8秒間の静的ストレッチングで大腿直筋の 柔軟性が向上し筋力は維持される

Eight Seconds of Static Stretching Increases Flexibility and Maintains the Strength of the Rectus Femoris

鎌田 哲彰^{1,2)} 岡田 恭司¹⁾ 若狭 正彦¹⁾ 斉藤 明¹⁾ 木元 稔¹⁾

TETSUAKI KAMADA, RPT^{1,2)}, KYOJI OKADA, MD¹⁾, MASAHICO WAKASA, RPT¹⁾,
AKIRA SAITO, RPT¹⁾, MINORU KIMOTO, RPT¹⁾

¹⁾ Department of Physical Therapy, Graduate School of Health Science, Akita University: 1-1-1 Hondo, Akita-shi, Akita 010-8543,
Japan TEL +81 18-884-6504 E-mail: tk.346kmd@gmail.com

²⁾ Department of Rehabilitation, JA Akita Kouseiren, Akita Kousei Medical Center

Rigakuryoho Kagaku 31(6): 811-814, 2016. Submitted May 9, 2016. Accepted Jul. 8, 2016.

ABSTRACT: [Purpose] To clarify the effects of short-duration static stretching on the strength and flexibility of the rectus femoris muscle. [Subjects and Methods] Thirty healthy young individuals who exercised less than two days per week participated in this study. The right legs of all the subjects were examined. Heel-buttock distance in the prone position, strain ratio measured by ultrasound elastography of the rectus femoris, and knee extension isometric strength were measured before and after 2, 4, 6, 8, 10, and 30 sec of static stretching. [Results] Heel-buttock distance was reduced after all of the stretching times. The strain ratio improved after 8, 10, and 30 sec stretching, and isometric strength decreased after 10 and 30 sec stretching. [Conclusion] These results indicate that muscle strength was preserved after 8 sec of static stretching and flexibility was improved.

Key words: static stretching, flexibility, muscle strength

要旨:〔目的〕短時間の静的ストレッチング（以下、SS）が大腿直筋の柔軟性と筋力に及ぼす効果について検討すること。〔対象と方法〕運動習慣が週2日以内の健康若年者30名の右下肢を対象とした。伸張時間を2、4、6、8、10、30秒でSSを行い、それぞれの前後で、踵殿距離、大腿直筋のエラストグラフィによる歪み比と等尺性膝伸展筋力を算出した。〔結果〕踵殿距離は2秒～30秒すべてのSS後に、大腿直筋の歪み比は8秒以上のSS後に有意な低下が見られた。筋力は8秒間まではSS後の変化がなく、10秒以上で有意な低下が見られた。〔結語〕8秒間のSSでは、大腿直筋の筋力が維持され、柔軟性が向上するのにに対し、10秒以降では柔軟性が向上し、筋力は低下することが示唆された。

キーワード: 静的ストレッチング, 柔軟性, 筋力

¹⁾ 秋田大学大学院 医学系研究科 保健学専攻 理学療法学講座: 秋田県秋田市本道一丁目1-1 (〒010-8543)
TEL 018-884-6504

²⁾ JA秋田厚生連 秋田厚生医療センター リハビリテーション科

I. はじめに

ストレッチングはリハビリテーションにおいて実施頻度が高い運動療法手技の一つである。静的ストレッチング (static stretching: 以下, SS) は簡単に実施でき, その適応範囲は, ウォーミングアップやクーリングダウン, 関節可動域の維持・改善, 疼痛の軽減, 痙縮の抑制, 筋バランスの改善, 傷害予防など多岐にわたる¹⁾。その一方で, SS 施行後に筋力²⁻⁴⁾やジャンプ力⁵⁾などが低下するなど, 筋パフォーマンスの面で不利な点も報告されている。これらの報告では1つの筋群に対し30秒, もしくはそれ以上の伸張時間でSSを施行しており, 30秒以下の短時間の伸張時間に関する報告は少ない^{6,7)}。SSの筋パフォーマンスに対する即時的効果に関するシステマティックレビューでも, 60秒以上のSSはパフォーマンスを損なうと結論しているが, 30秒未満の伸張時間に関しては更なる検討が必要としている⁸⁾。短時間のSSにより, 柔軟性が向上して障害の予防につながり, さらに筋力の低下が生じなければウォーミングアップとして有用な手技になると考えられる。そこで本研究では短時間のSSの伸張時間を詳細に設定し, 伸張時間の相違が柔軟性や筋力に及ぼす効果について検討した。

II. 対象と方法

1. 対象

健康若年者のうち, 下肢に整形外科的疾患の既往がなく, 運動習慣が週に2日以内の30名を対象とした。30名中男性は10名, 女性は20名で, 平均年齢は 21.0 ± 1.1 歳, 平均BMIは $20.7 \pm 2.5 \text{ kg/m}^2$ であった。被験肢は右下肢とし, 大腿直筋を対象とした。対象者には本研究の趣旨を口頭で説明し, 書面による同意を得た。また, 対象者には研究仮説の情報は与えなかった。

2. 方法

被験者を腹臥位とし体幹および臀部をベルトで固定してSSを行った。SSの方法としては, 股関節中間位から, 抵抗が生じる状態, あるいは踵部が臀部に接するまで膝関節を他動的に屈曲し, 次いで他動的に股関節を伸展させた。下肢の固定は徒手的に行い, 固定する検査者上肢を検査台上に乗せ, 固定し伸長強度が一定となるよう心掛けた。伸長強度は「大腿前面に痛みを感じない最大伸長位」⁹⁾を至適強度とし, 至適強度に達したと感じた時点で被験者に申告させ, その時点をSSの開始時間とした。

伸張時間は2秒, 4秒, 6秒, 8秒, 10秒, 30秒の6条件で行った。SS後の筋力は5分後に, 関節可動域と筋硬度は10分後にSS前の値に戻るといわれている^{3,9,10)}ため, それぞれのSS施行間には15分以上の休息を設けた。各秒数のSS施行前と直後に下記のように柔軟性

と筋力を測定した。全対象で6条件の施行手順はランダムに割り当て施行した。

柔軟性の評価には自動運動による踵殿距離と, 柔軟性と相関があるとされる筋硬度^{11,12)}を指標として用いた。筋硬度の測定は, 超音波画像診断装置 (Hi Vision Avius, 日立アロカメディカル社製) のReal-time Tissue Elastography (以下, エラストグラフィ) を用いて歪み比を測定した。測定は3回行い, それらの測定値の平均値を採用した。被験者の測定時肢位は背臥位とし, 測定部位は上前腸骨棘と膝蓋骨上縁を結んだ線の中点とした。大腿直筋側の計測ROI (region of interest) はHi Vision Aviusの操作マニュアルを基に, モニターに描画された大腿直筋全体をできるだけ大きく選択できるように設定した。音響カプラー側の計測ROIは縦幅をカプラー全体にとり, 横幅は大腿直筋を選択しているROIの横幅に合わせて設定した。エラストグラフィでは生体に微小な圧迫を加えた際の対象部位と音響カプラーとの歪み比が求められる¹³⁾。歪み比は音響カプラーの硬さを基準として対象の硬さを客観的に評価できる指標であり, 硬いほど歪み比は高値を示し, 低いほど低値を示す。描画する際は一定の圧迫を加えることを心掛け, 測定の再現性を検者内信頼性で検討した。

伸展筋力の測定には, ハンドヘルドダイナモメーター (μ Tas F-100, アニマ社製) を使用し, センサーパッドを下腿遠位端の外果と内果を結んだ位置にベルトで固定し, 膝90°屈曲位の端座位で両上肢は体幹前方で組ませ, 3秒間の最大努力による等尺性膝関節伸展運動を3回繰り返し行わせ, その最大値から筋力体重比 ($\text{N/kg} \times 100$) を算出した。

踵殿距離, 筋硬度 (エラストグラフィによる歪み比), 筋力のうち, SSの前後で有意な変化が見られた場合には, SS前後の差を前値で除して, これらのパラメーターの変化率を求めた。

統計処理は統計ソフト (SPSS Statistics22, 日本IBM社製) を使用し, SS施行前の各測定項目における条件間の差を一元配置分散分析で比較した。また, SS実施前後の各測定項目の差は対応のあるt検定を用いて検定し, 各項目の変化率は一元配置分散分析により比較した。いずれも有意水準は5%未満とした。

III. 結果

健康若年者10人の大腿直筋を対象に筋硬度を計測した。1度につき3回の撮像を行い, その3回の値の平均値から級内相関係数を算出した。級内相関係数はICC (1,3) = 0.95であった。

各測定項目におけるSS施行前の数値において条件間で有意差は認められなかった。

踵殿距離は2秒から30秒まですべてのSS前後で有

表1 静的ストレッチ (SS) の伸張時間別の測定値

	踵殿距離 (cm)		筋硬度 (%)	
	SS 前	SS 後	SS 前	SS 後
2 秒	14.8 ± 5.6	13.9 ± 5.5*	44.2 ± 23.8	44.3 ± 24.8
4 秒	14.8 ± 5.6	13.9 ± 6.2*	44.9 ± 31.7	40.6 ± 21.0
6 秒	14.8 ± 6.4	12.8 ± 6.6*	45.2 ± 23.8	41.3 ± 23.0
8 秒	15.0 ± 6.1	12.7 ± 7.3*	40.5 ± 20.1	34.6 ± 13.6*
10 秒	14.7 ± 5.9	12.5 ± 6.7*	47.6 ± 26.6	41.1 ± 20.2*
30 秒	15.2 ± 5.5	12.4 ± 6.9*	47.7 ± 30.1	40.5 ± 22.0*

平均値 ± 標準偏差. *: p<0.05.

表2 静的ストレッチ (SS) の伸張時間別の筋力体重比

	SS 前 (%)	SS 後 (%)
2 秒	52.9 ± 18.7	53.0 ± 18.6
4 秒	52.6 ± 19.1	53.0 ± 17.1
6 秒	50.6 ± 16.7	51.0 ± 17.8
8 秒	50.6 ± 17.7	49.6 ± 17.1
10 秒	51.4 ± 17.9	47.6 ± 15.8**
30 秒	53.6 ± 19.0	47.3 ± 16.9**

平均値 ± 標準偏差. **: p<0.01.

意に減少していた。筋硬度は 8, 10, 30 秒の SS 施行後に、SS 前と比較して有意に低下していた (表 1)。

SS 前後の筋力体重比は 2 秒から 8 秒までの伸張時間では変化が認められなかったが、10 秒以上の伸張時間後には、SS 前と比較して有意に低下していた (表 2)。

SS 前後で有意な変化が認められた場合の変化率を表 3 にまとめた。踵殿距離の SS 前後の変化率は SS が 2 秒、4 秒の短い伸張時間の場合に比べ、8 秒、10 秒、30 秒の場合が有意に高値であった。筋硬度の変化率は、8 秒、10 秒、30 秒の 3 条件間で有意差は認められなかった。筋力の変化率は 10 秒間の SS 後に比べ、30 秒間の SS 後の変化率が有意に大きかった。

IV. 考 察

短時間の SS が大腿直筋の柔軟性と筋力に及ぼす影響を明らかにするため、運動習慣が週 2 日以内の健常若年者 30 名の右下肢を対象とし、伸張時間 2, 4, 6, 8, 10, 30 秒で大腿直筋に対する SS を行い、それぞれの前後で踵殿距離、筋硬度、等尺性膝伸筋力を比較検討した。その結果、踵殿距離は 2 秒以上の SS 後に有意に減少し、筋硬度は 8 秒以上の SS 後に有意に減少し、筋力は 8 秒間の SS 後までは変化がなく、10 秒以上の SS 後に有意に低下していた。

踵殿距離は若年者における大腿四頭筋、特に大腿直筋の柔軟性の指標として広く用いられている¹⁴⁾。本研究の SS 手技では踵殿距離は 2 秒から 30 秒まですべての SS 後に有意に減少していた。一般的に SS の柔軟性に対する効果は伸張時間に依存する¹⁵⁾とされているが、伸張時間が 8 秒から 30 秒での変化率は、より短い伸張時間での変化率に比べ有意に大きかった。もう一つの柔軟性の指標とした筋硬度でも伸張時間が 8 秒から変化が認められたが、8 秒、10 秒、30 秒の各条件間における歪み比の変化率には差が認められなかった。このことから本 SS 手技において、SS 開始 8 秒後から筋実質の硬度の変化が生じたと推察される。筋硬度は柔軟性と相関があると言われており^{11,12)}、SS 開始 8 秒後からは筋実

表3 静的ストレッチ (SS) の伸張時間別の変化率

	踵殿距離 (%)	筋硬度 (%)	筋力体重比 (%)
2 秒	-6.4 [#]		
4 秒	-5.7 [#]		
6 秒	-13		
8 秒	-15.5**	-14.5	
10 秒	-15**	-13.7	-7.3 [#]
30 秒	-18.3**	-13.2	-11.8**

** : p<0.05 (vs.#).

質の柔軟性が増加したと考えられ、SS 開始 8 秒から 30 秒まではその効果は同等であると考えられる。一方、筋実質の硬度に影響がなかった 6 秒以下の踵殿距離の減少には筋硬度以外の要素、例えば筋周囲組織の柔軟性の変化が関与していたと考えられる。

谷澤らが 6 秒と 30 秒の SS 前後で膝屈伸筋力 (等尺性・等速性収縮) と柔軟性の変化を検討した結果⁹⁾、6 秒間では柔軟性及び等尺性筋力に変化はなく、30 秒間では柔軟性が改善し筋力は低下したと報告している。Matsuo らは 20 秒、60 秒、180 秒、300 秒の SS 前後で筋力と柔軟性の変化を検討しており⁷⁾、すべての条件で柔軟性が向上する一方で、筋力は低下することを報告している。本研究はこれらの結果と類似した結果を示し、8 秒間の SS で筋周囲組織のみならず筋自体の柔軟性が向上し、伸張時間が 10 秒になると等尺性収縮筋力が低下することを明らかにした。以上のことから、臨床場面やスポーツ場面において、ウォーミングアップとして大腿直筋における SS を実施する際には、筋力を維持しつつ筋組織の柔軟性を獲得できる 8 秒間の伸張時間が望ましいと考えられる。ただしこの結果は本 SS 手技における伸長強度に限局され、対象者も運動習慣のない若年者に限定したものである。そのため伸長強度の異なる場合や運動習慣がある若年者や高齢者に対して同様な効果が得られるか否かは不明である。また、筋組織とその周囲組織における柔軟性の変化の検討も含め、今後の課題と思われる。

以上から本研究では、最大伸長位到達から8秒間のSSにより大腿直筋自体の柔軟性が向上し、かつ8秒間のSSで等尺性膝伸展筋力が維持されるが、10秒以降では等尺性膝伸展筋力は低下する、と結論した。本研究の結果はSSの即時効果に関して、一定の見解が得られていない短時間のSSによる柔軟性と筋パフォーマンスに対する効果の検討を進める一助となると思われる。

引用文献

- 1) 森山英樹, 増子 潤, 金村尚彦・他: 運動器疾患に対するストレッチングの効果—システムティックレビューとメタアナリシスによる検討—. 理学療法学, 2011, 38(1): 1-9.
- 2) Fowles JR, Sale DG, MacDougall JD: Reduced strength after passive stretch of the human plantarflexors. *J Appl Physiol*, 2000, 89(3): 1179-1188.
- 3) Ryan ED, Beck TW, Herda TJ, et al.: Do practical durations of stretching alter muscle strength? A dose-response study. *Med Sci Sports Exerc*, 2008, 40(8): 1529-1537.
- 4) Herda TJ, Costa PB, Walter AA, et al.: Effects of two modes of static stretching on muscle strength and stiffness. *Med Sci Sports Exerc*, 2011, 43(9): 1777-1784.
- 5) 濱田桂佑, 佐々木誠: 静的ストレッチングがジャンプ能力に及ぼす効果—生理学面ならびに機能面からの検討—. 理学療法科学, 2008, 23(3): 463-467.
- 6) 谷澤 真, 飛永敬志, 伊藤俊一: 短時間の静的ストレッチングが柔軟性および筋出力に及ぼす影響. 理学療法—臨床・研究・教育, 2014, 21(1): 51-55.
- 7) Matsuo S, Suzuki S, Iwata M, et al.: Acute effects of different stretching durations on passive torque, mobility, and isometric muscle force. *J Strength Cond Res*, 2013, 27(12): 3367-3376.
- 8) Kay AD, Blazevich AJ: Effect of acute static stretch on maximal muscle performance: A systematic review. *Med Sci Sports Exerc*, 2012, 44(1): 154-164.
- 9) 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. 秋田大学医学部保健学専攻紀要, 2011, 19(2): 127-133.
- 10) Mizuno T, Matsumoto M, Umemura Y: Decrements in stiffness are restored within 10 min. *Int J Sports Med*, 2013, 34(6): 484-490.
- 11) 中村雅俊, 池添冬芽, 武野陽平: 筋硬度計で測定した筋のスティフネスと受動的トルクおよび筋の伸張量の関連性. 理学療法学, 2013, 40(3): 193-199.
- 12) Nakamura M, Ikezoe T, Kobayashi T, et al.: Acute effects of static stretching on muscle hardness of the medial gastrocnemius muscle belly in humans: An ultrasonic shear-wave elastography study. *Ultrasound Med Biol*, 2014, 40(9): 1991-1997.
- 13) Niitsu M, Michizaki A, Endo A, et al.: Muscle hardness measurement by using ultrasound elastography: A feasibility study. *Acta Radiol*, 2011, 52(1): 99-105.
- 14) 遠藤康裕, 中澤理恵, 坂本雅昭: 中学生野球選手における股関節可動域, 下肢筋柔軟性の特徴. 日本臨床スポーツ医学会誌, 2013, 21(1): 20-26.
- 15) Ryan ED, Beck TW, Herda TJ, et al.: The time course of musculotendinous stiffness responses following different durations of passive stretching. *J Orthop Sports Phys Ther*, 2008, 38(10): 632-639.