

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年 5月 17日現在

機関番号：32689

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2010～2011

課題番号：22700629

研究課題名（和文） 動的随意筋力に対する筋電気刺激のウォーミングアップ効果

研究課題名（英文） Effects of neuromuscular electrical stimulation on dynamic muscular performance

研究代表者

宮本 直和（MIYAMOTO NAOKAZU）

早稲田大学・スポーツ科学学術院・助教

研究者番号：20420408

研究成果の概要（和文）：本研究は、力発揮能力を一時的に向上させるウォームアップ収縮としての筋電気刺激法について、最適な刺激パラメータを探索し、動的筋力に対するウォームアップ効果の有無を明らかにすることを目的とした。一連の実験の結果、高刺激周波数よりも低刺激周波数の方が、低強度よりも高強度の方が適しており、収縮時間は5秒程度が望ましいことが明らかとなった。これら最適な刺激パラメータを用いた筋電気刺激法は、一時的に動的筋力を増強させるウォームアップ法として有効であることが明らかとなった。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this study was to examine the effects of high-intensity, short-duration neuromuscular electrical stimulation as a warm-up procedure on the subsequent dynamic muscular performance (i.e., maximal voluntary concentric torque). A series of experiments demonstrated that muscle contraction of approximately 5 seconds, performed through maximal voluntary isometric contraction or neuromuscular electrical stimulation with proper stimulation protocol can be a modality to enhance dynamic muscular performance, with the latter having more immediate effect.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
23年度	700,000	210,000	910,000
22年度	1,000,000	300,000	1,300,000
年度			
年度			
年度			
総計	1,700,000	510,000	2,210,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：スポーツ科学

キーワード：ウォーミングアップ・筋電気刺激法・筋力

1. 研究開始当初の背景

スポーツ競技において高いパフォーマンスを発揮するためには、競技前のウォームアップが重要であることは周知の事実であり、実際、競技選手やスポーツ愛好家は、習慣的にウォームアップを行っている。ウォームア

ップは、呼吸・循環器系応答の促進や筋血流量の増大、組織温度の上昇などを狙いとすると同時に、筋疲労を最小限に抑えるために比較的長時間（数分～数十分）最大下の強度で行われることが多く、長距離走などの持久系種目を行う前にはそのようなウォームア

プが行われている。しかしながら、瞬発系競技のパフォーマンスを高めるためにはどのようなウォームアップを行えば良いのかについては一般的にはほとんど知られていない。近年の研究では、高強度短時間の筋収縮後にみられる「活動後増強効果」の役割が注目を浴び、ウォームアップとしての高強度短時間の筋収縮が瞬発系競技のパフォーマンスを向上させるか否かについて数多く検討がなされている。Baudry and Duchateau は、十分に統制された実験にて、動的筋力を発揮する前に6秒間の等尺性最大筋力を発揮することにより、動的筋力が10%も増強されることを報告している(Baudry and Duchateau 2007)。この知見は、短時間高強度の筋力発揮が、瞬発的な力発揮能力を一時的に高めるウォームアップ効果を有する可能性を示唆している。ただし、その研究報告における動的筋力の増強は、事前の筋活動終了1~4分後においてのみ現れ、ウォームアップ収縮終了直後は筋疲労の影響により動的筋力の増強効果が相殺されることを示唆している。したがって、ウォームアップ収縮時の筋疲労、特に中枢性疲労を最小限に抑えた高強度短時間のウォームアップ収縮を行うことができれば、その直後にも増強効果が現れ、また、ウォームアップ収縮終了数分後の増強効果もより大きくなる可能性が考えられる。

2. 研究の目的

本研究では、動的な発揮筋力に対する筋電気刺激法を用いた短時間のウォームアップ収縮の効果を検証することを目的とした。まず、筋の力発揮能力向上に適した筋電気刺激パラメータ(刺激周波数、刺激強度、収縮時間)を決定するための評価には単収縮力を用いた。その後、最適な刺激パラメータの筋電気刺激法を用い、動的最大筋力に対する効果検証を行った。

3. 研究の方法

実験1：最適な刺激パラメータの探索

対象は、健常成人男性13名の大腿四頭筋(膝関節伸展筋)とした。

(1) 刺激強度(収縮強度)の検討

大腿神経を経皮的に電気刺激することにより単収縮トルクを誘発した。その後、最大筋力の20%、40%、60%のトルクが生じる刺激強度にて筋電気刺激法によるウォームアップ収縮を行い、ウォームアップ収縮終了直後、1分後、3分後、5分後、10分後に誘発単収縮トルクを計測した。刺激周波数および刺激時間は、先行研究と比較するために80Hzおよび10秒とした。また、随意収縮によるウォームアップ効果と比較するために、筋電気刺激法と同収縮強度にて等尺性最

大筋力発揮のウォームアップ効果も算出した。

(2) 刺激周波数の検討

刺激周波数20Hz、40Hz、80Hzにて筋電気刺激法によるウォームアップ収縮を行い、ウォームアップ収縮終了直後、1分後、3分後、5分後、10分後に単収縮トルクを計測した。刺激強度は実験1-1の結果を踏まえ、最大筋力の40%および60%、刺激時間は実験1-1と同様10秒とした。また、随意収縮によるウォームアップ効果と比較するために、筋電気刺激法と同収縮強度および最大努力の等尺性最大筋力発揮によるウォームアップ効果も算出した。

(3) 刺激時間(収縮時間)の検討

刺激時間3秒、5秒、10秒にて筋電気刺激法によるウォームアップ収縮を行い、ウォームアップ収縮終了直後、1分後、3分後5分後に単収縮トルクを計測した。刺激強度は各被験者が強い痛みを感じない程度、刺激周波数は実験1-1および1-2の結果を踏まえ20Hzとした。また、随意収縮によるウォームアップ効果と比較するために、筋電気刺激法と同収縮時間(収縮強度は最大筋力の60%および100%)によるウォームアップ効果も算出した。

実験2：動的筋力に対する効果の検討

実験1において明らかになった、筋の力発揮能力の一指標である単収縮トルクを一時的に増強させるための最適な刺激パラメータを用いた筋電気刺激、あるいは5秒間の最大努力によるウォームアップ収縮を行い、ウォームアップ収縮終了直後、1分後、3分後、5分後に動的最大筋力を記録した。対象とした課題は、最大努力による等速性(210度/秒)膝関節伸展動作とした。

4. 研究成果

収縮強度が最大筋力の20%程度の場合、筋の力発揮能力を増強させるには誘発収縮の方が優れているが、収縮強度が中程度以上の場合、随意収縮の方が優れていることが明らかとなった(図1)。

刺激周波数が低い場合、高刺激周波数に比べ、随意収縮と同程度の増強を生じさせることができることが明らかとなった(図2)。

刺激時間が短い場合、ウォームアップ効果は小さいが、時間が長くなるにつれウォームアップ効果が大きくなるわけではなかった(図3)。

最適な刺激パラメータによる筋電気刺激法は動的筋力を一時的に高めるウォームアップ法として有効であることが明らかとなった(図4)。

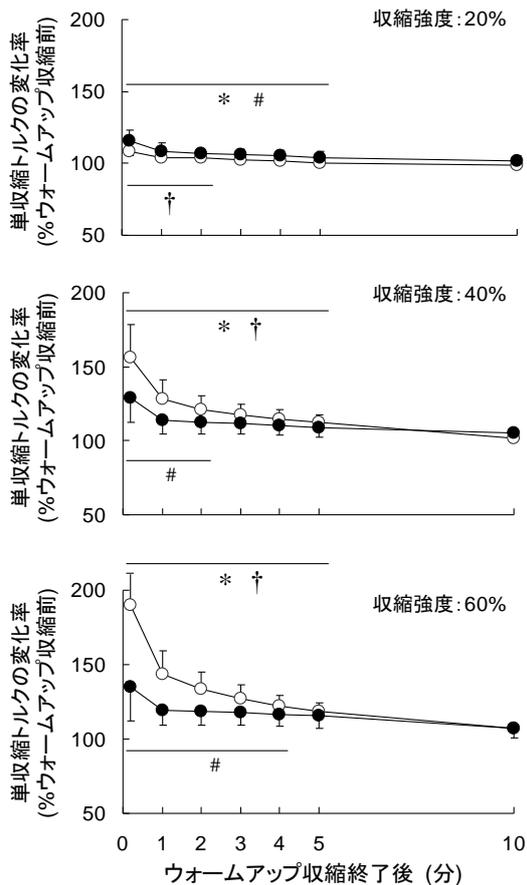


図1 筋電気刺激法のウォームアップ効果における収縮強度の影響
収縮強度が高くなるにつれ筋電気刺激法 (●) のウォームアップ効果は大きくなるが、同強度の随意収縮 (○) によるウォームアップ効果に比べ、その効果は劣る。

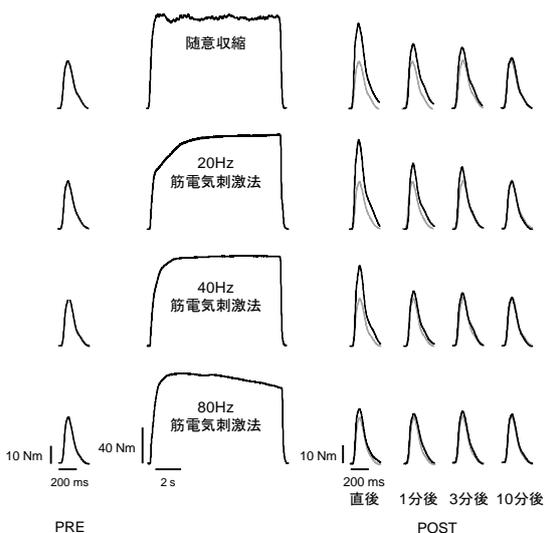


図2 筋電気刺激法のウォームアップ効果における刺激周波数の影響
刺激周波数が高くなるにつれウォームアップ効果は小さくなり、20Hz 刺激のウォームア

ップ効果は随意収縮によるウォームアップ効果と同程度である (グレー線の波形はウォームアップ収縮前の波形)。

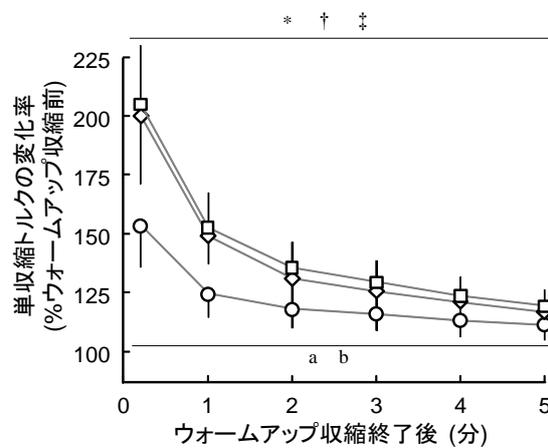


図3 筋電気刺激法のウォームアップ効果における収縮時間の影響
収縮強度が短い場合 (3 秒: ○) ウォームアップ効果は小さいが、5 秒 (◇) より長くなっても (10 秒: □) 顕著な増加は見られない。

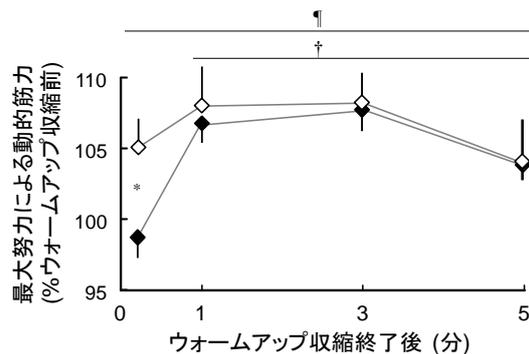


図4 動的筋力に対する筋電気刺激法のウォームアップ効果
筋電気刺激法 (◇) によるウォームアップ効果は、最大努力の随意収縮 (◆) によるウォームアップ効果と同程度かつ即時的なウォームアップ効果を有する。

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12件)

- ① Miyamoto N. Warm-up procedures to enhance dynamic muscular performance. Journal of Physical Fitness and Sports Medicine (受理済、印刷中) [査読有]
- ② Miyamoto N., Kanehisa H., Kawakami Y. Potentiation of maximal voluntary

- concentric torque in human quadriceps femoris. *Medicine and Science in Sports and Exercise* (受理済、印刷中) [査読有]
- ③ Fukutani A, Miyamoto N, Kanehisa H, Yanai T, Kawakami Y. Influence of the intensity of a conditioning contraction on the subsequent twitch torque and maximal voluntary concentric torque. *Journal of Electromyography and Kinesiology* (受理済、印刷中) [査読有]
- ④ Miyamoto N, Fukutani A, Yanai T, Kawakami Y. Twitch potentiation after voluntary contraction and neuromuscular electrical stimulation at various frequencies in human quadriceps femoris. *Muscle & Nerve* 45(1): 110-115, 2012. [査読有]
- ⑤ 福谷充輝, 宮本直和, 金久博昭, 矢内利政, 川上泰雄. 活動後増強を生じさせるためのコンディショニング収縮の時間が最大随意短縮性足関節底屈トルクに与える影響. *トレーニング科学* 23(1): 31-38, 2011. [査読有]
- ⑥ Miyamoto N, Yanai T, Kawakami Y. Twitch potentiation induced by stimulated and voluntary isometric contractions at various torque levels in human knee extensor muscles. *Muscle & Nerve* 43(3): 360-366, 2011. [査読有]
- ⑦ Miyamoto N, Kanehisa H, Fukunaga T, Kawakami Y. Effect of postactivation potentiation on the maximal voluntary isokinetic concentric torque in humans. *Journal of Strength and Conditioning Research* 25(1): 186-192, 2011. [査読有]
- ⑧ Miyamoto N, Mitsukawa N, Sugisaki N, Fukunaga T, Kawakami Y. Joint angle dependence of inter-muscle difference in postactivation potentiation. *Muscle & Nerve* 41(4): 519-523, 2010. [査読有]

[学会発表] (計 2 1 件)

- ① Fukutani A, Hirata K, Miyamoto N, Kanehisa H, Yanai T, Kawakami Y. Influence of the behavior of fascicle during twitch contraction on the extent of postactivation potentiation. The 6th International Sport Sciences Symposium on “Active Life”. (Tokyo, Japan) 2012.2.
- ② 宮本直和, 福谷充輝, 矢内利政, 川上泰雄. 筋の力発揮能力を一時的に高める方法としての筋電気刺激法の効果. 日本体育学会第 62 回大会 (鹿児島) 2011.9.

- ③ 福谷充輝, 江間諒一, 宮本直和, 金久博昭, 矢内利政, 川上泰雄. 膝関節角度が最大随意収縮中の腓腹筋の筋活動レベルに及ぼす影響—Postactivation potentiation を利用しての検証—. 日本体育学会第 62 回大会 (鹿児島) 2011.9.
- ④ Fukutani A, Miyamoto N, Kanehisa H, Yanai T, Kawakami Y. Difference of the activation level measured by twitch interpolation technique between plantar flexor and adductor pollicis muscles. The 5th International Sport Sciences Symposium on “Active Life”. (Tokyo, Japan) 2011.8.
- ⑤ Fukutani A, Miyamoto N, Kanehisa H, Yanai T, Kawakami Y. Velocity dependence of the increase in the maximal voluntary concentric torque following a preceding isometric contraction. XXIII Congress of International Society of Biomechanics. (Brussels, Belgium) 2011.7.
- ⑥ Fukutani A, Miyamoto N, Kanehisa H, Yanai T, Kawakami Y. Modification of the maximal voluntary concentric torque after a preceding contraction: A comparison between different muscle groups. The 4th International Sport Sciences Symposium on “Active Life”. (Tokyo, Japan) 2011.2.
- ⑦ Fukutani A, Miyamoto N, Kanehisa H, Yanai T, Kawakami Y. Influence of the angular velocity on the extent of increase in the maximal voluntary concentric torque. The 3rd International Sport Sciences Symposium on “Active Life”. (Tokyo, Japan) 2010.9.

6. 研究組織

(1)研究代表者

宮本 直和 (MIYAMOTO NAOKAZU)
早稲田大学・スポーツ科学学術院・講師
研究者番号：20420408

(2)研究分担者

()

研究者番号：

(3)連携研究者

川上 泰雄 (KAWAKAMI YASUO)
早稲田大学・スポーツ科学学術院・教授
研究者番号：60234027