

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 22 日現在

機関番号：34605

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2014

課題番号：24700713

研究課題名(和文) ストレッチングがもたらす血管機能改善効果の解明と新しい動脈硬化予防法の開発

研究課題名(英文) Explication of the effect stretching on vascular function and development of new prevention method of arteriosclerosis

研究代表者

永澤 健 (Takeshi, Nagasawa)

畿央大学・健康科学部・准教授

研究者番号：80390566

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：ストレッチングが伸長部位の血液循環、血管拡張能、および動脈伸展性に及ぼす急性効果を検討するとともに、一過性のストレッチングが糖負荷後の血糖値を低下させるかどうか検討した。その結果、反復回数が少ないストレッチング条件でも伸長部位の筋酸素飽和度が上昇し、血液循環が亢進することが示された。ストレッチングによって伸長部位の血管拡張能の向上が認められた一方、動脈伸展性(脈波伝播速度)は増大しなかった。また、糖負荷後にストレッチングを行うことで血糖値が降下を示し、さらに、食後高血糖が是正される症例が認められ、ストレッチングが高血糖に伴う動脈硬化症の発症予防に有効な運動療法になり得るものと考えられた。

研究成果の概要(英文)：This study investigated acute the effect of stretching on blood circulation, flow-mediated vasodilation and arterial stiffness in stretched muscles. We also investigated that whether blood glucose level after oral glucose tolerance test (OGTT) decreased by the acute stretching. The stretching for a little repetition number induced an increase in oxygen saturation and a blood circulation promotion in stretched muscles. The stretching improved the flow-mediated vasodilation in stretched muscles. However, the stretching did not change arterial stiffness (pulse wave velocity). Blood glucose level after OGTT decreased by acute stretching and a case that improvement of post-meal hyperglycemia was observed after the stretching. These results indicated that stretching would be exercise therapy for prevention of arteriosclerosis induced by hyperglycemia.

研究分野：運動生理学

キーワード：ストレッチング 運動療法 運動処方 生活習慣病 血管機能 動脈硬化予防

1. 研究開始当初の背景

ストレッチングは、関節可動域の向上および加齢に伴う柔軟性低下の予防、肩こりや腰痛の改善、リラクゼーション、疲労回復の促進などの効果があることが知られている。また、ストレッチングは、ウォームアップやクールダウンなどの補助運動として実施されることが多い。例えば、歩行運動開始前のストレッチングは関節可動域を向上させ、運動時の自覚的運動強度や酸素摂取量を低減させることから、準備運動として有効である。一方、ストレッチングは3メッツ未満の運動であり、ウォーキングや自転車運動などの有酸素性運動のようなエネルギー消費量の亢進効果が期待できないため、減量を目的とした運動療法の主運動には適さないと考えられる。

静的ストレッチングは目的とする筋群を反動動作なしでゆっくりと伸長させるため、筋や腱の損傷の危険性が低く、安全性が高い。そのため、健康づくり運動の場においては、運動前後の補助運動として静的ストレッチングを行うだけでなく、日常生活の中で静的ストレッチングの実践を推奨することが多い。しかしながら、こうした静的ストレッチングが、生活習慣病の予防に寄与するかどうかについてのエビデンスは十分でない。

これまでに我々は、静的ストレッチングが伸長部位局所の血液循環に及ぼす効果についての研究に取組み、静的ストレッチングが伸長部位の血流量および組織酸素飽和度(StO_2)を上昇させること、静的ストレッチングは伸長時の伸長部位の血流を一時的に制限するが、終了後に血流量の増加が起こることを報告している(永澤ら, 臨床スポーツ医学 2010; 永澤ら, 体育学研究 2011)。これら研究は、静的ストレッチングが伸長部位の血管に対して血流量増大に伴うシェアストレスと血管壁の伸展をもたらすことを示唆している。このように、静的ストレッチングは、伸長部位の組織において一時的な血流制限とその後の血流促進をもたらすことから、一過性の静的ストレッチングにより、血流が促進され血管内皮機能が高まり、動脈硬化予防につながる可能性が考えられる。

また、食後高血糖の状態が長期間継続すると、血管内皮機能障害を引き起こし動脈硬化の発症に寄与することが報告されている。ストレッチングによって食後に上昇した血糖値を低下させることができれば、高血糖の改善とそれに伴う動脈硬化の進行を抑制できる可能性がある。

2. 研究の目的

本研究では、静的ストレッチングがもたらす血管機能改善効果を解明して、動脈硬化予防に対する静的ストレッチングの有効性を

検証することを目的とした。本研究ではまず、血液循環の亢進に効果的な静的ストレッチングの処方条件を探索することを目的とした。次に、血管機能に対する静的ストレッチングの急性効果を検証するために、伸長部位局所の動脈伸展性と血管拡張機能に及ぼす一過性の静的ストレッチングの効果を調べた。さらに、高血糖に伴う動脈硬化症の発症予防にストレッチングが有効であるかどうかを調べるために、一過性の静的ストレッチングによる血糖値低下作用と食後高血糖の改善効果を検証した。これらの研究によって、ストレッチングによる抗生活習慣病作用の解明と新規運動療法プログラムの開発につながるものと考えられる。

3. 研究の方法

(1) 研究 1

血液循環の亢進に効果的な静的ストレッチングの処方条件を明らかにするために、静的ストレッチングの反復回数の違いが伸長部位の StO_2 に及ぼす影響について検討することを目的とした。健常成人男性 8 名を対象に手関節伸展の受動的な静的ストレッチングを最大伸展角度の強度で実施した。静的ストレッチングの伸長部位である前腕屈筋群における StO_2 を近赤外分光法により測定した。静的ストレッチングは伸長時間を 30 秒、反復回数を 1~3 回の 3 条件 (30 秒×1 回, 30 秒×2 回, 30 秒×3 回) とし、静的ストレッチングを反復した場合の間隔は 30 秒とした。3 分間の安静時測定を行った後、受動的な静的ストレッチングを開始した。静的ストレッチング終了後、回復期の測定を 3 分間継続した。また、静的ストレッチング終了後の回復期において観察された StO_2 の最高値を求めた。

(2) 研究 2

静的ストレッチングが伸長部位の動脈伸展性(脈波伝播速度)および血管拡張機能に及ぼす急性効果を明らかにするために以下の 2 つの実験を実施した。

①健常成人男性 9 名(非喫煙者, 運動習慣無し)を対象にして、一過性の静的ストレッチングが伸長部位の脈波伝播速度(Pulse Wave Velocity; PWV)を増大させるかどうか、片脚に対するストレッチング実施後の動脈伸展性の変化を対照脚と比較した。動脈伸展性は、下肢(大腿動脈-足関節)の脈波伝播速度(femoral-ankle PWV; faPWV)と上腕-足関節間脈波伝播速度(brachial-ankle PWV; baPWV)から評価した。静的ストレッチングは、片脚(右脚)の大腿部と下腿部について合計 15 種目を伸長時間 30 秒(間隔 20 秒)、反復回数 2 回の条件で実施した。PWV の計測は安静時、ストレッチング 10 分後、30 分後、60 分後に行った。ストレッチングを実施せずに

安静を保持するコントロール条件を設けた。

②一過性の静的ストレッチングが伸長部位局所の血管拡張機能に与える効果について検討した。健康成人男性 10 名（非喫煙者，運動習慣無し）を対象として，手関節の受動的伸展による静的ストレッチングを実施した。伸長時間 30 秒，反復回数 4 回（30 秒間隔で実施）とし，静的ストレッチングの強度は最大伸展角度とした。血管拡張機能の評価は，上腕部をカフにて 5 分間の動脈血流遮断を行い，反応性充血後における前腕屈筋群の組織酸素飽和度（StO₂）の回復時間（ハーフタイム）から評価した。StO₂は近赤外分光法によって測定した。計測は安静時，静的ストレッチング終了 30 分後に行った。

(3) 研究 3

静的ストレッチングが糖負荷試験後の血糖値を低下させる作用があるかどうか検討することを目的とした。健康成人女性 8 名（運動習慣無し）を対象に，75g 経口糖負荷試験後に静的ストレッチングを実施する条件と座位安静を保持する条件の 2 条件を順序無作為に実施した。糖負荷試験後の 30，60，90，120 分後に血糖値を測定した。ストレッチング条件では糖負荷試験の 30 分後から受動的な静的ストレッチングを 12 種目，合計 30 分間実施した。空腹時から糖負荷後 120 分までの血糖値の変動曲線から血糖上昇曲線下面積を求めた。

4. 研究成果

(1) 研究 1

全ての静的ストレッチング条件において，静的ストレッチング中の StO₂ は低下が持続して安静レベルよりも有意に低値を示し，静的ストレッチング終了後，StO₂ は速やかに回復を示した。全ての静的ストレッチング条件において，静的ストレッチング終了後の回復期における StO₂ の最高値は安静値と比較して有意に（ $p < 0.01$ ）高値を示した（平均 4~5% の上昇）。この静的ストレッチング後の StO₂ 最高値には，条件間に有意な差がなかった。静的ストレッチング後において安静値と比較して StO₂ が有意に上昇していた時間は 30 秒×1 回の条件が 44 秒，30 秒×2 回が 28 秒，30 秒×3 回が 8 秒であり，静的ストレッチングの反復回数の増加に伴い，静的ストレッチング後の StO₂ の有意な上昇の持続時間は短縮を示した。これらのことから，30 秒間の静的ストレッチングの反復回数を 1 回から 3 回に増加させても伸長部位の StO₂ はさらに亢進しないこと，および静的ストレッチングの反復回数を増加させると，静的ストレッチング後の StO₂ の上昇の持続時間が短縮することが示唆された。したがって，静的ストレッチングによる StO₂ の上昇には 30 秒の静的ストレッチングを 1 回行う条件でも効果がある

ものと考えられた。

(2) 研究 2

①静的ストレッチング後における右脚の faPWV は，全ての時間において安静条件と比較して有意な変化がなかった（安静時：869±94 cm/sec，10 分後：883±116 cm/sec，30 分後：882±110 cm/sec，60 分後：887±107 cm/sec）。同様に baPWV においても安静条件と比較して有意な変化がなかった。しかしながら，9 名中 7 名の被験者において faPWV がストレッチング後に安静時よりも低値を示した。本研究の結果から，健康成人男性における一過性の静的ストレッチングには動脈伸展性を増大させる急性の効果は認められなかった。

②静的ストレッチング 30 分後の StO₂ ハーフタイム（10.5±3.9 秒）は安静時（13.6±3.4 秒）と比較して有意に短縮した（ $p < 0.05$ ）。一方，静的ストレッチングにより伸長していない前腕伸筋群（主に尺側手根屈筋）の StO₂ ハーフタイムには有意な変化がなかった。本研究における静的ストレッチングによる反応性充血後の StO₂ のハーフタイム短縮は，伸長部位局所の血管拡張反応が亢進したことに起因するものと推察され，このことから，静的ストレッチングは伸長部位局所の血管拡張機能を向上させる急性効果があるものと考えられた。

(2) 研究 3

静的ストレッチング条件では，30 分の血糖値と比較して 60，90，120 分の血糖値が有意に低値を示した（ $p < 0.01$ ）。一方，安静保持条件では，30 分と 60 分の血糖値との間に有意な差がなく，30 分の血糖値と比較して 90 分，120 分の血糖値が有意に低値を示した。血糖上昇曲線下面積は，静的ストレッチング条件（3848 ± 1549 mg・min/dL）が安静保持条件（4800 ± 2001 mg・min/dL）よりも有意に低値（ $p < 0.01$ ）を示した。食後高血糖を呈した 1 名における糖負荷 120 分後の血糖値は，静的ストレッチング条件（111 mg/dL）が安静保持条件（147 mg/dL）よりも低値を示した。

これら結果から，静的ストレッチングには，糖負荷後の血糖値を低下させる急性の作用があることが示唆された。さらに，糖負荷後にストレッチングを行うことで，食後高血糖が一過性に是正される症例が認められた。

(3) 研究成果のまとめと意義

本研究では血液循環の亢進に効果的な静的ストレッチングの処方条件を検討し，反復回数が少ない静的ストレッチングでも伸長部位の筋血流を上昇させ筋酸素飽和度を上昇させることができることを示した。次に，伸長部位の血管機能に対する静的ストレッチ

チングの急性効果を検証したところ、静的ストレッチングが伸長部位局所の血管拡張機能を向上させる一方で、動脈伸展性を増大させる急性の効果を認めなかった。今後は、高血圧症や糖尿病等の生活習慣病患者を対象にすることで血管機能に対するストレッチングの急性効果を詳細に検討することができると思われる。

また、本研究では、静的ストレッチングが糖負荷後の血糖値を低下させる急性の作用があることを示唆することができた。これによって高血糖に伴う動脈硬化症の発症予防に静的ストレッチングが有効な運動療法になり得るものと考えられる。この研究成果は、糖尿病に伴う動脈硬化の予防やその進行の抑制を目的とした運動実践の場での活用が期待できるものと考えられる。今後、習慣的なストレッチングがもたらす抗生活習慣病作用を縦断的研究によって検証することで、ストレッチングによる動脈硬化予防効果のエビデンスを集積することができるものと考えられる。

ストレッチングは、運動強度が低く、筋や関節への荷重が少ない安全性の高い運動であり、低体力者、高齢者でも実施できるという利点がある。また、ストレッチングは特別な用具を必要としないで、限られたスペースでも手軽に実施できる利点がある。このように、本研究成果の応用が可能な対象者の範囲は広いものと考えられる。さらに、ストレッチングは、自動運動が困難な者でも補助を借りれば他動的に実施できることも利点であり、本研究成果はスポーツ科学分野に加えて、リハビリテーション科学分野への展開も期待できる。

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3件)

①永澤健, 白石聖, 森口哲史, 運動前の短時間の静的ストレッチングがウォーキング中の酸素摂取量と自覚的運動強度に及ぼす効果, *Walking Research*, 査読有, 2012, 16, 133-139.

②Takeshi Nagasawa, Slower recovery rate of muscle oxygenation after sprint exercise in long-distance runners compared with that in sprinters and healthy controls. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 査読有, 27, 2013, 3360-3366.

③永澤健, 白石聖, ストレッチングによる糖負荷試験後の血糖値上昇抑制作用と食後高血糖の是正効果. *Therapeutic Research*, 査読有, 2015, 7, 印刷中.

[学会発表] (計3件)

①永澤健, 白石聖, 森口哲史, 運動前の短時間の静的ストレッチングがウォーキング中の酸素摂取量と自覚的運動強度に及ぼす影響. 第16回日本ウォーキング学会, 京都, 2012年6月.

②永澤健, 白石聖, セット間の静的ストレッチングが伸長部位の筋酸素飽和度および筋持久性パフォーマンスに及ぼす影響. 第67回日本体力医学会, 岐阜, 2012年9月.

③永澤健, 白石聖, 静的ストレッチングによる伸長部位の筋酸素飽和度の亢進に効果的な処方条件の検討. 第68回日本体力医学会大会, 東京, 2013年9月.

[その他]

招待講演

①永澤健, 生活習慣改善セミナー・健康づくり運動の実践法. 平成26年度奈良県市町村職員共済組合.

②永澤健, 健康づくり運動処方とスポーツ栄養学. 平成25年度奈良県栄養士会研修会.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

永澤 健 (NAGASAWA Takeshi)
畿央大学・健康科学部・准教授
研究者番号: 80390566