

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 30 年 6 月 19 日現在

機関番号：32612

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2016～2017

課題番号：16K21431

研究課題名(和文) 最も筋の材質を変化させる手技は何か？強度や時間の要素を加えた網羅的検討

研究課題名(英文) What is the optimal procedure with the greatest effect on the mechanical properties of muscles?

研究代表者

稲見 崇孝 (INAMI, Takayuki)

慶應義塾大学・体育研究所(日吉)・助教

研究者番号：10750086

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,300,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、ヒト骨格筋の材質特性である“硬さ”が、『どのような手技』を『どのような強度』で『どれくらいの時間実施する』と最も筋の硬さを変化させ得るか、を明確にすることを目的とした。硬さを低減させる手技の効果を検討すべく、網羅的な文献渉猟からいくつかの手技で有効な強度と時間を明確化し、材質を低減させる可能性が最も高いストレッチングとマッサージに焦点をあて実験を行った。その結果、ストレッチングおよびマッサージ法によって、健康者の安静時の筋は同程度の硬さ低減効果が得られることを明らかにした。ActiveもしくはPassiveによる手技間の差異はあるものの、現場へ還元し得る直接的な証拠を示した。

研究成果の概要(英文)：This study aimed to clarify the optimal procedure with the greatest effect on "muscle mechanical properties," which are material characteristics of human skeletal muscles. Our study involved investigations from three perspectives: "the type of procedure, type of strength control, and duration of implementation." Based on an exhaustive search of literature, we determined stretching and massage to be the most likely interventional procedures to reduce one of the mechanical properties of the muscles (muscle stiffness). In order to examine the effect of a procedure on the reduction of stiffness, we focused on these two procedures, during the course of our experiment. The results obtained by implementing these interventional procedures revealed that the resting muscle stiffness of healthy subjects is reduced to the same extent. Although there are differences between procedures according to Active or Passive, they showed direct evidence that can be applied to several fields of sports.

研究分野：スポーツ科学

キーワード：ストレッチング マッサージ 超音波エラストグラフィ

1. 研究開始当初の背景

- (1) 生体組織の硬さをはじめとする組織性状の変化は形態変化の前に生じることが理解されていることから、筋の硬さ、すなわち材質特性を理解することが重要である。しかし、十分な情報の蓄積には至っておらず、その理由として異なる手法・異なる機器にて検証が進められてきた背景がある。
- (2) 従来、筋の硬さは体表から機器を押し込む硬度計にて評価されてきた。近年、いくつかの手法があるものの、超音波エラストグラフィを用いることによって、従来指標では不可能であった硬さの位置情報が取得でき、非侵襲的かつ定量的な評価が可能となる。
- (3) 筋の硬さを低減する手技は多数報告されており、ストレッチングや温熱療法、鍼灸、マッサージなどがある。しかし、どのような手技を、どのような強度で、どれくらいの時間実施することが最も硬さを低減させるか？については理解されておらず、その効果を解析・検証する余地がある。

2. 研究の目的

本研究では、非侵襲的かつ定量的に筋の硬さを評価できる超音波エラストグラフィ (shear wave elastography 法：図1) を用いて、筋の硬さを最も変化させることができる手技と、有用な強度、その時間について検討する。これまで断片的に検討されてきた知見を、近年得られた新たなエビデンスでつなぎ合わせて検証する。現場へ還元できる実用性を考慮するための基礎的な研究と位置付けているのも特徴の一つである。

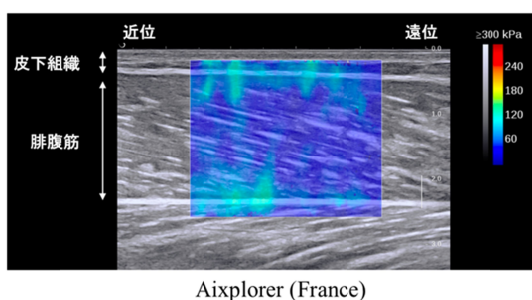


図1
腓腹筋撮像時における shear wave elastography 画像の一例

3. 研究の方法

研究のスケジュールを2段階に大別した。第1ステージは、手技・強度・時間に関する検証とし、超音波エラストグラフィによる方法論の確立には時間を割かず、筋の硬さを変化させる手技・強度・時間に関してすでに検証されている先行研究の渉猟に焦点を絞っ

た。第2ステージは第1ステージで明らかになった知見を用いた効果比較に設定した。

4. 研究成果

<手技・強度・時間のスタンダード検索>
筋の硬さを低減する手法として諸家により報告されている効果を整理すべく、超音波エラストグラフィを用いて筋の硬さを評価し、ストレッチング・温熱療法・鍼灸・マッサージによって硬さが変化した程度について網羅的な文献渉猟を行った。

温熱療法と鍼灸

温熱療法と鍼灸に関しては、計画申請時から知見がアップデートされていなかった。温熱療法については、超音波機器を用いた加温によって筋の硬さが改善することが報告されており、そのためのプロトコルは1MHzの場合出力2.0W/cm²で10分間、3MHzの場合3分間が必要とされている。体表にある表層組織にエネルギーの大部分が吸収されるため、1MHzが推奨されている。他にもホットパックや超短波を使用した方法の報告も散見されたが、健常者を対象としていないことに注意する必要がある。対象とされた筋も統一性がみられなかった。また、超音波エラストグラフィを用いて評価された報告はなかった。

鍼灸については、整形外科医による超音波ガイド下での施術が増加しており、筋の硬さが最大で50%低減するという報告も存在した。高い即効性を有し、スポーツ競技分野の、特にトップアスリートへの使用報告が数例存在した。しかしながら、温熱療法と同様に、健常者を対象としていないことに注意する必要がある。対象とされた筋についても統一性がみられなかった。また、超音波エラストグラフィを用いて評価された報告はなかった。

これらの理由から、温熱療法と鍼灸に関する知見は現時点で不足していると判断し、本研究におけるは第2ステージへの進行を見送った。今後の研究が期待される。

ストレッチングとマッサージ

ストレッチングとマッサージについては、いくつかの知見が存在した。対象とされた筋は下腿三頭筋が多く、特に腓腹筋が最多であった。腓腹筋は、下肢を代表する筋であるとともに、可塑性に富み、人間が生活していく上で重要な筋であることが理由である。

ストレッチングにも様々な手技があるが、安全性が高く、多くの現場で用いられている手技であること、さらに幾つかの文献から最も筋の硬さを低減できる可能性を期待できること(急性効果として最大20%、5週間の介入で10-20%の低減)を理由として、スタティックストレッチングの選択が望ましいことを確認した。また、手法については壁に

手を添え、ストレッチングボードを用いて足関節を背屈して下腿三頭筋をストレッチングする手法(最大背屈角度の80%の角度にて2分間の背屈を保持するセットを3セット実施するプロトコル)が実用的であり総合的に有用と判断した。

マッサージについては、シムス位での軽擦法-強擦法-揉捏法-軽擦法のマッサージ4手法を7~10分間実施した場合、急性効果として筋の硬さを約10%を低減できることが確認された(時系列変化に関する記載はなし)。強度についての記載は不足しており、定量的に強度を数値化することが困難であることが予想された。少なくとも熟練度が筋の硬さ変化に対するバイアスになる可能性が含まれるようである。

以上より、ストレッチングとマッサージが筋の硬さを低減させる手技として有用と判断し、本研究における第2ステージにて検証する手法として選択した。

<どの手技が最も筋の硬さを変化させるか>

ストレッチング

健康成人男子 22名(21.5±1.3歳)の腓腹筋を対象に、上述のプロトコルにてスタティックストレッチングを実施し(図2)、実施前後の腓腹筋の硬さ変化を調査した。超音波画像の測定は、下腿近位30%部位(足関節底背屈0度)における腓腹筋内側頭から記録した。その結果、スタティックストレッチング実施直後、筋の硬さは13%低下した。この値は、幾つかの先行研究で報告されている範囲内の数値であり、先行研究の結果をサポートした。



図2
ストレッチングボードを用いた
スタティックストレッチング

マッサージ

健康成人男女9名(25.9±11.8歳)の腓腹筋を対象に、上述のプロトコル(10分間)にてマッサージを実施し、実施前後の腓腹筋の硬さ変化を調査した。ストレッチングと同様、超音波画像の測定は、下腿近位30%部位(足

関節底背屈0度)における腓腹筋内側頭から記録した。マッサージを実施する施行者の熟練度が筋の硬さ変化に対するバイアスになることが示唆されていたため、強度を定量化する試みとして、1)30年以上の臨床経験を持つ1人の理学療法士が実施する、2)伏臥位(シムス位)でマッサージを施行される下腿の下に床反力計をセットした。また、不足する時系列変化を捉えるため、実施前後のみならず、マッサージ20分後まで5分ごとに測定を行なった。図3に時系列変化を含めた結果を示した(*:p<0.05)。マッサージ前と比べ、マッサージ直後に約16%の低下を認めた。

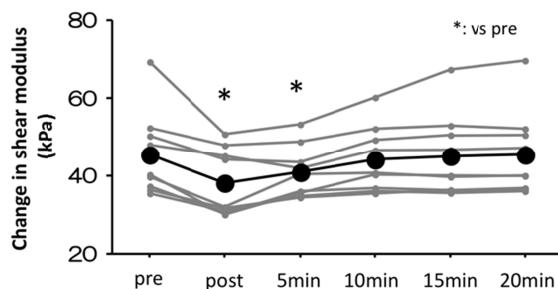


図3

マッサージによる筋の硬さ変化の推移
丸黒塗りマーカーは平均値を示し、その他の
グレーマーカーは各被験者のデータの推移
を示している

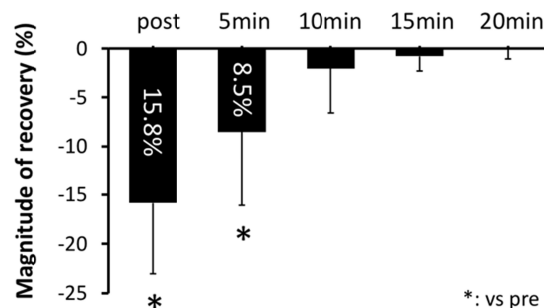


図4

マッサージによる筋の硬さ変化の割合

図4に時系列変化を含む筋の硬さ変化の割合を示した。マッサージ終了後5分の時点までは有意な低下を示したものの、10分後には有意差がなくなった。マッサージ直後の値について、先行研究結果よりも若干高い数値が得られたが、効果的と考えられる実施時間の幅を最大に設定したことが原因と考えられた(10分)したがって、マッサージの場合は、時間依存的な変化を含んでいる可能性を示唆した。

<まとめ>

- (1) 筋の硬さを低減するために、どのような手技を、どのような強度で、どれくらいの時間実施することが最も硬さを

低減させるか？についての検証を行った。本研究を、スポーツ競技や臨床現場に応用させるための基礎的研究と位置づけ、手技・強度・時間に関する検証と、それらの知見を用いた効果比較に関する実験を行った。

- (2) 硬さを低減させる手技として、ストレッチング・温熱療法・鍼灸・マッサージに焦点を当て網羅的な文献渉猟を行った結果、ストレッチングとマッサージの強度や時間に関する知見を整理できた。また腓腹筋を対象に調査した知見を多く確認した。温熱療法と鍼灸については、超音波エラストグラフィを用いて筋の硬さを評価した知見が得られなかった。以上より、ストレッチングとマッサージに関する実験を行なった。
- (3) 腓腹筋へのストレッチングとして、反動をつけないスタティックストレッチングを選択した。壁に手を添え、ストレッチングボードを用いて足関節を背屈し下腿三頭筋をストレッチングする手法(最大背屈角度の80%の角度にて2分間の背屈を保持するセットを3セット実施するプロトコル)によって、実施直後の筋の硬さは約13%低下した。
- (4) 腓腹筋へのマッサージとして、30年以上の臨床経験を持つ理学療法士によって、シムス位での軽擦法・強擦法・揉捏法・軽擦法のマッサージ4手法を10分間実施し、実施直後の筋の硬さは約16%低下した。
- (5) ストレッチングおよびマッサージによる筋の硬さ変化の程度は同程度であることが示された。両手技の間には active もしくは passive による決定的な違いが存在するが種々の現場へ還元し得る直接的な証拠を示した。効果の継続時間、すなわち時間依存的な変化に関する課題が新たに発見されたが、今後は、目的・場面に応じた選択が必要になることが示唆された。

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4件)

Inami, T., Shimizu, T. The changes in muscle hardness after static stretching evaluated by different ultrasound elastography techniques may be equivalent. Journal of Sports

Medicine and Physical Fitness, 2017; 57: 161-162. (査読あり)

Inami, T., Tsujimura, T., Shimizu, T., Watanabe, T., Lau, W. Y., Nosaka, K. Relationship between isometric contraction intensity and muscle hardness assessed by ultrasound strain elastography. European Journal of Applied Physiology, 2017; 117: 843-852. (査読あり)

稲見崇孝. 骨格筋の硬さ情報をケガの予防に活かすための基礎研究: 超音波を使って硬さがわかる. Training Journal, 2017; 39: 18-23. (査読なし)

Inami, T., Kawakami, Y. Assessment of individual muscle hardness and stiffness using ultrasound elastography. Journal of Physical Fitness and Sports Medicine, 2016; 5: 313-317. (査読あり)

[学会発表](計9件)

稲見崇孝, 村山光義, 宮川博文. マッサージ後に生じる腓腹筋 stiffness 変化の定量化. 第28回日本臨床スポーツ医学会学術集会(国内学会), 2017年11月18日-19日, 東京.

吉村茜, 稲見崇孝, 峯田晋史郎, 周藤混平, 熊井司, 広瀬統一. Foam Roller を用いたセルフマッサージが関節可動域および筋の伸長性に及ぼす影響. 第28回日本臨床スポーツ医学会学術集会(国内学会), 2017年11月18日-19日, 東京.

米津貴久, 中川剣人, 稲見崇孝, 深野真子, 東原綾子, 飯塚哲司, 阿部平, 成田貴矢. フルマラソン後の筋硬度と筋形状変化及び走破タイムとの関連性について. 第28回日本臨床スポーツ医学会学術集会(国内学会), 2017年11月18日-19日, 東京.

村山光義, 稲見崇孝, 宮川博文, 内山孝憲, 米田継武. 押圧法による上腕二頭筋と上腕筋の筋硬度分離評価. 第72回日本体力医学会大会(国内学会), 2017年9月16日, 愛媛.

Inami, T., Murayama, M., Shima, N., Nosaka, K. Changes in biceps brachii muscle hardness assessed by ultrasound strain elastography after eccentric exercise of the elbow flexors. 22th annual congress of the European College of Sport Science (国際学会), 2017年7月5日-8日, ドイツ.

Murayama, M., Nosaka, K., Inami, T., Shima, N., Yoneda, T. Optimum portion of force-displacement curve to assess muscle hardness with a push-in meter. 22th annual congress of the European College of Sport Science (国

際学会), 2017年7月5日-8日, ドイツ.

Shima, N., Murayama, M., Inami, T., Nosaka, K. Biceps brachii mechanomyographic and electromyographic activity changes after eccentric exercise of the elbow flexors. 22th annual congress of the European College of Sport Science (国際学会), 2017年7月5日-8日, ドイツ.

Nakagawa, K., Iizuka, S., Inami, T., Yonezu, T., Higashihara, A., Abe, T. Influence of full-marathon running on force control and proprioception in knee joint. 22th annual congress of the European College of Sport Science (国際学会), 2017年7月5日-8日, ドイツ.

Yoshimura, A., Inami, T., Mineta, S., Shudo, K., Mariano, R., Hirose, N. The influence of foam rolling on flexibility and muscle architecture. 22th annual congress of the European College of Sport Science(国際学会), 2017年7月5日-8日, ドイツ.

〔図書〕(計 0 件)

該当なし

〔産業財産権〕

該当なし

出願状況(計 0 件)

該当なし

取得状況(計 0 件)

該当なし

〔その他〕

ホームページ等

該当なし

6. 研究組織

(1)研究代表者

稲見崇孝 (INAMI, Takayuki)
慶應義塾大学・体育研究所・助教
研究者番号: 10750086

(2)研究分担者

該当なし

(3)連携研究者

該当なし

(4)研究協力者

該当なし