

スタティックストレッチングによって生じる筋力低下とその回復時間

Influence of static stretching on muscle strength reduction and its recovery time to full strength

有吉晃平*1, 辰見康剛*2, 宮川俊平*3

キー・ワード：static stretching, muscular strength, recovery time
スタティックストレッチング, 筋力, 回復時間

〔要旨〕 本研究は、スタティックストレッチング(SS)によって生じる筋力低下について、回復に必要な安静時間を検証することを目的とした。対象は成人男性11名、SSは前腕屈筋群へ30秒間実施し、比較項目は握力とした。実験はSS後より1分から5分までの異なる安静時間の5条件と、SSを実施しない条件の計6条件を設けた。測定は、SS前、SS直後、割り振られた条件の安静時間後の3回実施し、統計的比較を行った。結果、SS直後ではSSを行なった全ての条件、安静時間後では1分において、SS前に比べ有意に低下した。このことから30秒間のSSによって生じた筋力低下が回復する安静時間は、おおよそ1~2分程度であることが示唆された。

緒 言

スタティックストレッチング(以下:static stretching:SS)は、反動をつけずにゆっくりと限界の可動域まで筋腱を伸ばし維持する方法で、可動域の獲得や柔軟性の改善効果が期待でき^{1,2)}、スポーツ現場においても多く実施されている³⁾。しかしながら、近年の研究では、SSの実施は最大筋力⁴⁻⁹⁾やパワー発揮¹⁰⁻¹²⁾の低下など、運動パフォーマンスにマイナスの影響を示唆する報告が多くなされている。そのため、高パフォーマンスが求められる運動前の実施程度の是非には、伸張時間やタイミングなど、様々な見解があり、議論の余地がある。

そこで本研究では、SSによって生じる筋力低下とその回復に必要な安静時間について着目した。SS後の筋力の経時的変化については、これまで図1のように、1人の被験者に対しSS後に一定の時

間ごとに筋力測定を繰り返す方法で報告されている^{4,5,7-10)}。これらにより筋力は、SS後に一過性の筋力低下を起こし、その後数分で元に戻ることが示唆されている。しかし、この方法は、個々の時間的変化の検証には優れるものの、時間の経過とともに測定に伴う強い筋活動を繰り返すため、測定回数が繰り返しかさむほど、それまでの測定が介入刺激となり、安静での回復時間の目安としては曖昧なものとなる。そのため、安静による回復時間については、筋力回復への経時的変化中に介入刺激を伴わずに安静を保ったプロトコルにて検証する必要がある。

そこで本研究では、SSによって生じる筋力低下とその回復について、安静による回復変化に焦点をあてたプロトコルを考案し、その回復に必要な安静時間について検証することを目的とした。

方 法

1. 対象

対象者は上肢に外傷・障害のない成人男性11名(年齢 23.2 ± 4.5 歳,身長 168.5 ± 5.7 cm,体重 69.1 ± 10.4 kg)とした。実験に先立ち、被験者には研究

*1 大阪体育大学体育学部

*2 九州共立大学スポーツ学部

*3 筑波大学体育系

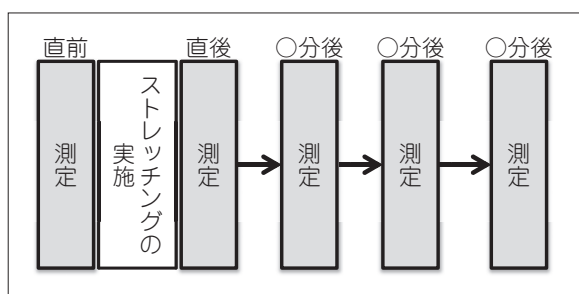


図1 経時的变化の検証に多く用いられている実験プロトコール

の目的及び内容について文書及び口頭にて説明し同意を得た。なお、本研究は九州共立大学倫理委員会の承認を受けて実施した（承認番号：2013-06）。

対象筋は前腕屈筋群とし、筋力の測定は全力での握力とした。

2. 実験手順

本研究では、SS後より1分から5分までの異なる安静時間の5条件 [1分（以下：1min群）、2分（以下：2min群）、3分（以下：3min群）、4分（以下：4min群）、5分（以下：5min群）]と、SSを実施しない条件（以下：NS群）の計6条件を設けた。

図2に本実験の手順を示す。はじめに被験者は、筋力の測定を行った(SS前)。次に肘関節伸展位、手関節伸展による前腕屈筋群のSSを30秒行い(図3)、SS後に再度測定を行った(SS直後)。SSは、アスレティックトレーナーの指導のもと、不快な痛みを伴わない範囲で伸張感の感じられる強度で、対象者自身で行った。その後、被験者は事前に割り振られた条件の時間、座位にて安静を保ち、再度測定を行った(1~5分後)。なおNS群では1回目の測定のうち、SSを実施せず30秒の安静を保ち、その後、測定を行った。

被験者は、無作為に振り分けられた条件順にて、6条件すべての実験を行った。なお、実験は1日1条件とし、各々一週間の間を設けた。

3. 測定項目

握力の測定は、握力計(TOEI LIGHT社製 握力計グリップDT-2177)を用いた。測定姿勢は、文部科学省の新体力テスト実施要領に基づいて行った。SS前と各安静時間後の測定では、各2回実施し高い方の値を採用した。SS直後の測定は、筋力発揮が介入刺激としてその後の測定に与

える影響を考慮し、1回のみとした。そのため、グリップが滑ったなど測定がうまくいかなかった場合は、実験を中止し、1週間以上開けた後、改めて実施した。

4. 統計解析

本研究で得られたデータは、平均値±標準偏差で示した。また、各条件ごとにSS前の測定値を100とした変化率を算出した。統計処理は、SPSS Statistics 23 (IBM社製)を用いた。各条件内の筋力の比較は、SSを実施した群では対応のある一元配置分散分析 (Bonferroni検定)、NS群では対応のあるt検定を用いて有意性を検定した。5%未満を統計学的「有意」とし、10%未満を「有意傾向」とした。

結果

表1は各群の筋力と変化率、図4は変化率をグラフで示したものである。1min群では、SS前 $48.2 \pm 6.9\text{kg}$ ($100 \pm 0\%$)に比べ、SS直後 $45.9 \pm 7.4\text{kg}$ ($95.2 \pm 4.3\%$)、SS1分後 $46.2 \pm 7.4\text{kg}$ ($95.7 \pm 3.2\%$)ともに有意に低い値を示した ($P < 0.05$)。2min群では、SS前 $49.3 \pm 8.7\text{kg}$ ($100 \pm 0\%$)とSS2分後 $48.6 \pm 8.3\text{kg}$ ($98.7 \pm 3.6\%$)に比べ、SS直後 $47.0 \pm 9.0\text{kg}$ ($95.2 \pm 2.8\%$)で有意に低い値を示した ($P < 0.05$)。3min群では、SS前 $47.9 \pm 7.2\text{kg}$ ($100 \pm 0\%$)に比べ、SS直後 $45.5 \pm 5.6\text{kg}$ ($95.3 \pm 4.8\%$)で有意に低い値を示し ($P < 0.05$)、SS3分後 $47.6 \pm 7.0\text{kg}$ ($99.6 \pm 4.3\%$)で有意傾向を示した ($P < 0.1$)。4min群では、SS前 $48.7 \pm 7.6\text{kg}$ ($100 \pm 0\%$)とSS4分後 $48.9 \pm 8.5\text{kg}$ ($100.1 \pm 5.3\%$)に比べ、SS直後 $44.7 \pm 7.4\text{kg}$ ($91.9 \pm 7.6\%$)で有意に低い値を示した ($P < 0.05$)。5min群では、SS前 $48.3 \pm 8.6\text{kg}$ ($100 \pm 0\%$)とSS5分後 $48.1 \pm 9.1\text{kg}$ ($99.4 \pm 3.3\%$)に比べ、SS直後 $46.6 \pm 8.5\text{kg}$ ($96.3 \pm 2.9\%$)で有意に低い値を示した ($P < 0.05$)。NS群では有意な差は示されなかった。

考察

SSにおける柔軟性の改善効果の獲得には、一般的に20~30秒の持続時間が推奨されている^{1,2,13,14}。本研究は、前腕屈筋群を対象に30秒間のSSが筋力に与える影響とその回復時間について、SS後より1分から5分までの異なる安静時間を設けた5つの群及びNS群に分け検証を行った。その結果、筋力は、SSを実施した全ての群で、

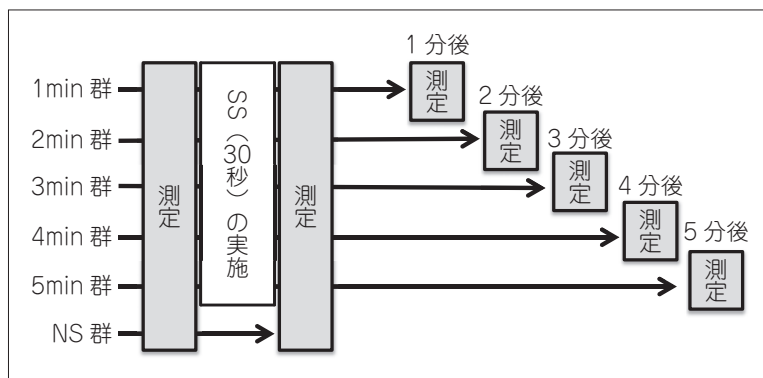


図2 本実験プロトコール



図3 SS実施姿勢

SS直後に有意に低下した。また筋力低下は1分間の安静時間では回復しなかった。2分以上の安静時間の条件ではSS直後に比べ有意または有意傾向に回復をし、かついずれもSS前との比較にて有意差はみられなかった。以上のことから、30秒間のSSは、一過性の筋力低下を引き起こし、その筋力低下はおおよそ1~2分程の安静時間で元の水準まで回復する可能性が示唆された。

SS直後の筋力の低下は、これまでも多くの研究で確認されている。これらの先行研究をSSの持続時間別に分類し評論した報告^{15,16)}では、概ね30秒から1分以上の持続時間において、運動パフォーマンスの低下を引き起こす可能性を示唆している。筋力低下の要因としては、筋や腱の長さや弾性の変化による力学的要因や筋紡錘の感度の低下などの神経生理学的要因が考えられている^{17,18)}。しかし、各実施部位によっても報告は異な

る。筋力低下をもたらすSSの持続時間について先行研究では、大腿四頭筋では30秒以上⁴⁾、ハムストリングスでは20秒⁵⁾のSSでの筋力低下が報告されており、下腿三頭筋では45秒でも筋力低下はなかった¹⁹⁾と報告されている。これらについては、腱の硬さ、羽状筋や紡錘状筋など構造的特徴、筋線維、筋血流量の違いなどが考えられるが、いまだ明らかになっていない。各実施部位別の特徴については、今後、検証が必要である。前腕屈筋群を対象とした報告では、Knudsonら⁶⁾は20~40秒のSSで握力の低下を示唆しており、本研究の結果はそれを支持する結果となった。

次に本研究において30秒間のSSによって生じた筋力低下は、概ね1~2分の安静時間で回復することが示唆された。SSによって生じた筋力低下とその後の変化についてはこれまでもいくつか報告されている。Ryanら⁷⁾は、2分間のSS後に10分間隔で測定(直後、10分、20分、30分)した結果、筋力は直後に低下し、その後10分で元に戻った。木本ら⁸⁾は、30秒×3setsのSS後に5分間隔で測定(直後、5分、10分、15分後)した結果、筋力は直後有意に減少し、その後5分で元に戻ったとしている。その他にも、このような一定の間隔で繰り返し測定する方法による研究は報告されており^{9,10,20)}、対象部位や実施時間より程度の違いはあるものの、SSによる筋力低下は、数分間持続する一過性のものであることが明らかとなっている。しかし、前項でも述べたように、これらの繰り返し測定を行う方法は、個々の時間的変化の検証には優れるものの、各測定に伴う筋活動が安静を阻害するため、安静による回復時間を正確に検証するものではない。本研究は、それらを考慮し、安静による回復時間に焦点をあてた方法にて実施

表 1 各条件における SS 前後の筋力と変化率

		SS 前	SS 直後	SS 後の安静時間				
				1分	2分	3分	4分	5分
1min 群	握力値 (kg) (変化率 (%))	48.2±6.9 (100.0±0)	45.9±7.4* (95.2±4.3)	46.2±7.4* (95.7±3.2)				
2min 群	握力値 (kg) (変化率 (%))	49.3±8.7 (100.0±0)	47.0±9.0* (95.2±2.8)		48.6±8.3 § (98.7±3.6)			
3min 群	握力値 (kg) (変化率 (%))	47.9±7.2 (100.0±0)	45.5±5.6* (95.3±4.8)			47.6±7.0 † (99.6±4.3)		
4min 群	握力値 (kg) (変化率 (%))	48.7±7.6 (100.0±0)	44.7±7.4* (91.9±7.6)				48.9±8.5 § (100.1±5.3)	
5min 群	握力値 (kg) (変化率 (%))	48.3±8.6 (100.0±0)	46.6±8.5* (96.3±2.9)					48.1±9.1 § (99.4±3.3)
NS 群	握力値 (kg) (変化率 (%))	46.5±8.6 (100.0±0)	46.3±8.0 (99.7±4.5)					

変化率は各々の群の SS 前を 100% とする。

* p<0.05 vsSS 前

§ p<0.05 vsSS 直後

† p<0.1 vsSS 直後

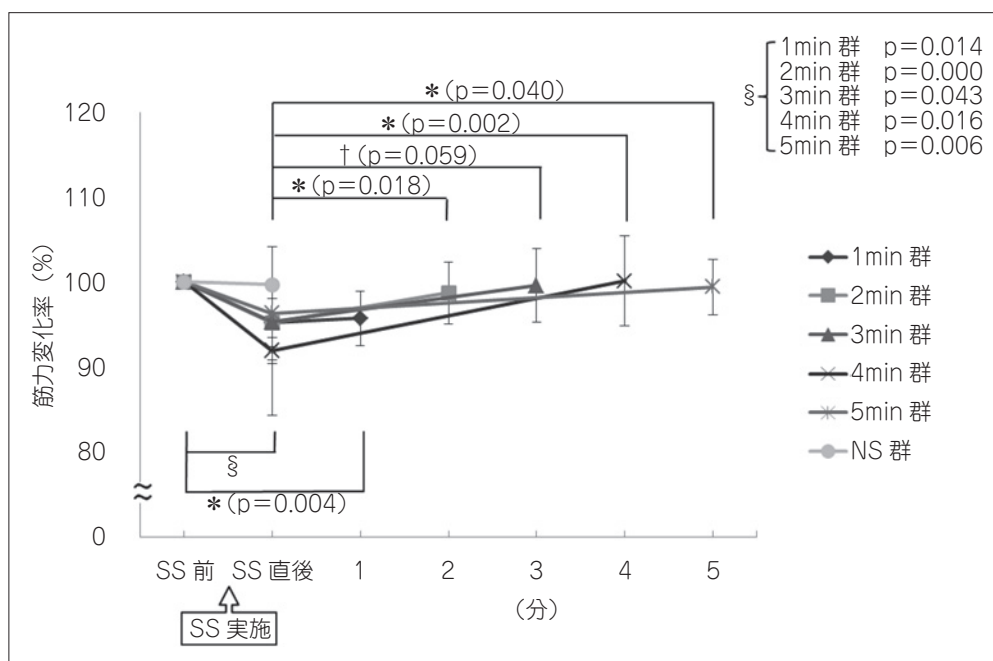


図 4 各条件における SS 前後の筋力変化率

しており、より確かな回復時間として新たな見解であることが推察される。

最後に臨床的応用と今後の課題である。運動前に筋力低下が生じることは、決して望まれることではない。しかし、SSは柔軟性を獲得する方法として有効であり、SSの特性を理解することは、よりよいウォーミングアッププログラムを作成する

うえでも重要である。本研究は、その回復過程の生理学的メカニズムについて明らかにするものではないが、本研究で得られた回復までの時間は、運動前のウォーミングアップにSSを取り入れる際、どのタイミングで実施するか判断するうえでの有益な情報の一つとなると考えられる。一方で、本研究で検証した筋力は、運動パフォーマンスに

関与する数ある要素のうちの一要因に過ぎない。前途でも述べたように、SSによる筋の反応は、実施部位や実施時間、疲労の有無など、様々な条件により異なることが考えられ、今後、さらなる検証が必要である。

■ まとめ

本研究は、前腕屈筋群を対象に30秒のスタティックストレッチング(SS)によって起きる筋力低下からの回復について、安静による回復変化に焦点をあて考案したプロトコルを用いて、その回復に必要な安静時間について検証することを目的とした。

・SSを実施した全ての群において、SS後筋力は有意に低下した。

・SSによって生じた筋力低下は、概ね1~2分の安静時間で回復することが示唆された。

これらは、運動前のウォーミングアップにSSを取り入れる際、どのタイミングで実施するか判断するうえで、有益な情報の一つとなる。

文 献

- 1) 日本体育協会：公認アスレティックトレーナー専門科目テキスト6 予防とコンディショニング。文光堂，178-182, 2007.
- 2) Thomas, Rほか：ストレンクス&コンディショニング第3版。ブックハウスHD，325-337, 2010.
- 3) 山口太一，石井好二郎：ストレッチングの科学。北海道スポーツ医科学雑誌 10: 27-36, 2005.
- 4) Siatras, TA, Mittas, VP et al.: The duration of the inhibitory effects with static stretching on quadriceps peak torque production. J Strength Cond Res 22(1): 40-46, 2008.
- 5) Matsuo, S, Suzuki, S et al.: Acute effects of different stretching durations on passive torque, mobility, and isometric muscle force. J Strength Cond Res 27(12): 3367-3376, 2013.
- 6) Knudson, D, Noffal, G: Time course of stretch-induced isometric strength deficits. Eur J Appl Physiol 94(3): 348-351, 2005.
- 7) Ryan, ED, Beck, TW et al.: Do practical durations of stretching alter muscle strength? A dose-response study. Med Sci Sports Exerc 40(8): 1529-1537, 2008.
- 8) 木元裕介，進藤伸一：ハムストリングスに対するスタティックストレッチングが筋力と関節可動域に与える影響の時間的変化。秋田大学大学院医学系研究科保健学専攻紀要 19(2): 127-133, 2011.
- 9) Mizuno, T, Matsumoto, M et al.: Stretching-induced deficit of maximal isometric torque is restored within 10 minutes. J Strength Cond Res 28(1): 147-153, 2014.
- 10) Kruse, NT, Barr, MW et al.: Using a practical approach for determining the most effective stretching strategy in female college division I volleyball players. J Strength Cond Res 27(11): 3060-3067, 2013.
- 11) Cramer, JT, Housh, TJ et al.: Acute effects of static stretching on peak torque in women. J Strength Cond Res 18(2): 236-241, 2004.
- 12) Paradisis, GP, Pappas, PT et al.: Effects of static and dynamic stretching on sprint and jump performance in boys and girls. J Strength Cond Res 28(1): 154-160, 2014.
- 13) Bandy, WD, Irion, JM et al.: The effect of time and frequency of static stretching on flexibility of the hamstring muscles. Phys Ther 77(10): 1090-1096, 1997.
- 14) Bandy, WD, Irion, JM: The effect of time on static stretch on the flexibility of the hamstring muscles. Phys Ther 74(9): 845-850, 1994.
- 15) Simic, L, Sarabon, N et al.: Does pre-exercise static stretching inhibit maximal muscular performance? A meta-analytical review. Scand J Med Sci Sports 23(2): 131-148, 2013.
- 16) Kay, AD, Blazevich, AJ: Effect of acute static stretch on maximal muscle performance: a systematic review. Med Sci Sports Exerc 44(1): 154-164, 2012.
- 17) Mike, S et al.: Stretching: Acute and Chronic? The Potential Consequences. Strength & Conditioning Journal 15(7): 26-33, 2006.
- 18) 日本トレーニング指導者協会：トレーニング指導者テキスト 実践編。大修館書店，82-84, 2009.
- 19) Cannavan, D, Coleman, DR et al.: Lack of effect of moderate-duration static stretching on plantar flexor force production and series compliance. Clin Biomech 27(3): 306-312, 2012.
- 20) Ryan, ED, Beck, TW et al.: The time course of musculotendinous stiffness responses following differ-

Influence of static stretching on muscle strength reduction and its recovery time to full strength

Ariyoshi, K.^{*1}, Tatsumi, Y.^{*2}, Miyakawa, S.^{*3}

^{*1} Osaka University of Health and Sport Sciences

^{*2} Faculty of Sport Science, Kyushu Kyoritsu University

^{*3} Faculty of Health and Sport Sciences, University of Tsukuba

Key words: static stretching, muscular strength, recovery time

[Abstract] The purpose of this study was to examine the influence of static stretching on muscle strength reduction and its recovery time to full strength using maximum muscle strength testing. Healthy volunteers (11 men: 23.2 ± 4.5 y, 168.5 ± 5.7 cm, 69.1 ± 10.4 kg) came to the laboratory once a week for 6 weeks to measure their maximum hand grip strength pre-stretching, post-stretching, and at six different time periods. The different time periods were: 1) 1 minute after stretching (1 min); 2) 2 minutes after stretching (2 min); 3) 3 minutes after stretching (3 min); 4) 4 minutes after stretching (4 min); 5) 5 minutes after stretching (5 min); and 6) no stretching (NS). After the maximum hand grip measurement was completed pre-stretching, the static flexor muscle of the forearm was stretched for 30 s. Percentile maximum hand grip strength (% HGS), basing on pre stretching maximum hand grip strength as 100%, was calculated post-stretching and for the six different time periods.

Results: Compared to the % HGS pre-stretching ($100 \pm 0.0\%$), % HGS post-stretching was significantly lower at all time points ($95.2 \pm 4.3\%$, $95.2 \pm 2.8\%$, $95.3 \pm 4.8\%$, $91.9 \pm 7.6\%$, and $96.3 \pm 2.9\%$ at 1, 2, 3, 4, and 5 min, respectively) ($P < 0.05$). Compared to the % HGS pre-stretching, only the % HGS at 1 min ($95.7 \pm 3.2\%$) was significantly lower ($P < 0.05$). No other significant differences were observed in any of comparisons between the % HGS pre-stretching and the 2 min ($98.7 \pm 3.6\%$), 3 min ($99.6 \pm 4.3\%$), 4 min ($100.1 \pm 5.3\%$), or 5 min ($99.4 \pm 3.3\%$) time periods. Conclusions: Maximum muscle strength was decreased for 1 minute after static stretching was performed; however, the muscle strength recovered after 2 minutes.