

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 10 日現在

機関番号：33918

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2014～2015

課題番号：26750288

研究課題名(和文)ウォームアップに最適なストレッチング方法の確立

研究課題名(英文)Establishment of an optimum stretching method as a warm-up exercise

研究代表者

松尾 真吾 (MATSUO, Shingo)

日本福祉大学・健康科学部・助教

研究者番号：30725700

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,900,000円

研究成果の概要(和文)：本研究課題では、スタティック・ストレッチング(SST)またはダイナミック・ストレッチング(DST)の単独施行および併用施行が関節可動域、最大動的トルク、stiffness、等尺性筋力に及ぼす影響を検討した。対象は健康男性7名の右膝屈筋群とした。SSTおよびDSTは30秒を1セットとし、単独施行の場合は一方のみを10セット、併用施行の場合はSSTおよびDSTを各5セットずつ行った。結果、どの介入方法においても、介入後に関節可動域および最大動的トルクの増加、stiffnessおよび等尺性筋力の低下が生じた。一方で、介入後の各評価指標の変化の程度は、介入方法の違いによる差を認めなかった。

研究成果の概要(英文)：Effects of static, dynamic, and static plus dynamic stretching on flexibility and isometric muscle force were investigated. Seven young men undertook a total of 300-s static, dynamic, and combined stretching of right-knee flexors on separate days in random order. Range of motion and passive stiffness during knee extension, passive torque at pain onset, and isometric knee-flexion force were measured before, immediately after, 20 min, and 60 min after stretching. All stretching methods increased range of motion and passive torque at pain onset, and decreased passive stiffness and isometric knee-flexion force immediately after stretching. Magnitudes of change in all measurements between stretching methods were not different. These results suggest that a total of 300-s stretching increases flexibility and decreases isometric muscle force regardless of the stretching method used.

研究分野：リハビリテーション科学，スポーツ科学

キーワード：ウォームアップ スタティック・ストレッチング ダイナミック・ストレッチング 関節可動域 stiffness 等尺性筋力

1. 研究開始当初の背景

今日、本邦では平均寿命の延伸に伴い、健康寿命の延伸が重要な課題となっている。厚生労働省は、健康寿命の延伸を目的とした政策として 2013 年度より「健康日本 21 (第二次)」を推進しており、習慣的な運動・スポーツを推奨している。そのため、老若男女問わず健康増進への関心が高まり、スポーツ人口は増加しているが、その一方でスポーツ中の怪我の発生が大きな問題となっている。その原因として、スポーツ前のウォームアップが、主に対象者または指導者の経験則に基づいて行われていることが挙げられる。スポーツによる怪我は、不活動などを招き、逆に健康寿命を減少させる恐れがあるため、科学的根拠に基づいた適切なウォームアップ方法の確立は喫緊の課題である。

柔軟性を高め、スポーツ中の怪我のリスクを抑えるためのウォームアップ方法のひとつとして、スタティック・ストレッチング(以下、SST)が広く用いられている。SST は、関節を一定角度で保持するストレッチング方法であり、SST 後の関節可動域(以下、ROM)の改善および stiffness (筋の硬さ)の低下といった効果とともに、SST 後に筋力低下が生じることが明らかとなっている(Matsuo S, et al., J Strength Cond Res, 2013)。また、スポーツ中の怪我の発生要因として、ROM の低下(Witvrouw E, et al., Am J Sports Med, 2003)や stiffness の増加(Watsford ML, et al., Am J Sports Med, 2010)が挙げられており、SST はスポーツ中に発生する怪我の予防に有効であると考えられる一方で、スポーツ分野において、SST 後に生じる筋力や運動パフォーマンスの低下が問題視されており、近年ではウォームアップには SST は適さないとの指摘がされている(Behm DG, et al. Eur J Appl Physiol. 2007)。

これに対し、近年はウォームアップ方法としてダイナミック・ストレッチング(以下、DST)が注目されている。DST は、対象となる筋群の拮抗筋群を意識的に収縮させることで対象筋の伸張を行うストレッチング方法であり、施行後に筋力およびパフォーマンスが向上することが報告されている(Yamaguchi T, et al., J Strength Cond Res, 2005)。また、SST と同様に DST 実施後に ROM の改善ならびに stiffness の低下が生じることが報告されている(Herda TJ, et al., J Sports Sci, 2013)、その一方で、DST 後の ROM の増加は、SST よりも小さいとの報告もなされている(Paradisis GP, et al., J Strength Cond Res, 2013)。

これらのストレッチングの効果をより向上させるために、SST と DST を組み合わせる方法が考案されている。これらのストレッチングを組み合わせることで、ストレッチング後に生じるパフォーマンスの低下を抑制し、かつ ROM を改善したとの報告が散見されつつある(Amiri-Khorasani M, et

al., J Sports Med Phys Fitness, 2013)。しかしながら、それぞれのストレッチングを単独または併用施行し、ROM、伸張に対する痛み閾値である stretch tolerance を反映するとされている最大動的トルク、stiffness、筋力を用いて包括的にそれらの効果を比較・検討し、かつそれらの効果の持続時間を検討した報告は未だなされていない。

本研究課題の結果は、SST と DST を併用施行することで、ストレッチング後の ROM の改善および stiffness の低下を維持したまま、筋力低下を抑制することができるストレッチング方法を考案するための基礎的データとなると考えられる。そのため、本研究課題は、スポーツ前に実施する最適なウォームアップ方法を、科学的根拠に基づいて提唱するための一助となると考えられ、健康増進を目的にスポーツを行っている者からトップアスリートまで、幅広い層に対する有益な情報となりうる。これらのことから、本研究課題は、スポーツ科学分野の発展に大きく寄与できるものとする。

2. 研究の目的

本研究課題によって、SST および DST の併用が、ストレッチング後の ROM の改善および stiffness の低下を維持したまま、筋力低下を抑制できることを明らかにできれば、スポーツ前の最適なウォームアップ方法として SST と DST の併用を推奨することができる。そこで、本研究課題では、SST または DST をそれぞれ単独で施行、およびそれらを併用施行した際に柔軟性および筋力に与える影響を検証することを目的とした。

3. 研究の方法

(1) 対象

本研究課題では、事前に実験目的および実験内容を説明し、書面による同意が得られた健康男子大学生 7 名(平均年齢 22.7 ± 1.5 歳、平均身長 169.7 ± 6.7 cm、平均体重 63.1 ± 10.5 kg、平均 BMI 21.9 ± 2.9 kg/m²)を対象とした。除外基準は、明らかなる下肢関節拘縮がある者、腰部または下肢関節を手術したことがある者、下肢に感覚障害などの神経学的所見がある者、後述の拳上座位から膝関節を完全伸展できる者、競技レベルのスポーツを行っている者、日常的な運動習慣がある者とした。

(2) 研究デザイン、実験プロトコル

研究デザインにはランダム化クロスオーバー試験を用いた。本研究課題では SST のみを実施(以下、S 群)、DST のみを実施(以下、D 群)、SST 後に DST を実施(以下、SD 群)、DST 後に SST を実施(以下、DS 群)という 4 種類の介入を行った。なお、被験者は上記 4 種類の介入をランダムな順序で、かつ各介入間に 24 時間以上の間隔を設けて実施した。また、各評価指標について、実験を行う時間

帯による差が生じないように、各実験は同じ時間帯に行った。

評価指標は、膝関節伸展可動域（以下、膝伸展 ROM）、最大動的トルク、膝関節他動伸展時の stiffness、最大等尺性膝屈曲筋力とした。全ての評価指標は、ストレッチング直前、ストレッチング直後、20 分後、60 分後に測定した。得られた測定データについて、ストレッチング後の各評価指標の変化を各ストレッチング方法間で比較することで、SST または DST をそれぞれ単独で施行、およびそれらを併用施行した際に柔軟性および筋力に与える影響を検証した。

なお、実験を開始する 1 日以上前に、後述のストレッチング方法ならびに全ての評価指標の測定に慣れさせるための練習日を設け、全ての被験者はこれに参加した。

(3) ストレッチング方法

本研究では、SST および DST とともに対象筋を右ハムストリングスとした。

SST は、立位にて右踵部を 50cm の台に乗せ、右膝関節を伸展位で保持したまま右股関節を屈曲することで実施した (Murphy JR, et al., Appl Physiol Nutr Metab, 2010)。なお、SST 実施中は、股関節の回旋や体幹の屈曲が生じないように注意した。また、SST は右ハムストリングスに痛みが生じる直前の強度で実施し、30 秒を 1 セットとした。

DST は、左手で平行棒を把持した立位姿勢を開始肢位とし、開始肢位から膝関節伸展位で右股関節を最大屈曲させた後に元の開始肢位に戻すまでの自動運動とした。これを 2 秒に 1 回の頻度で実施した。DST は 15 回 (30 秒) を 1 セットとし、最初の 5 回はゆっくり正確に、残りの 10 回は出来る限り速く力強く、反動が生じないように行った (Yamaguchi T, et al., J Strength Cond Res, 2005)。なお、S 群では SST のみを 10 セット、D 群では DST のみを 10 セット実施した。加えて、SD 群では SST を 5 セット実施した後に DST を 5 セット、DS 群では DST を 5 セット実施した後に SST を 5 セット実施し、全ての群においてストレッチングの総実施セット数が 10 セット (合計 300 秒) となるよう設定した。また、各ストレッチングのセット間には 20 秒のインターバルを設けた。

(4) 測定項目

拳上座位

本研究課題では、各評価指標の測定のために、先行研究と同様の拳上座位を用いた (Matsuo S, et al., Eur J Appl Physiol, 2015)。測定用シートは座面前方を最大まで上げ、バックレストに楔型クッションを挟むことで、座面とバックレスト間の角度を約 60° に調整した。被験者の固定は胸部、下腹部、右大腿部をベルトを用いて行った。機器の設定は被験者の膝関節軸に機器の回転軸を一致させた後、下腿アタッチメント下端を

内果上端に合わせ、ベルトで固定した。なお、拳上座位での被験者の股関節は平均 $109.3 \pm 1.4^\circ$ 屈曲位、膝関節は平均 $112.0 \pm 1.2^\circ$ 屈曲位であった。この姿勢にて、等速性運動機器 (Primus RS, BTE Technologies, Hanover, MD, USA) を用い、以下の各評価指標の測定を行った。

膝伸展 ROM、最大動的トルク、stiffness

膝伸展 ROM、最大動的トルクおよび stiffness は、等速性運動機器を用いて測定した。等速性運動機器からのトルクおよび角度の信号は、後の解析のために A/D 変換器 (Powerlab 8/35, ADInstruments, NSW, Australia) を通じて PC に保存された。被験者は上述の拳上座位をとり、この姿勢から膝関節最大伸展位 (痛みが出る直前) まで 5° / 秒の角速度で他動的に膝関節を伸展させることでトルク 角度曲線を測定し、得られたトルク 角度曲線より膝伸展 ROM、最大動的トルクおよび stiffness を算出した。本研究課題では、膝伸展 ROM は拳上座位 (0°) からの膝関節最大伸展角度と定義し、最大動的トルクは膝関節最大伸展角度でのトルクと定義した (Matsuo S, et al., Eur J Appl Physiol, 2015)。Stiffness は先行研究と同様に、得られたトルク 角度曲線の回帰直線を最小二乗法を用いて求め、その傾きを stiffness と定義した (Matsuo S, et al., Eur J Appl Physiol, 2015)。なお、Stiffness は、ストレッチング前後で同じ膝関節角度範囲で算出し、その値を比較した。また、Stiffness を算出する膝関節伸展角度範囲は、実験を行う同一日内で測定される膝伸展 ROM のうち最小のものを 100% とし、その 50% から 100% 膝伸展 ROM までとした。

最大等尺性膝屈曲筋力

最大等尺性膝屈曲筋力は、等速性運動機器を用いて、上述の拳上座位にて測定を行った。被験者は拳上座位にて膝関節屈曲最大等尺性収縮を 3 秒間行い、これを 45 秒間隔で 3 回行った (Matsuo S, et al., Eur J Appl Physiol, 2015)。検者は被験者が最大等尺性収縮を行っている間、常に声かけを行った。得られたデータについて、等尺性膝屈曲筋力測定中のトルクの最大値を最大等尺性膝屈曲筋力と定義し、3 回の平均値を測定値とした。

(5) 倫理的配慮

本研究課題は、日本福祉大学「人を対象とする研究」に関する倫理審査委員会の承認を得て行った。また、実験開始前に被験者に対して研究趣旨、本研究課題に参加した場合に予測される利益と不利益、倫理的配慮、自由意志の尊重と同意後の撤回の自由、個人情報保護について書面および口頭にて説明し、書面にて同意が得られた者にも対して実験を行った。

4. 研究成果

(1) 膝伸展 ROM

全ての群において、ストレッチング後に膝伸展 ROM は増加し、その効果はストレッチング 60 分後まで持続した。一方、ストレッチング後の膝伸展 ROM の増加の程度は、ストレッチング方法の違いによる差を認めなかった。

(2) 最大動的トルク

全ての群において、ストレッチング後に最大動的トルクは増加し、その効果はストレッチング 60 分後まで持続した。一方、ストレッチング後の最大動的トルクの増加の程度は、ストレッチング方法の違いによる差を認めなかった。

(3) stiffness

全ての群において、ストレッチング後に stiffness は低下した。その効果は DS 群ではストレッチング 20 分後まで持続したが、その他の群ではストレッチング 20 分後までにストレッチング前の値まで戻っていた。一方、ストレッチング後の stiffness の低下の程度は、ストレッチング方法の違いによる差を認めなかった。

(4) 最大等尺性膝屈曲筋力

全ての群において、ストレッチング後に最大等尺性膝屈曲筋力は増加し、その効果はストレッチング 60 分後まで持続した。一方、ストレッチング後の最大等尺性膝屈曲筋力の低下の程度は、ストレッチング方法の違いによる差を認めなかった。

以上の結果をまとめると、本研究課題では SST または DST をそれぞれ単独で施行、およびそれらを併用施行した際に柔軟性および筋力に与える影響を検証した。その結果、どのストレッチング方法においても、介入直後に膝伸展 ROM および最大動的トルクは増加し、stiffness および最大等尺性膝屈曲筋力は低下した。また、介入後の各評価指標の変化の程度は、ストレッチング方法の違いによる差を認めなかった。したがって、本研究課題で用いたストレッチング実施条件では、ストレッチング方法の違いに関わらず、ストレッチング後には柔軟性の向上および筋力の低下が生じる可能性が示唆された。しかしながら、ストレッチング実施条件（実施時間、実施強度、実施セット数、他）の違いがその後のストレッチング効果に影響を与えることが近年明らかにされつつある。そこで、今後は本研究課題で得られた結果を参考に、各ストレッチングの実施条件について更なる検討を行うことで、ウォームアップとして最適なストレッチング方法を科学的根拠に基づいて確立し、スポーツ分野の発展に貢献したい。

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 3 件)

Hayashi K, Arai YC, Ikemoto T, Nishihara M, Suzuki S, Hirakawa T, Matsuo S, Kobayashi M, Haruta M, Kawabata Y, Togo H, Noguchi T, Hase T, Hatano G, Ushida T. Predictive factors for the outcome of multidisciplinary treatments in chronic low back pain at the first multidisciplinary pain center of Japan. J Phys Ther Sci 27(9): 2901-2905, 2015. (査読有)

DOI: 10.1589/jpts.27.2901

Matsuo S, Suzuki S, Iwata M, Hatano G, Nosaka K. Changes in force and stiffness after static stretching of eccentrically-damaged hamstrings. Eur J Appl Physiol 115(5): 981-991, 2015. (査読有)

DOI: 10.1007/s00421-014-3079-3

〔学会発表〕(計 9 件)

山本彩乃, 松尾真吾, 宮崎 学, 深谷泰山, 土田和可子, 鈴木重行, 岩田全広. ダイナミック・ストレッチングが柔軟性に及ぼす即時効果と効果持続時間について. 第 70 回日本体力医学会大会 2015 年 9 月 19 日, 和歌山県民文化会館, ホテルアバローム紀の国 (和歌山県和歌山市)

山本彩乃, 松尾真吾, 宮崎 学, 深谷泰山, 土田和可子, 鈴木重行, 岩田全広. ハムストリングスの柔軟性に対するダイナミック・ストレッチングの急性効果. 第 50 回日本理学療法学術大会, 2015 年 6 月 7 日, 東京国際フォーラム (東京都千代田区)

深谷泰山, 鈴木重行, 宮崎 学, 岩田全広, 松尾真吾, 浅井友詞, 波多野元貴. 静的ストレッチングにおける伸張角度の再設定が柔軟性に及ぼす影響. 第 50 回日本理学療法学術大会, 2015 年 6 月 7 日, 東京国際フォーラム (東京都千代田区)

宮崎 学, 鈴木重行, 深谷泰山, 岩田全広, 松尾真吾, 浅井友詞, 波多野元貴. プレコンディショニングとしての温熱刺激が高強度スタティック・ストレッチングに与える影響について. 第 50 回日本理学療法学術大会, 2015 年 6 月 7 日, 東京国際フォーラム (東京都千代田区)

松尾真吾, 宮崎 学, 山本彩乃, 波多野元貴, 土田和可子, 浅井友詞, 岩田全広, 鈴木重行. ストレッチング後の柔軟性指標の変化はストレッチング方法によって異なる. 第 19 回日本体力医学会東海地方会学術集会 2015 年 3 月 7 日, 名古屋大学 野依記念学術交流館 (愛知県名古屋市)

宮崎 学, 鈴木重行, 深谷泰山, 岩田全広, 松尾真吾, 浅井友詞, 波多野元貴.

ハムストリングスの柔軟性に対するホットパックの即時的効果と効果持続時間について 第 24 回愛知県理学療法学会大会，2015 年 3 月 1 日，名古屋国際会議場（愛知県名古屋市）

河井広大，松尾真吾，波多野元貴，浅井友詞，鈴木重行，岩田全広．高強度の静的ストレッチング後に行う筋収縮は最大発揮筋力の低下を抑制できるか？．第 69 回日本体力医学会大会，2014 年 9 月 19 日，長崎大学文教キャンパス（長崎県長崎市）

〔図書〕（計 1 件）

内山 靖 編（鈴木重行，松尾真吾）．実践的な Q&A によるエビデンスに基づく理学療法 第 2 版 評価と治療指標を総まとめ（第 3 章（障害編）7 疼痛）．医歯薬出版，2015 年 463（430-439）

6．研究組織

(1) 研究代表者

松尾 真吾（MATSUO, Shingo）

日本福祉大学・健康科学部・助教

研究者番号：30725700