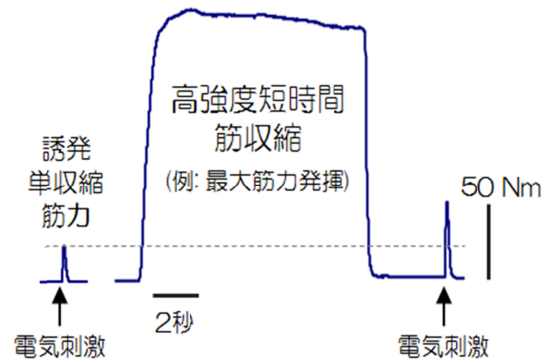


図1 筋の力発揮能力の一時的向上(活動後増強)の典型例

単収縮は同一強度の電気刺激によって誘発されているにも拘わらず、高強度短時間の筋収縮後に大きく増加することが見てとれる。

3. 研究の方法

(1) 実験1

被験者は13名の若年成人男性とした。3秒、5秒あるいは10秒の等尺性最大筋力発揮(maximal voluntary isometric contraction: MVIC)前および終了直後、1分後、3分後、5分後に、短縮性の最大膝関節伸展筋力を測定した。

(2) 実験2

12週間のレジスタンストレーニングを行った11名(トレーニング群)に対し、5秒間のMVIC前、終了直後、1分後、3分後、5分後に、短縮性の最大膝関節伸展筋力の測定を行った。また、レジスタンストレーニングを行わない10名(コントロール群)についても同様の測定を行った。

(3) 実験3: Fukutani JSCR2014(ジャンプ)

8名の大学ウェイトリフティング選手を対象に、中負荷でのスクワット(最終試技は最大挙上重量(1RM)の75%で3回)あるいは高負荷でのスクワット(最終試技は90%1RMで3回)前および終了1分後に、最大努力による反動付き垂直跳び(counter-movement jump: CMJ)跳躍高を計測した。

(4) 実験4

大学硬式野球選手23名を対象に、バッティングを行う前のウォームアップとして、通常のバットでの素振り、重りを付けたバット(加重バット)での素振り、バットスイング動作を模倣した5秒間の等尺性筋力発揮によるウォームアップを行わせた。各ウォームアップ前後に、ティーバッティングを5球行わせ、被験者の正面および側方に設置したハイスピードカメラから、バットスイングスピードおよびインパクト位置(ボールがバットに当たった位置)を算出した。

また、高強度・短時間ウォームアップに対する慣れの影響を考慮するために、被験者をトレーニング群およびコントロール群の2群

に分け、トレーニング群には通常の練習に加え、高強度・短時間のウォームアップ動作を8週間定期的に行わせた。8週間の介入後に、介入前と同じ測定を行い、ウォームアップ効果の程度を比較した。

4. 研究成果

(1) 実験 1

短縮性の最大膝関節伸筋筋力は、5秒間のMVIC終了1分後および3分後において有意に増加した。3秒間のMVICでは短縮性最大筋力に有意な変化は認められなかった。一方、10秒間のMVICでは、終了直後に短縮性最大筋力が有意に低下した。以上の結果から、短縮性最大筋力・筋パワーを向上させるには、1~3分前に5秒程度の最大筋力発揮を行うことが望ましいことが示唆された。

(2) 実験 2

レジスタンストレーニング前はトレーニング群およびコントロール群ともに、実験1の結果同様、5秒間のMVIC終了1分後および3分後に短縮性最大筋力が有意に増加した。12週間の介入期間後、コントロール群は同様の結果を示したが、トレーニング群は、5秒間のMVIC直後も短縮性最大筋力が有意に増加し、また、MVIC終了1分後の筋力増加の程度が、トレーニング前に比べ有意に高値を示した。以上の結果は、日常的にレジスタンストレーニングを行っている者は、高強度短時間筋力発揮時の疲労耐性が亢進しており、その結果、高強度短時間筋力発揮による短縮性最大筋力・筋パワーの向上がより顕著になることを示唆している。

(3) 実験 3

中負荷および高負荷でのスクワット後のCMJ跳躍高は、スクワット前に比べ有意に増加した。また、スクワット後の跳躍高は、高負荷条件が中負荷条件に比べ有意に高値を示した。この結果は、跳躍パフォーマンスを向上させるには、事前に中負荷以上のスクワットを行うことが好ましいが、高負荷でのスクワットによるウォームアップがより好ましいことを示している。

(4) 実験 4

トレーニング介入前、通常バット条件および高強度・短時間収縮条件ではバットスイングスピードに変化は見られなかった。一方、加重バット条件ではウォームアップ終了1球目および2球目にバットスイングスピードが有意に低下した。インパクト位置に有意な変化は認められなかった。8週間の介入後に同一の測定を行ったところ、トレーニング群の高強度・短時間収縮条件において、1~5球目のスイングスピードは有意に増加した。また、インパクト位置に有意な変化は認められなかった。

以上の結果をまとめると、瞬発的・爆発的筋力や筋パワーを要する運動パフォーマンスは、主動作の1~3分前に、主動作に近いフォームで主筋を5秒程度活動させておくことによって向上することを示唆している。また、その効果は、主動作を日常的に行っているアスリートにおいても認められ、仮に一度試して効果が認められなかったとしても、数週間そのウォームアップ動作を行い動作に慣れることによって、ウォームアップ効果が認められる可能性があることを示唆している。

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)

[雑誌論文](計8件)

Miyamoto N, Hirata K, Kanehisa H. Effects of hamstring stretching on passive muscle stiffness vary between hip flexion and knee extension maneuvers. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports* 27: 99-106, 2017. (査読有)
DOI: 10.1111/sms.12620.

Miyamoto N, Kawakami Y. No graduated pressure profile in compression stockings still reduces muscle fatigue. *International Journal of Sports Medicine* 36(3): 220-225, 2015. (査読有)
DOI: 10.1055/s-0034-1390495.

Miyamoto N, Kawakami Y. Effect of pressure intensity of compression short-tight on fatigue of thigh muscles. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 46(11):2168-2174, 2014. (査読有)
DOI: 10.1249/MSS.0000000000000330
Fukutani A, Takei S, Hirata K, Miyamoto N, Kanehisa H, Kawakami Y. Influence of the intensity of squat exercises on the subsequent jump performance. *Journal of Strength and Conditioning Research* 28(8): 2236-2243, 2014. (査読有)
DOI: 10.1519/JSC.0000000000000409.

Fukutani A, Hirata K, Miyamoto N, Kanehisa H, Yanai T, Kawakami Y. Effect of conditioning contraction intensity on postactivation potentiation is muscle dependent. *Journal of Electromyography and Kinesiology* 24(2): 240-245, 2014. (査読有)
DOI: 10.1016/j.jelekin.2014.01.002.
Fukutani A, Miyamoto N, Kanehisa H, Yanai T, Kawakami Y. Potentiation of isokinetic torque is velocity-dependent following an isometric conditioning contraction. *SpringerPlus* 2: 554, 2013. (査読有)

DOI: 10.1186/2193-1801-2-554.
Miyamoto N, Wakahara T, Ema R, Kawakami Y. Nonuniform muscle

oxygenation despite uniform neuromuscular activity within the vastus lateralis during fatiguing heavy resistance exercise. *Clinical Physiology and Functional Imaging* 33(6): 463-469, 2013. (査読有)
DOI: 10.1111/cpf.12054.

Miyamoto N, Wakahara T, Ema R, Kawakami Y. Further potentiation of dynamic muscle strength after resistance training. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 45(7): 1323-30, 2013. (査読有)
DOI: 10.1249/MSS.0b013e3182874c0e.

〔学会発表〕(計4件)

Higuchi T, **Miyamoto N**, Nagami T, Isaka T, Kanosue K. Bat swing speed of collegiate baseball batters with different muscular strength and grip position. 37th Annual NSCA Conference and Exhibition National Strength and Conditioning Association (Las Vegas, USA) 2014.7.9-12

宮本直和, 若原卓, 江間諒一, 川上泰雄. レジスタンス運動中の大腿四頭筋の神経筋活動および筋酸素動態の協働筋間差および同一筋内部位差. 第68回日本体力医学会大会 日本教育会館(東京都千代田区) 2013.9.21-23

宮本直和, 川上泰雄. 筋疲労軽減を目的とした弾性圧迫ストッキングに段階的着圧設計は有効か? 日本体育学会第64回大会 立命館大学びわこ・くさつキャンパス(滋賀県草津市) 2013.8.28-30

Miyamoto N, Kawakami Y. Effect of pressure intensity of graduated elastic compression tight on muscle fatigue during running. 18th annual Congress of European College of Sport Science (Barcelona, Spain) 2013.6.26-29

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

○出願状況(計0件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
出願年月日:
国内外の別:

○取得状況(計0件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:

取得年月日:
国内外の別:

〔その他〕
ホームページ
<http://people.nifs-k.ac.jp/mpl/>

6. 研究組織

(1)研究代表者

宮本 直和 (MIYAMOTO, Naokazu)
鹿屋体育大学・スポーツ生命科学系・准教授
研究者番号: 20420408

(2)研究分担者

()
研究者番号:

(3)連携研究者

()
研究者番号:

(4)研究協力者

平田 浩祐 (HIRATA, Kosuke)
鹿屋体育大学・特任研究員