

令和 2 年 6 月 15 日現在

機関番号：32685

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2019

課題番号：16K01631

研究課題名(和文) 静的ストレッチング時の筋血液量変化による筋循環機能評価の試み

研究課題名(英文) Evaluation of muscle circulation function by changing muscle blood volume during static stretching

研究代表者

村岡 慈歩 (Muraoka, Yoshiho)

明星大学・教育学部・教授

研究者番号：70307990

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,600,000円

研究成果の概要(和文)：近赤外線分光法を用いてストレッチング時の筋血液量を測定することにより、ストレッチングの影響を筋血液量変化から検討することを目的とした。筋の力発揮とストレッチングという刺激を比較すると、筋内の血管を伸長させるストレッチングのほうがより大きな筋血液量変化が見られることが示唆された。これは、能動的な筋力発揮が困難な場合であっても、受動的にストレッチングを行うことによって、筋内循環をある程度変化させることができる可能性を示している。一方、阻血によって心臓方向への血液還流が遮断された条件で得られた結果から、ストレッチングにおける筋の相対的な伸長度合いには協働筋間で差異があることが示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ストレッチングは筋肉を伸ばすだけでなく、同時に筋肉内の血管も伸ばすことができる。本研究では30秒間の静的ストレッチングによって、ふくらはぎの筋肉内の血液量がどのように変化するのか検討した。その結果、ストレッチングを行うと、一回の大きな力発揮よりも大きな血液量変化がみられ、このことは、血液が停滞しやすいふくらはぎなどの血液循環を良くするためにもストレッチングは有用であることが示唆している。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study was to examine the effect of the change in muscle blood volume by measuring muscle blood volume using near-infrared spectroscopy. Comparing muscle force exertion and stretching, greater muscle blood volume changes were seen with stretching which stretches the blood vessels in the muscle. This means that even if active muscle strength is difficult to achieve, passive stretching may be effective in changing muscle blood volume. On the other hand, based on the results obtained under the occluded conditions, there was a difference in the relative length of stretching between the synergistic muscles.

研究分野：運動生理学

キーワード：筋血液量 近赤外線分光法 下腿三頭筋 ストレッチング 協働筋

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

筋線維の短縮や伸長に伴い筋内の血管径の変化が見られることは、動物実験において報告されている[1]. ストレッチングにより筋線維が伸長されると、筋線維の周囲に存在する血管のうち、筋線維と平行に位置する血管は、筋線維と共に引き伸ばされ、血管系の減少がみられる[2]. 一方、筋線維に直交する血管は、その径の増大が見られることが観察されている. さらに、短縮された筋においては、筋線維に平行に位置する血管径の増大が見られ、直交する血管においては径の減少が見られる. このように筋線維の伸長・短縮に伴い、筋内血管はその形状が変化するため、筋内循環にも影響を及ぼす.

これまでに、近赤外線分光装置を用いた研究により、静的ストレッチング中に当該筋の血液量が減少することが明らかにされている[3]. 静的な足背屈ストレッチング中の下腿三頭筋と筋血液量と膝窩動脈の血流量を測定した研究によると、ストレッチングによって下腿三頭筋の筋血液量の減少がみられるが、上位血管である膝窩動脈血流量は有意な変化を示さないことが報告されている[4]. つまり、ストレッチングの循環への影響は、筋活動によるものに比較すると小さいことが示されている.

2. 研究の目的

ストレッチングは、単に当該筋の筋線維や腱を伸長して適切な関節可動域を確保するのみならず、筋内の血管も伸長するため、筋内循環にも変化をもたらす. しかし、ストレッチングによる循環系への影響は、能動的な筋活動時に比較すると小さく、ストレッチングが施されている筋群の上位血管の血流量を著しく変化させるには至らない.

本研究では、近赤外線分光法を用いてストレッチング時の筋血液量を測定することにより、ストレッチングの影響を筋血液量変化から検討し、それにより局所の筋循環機能を評価しようとするを目的とした.

3. 研究の方法

(1) 静的ストレッチングによる当該筋・協働筋の血液量変化が最大筋力発揮時のどの程度に相当するのかを明らかにすることを目的に実験を行った.

被験者は仰臥位の姿勢をとり、右足の足部を筋力測定用のフットプレートに固定した. フットプレートには足底屈方向の受動張力を測定するための踏力計 (LPR-S-1KNS17, 共和電業) を装着した. 腓腹筋内側頭およびヒラメ筋の筋腹に近赤外線分光装置 (NIRO-200, 浜松ホトニクス) のプローブを装着した. 3分間の安静状態を維持した後、足関節角度 15deg 底屈位 (解剖学的肢位を 0deg とする) にて、静的最大筋力発揮を行った. その後、5分間の安静状態を維持した後、足関節背屈の受動的なストレッチングを行った. 足関節角度は検者により 2deg/sec の角速度で足関節の背屈を行った. ストレッチング角度は最大快適角度 (痛みを感じる角度から 3deg マイナスした関節角度. 平均 30deg 背屈位) とした.

各筋の筋血液量 (総ヘモグロビン量; HbT) 変化は連続的に測定し、安静時からの HbT の変化を筋血液量変化として評価した. なお、静的最大筋力発揮後は HbT が安静値に戻ったことを確認してからストレッチングを行った. 安静値に戻らない場合は安静状態を継続した.

また、ストレッチング中、被験筋に筋活動が見られないかどうかを確認するために、腓腹筋内側頭とヒラメ筋の表面筋電図 (SX-230, DKH) も記録した.

(2) 阻血状態におけるストレッチングが当該筋・拮抗筋の血液量変化に及ぼす影響について検討することを目的として実験を行なった.

被験者は仰臥位姿勢にてフットプレートに足部を固定した. 20分間の安静状態を維持した後、3分間の安静時測定を行なった. その後、カフインフレーター (E20/AG101, Hokason) を用いて大腿部を 210mmHg にて阻血し、同時に足関節背屈の受動的ストレッチングを 2deg/sec の角速度にて開始した. ストレッチング角度は最大快適角度 (痛みを感じる角度から 3deg マイナスした関節角度. 平均 30deg 背屈位) とし、30秒間維持したのち、元の安静時の足関節角度に戻した.

さらにその30秒後に大腿部の圧を解放した (図1). 近赤外分光法により、腓腹筋内側頭 (MG) とヒラメ筋 (SOL) の筋酸素化動態を連続的に測定し、安静時からの総ヘモグロビン量 (HbT) の変化を筋血液量変化として評価した.

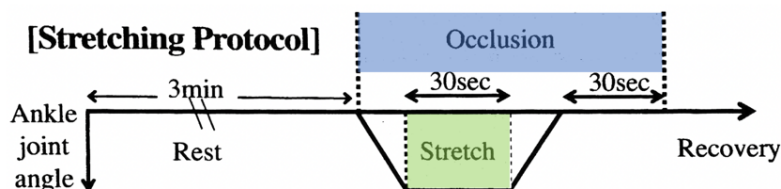


図1 ストレッチングプロトコル

4. 研究成果

(1) 最大筋力発揮時とストレッチング時の筋血液量変化を比較すると、ストレッチング時の筋血液量変化は最大筋力発揮時の約 2.9 倍 (腓腹筋内側頭)、約 1.9 倍 (ヒラメ筋) となり、ストレッチ

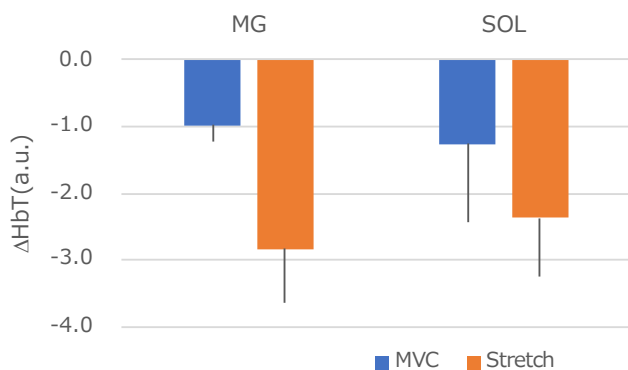


図2 筋血液量の減少量の比較

筋内側頭のほうが大きい傾向を示した。また、30秒間のストレッチ中に両筋ともに最大快適角度にて15秒経過後には、徐々に血液量が増加していき、30秒経過後には、最大低下時を100%とすると、約75%にまで回復していた。静的受動的ストレッチを行うことにより、筋内血管も伸長されて血液量の減少が見られるが、最大快適角度におけるストレッチでは、15秒を経過すると筋内血管の伸長が維持されているにも関わらず、筋血液量が増加の方向に転じることが示唆された。

(3) 大腿部を阻血し、下腿への血液の流入および心臓方向への血液還流が遮断された状態でストレッチを開始すると、MGのHbTはストレッチ開始と同時に減少し、30秒間のストレッチ角度維持中は徐々に増加し、元の足関節角度に戻る際には増加の傾向を示した。一方、SOLは通常のストレッチ時と異なり、ストレッチ開始と同時に増加、30秒間の角度維持中も徐々に増加し、元の足関節角度に戻る際には減少の傾向を示した。大腿部の圧を解放すると両筋ともに血液量は増加した。しかし被験者のうち約30%は、SOLもMGと同様にストレッチ中に減少を示した。図3にはストレッチ中の受動張力と総ヘモグロビン量(筋血液量: HbT)変化の典型例を示した。Aは、ストレッチを開始するとMGのHbTは減少し、SOLのHbTは増加するパターンを示したものである。BはMG、SOLの両方とも減少するパターンを示したものである。全被験者で同じ血液動態を示したMGは、阻血無しの通常のストレッチ中に比較すると安静時からの変化の割合は約45%であった。

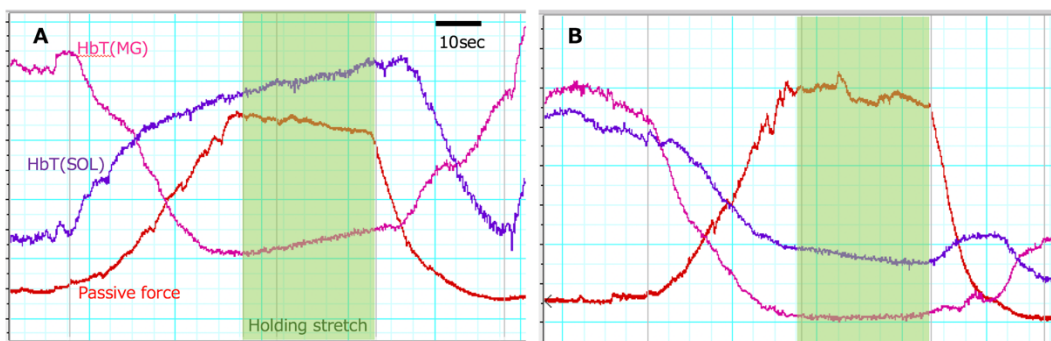


図3 ストレッチ中の受動張力、総ヘモグロビン (HbT) 量の変化の典型例 (A, B)

(4) 以上のように、筋の力発揮とストレッチという刺激を比較すると、それぞれ単発の試行であるという条件付きになるが、筋内の血管を伸長させるストレッチのほうがより大きな筋血液量変化が見られることが示唆された。これは、能動的な筋力発揮が困難な場合であっても、受動的にストレッチを行うことによって、筋内循環をある程度変化させることができる可能性を示している。一方、阻血によって心臓方向への血液還流が遮断された条件で得られた結果から、ストレッチにおける筋の相対的な伸長度合いには協働筋間で差異があることが示された。筋の解剖学的な位置関係や筋形状の差異により筋内圧が低い方の筋へと血液の分布が変化することが考えられるが、その具体的なメカニズムまでは明らかにすることができなかった。今後は、本研究でその原因まで明らかにすることができなかった被験者間の差異について、何かがその違いを生み出しているのか、検討することが求められる。

<引用文献>

[1] Poole DC et al. In vivo microvascular structural and functional consequences of muscle length changes. Am J Physiol. 1997, 272: H2107-14.

- [2] Nakao M and Segal SS. Muscle Length Alters Geometry of Arterioles and Venules in Hamster Retractor. *Am J Physiol.* 1995, 268: H336-44.
- [3] Kagaya A and Muraoka Y. Muscle Architecture and its Relationship to Muscle Circulation. *Int J Sport Health Sci.* 2005, 3: 171-180.
- [4] 大森英美子ほか. 最大位までの多段階ストレッチングが筋の循環に与える影響. *脈管学*, 2010, 50: 483-488.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計0件

〔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 |
|--|---------------------------|-----------------------|----|
|--|---------------------------|-----------------------|----|