

## 継続的な水中でのストレッチングが 動脈ステイフネスに及ぼす影響

斎藤辰哉\*<sup>1</sup> 高原皓全\*<sup>2</sup> 吉岡哲\*<sup>3</sup> 小野寺昇\*<sup>4</sup>

### 1. 緒言

我が国の医療費は年々増加傾向にあり、一般診察医療費の約20%は、高血圧症、動脈硬化症などの循環器系疾患である<sup>1)</sup>。日常生活の改善、特に運動の習慣化によって予防・改善が期待できる<sup>2)</sup>。

動脈の硬さを評価する指標として脈波伝播速度 (Pulse Wave Velocity: PWV) がある<sup>3)</sup>。PWVは、血液が心臓から拍出される際に生じる拍動が末梢の動脈に伝わる速度である。左右上腕、左右足首に血圧波形測定用のカフを装着し、非侵襲的に測定することができる。PWVは、頸動脈—大動脈間脈波伝播速度 (carotid-femoral Pulse Wave Velocity: cfPWV)、上腕—足首間脈波伝播速度 (brachial-ankle Pulse Wave Velocity: baPWV)、大動脈起始部—頸動脈間脈波伝播速度 (heart carotid Pulse Wave Velocity: hcPWV) など様々な種類がある<sup>3)</sup>。その中で、baPWVは中心動脈を評価部位に含み、他のPWVの測定法に比べ測定に要する時間も短く、測定手技も簡便であり、一般検診にも適応可能な検査である<sup>3)</sup>。baPWVの精度については、動脈内圧センサー記録を用いた直接法により求めた計測値との対比で、良好であることが確認されている<sup>3)</sup>。

ストレッチングは、意図的に筋を伸展させる運動であると定義されている<sup>4)</sup>。ストレッチングの生理学的効果としては、筋温の増加、柔軟性の増加及び自律神経系の調整などがある<sup>4)</sup>。ストレッチングは、スタティック・ストレッチング、バリスティック・ストレッチング、PNFストレッチング、ダイナミック・ストレッチングなど、その形態により幾つかの種類に分類されるが、水中でのストレッチングは可動域が広く、ダイナミック・ストレッチングを行うと過伸展になる可能性がある。そこで本研究

は、スタティック・ストレッチング、いわゆる静的ストレッチングに着目した。

生体は浸水により種々の反応を生じる。浸水により水圧が表層の静脈を圧迫し、静脈還流を促進することによって、全身の血液循環が促進する<sup>5)</sup>。浸水時は、浮力の影響により抗重力筋が弛緩し、陸上よりも筋がリラックスした状態になることにより、関節の可動域が増大する<sup>6)</sup>。血液循環が促進し、関節可動域が増大する水中環境下でのストレッチングは、血管に対する物理的刺激が大きいものと推察する。水中環境下でのストレッチングが、baPWVを低下させるものと仮説立てをした。本研究は、継続的な水中でのストレッチングが動脈ステイフネスに及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。

### 2. 方法

#### 2.1 被験者

健康な男性6名 (年齢 $20.0 \pm 1.3$ 歳, 身長 $172.5 \pm 5.8$ cm, 体重 $59.9 \pm 7.9$ kg; 平均値 $\pm$ 標準偏差)であった。被験者には、ヘルシンキ宣言の趣旨に沿って研究の目的、方法、期待される効果、不利益がないこと、危険を排除した環境とすることについて説明を行い、研究への参加の同意を得た。本研究は、川崎医療福祉大学倫理委員会の承認を得た上で行った。

#### 2.2 測定手順

ストレッチングの部位は胸部、背部、大腿部前面 (左右)、大腿部後面 (左右) および下腿部後面 (左右) とした。ストレッチングは静的ストレッチング (スタティック・ストレッチング) で実施した。被験者には息を止めないで、できるだけ普通の呼吸をするように、また最大関節可動域を保持しつつ、著しい苦痛を感じないように指示した。ストレッチングを各30秒ずつ、1つの部位に対して連続

\*1 川崎医療福祉大学大学院 医療技術学研究科 健康体育学専攻 \*2 川崎医療福祉大学大学院 医療技術学研究科 健康科学専攻  
\*3 香川大学 医学部 公衆衛生学教室 \*4 川崎医療福祉大学 医療技術学部 健康体育学科  
(連絡先) 斎藤辰哉 〒701-0193 倉敷市松島288 川崎医療福祉大学  
E-Mail: w6310003@kwmw.jp

して2セット行い、各ストレッチングの間の休憩は30秒とした。

測定項目は、左右上腕から左右足関節までのbaPWV、収縮期血圧 (Systolic Blood Pressure : SBP)、拡張期血圧 (Diastolic Blood Pressure : DBP)、心拍数 (Heart Rate : HR) とした。baPWV、血圧、心拍数は、form PWV/ABI (オムロンコーリン社) を用いて測定した。

実験プロトコルを図1に示した。水中ストレッチング時間は15分とし、週に5回、6週間継続して行った。実験開始前を「Pre」、1週目を「1wk」、以下同様に6週目を「6wk」と表記した。実験は、本学温水プール (水温 $29.0 \pm 0.8^\circ\text{C}$ ) で実施し、測定は同プールサイド (室温 $33.0 \pm 1.0^\circ\text{C}$ 、湿度 $75.0 \pm 3.1\%$ ) で行った。各項目の測定は、トレーニング前及びトレーニング1週目から6週目の計7回、各測定日のストレッチング前後に行った。ストレッチング実施前の測定は、5分の仰臥位安静後に行った。ストレッチング実施後の測定は、15分の仰臥位安静後に行った。

### 2.3 統計処理

測定結果は、平均値 $\pm$ 標準偏差 (mean $\pm$ SD) で示した。解析にはStatView5.0を用い、一元配置分散分析による検定を行った。統計的な有意水準を5%未満とした。

## 3. 結果

### 3.1 baPWV

ストレッチング前後におけるbaPWVを図2に示した。

ストレッチング前は、「Pre」 $1084 \pm 138 \rightarrow$ 「1wk」 $1029 \pm 154 \rightarrow$ 「2wk」 $996 \pm 148 \rightarrow$ 「3wk」 $995 \pm 139 \rightarrow$ 「4wk」 $969 \pm 106 \rightarrow$ 「5wk」 $1021 \pm$

130 $\rightarrow$ 「6wk」 $998 \pm 118\text{cm/sec}$ であった。

ストレッチング後は、「Pre」 $1126 \pm 114 \rightarrow$ 「1wk」 $1081 \pm 209 \rightarrow$ 「2wk」 $1062 \pm 128 \rightarrow$ 「3wk」 $1102 \pm 205 \rightarrow$ 「4wk」 $1099 \pm 149 \rightarrow$ 「5wk」 $1078 \pm 155 \rightarrow$ 「6wk」 $1088 \pm 149\text{cm/sec}$ であった。前値、後値のどちらにおいても、「Pre」から「6wk」の全ての測定値に有意な差はみられなかった。

### 3.2 血圧

ストレッチング前後におけるSBPを図2、DBPを図3に示した。

ストレッチング前のSBPは、「Pre」 $118 \pm 14 \rightarrow$ 「1wk」 $115 \pm 10 \rightarrow$ 「2wk」 $115 \pm 9 \rightarrow$ 「3wk」 $112 \pm 8 \rightarrow$ 「4wk」 $110 \pm 8 \rightarrow$ 「5wk」 $116 \pm 11 \rightarrow$ 「6wk」 $112 \pm 6\text{mmHg}$ であった。

ストレッチング後のSBPは、「Pre」 $118 \pm 10 \rightarrow$ 「1wk」 $118 \pm 14 \rightarrow$ 「2wk」 $114 \pm 7 \rightarrow$ 「3wk」 $113 \pm 9 \rightarrow$ 「4wk」 $112 \pm 9 \rightarrow$ 「5wk」 $115 \pm 10 \rightarrow$ 「6wk」 $119 \pm 10\text{mmHg}$ であった。

ストレッチング前のDBPは、「Pre」 $66 \pm 10 \rightarrow$ 「1wk」 $64 \pm 8 \rightarrow$ 「2wk」 $65 \pm 7 \rightarrow$ 「3wk」 $61 \pm 7 \rightarrow$ 「4wk」 $61 \pm 6 \rightarrow$ 「5wk」 $64 \pm 8 \rightarrow$ 「6wk」 $62 \pm 5\text{mmHg}$ であった。

ストレッチング後のDBPは、「Pre」 $67 \pm 7 \rightarrow$ 「1wk」 $67 \pm 10 \rightarrow$ 「2wk」 $65 \pm 8 \rightarrow$ 「3wk」 $64 \pm 7 \rightarrow$ 「4wk」 $62 \pm 8 \rightarrow$ 「5wk」 $64 \pm 8 \rightarrow$ 「6wk」 $67 \pm 7\text{mmHg}$ であった。前値、後値のどちらにおいても、「Pre」から「6wk」の全ての測定値に有意な差はみられなかった。

### 3.3 心拍数

ストレッチング前後におけるHRを図4に示した。

ストレッチング前は、「Pre」 $64 \pm 13 \rightarrow$ 「1wk」 $58 \pm 9 \rightarrow$ 「2wk」 $57 \pm 11 \rightarrow$ 「3wk」 $57 \pm 6 \rightarrow$ 「4wk」 $56$

	1							2							...	6							(wks)	
	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7		1	2	3	4	5	6	7		
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	...	○	○	○	○	○	○	○	○	
※																								

「○」はストレッチング  
ストレッチング部位〔胸部・背部・大腿部前面(左右)・大腿部後面(左右)・下腿部後面(左右)〕

「※」は測定日  
測定項目〔上腕-足首間脈波伝播速度 (baPWV)・収縮期血圧 (SBP)・拡張期血圧 (DBP)・心拍数 (HR)〕

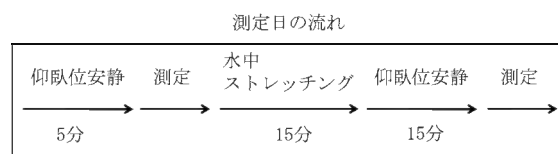


図1 実験プロトコル

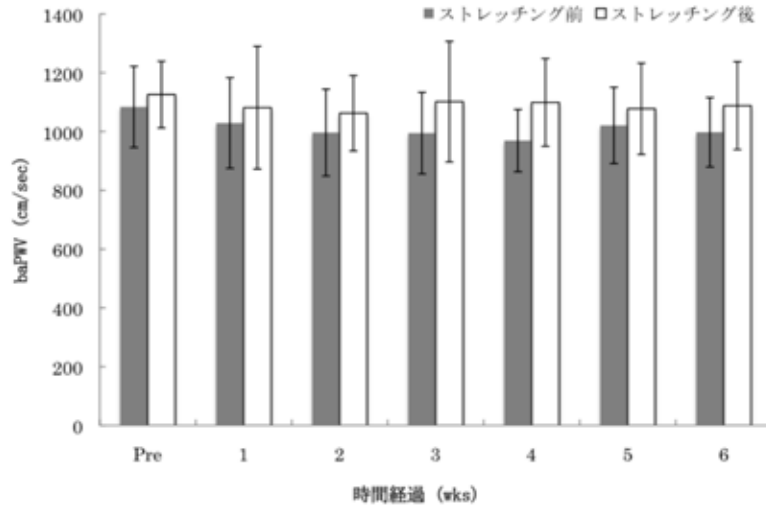


図2 ストレッチング前後におけるbaPWVの比較

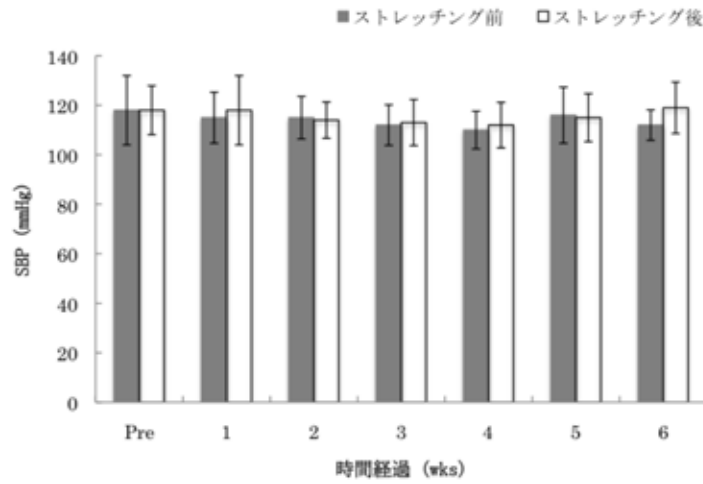


図3 ストレッチング前後における収縮期血圧の比較

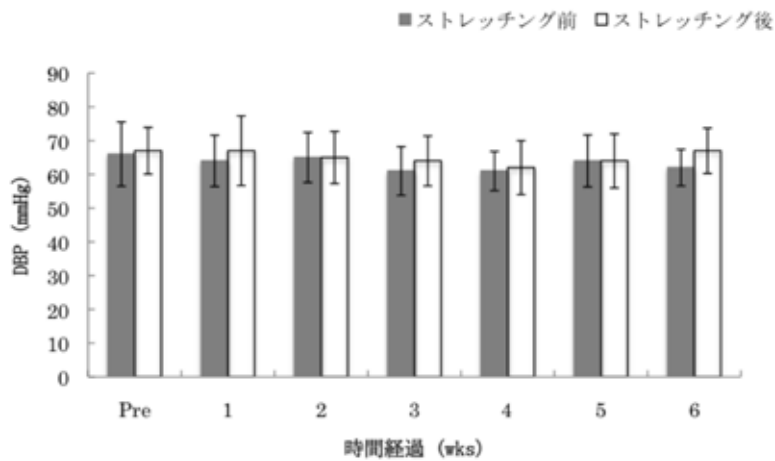


図4 ストレッチング前後における拡張期血圧の比較

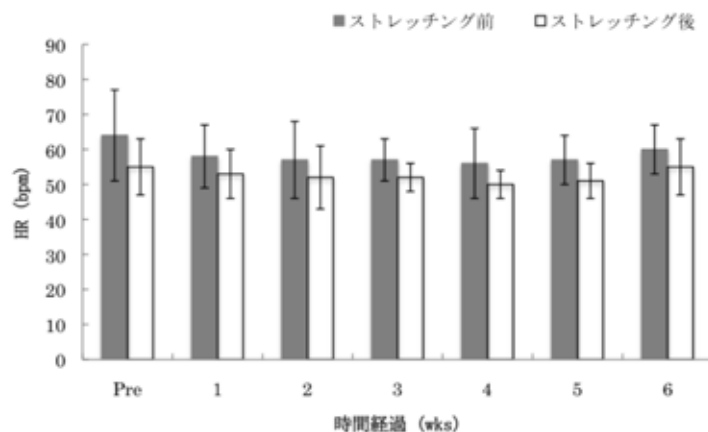


図5 ストレッチング前後における心拍数の比較

±6→「5wk」57±7→「6wk」60±7bpmであった。

ストレッチ後は、「Pre」55±8→「1wk」53±7→「2wk」52±9→「3wk」52±4→「4wk」50±4→「5wk」51±5→「6wk」55±8bpmであった。前値、後値のどちらにおいても、「Pre」から「6wk」の全ての測定値に有意な差はみられなかった。

#### 4. 考察

動脈壁は、組織学的には内膜、中膜、外膜の3層から構成され、血管壁の大部分を占める中膜は、主に弾性線維と平滑筋からなる<sup>3)</sup>。動脈壁の硬化度（動脈スティフネス）は単純に動脈壁の構造（器質的因子）によって決定されているのではなく、血管平滑筋の緊張状態（トーンズ）によっても調整される<sup>3)</sup>。血管平滑筋のトーンズを調整する因子は機能的因子とよばれ、血管交感神経や血管内皮細胞由来の血管作動性物質などがある<sup>3)</sup>。血管内皮細胞由来の血管作動性物質として、血管拡張因子である一酸化窒素（NO）や血管収縮物質であるエンドセリン1（ET-1）が明らかになった<sup>3)</sup>。動脈スティフネスの指標であるPWVは器質的因子、血管平滑筋のトーンズなどの機能的因子によって規定される<sup>3)</sup>。

野上ら<sup>7)</sup>は、推定最大酸素摂取量の50%で15分間の自転車運動を陸上及び水中にて行ったところ、陸上運動終了後15分でPWVの有意な低下が認められたが、水中運動後は、PWVの有意な低下が認められなかったことを報告した。本研究においても、各週のストレッチ前後のbaPWVには有意な差はみられなかったが、ストレッチ後に高値を示す傾向が観察された。その要因として、水の物理的特性である水圧が血管伸展性に影響していると考えられる。浸水時は静脈還流量が増加し、一回拍出量は増加することから<sup>8)</sup>、出水後の静脈還流量の減少により生じる血圧低下を抑制するために、交感神経系活動が亢進する傾向にあったと推察できる。今

回の実験ではSBP、DBPともにストレッチ前後において有意な差はみられなかったが、DBPはストレッチ後に高値を示す傾向がみられている。これは、水中ストレッチによる交感神経系活動の亢進や、筋伸張に伴う伸展受容器を介した圧反射の亢進により、総末梢血管抵抗が増大したためと考えられ、その影響がbaPWVの高値傾向をもたらしたと思われる。HRも、ストレッチ前後において有意な差はみられなかったが、ストレッチ後に減少する傾向がみられた。これには、静脈還流量の減少による可能性が考えられた。その要因としては、体温との関係が考えられる。プール（29.1±0.8℃）内では体幹の大部分が水に触れた状態である。体温低下を防ぐために交感神経系活動が亢進し、baPWVに影響した可能性が考えられる。

本研究の対象者は若年者であり、血圧は全ての測定において正常範囲内であった。また、baPWVの結果は同世代の平均値と比較して低値を示した。生活習慣病の主な罹患者は中高年者である。Tomiyama et al.<sup>9)</sup>は、正常血圧で動脈硬化危険因子を有さない群におけるbaPWVの検討において、加齢によりbaPWVが増大すると報告している。また、Asmar et al.<sup>10)</sup>は、高血圧群のPWVは正常血圧群と比較して、加齢とともに増加すると報告している。

これらのことより、若年者よりbaPWVが高値を示す中高年者では、トレーニングに対する反応性が異なることが推察される。中高年者を対象に、継続的な水中ストレッチを行うことが今後の課題である。

#### 5. 結論

本研究では、20歳前後の若年者を対象に、6週間の水中ストレッチがbaPWVに及ぼす影響を検討した。ストレッチ前、後のいずれにおいても

baPWVには変化はみられなかったが、ストレッチング後のbaPWVは、ストレッチング前に比べ高値を示す傾向が観察された。今後は、若年者よりも

baPWVが高値を示す中高年者においても、若年者と同様な結果が得られるのかを検討する必要がある。

## 文 献

- 1) 財団法人 厚生統計協会：国民衛生の動向・厚生指標 増刊。初版，財団法人 厚生統計協会，東京，57(9)，229-234，2010。
- 2) 三浦哉：運動頻度の違いが高齢者の動脈ステイフネスに及ぼす影響。体力科学，55(6)，639，2006。
- 3) 宗像正徳：PWVを知るPWVで診る。初版，中山書店，東京，31，35-42，49，2006。
- 4) 財団法人健康・体力づくり事業財団：第9章健康づくり運動の実際 ストレッチングと柔軟体操の実際。健康運動指導士養成講習会テキスト（下），財団法人健康・体力づくり事業財団，東京，925，2009。
- 5) 鈴木一行：アクアフィットネス・アクアダンスインストラクター教本。初版，大修館書店，東京，34，2008。
- 6) 山本利春，太田千尋：アクアストレッチング。初版，からだの科学，東京，245，68-73，2005。
- 7) 野上順子，斉藤陽子，谷村祐子，野上佳恵，佐藤幸治，家光素行，大槻毅，前田清司，鯉坂隆一：一過性の水中運動と陸上運動が大動脈ステイフネスに及ぼす影響。体力科学，56(6)，642，2007。
- 8) 阿岸祐幸：水中運動の生理と臨床応用。総合リハビリテーション，12(7)，517-523，1984。
- 9) Tomiyama H, Yamashina A and Arai T: Influences of age and gender on results of noninvasive brachial-ankle pulse wave velocity measurement - a survey of 12517 subjects. *Atherosclerosis*, 166(2), 303-309, 2003.
- 10) Asmar R, Benetos A, Topouchian A, Laurent P, Pannier B, Brisac AM, Target R and Levy BI: Assessment of arterial distensibility by automatic pulse wave velocity measurement: validation and clinical application studies. *Hypertension*, 26, 485-490, 1995.

(平成22年12月6日受理)

## Effects of Continuous Stretching in Water on Arterial Stiffness

Tatsuya SAITO, Terumasa TAKAHARA, Akira YOSHIOKA and Sho ONODERA

(Accepted Dec. 6, 2010)

Key words : in water, arterial stiffness, stretching

Correspondence to : Tatsuya SAITO

Master's Program in Health and Sports Science, Graduate School of Health Science and Technology  
Kawasaki University of Medical Welfare,  
Kurashiki, 701-0193, Japan  
E-Mail : w6310003@kwmw.jp  
(Kawasaki Medical Welfare Journal Vol.20, No.2, 2011 513-517)