

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 15 日現在

機関番号：15401

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2015～2016

課題番号：15K16452

研究課題名(和文)筋腱の粘弾性と筋硬度,身体パフォーマンスの向上につながるストレッチング方法の確立

研究課題名(英文) Establish of stretching method to improve viscoelasticity and hardness of muscle tendon and physical performance

研究代表者

前田 慶明(MAEDA, NORIAKI)

広島大学・医歯薬保健学研究院(保)・助教

研究者番号:10536783

交付決定額(研究期間全体):(直接経費) 2,400,000円

研究成果の概要(和文):等速度で行うサイクリックストレッチング(CS)を4週間実施し,筋腱の粘弾性と筋硬度の経時的変化を示し,身体パフォーマンスへの効果を明らかにし,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した.スタティックストレッチング(SS)をCSの対照群として同じく4週間実施した.CSはSSと同様に筋粘弾性や筋硬度を改善させた.また,筋パワーやパフォーマンスを向上させる効果を示した.この結果は新たな発見であり,スポーツ現場で行われているストレッチングの新たな方法として提示することが可能であり,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.

研究成果の概要(英文):This study was aimed to investigate the effects of 4 week program of Cyclic Stretching (CS) for muscle hardness and stiffness and physical performance. In addition, we built a stretching method suitable for before and after sports activities and a new stretching method leading to trauma prevention. Static stretching (SS), which is commonly used, was also used as a control group of CS for 4 weeks. CS was improved muscle viscoelasticity and muscle hardness as well as SS. In addition, CS showed the effect of improving muscle power and physical performance. CS can provide a new method of stretching performed at sports scene. Clinical significance of this result is also high from the viewpoint of improving performance in sports. In future study, based on the characteristics of CS and SS, it is considered that clinical applications can be applied to improve physical performance by these stretching for athletes.

研究分野:スポーツ科学

キーワード:筋腱の粘弾性 筋硬度 身体パフォーマンス スタティックストレッチング サイクリックストレッチング

1. 研究開始当初の背景

近年では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 SS や動的なストレッチングとは異なり、コンピューター制御により足関節の底背屈を他動的かつ等速度でストレッチングを施行し、その急性効果を明らかにした。静的ストレッチ (SS) やダイナミックストレッチングの効果検証は関節可動域や筋力、跳躍高、筋トルクなどで示されているが、CS が筋腱の粘弾性や筋硬度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得る限り見当たらない。

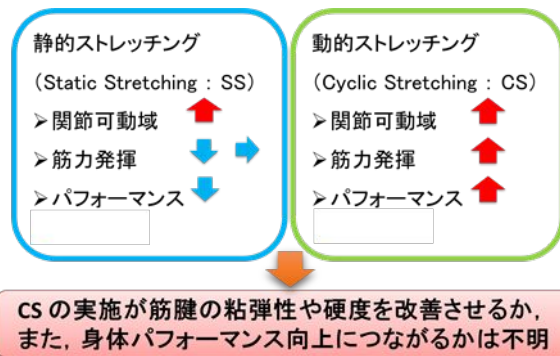


図1. 各ストレッチングの効果について

そこで、本研究では下腿三頭筋を対象筋として男性アスリートに対して CS と SS を実施し、筋腱の粘弾性、および筋硬度に与える急性効果を明らかにする。その後、CS のプログラムを確立し、4 週間の介入による効果を経時的に確認し、身体パフォーマンスへの効果を明らかにする。その特徴を踏まえて、身体パフォーマンスの向上や外傷予防につながる新たなストレッチングプログラムを構築する。筆者が過去に実施した研究 (日本理学療法学会 2014 にて発表) では、健康男性を対象に CS と SS を実施し、その直後にジャンプ着地時の床反力を測定した。この研究では CS を実施した方がジャンプ着地後の垂直成分と前後成分、左右成分の合成値が低くなるという急性効果を確認することができた。しかし、長期的な CS の実施が筋腱の粘弾性や筋硬度に与える生理学的効果や身体パフォーマンステストへの効果は明確にされていない。

2. 研究の目的

本研究は CS を 4 週間実施し、筋腱の粘弾性と筋硬度の経時変化を示し、身体パフォーマンスへの効果を明らかにし、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。

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 20 名 (年齢 27.0 ± 5.2 歳、身長 169.8 ± 5.6 cm、体重 61.7 ± 6.2 kg) とした。

対象者はくじ引きにて無作為に 2 群に割り付けた。つまり、SS を実施する群 (SS 群) と、CS を実施する群 (CS 群) である (図 2)。

研究デザインは無作為化比較試験とし、5 回/週で 4 週間の介入を実施した。ストレッチングに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、本研究は広島大学大学院医歯薬保健学研究科心身機能生活制御科学講座倫理委員会の承認を得て実施した (承認番号 E-341)。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。

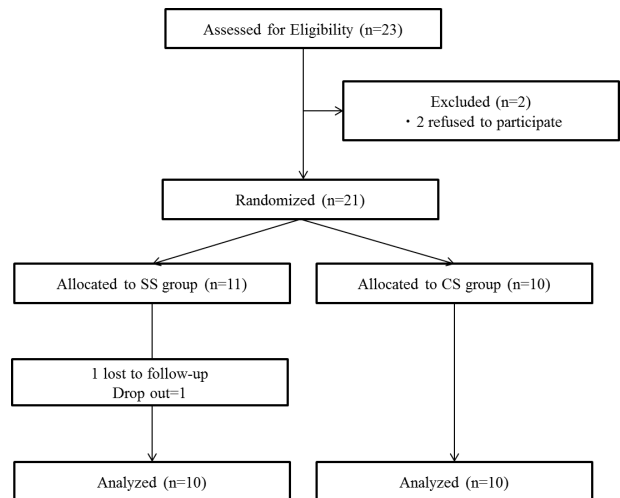


図2. 無作為化対象試験の対象フローダイアグラム

2) ストレッチングのプロトコール

各ストレッチングのプロトコールは、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。各ストレッチングは腹臥位で股・膝関節伸張 0° にて実施した。CS は Biodex System 3 (Biodex 社製) を用いて、SS は最大足関節背屈角度に保持、最大足関節背屈角度の 80%、速度は 10° /秒とし、それぞれ 2 分間実施した。このプロトコールで 5 回/週を 4 週間実施した。

3) ストレッチング効果判定の指標

各ストレッチング実施後の評価は別日に実施し、足関節背屈 0° 、 10° 、 20° に固定して行った。筋腱の粘弾性は、超音波画像診断装置 (Nobius、日立アロカメディカル社製) を用いて腓腹筋内側頭の羽状角を測定し、足関節背屈 0° の羽状角を基準とし、その値に対する変化量を求めた。筋硬度には音響カプラーを参照体として用い、ストレッチング後の腓腹筋内側頭の硬度をカプラーの硬度で除した値 (カプラーの硬度/対象部位の硬度)

で半定量的に対象部位の Strain Ratio を算出した。また、各ストレッチ後の最大背屈角度を測定した。身体パフォーマンステストには、最大底屈筋のトルク、動的バランスを評価することが出来る Dynamic Postal stability Index (DPSI; Wikstrom, 2005)、跳躍高 (SJ; Squat Jump, CMJ; Counter Movement Jump) を用いた。

超音波画像による分析

筋腱の粘弾性は、超音波画像診断装置 (Noblus, 日立アロカメディカル社製) を用いて腓腹筋内側頭の羽状角を測定し、足関節背屈-10°の羽状角を基準とし、その値に対する変化量を求めた。

筋硬度には音響カプラーを参照体として使い、ストレッチ後の腓腹筋内側頭の硬度をカプラーの硬度で除した値 (カプラーの硬度/対象部位の硬度) で半定量的に対象部位の Strain Ratio (SR) を算出した。音響カプラーと測定場面は図3に示す。

これらを介入前後にて測定し、各ストレッチ介入における筋の粘弾性や硬度を測定した。また、各ストレッチ後の最大背屈角度を測定した。

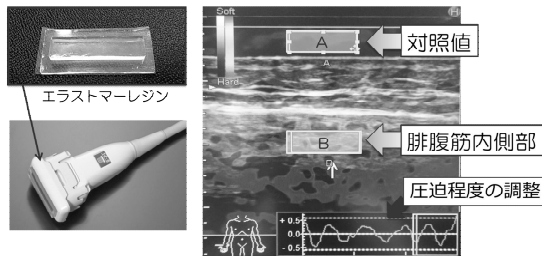


図3. 音響カプラーと測定場面

足関節最大底屈筋の最大トルク

Biodex System 3 を用いて、5 秒間の等尺性膝伸展運動を 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。

Dynamic Postal stability Index

DPSI は Wikstrom らによって考案された動的姿勢制御を客観的に測定できる指標である。DPSI の測定は床反力計 (AccuGait, AMTI, Japan) を用いて、Sell らの方法に従って実施した。測定環境は床反力計の端から被験者の身長 40% の距離をとり、その距離の 50% の位置に高さ 30cm のポールを設置した。課題動作としては開始位置より被験者は両側下肢でジャンプし、床反力計の中心位置に片脚 (非利き足) で着地し、被験者が安定したと感じた時点で腰部に手を当て前方注視し、10 秒間保持するよう指示した。各条件で練習を 3 回実施し、その後に測定を実施した。ジャンプ時にポールに触れる、もしくは床反力計を超えた場合は再度、測定を行った。DPSI の測定方法については図4に示す。

解析データは、サンプリング周波数 200Hz

でコンピューターに保存した。その後、周波数 20Hz のカットオフで Butterworth フィルタをかけた。DPSI の従属変数は図5に示す。DPSI は、前後 (Anterior-Posterior Stability Index; APSI)、内外 (Medial-Lateral Stability Index; MLSI)、及び垂直床反力 (Vertical Stability Index; VSI) の 3 方向合成床反力を示すものである。DPSI は床反力に足底が接地し、垂直床反力が体重の 5% を超えた地点から 3 秒間のデータを解析対象とした。解析値は各対象の体重で正規化した値を算出した。この DPSI の算出方法は信頼性の高い方法 (ICC 3, k, 0.86) として報告されている。DPSI の数値が高い場合、動的姿勢制御が不良であることを表すものである。

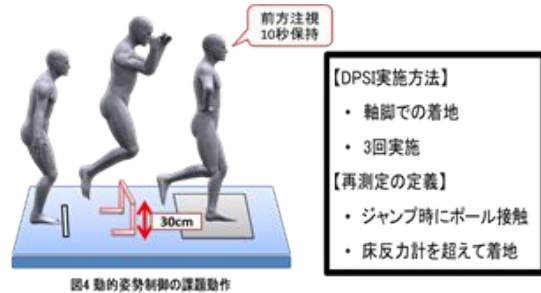


図4. DPSI の測定方法と実施風景

$$\begin{aligned}
 APSI &= \sqrt{\frac{\sum (0 - GRF_x)}{\text{Number of data point}} \div \text{Body Weight}} \\
 MLSI &= \sqrt{\frac{\sum (0 - GRF_y)}{\text{Number of data point}} \div \text{Body Weight}} \\
 VSI &= \sqrt{\frac{\sum (0 - GRF_z)}{\text{Number of data point}} \div \text{Body Weight}} \\
 DPSI &= \sqrt{\frac{\sum (0 - GRF_x)^2 + \sum (0 - GRF_y)^2 + \sum (0 - GRF_z)^2}{\text{Number of data point}} \div \text{Body Weight}}
 \end{aligned}$$

図5. DPSI の算出方法

跳躍高 (SJ, CMJ)

垂直ジャンプ測定は測定機器 (MYOTEST PRO, Myotest 社) を使い、跳躍姿勢に至るまでの直立位からの下降動作を伴う、垂直方向への跳躍の高さを測定した。跳躍の際には反動を用いない SJ と、反動を用いる CMJ の 2 種類を測定した。測定の際に両手をウエストに位置させて行った。また、転倒などの防止のため、補助者を側方に待機させた。測定は 3 回行い、平均値を求めた。

4. 研究成果

CS 群と SS 群の介入前後の比較では、MTJ (20°) と SR (0° - 20°)、最大 ROM において両群で有意な差を認めた。また CS 群では、羽状角 (10°, 20°)、足関節底屈最大トルク、SJ と CMJ は有意に高値を示し、DPSI の項目 (DPSI, MLSI, APSI, VSI) が有意に低下した (p<0.05)。SS 群は、MTJ (0°, 10°) が有意に高値となり、足関節底屈最大トルクは有意に低下した (p<0.05)。

超音波画像より得られた結果より、CS 群と SS 群の 4 週間の介入は、どちらも筋粘弾性や筋硬度を改善させることが示された。また、

SS 群では、MTJ が有意に改善したことから CS 群に比べて筋粘弾性をより改善させる可能性を示唆した。しかし、それに伴い継続的に SS を実施することで、足関節底屈最大トルクを低下させることも示された。

次に CS 群では、足関節底屈最大トルクを向上させるだけでなく、動的バランスや跳躍力を向上させることが示された。これらのことから、CS は筋の粘弾性や硬度を改善させるだけでなく、筋パワーや身体パフォーマンスも向上させることが明らかとなった。

SS の介入によりパフォーマンスを低下させることが先行研究により示されており、本研究でも類似した結果となった。それに対して 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たことは新たな発見であり、スポーツ現場で行われているストレッチの新たな方法として提示することが可能であり、スポーツでの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する。

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。

表 1. 各群における介入前後での各項目の比較

Variable	CS群 (n=10)		SS群 (n=10)		
	介入前	介入後	介入前	介入後	
PA (°) -10°	126 ± 207	133 ± 1.8	108 ± 26	11.3 ± 2.4	
	112 ± 1.9	117 ± 1.7	95 ± 25	94 ± 2.4	
	8.9 ± 1.4	106 ± 2.1**	79 ± 2.1	82 ± 2.3	
	7.4 ± 1.7	92 ± 2.1*	66 ± 1.4	70 ± 1.7	
ΔMTJ (mm)	0°	3.9 ± 2.3	5.3 ± 1.3	3.7 ± 1.9	5.2 ± 1.4**
	10°	8.3 ± 2.3	10.0 ± 2.6	8.3 ± 1.3	10.4 ± 1.2**
	20°	12.4 ± 1.8	14.1 ± 2.3**	11.8 ± 11.2	14.1 ± 1.4**
SR (%)	0°	21.8 ± 3.1	24.9 ± 3.2**	22.1 ± 3.2	27.1 ± 3.5**
	10°	7.4 ± 1.2	9.3 ± 2.0**	9.3 ± 2.5	12.0 ± 3.1*
	20°	1.6 ± 0.5	3.2 ± 1.0**	2.2 ± 0.5	3.7 ± 0.5**
最大ROM (°)	24.1 ± 2.7	29.2 ± 3.1**	25.3 ± 2.7	30.4 ± 3.5**	
Plantar flexor Torque max (Nm/kg)	1.07 ± 0.22	1.33 ± 0.36*	1.28 ± 0.041	1.10 ± 0.36*	
GRF max (/BW)	1706 ± 304	1519 ± 295	1635 ± 221	1544 ± 209	
DPSI	0.31 ± 0.02	0.27 ± 0.06*	0.29 ± 0.04	0.28 ± 0.05	
MLSI	0.03 ± 0.01	0.02 ± 0.01*	0.03 ± 0.01	0.03 ± 0.01	
APSI	0.14 ± 0.01	0.12 ± 0.01**	0.12 ± 0.03	0.12 ± 0.01	
VSI	0.28 ± 0.02	0.24 ± 0.06*	0.26 ± 0.04	0.25 ± 0.05	
SJ (cm)	22.9 ± 1.9	26.3 ± 2.2**	20.5 ± 3.2	21.7 ± 2.8	
CNJ (cm)	27.3 ± 2.9	29.8 ± 2.1**	23.9 ± 2.4	24.4 ± 2.4	

* < 0.05, ** < 0.01

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 2 件)

1. Noriaki Maeda, et al.: The effect of different stretching techniques on ankle joint range of motion and dynamic postural stability after landing. J Sports Med Phys Fitness. 56(6): 692-8, 2016(査読あり).

2. 森田美穂, 前田慶明・他: スタティックストレッチおよびサイクリックストレッチ後の足関節底屈筋力の経時的変化. Journal of athletic rehabilitation. 13(1):27-32,2016(査読あり).

〔学会発表〕(計 3 件)

1. Noriaki Maeda, et al: The acute effect of static and cyclic stretching on pennation angle and muscle hardness on medial gastrocnemius muscle. 7th The Asian Conference on Kinesiology. Incheon, Korea, 2016.11.11-14

2. Shogo Tsutsumi, Noriaki Maeda, et al: The effect of a 4-week cyclic stretching intervention on the calf muscle strength. 7th The Asian Conference on Kinesiology, Incheon, Korea, 2016.11.11-14

3. 堤 省吾, 前田慶明・他: 大腿筋膜張筋の静的ストレッチングが腸脛靭帯の硬度に与える影響. 第 51 回日本理学療法士学会, 北海道, 2016.5.27-29

6. 研究組織

(1) 研究代表者

前田 慶明 (MAEDA NORIAKI)

広島大学・大学院医歯薬保健学研究院・助教

研究者番号: 10536783