

令和 2 年 6 月 25 日現在

機関番号：15401

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K01672

研究課題名(和文) 筋収縮反応と筋疲労後の回復時間を改善させる新たなストレッチング方法の確立

研究課題名(英文) Establish new stretching method to improve muscle contraction reaction and recovery time after muscle fatigue

研究代表者

前田 慶明(MAEDA, NORIAKI)

広島大学・医系科学研究科(保)・講師

研究者番号：10536783

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、筋収縮反応と筋厚・羽状角、足関節最大底屈トルクの変化を、Static Stretching(SS)とCyclic Stretching(CS)を4週間継続した際の運動負荷後の反応を測定し、スポーツ活動前後に適したストレッチング方法や外傷予防につながる新たなストレッチング方法を構築することを目的とした。本研究の結果よりCSの長期介入では、筋収縮反応の指標であるDmとVcがともに向上する傾向がみられ、筋収縮速度の向上に効果がある可能性が示された。CSは筋収縮速度の向上にも寄与する可能性があり、瞬発系のスポーツパフォーマンス向上という観点からもその臨床的意義は高いものと考えられる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

Cyclic Stretching(CS)は筋パワーやパフォーマンスを向上させる効果を示していることは周知であるが、筋収縮速度の向上にも寄与する可能性があり、瞬発系のスポーツパフォーマンス向上という観点からもその臨床的意義は高いものと考えられる。

今後、CSの特徴を踏まえて、スポーツ現場における選手へのストレッチングを実施し、身体パフォーマンスの維持・改善に対して臨床応用ができるものと考えられる。

研究成果の概要(英文)：This study aimed to investigate the changes in muscle contraction response, muscle thickness, pennation angle, and ankle maximal plantar flexion torque in SS and CS for 4 weeks, and to determine the appropriate stretching method before and after sports activities and to prevent sports injury.

The results of this study showed that long-term intervention of CS program to improve both Dm and Vc, and may improve muscle flexibility and increase the rate of muscle contraction. This study suggested that CS may also contribute to the improvement of muscle contraction speed, which may improve instantaneous sports performance.

研究分野：スポーツリハビリテーション

キーワード：Static Stretching Cyclic Stretching 筋収縮反応

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

近年、多用途筋機能評価運動装置 (BIODEX) や Continuous Passive Motion 装置 (CPM) などを用い、目標とする筋や関節に対して一定の角速度で任意の範囲を動かすサイクリックストレッチング (Cyclic stretching: CS) が注目を浴びている。著者らの研究グループでは Static Stretching (SS) や CS を施行し、CS 群では関節可動域や動的姿勢制御、筋・腱粘弾性、筋硬度が SS 群に比べ有意に改善することが確認できた。しかし、CS 後に筋収縮反応の効果や、筋疲労後の回復時間に与える効果を述べた報告はない。また、その効果を経時的にみた報告も渉猟しうる限り見当たらない。

そこで、本研究では健常アスリートの腓腹筋に対して運動負荷課題を実施し、その後の CS と SS の介入によって、筋収縮反応と筋厚・羽状角、足関節最大底屈トルクにおよぼす急性効果を確認した。急性効果の検証後、SS と CS の 4 週間の介入プログラムによる長期効果を確認し、介入終了後に再度、運動負荷を実施し、直後の筋収縮反応と筋厚・羽状角、筋力に与える効果を検証した。筆者が過去に実施した研究 (J sports Med Phys Fitness に投稿) では、健常男性を対象に 4 週間の CS と SS の介入を実施し、介入終了前後で筋・腱粘弾性と筋硬度、跳躍高 (SJ, CMJ) を測定し、CS を実施した方が筋・腱粘弾性が改善し、SJ, CMJ とともに向上するという長期介入効果を確認した。しかし、CS 介入が筋収縮反応や筋厚・羽状角にどのような影響を与えるかについては明確にされていない。

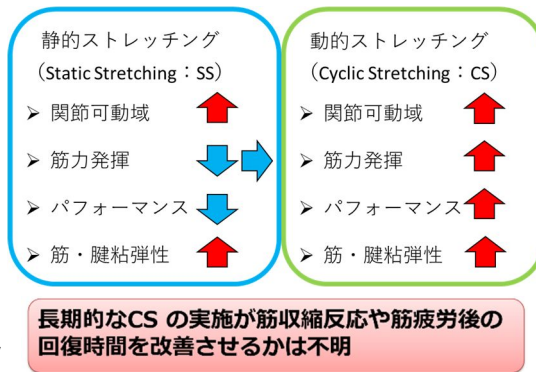


図1. 各ストレッチングの効果について

2. 研究の目的

本研究は、筋収縮反応と筋厚・羽状角、足関節最大底屈トルクの変化を、運動負荷後に、SS と CS の介入を実施した際の急性効果、SS と CS を 4 週間継続した際の運動負荷後の反応を測定する長期効果の 2 つの検証を実施する。この研究により、スポーツ活動前後に適したストレッチング方法や外傷予防につながる新たなストレッチング方法を構築することを目的とした。

3. 研究の方法

1) 対象

対象は整形外科疾患の既往がない、学生アスリート男性 12 名 (年齢 22.4 ± 0.8 歳、身長 170.7 ± 6.3 cm、体重 64.5 ± 8.4 kg) とした。

はクロスオーバー試験を実施した。は無作為化対象試験を選択し、実施対象者はくじ引きにて無作為に SS を実施する群 (SS 群) と CS を実施する群 (CS 群) の 2 群に割り付けた (図 2)。のストレッチング介入では Biodex System 4 (Biodex Medical System 社) を使用し、の長期介入では足関節自動運動装置 (らっくんウォーク R-1, 丸善工業株式会社) を用いた。

なお、本研究は広島大学病院臨床研究倫理審査委員会の承認を得て実施した (承認番号 C-278)。研究に先立ち、対象に十分な説明を行い書面にて同意を得た。

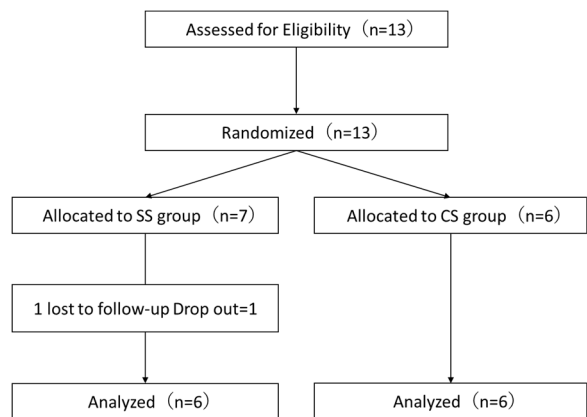


図2. 無作為化対象試験の対象フローチャート

2) 研究介入のプロトコール

研究 急性効果の検証

クロスオーバー試験を実施した。健常アスリート 12 名を対象に、運動負荷前後での筋収縮反応の変化、筋厚 & 羽状角、足関節最大底屈トルクを測定した (足関節最大底屈トルクの測定は、運動負荷後は実施しなかった)。運動負荷後の疲労回復の介入として SS と CS を各 5 分間実施し、その後上記 3 項目を再度測定した。これにより運動負荷後のストレッチング方法の違いが、急性的に筋へ与える反応を検証した。

研究 長期介入効果の検証

研究 を実施した後、SS 群と CS 群の 2 群に分け、5 分/日、週 3 回計 4 週間のストレッチング介入を実施した (無作為化比較試験)。4 週間の介入終了後、研究対象者に研究 と同様の運動負荷課題を実施した後、3 項目を測定し、それぞれの群の筋反応の違いについて検証した。

3) ストレッチング介入方法

対象筋は非利き足（ボールを蹴らない側の下肢）の腓腹筋とした。のストレッチング介入は、Biodex System 4 を用い、股関節 80° 屈曲位、膝関節伸展位の座位姿勢にて実施した。SS は最大足関節背屈角度に保持、CS は、最大足関節背屈角度の 80%、速度は 10°/秒でそれぞれ 5 分間実施した。のストレッチング長期介入では、らっくんウォークを使用した。肢位は静止立位で膝伸展位とし、のストレッチング方法で、5 分/日、週 3 回の頻度計 4 週行う。



図 3 足関節自動運動装置（らっくんウォーク R1）

4) 測定項目の指標

筋収縮反応測定器による分析

筋収縮反応の評価には、腹臥位、膝軽度屈曲位の肢位にて、機械的筋収縮反応測定器（Tensiomyography：TMG, TMG-BMC 社製）を用いて測定し、腓腹筋内側頭に対して垂直に TMG センサーを設置した。対象筋に対して 50mA から 110mA までの電気刺激を与えて筋収縮を起こし、筋収縮時間（Contraction Time：Tc）、筋厚の最大変位量（Displacement of Muscle belly：Dm）、反応時間（Delay Time：Td）の質的变化を観察した。加えて、Tc と Dm のデータから筋収縮速度（Contraction Velocity）の算出も行った。TMG は、筋疲労の評価が非侵襲的に可能であり、測定者内および測定者間での信頼性については高いことが報告されている。



図 4 筋収縮反応測定器（TMG）

（Delay Time：Td）の質的变化を観察した。加えて、Tc と Dm のデータから筋収縮速度（Contraction Velocity）の算出も行った。TMG は、筋疲労の評価が非侵襲的に可能であり、測定者内および測定者間での信頼性については高いことが報告されている。

超音波画像による分析

腓腹筋内側頭の筋厚と羽状角の測定には、超音波画像診断装置（Noblus、日立アロカメディカル社製）を使用した。研究対象者には、股関節屈伸 0°、膝関節軽度屈曲位、足関節背屈 0° になるよう設定されたベッド上で安静腹臥位をとらせ、長軸像による超音波画像の描出を行った。描出部位は、腓腹筋内側部の筋腹である内側膝窩線から外果を結んだ線の近位から 30%の位置とした。8MHz のリニアプローブに十分なジェルを添付した後、下腿に対して 90° になるようにプローブを固定し、長軸画像を描出した。得られた画像は、Image J（National Institutes of Health）にて、112pixel を 10mm と設定し、腓腹筋内側部の筋厚と羽状角を測定した。

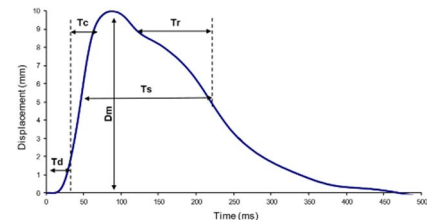


図 5 TMG パラメーター

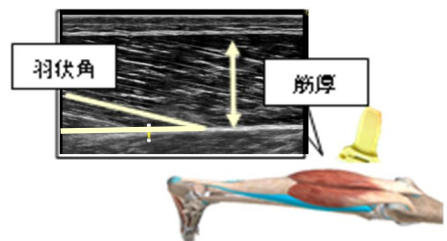


図 6. 測定部位と描出画像

足関節最大底屈筋の最大トルク

等尺性の足関節底屈トルクの測定には Biodex System 4 を使用した。研究対象者は、股関節 80° 屈曲位、膝関節 0° 伸展位で座面に座り、測定肢の大腿部をリムサポートパッドに固定し、足部は足関節用アタッチメントに固定した。5 秒間の等尺性足関節底屈運動を 3 回行わせ、最大トルクを体重で除し百分率に補正した値を等尺性足関節背屈最大トルク（Nm/kg）として算出した。



図 7 Biodex System 4

5) 運動負荷課題（疲労課題）

Biodex System 4 を用いて、連続的な等速性足関節底屈運動を実施した。角速度 60°/s の等速度性足関節底屈運動を繰り返し行わせ、最大底屈トルクの 50%の値に 3 回連続で達しなくなった時点を終了とした。上限回数は設定しなかった。



図 8 運動負荷試験

4. 研究成果

急性効果の検証

CS 介入と SS 介入の比較では、TMG(Tc, Dm, Td, Vc)の値、筋厚、羽状角それぞれの項目において有意な変化は見られず交互作用は観察されなかった。一方、足関節最大底屈トルクは SS 介入と比較し、CS 介入において介入後に有意に向上した(p<0.05)。有意な差はみられなかったが、Tc と Vc はともに運動負荷後の数値に比べ、介入後（CS と SS）では、低下しており、Dm に

関しては、増加している特徴があった。

長期介入効果の検証

運動負荷後の測定において、CS 群と SS 群では、TMG (Tc, Dm, Td, Vc) と筋厚、羽状角、足関節最大底屈トルクのそれぞれの項目で有意な差は観察されなかった。Dm は SS 群に比べ、CS 群で運動負荷後の低下が少ない傾向があり ($p=0.08$)、Vc は CS 群において運動負荷後にわずかに向上する傾向がみられた ($p=0.06$)。

本研究の結果より、筋収縮反応と筋厚や羽状角は、CS と SS の双方の介入 (急性 & 長期) では、大きな変化は与えないことが示された。足関節最大底屈トルクにおいては、CS の介入により、急性的な効果による筋力向上はみられたが、長期介入では、有意な効果を与えにくいことが観察された。一方で、CS の長期介入では、Dm と Vc がともに向上する傾向がみられ、CS の長期介入により、筋柔軟性の改善と筋収縮速度の向上に効果がある可能性が示された。CS は筋パワーやパフォーマンスを向上させる効果を示していることは周知であるが、筋収縮速度の向上にも寄与する可能性があり、瞬発系のスポーツパフォーマンス向上という観点からもその臨床的意義は高いものと考えられる。

今後、CS と SS のそれぞれの特徴を踏まえて、スポーツ現場における選手へのストレッチングを実施し、身体パフォーマンスの維持・改善に対して臨床応用ができるものと考えられる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Maeda Noriaki, Urabe Yukio, Tsutsumi Syogo, Fujishita Hironori, Numano Shuhei, Takeuchi Takuya, Hirata Kazuhiko, Mikami Yukio, Kimura Hiroaki	4. 巻 26
2. 論文標題 Symmetry tensiomyographic neuromuscular response after chronic anterior cruciate ligament (ACL) reconstruction	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy	6. 最初と最後の頁 411 ~ 417
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00167-017-4460-7	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 堤 省吾, 浦辺幸夫, 前田慶明:	4. 巻 67
2. 論文標題 股関節外転運動後の大腿筋膜張筋と腸脛靭帯の硬度変化と振動刺激がそれを与える影響	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 体力科学	6. 最初と最後の頁 219 ~ 225
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.7600/jspfsm.67.219	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Maeda N, Urabe Y, Sakai S, Tsutsumi S, Fujishita H, Kobayashi T, Asaeda M, Hirata K, Mikami Y, Kimura H	4. 巻 16
2. 論文標題 The acute effects of static and cyclic stretching on muscle stiffness and hardness of medial gastrocnemius muscle.	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of Sports Science and Medicine	6. 最初と最後の頁 514-520
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計5件（うち招待講演 0件／うち国際学会 3件）

1. 発表者名 Fujishita H, Urabe Y, Maeda N, Hirata K, Mikami Y, Kimura H, Adachi N
2. 発表標題 The differences in muscle contraction properties between lower limb amputees and able-bodied.
3. 学会等名 6th RehabMove Congress (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 沼野崇平, 浦辺幸夫, 酒井章吾, 前田慶明
2. 発表標題 筋疲労後のストレッチング方法の違いが跳躍高に与える影響
3. 学会等名 第22回広島県理学療法士学会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Sakai S, Urabe Y, Maeda N
2. 発表標題 The acute effect of cyclic stretching for the gastrocnemius muscle and Achilles tendon hardness using Ultrasound Real-time Tissue Elastography.
3. 学会等名 Asian Society of Kinesiology 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Maeda N, Urabe Y, Numano S, Morikawa M, Shogo S
2. 発表標題 The acute effect of cyclic stretching on muscle hardness and strength on medial gastrocnemius muscle
3. 学会等名 5th 1M-World Congress in Sports & Exercise Medicine 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Fujishita H, Urabe Y, Maeda N, Hirata K, Mikami, Y, Kimura K
2. 発表標題 Assessment of muscle contraction changes in quadriceps and gastrocnemius muscles after continuous single-leg counter movement jump.
3. 学会等名 5th 1M-World Congress in Sports & Exercise Medicine 2017
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	浦邊 幸夫 (Urabe Yukio) (40160337)	広島大学・医系科学研究科(保)・教授 (15401)	
研究協力者	酒井 章吾 (Sakai Shogo)		
研究協力者	田城 翼 (Tashiro Tsubasa)		
研究協力者	穴見 圭太郎 (Anami Keitaro)		