

## ストレッチングにおける筋血液量の変化

### The change of muscle blood flow through the stretching

松本高明\*, 内藤祐子\*\*, 青葉貴明\*\*\*, 奥勝隆\*\*\*

Takaaki MATSUMOTO \*, Yuko NAITO \*\*, Takaaki AOBA \*\*\*  
and Katsutaka Oku \*\*\*

#### ABSTRACT

A stretching is widely done as the exercise for the warming up and the cooling down. There are few research reports about the change which the stretching brings to the muscle tissues. Therefore, it reviewed the change of the blood quantity in the muscle by the stretching for 20 male university swimmers. As the measuring instrument, it used the 3 wave length, 2 calculation laser organization blood oxygen monitor (BOM-L1TRW OMEGAWAVE Inc.). In the right calf muscle, for 10 seconds, it did a stretching three times in the 10 seconds interval. During the stretching, total hemoglobin (Total Hb), oxygenated hemoglobin (Oxy Hb), tissue blood oxygen saturation (StO<sub>2</sub>), deoxygenated hemoglobin (Deoxy Hb) were measured. As a result of the measurement, Total Hb didn't admit a significant difference. However, in the first half of the stretching, Deoxy Hb decreases and in the second half, both Oxy Hb and Deoxy Hb increased. It revealed the exchange of the blood in the muscle during stretching.

*Key words; stretching, muscle blood flow, muscle oxygenation*

#### はじめに

ストレッチングは、ウォーミングアップやクーリングダウンのための運動として広く行われている。ストレッチングはスポーツ傷害の予防に有効とされ、その効果として永田ら<sup>1)</sup>は、下腿三頭筋に対してストレッチングが筋緊張の低下や、筋収縮時間の短縮をもたらすことを報告している。また、ストレッチングの運動前後の必要性が運動指導書には当たり前のように記載されている。しかしながらストレッチングによりどのような変化が

組織に引き起こされるかは不明な点が多い。また、有効なストレッチングの回数や実施時間については、一回十秒から数十秒程度との記載が一般的である。<sup>2)</sup>しかしながら、その根拠に関しては不明な点が多い。そこで、今回われわれはウォーミングアップとしてストレッチングによって引き起こされる生体の反応を知り、ウォーミングアップとして有効なストレッチングはいかなるものかについて、組織血液量を反映する筋組織酸素化赤血球密度、脱酸素化赤血球密度、総赤血球密度、酸素飽和度を測定し考察を加えた。

\* 国士館大学体育学部スポーツ医学研究室 (Lab. of Sports medicine, Faculty of Physical education, Kokushikan University)

\*\* 国士館大学体育学部スポーツ医科学科 (Department of Sports and Medical science, faculty of Physical education, Kokushikan University)

\*\*\* 国士館大学大学院スポーツシステム研究科 (Lab. Graduate School of Sports System, Kokushikan University)

**【方法】** 男子大学生競泳選手20名を対象とした。3波長2受光2演算レーザー組織血液酸素モニター (BOM-L1TRW OMEGAWAVE社製) を用い、筋組織酸素化赤血球密度、脱酸素化赤血球密度、総赤血球密度、酸素飽和度を測定した。<sup>3), 4)</sup> 測定は温水プールのプールサイドで行い、室温は34℃、湿度は87%で一定であった。組織血液酸素モニターの測定に際しては受光部が右腓腹筋外側頭筋腹中央になるように、また、受光部と発光部の距離が一定になるようにプローブを黒のビニールテープで遮光して固定し、測定点が皮下3 cmとなるようにした。皮下3 cmの点に腓腹筋があることを触診にて確認した。(図1) 測定にあたり、陸上で両下肢をそろえて起立し、10秒間安静にし、測定するパラメーターが安定していることを確認してから後、右下肢を後方に出し、下腿を通常ストレッチしているように被験者に指示し、10秒間ストレッチを行わせ、再び10秒間両下腿を揃えることを3回繰り返した。この際、体重のかけ方や、歩幅は任意とした。これらパラメーターをリアルタイムで1秒ごとに計測し、得られた結果を分散分析法にて統計処理した。

**【結果】** 血液量の指標と考えられる総赤血球密度の平均値並びに標準偏差は、安静時 $1.42 \pm 0.19$  (個/mm<sup>3</sup>)、測定終了時 $1.4 \pm 0.22$  (個/mm<sup>3</sup>) で、有意な差を認めなかった。しかしながら、総赤血



図1 測定部位

下腿三頭筋の外側筋腹中央に受光部が来るようにした

球密度は、毎回のストレッチングの前半で減少し、後半から増加する傾向を示し、そのあとストレッチングを中断すると減少に転じて、ストレッチングの前のレベルに回復するという変動を示した。(図2) 総赤血球数は、酸素化赤血球数と、脱酸素化赤血球数の和からなると考えられる。総赤血球密度の変動を酸素化赤血球密度と脱酸素化赤血球密度の変化からみると、ストレッチングの過程で酸素化赤血球密度、脱酸素化赤血球密度と酸素飽和度の規則的な変動を見出すことができた。すなわち、ストレッチングの前半では、3回とも脱酸素化赤血球密度が減少傾向を示し、後半で酸素化赤血球密度が緩やかに増加するものの、その増加以上に脱酸素化赤血球密度が増加するため、酸素飽和度はそれにとまって変動を示し、ストレッチ開始後平均4秒後に低下した。(図3) また、ストレッチを中止すると直後は、酸素化、脱酸素化赤血球密度双方とも当初は減少するが、酸素化赤血球密度は途中から上昇するため、酸素飽和度もストレッチを中断している間は上昇してゆく。2回目のストレッチの開始には、酸素飽和度は最高値の $54.3 \pm 6.2\%$ に達し、安静時の $52.3 \pm 6.2\%$ に

### 血液量の経時的変化

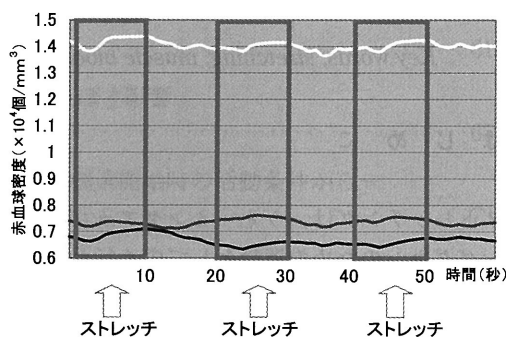


図2 腓腹筋の血色素量の変化

上から総血色素量、中央が酸素化血色素量、下が脱酸素化血色素量。ストレッチングのインターバルでは、ストレッチングにより減少する酸素化血色素量が平均4秒後に増加回復してゆく。ストレッチ中は脱酸素化ヘモグロビンが一旦減少して上昇する。ストレッチ期間を通じて有意な総血色素量の変動は認められなかった。

比べ有意に ( $p < 0.05$ ) 上昇した。

**【考察】** ストレッチ前半に、血流が低下傾向を示すのは、ストレッチングにより、筋が伸ばされ、酸素化赤血球の流入が抑制される一方で、筋のポンプ作用により、脱酸素化赤血球が押し出されるためと考えられる。ストレッチングの後半で、総血球密度が増加し回復していき、酸素飽和度が低下するのは、筋の酸素消費により、脱酸素化赤血球が増加し、一方で酸素化赤血球の供給が維持されるためと推測される。1回目のストレッチ終了後と、2、3回目のストレッチ終了後の酸素化、脱酸素化赤血球密度の変化は異なるようにみえる。これは、1回目のストレッチにおいては、脱酸素化赤血球密度が急激に増加したため、ストレッチの終了と共にこの脱酸素化赤血球が排出され減少したためと考えられる。実際、脱酸素化赤血球密度は1回目ストレッチ終了直後に  $0.71 \pm 0.14$  (個/mm<sup>3</sup>) と最大値を示し、2回目のストレッチ開始4秒後の最小値  $0.63 \pm 0.13$  (個/mm<sup>3</sup>) まで、有意 ( $p < 0.05$ ) に減少した。一方、酸素化赤血球密度は、安静時  $0.73 \pm 0.09$  (個/mm<sup>3</sup>)、測定終了時  $0.73 \pm 0.11$  (個/mm<sup>3</sup>) で、測定の過程

でほとんど変動を示さなかった。以上の結果をまとめると、ストレッチングによって、筋組織の血流量は有意差を持って変動しないが、脱酸素化赤血球や酸素化赤血球は変動し、筋組織の酸素飽和度は有意に変化すると考えられた。運動前に筋をストレッチングするという行為は、筋内の血液の交換を促進するという結論が得られた。また、インターバルを10秒とる一回に10秒間のストレッチングを3回繰り返す場合では、ストレッチングにより筋内の血液の交換がなされること、2回目のインターバルで筋血液量は増加し、酸素化ヘモグロビンと共に総ヘモグロビン量が最大になるものの3回目のストレッチングで安静時に戻ることが観察された。しかしながら、ウォーミングアップとして妥当な一回のストレッチングの持続時間やインターバルの時間に関する検討、また、筋内の血液が運動前に交換されることや酸素化ヘモグロビンの増加がおこることが筋機能に与える影響などについては今後の研究課題と思われた。

参考文献

- 1) 永田晟ら：誘発筋電図から見たストレッチングと神経・筋機能の関係。体力科学, **34** : 480, 1985.
- 2) 友末亮三：「ストレッチング」スポーツ医学基本用語セミナー、臨床スポーツ医学, **5** : 230, 1988.
- 3) K. kawaguchi, et, al. : Do the kinetics of peripheral muscle oxygenation reflect systemic dxygen intake? Eur. J. Physiol **84** : 158-161, 2001.
- 4) Matcher, et, al. : Performance comparison of several published tissue nearinfrared spectroscopy algorithms, Anat Biochem **227** : 54-68, 1995.

酸素飽和度の経時的变化

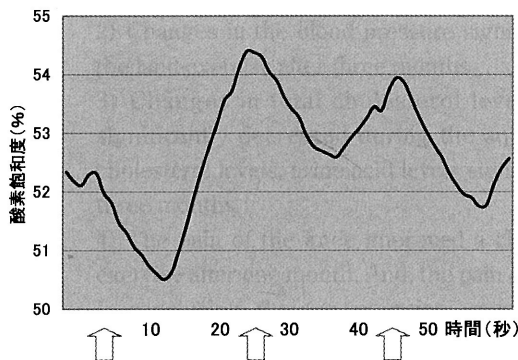


図3 酸素飽和度の変化

1回目のストレッチ後のインターバルで酸素飽和度は上昇し最高値に達した。ストレッチングの途中で筋の酸素飽和度は減少した。矢印の間10秒間のストレッチングを実施。