

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 16 日現在

機関番号：35309

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2015～2016

課題番号：15H06786

研究課題名（和文）水泳プール入水に伴う動脈壁硬化と体温及び皮膚血流変化の関連性

研究課題名（英文）Relationship between arterial stiffness, body temperature and skin blood flow during water immersion in swimming pool

研究代表者

齋藤 辰哉（SAITO, TATSUYA）

川崎医療福祉大学・医療技術学部・助教

研究者番号：60758085

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,100,000円

研究成果の概要（和文）：本研究の目的は、水泳プールへの浸水に伴う動脈スティフネスと体温および皮膚血流変化の関連性を明らかにすることであった。その結果、水温30℃への浸水に伴う皮膚温および皮膚血流量の減少から、浸水時の脈波伝播速度の変化は、深部体温より低い水温への浸水に伴う皮膚血管収縮が関与している可能性が考えられた。また、人工炭酸泉への浸水に伴い浸水時の脈波伝播速度上昇を防ぐことが可能になる可能性が考えられた。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this study was to clarify the relationship between arterial stiffness, body temperature and skin blood flow during water immersion in swimming pool. As a result, skin temperature and skin blood flow rate decreased during water immersion. The results suggest that the change of pulse wave velocity at inundation is related to skin vasoconstriction in water immersion to water temperature lower than deep body temperature. In addition, it was considered that prevent the pulse wave velocity from rising at the time of inundation in the artificial carbon dioxide-rich water.

研究分野：健康科学

キーワード：脈波伝播速度 浸水 体温

### 1. 研究開始当初の背景

近年、水中運動(アクアエクササイズ)が大きな話題をよんでおり、多くのアクアエクササイズ愛好者が存在する。

浸水時に生体は、水の物理的特性の影響を受け、陸上とは異なる生理学的反応を示す。日本国内における水泳プール水温は、水泳およびアクアエクササイズを行う目的でヒトの中立温度(約 34~36 )より低い約 30~32 に保たれているところが多い。水の熱伝導率は、空気の 25 倍も高いため、水泳プールへの浸水は、ヒトの身体には急速な寒冷刺激となり、皮膚温低下および皮膚血管を収縮させる。

研究代表者らは、水温 30 浸水に伴う上腕-足首間脈波伝播速度(上腕-足首間 PWV)が陸上安静時と比較して、高値を示すことを報告した<sup>1)</sup>。上腕-足首間 PWV は、大動脈と四肢動脈の両者を包含する全身性の動脈ステイフネスの指標であるため、浸水が身体どの部位の動脈ステイフネスに影響を及ぼしているか明らかになっていない。浸水は、ヒトの身体には急速な寒冷刺激となり、浸水に伴う上腕-足首間 PWV の上昇には、皮膚温、皮膚血流変化が影響を及ぼしているものと推測する。

現在、身体への侵襲が少ない下肢末梢循環障害改善の治療方法の1つに「高濃度炭酸泉」が注目されている。淡水の水泳プールでは、入水に伴う動脈ステイフネスの上昇を免れることはできないが、人工炭酸泉を用いた水泳プールでは、動脈ステイフネスの上昇を防ぐことが可能であるものと推測した。

### 2. 研究の目的

本研究の目的は、(1) 浸水に伴う部位別動脈ステイフネスと体温および皮膚血流変化の関連性、(2) 水温の違いに伴う浸水時の部位別動脈ステイフネスと体温および皮膚血流変化の関連性、(3) 末梢血管拡張作用を有する人工炭酸泉への浸水に伴う体温及び皮膚血流変化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。

### 3. 研究の方法

(1) 浸水に伴う部位別動脈ステイフネスと体温および皮膚血流変化の関連性

対象者は、健康な成人男性 8 名(年齢: 21.4 ± 1.2 歳)であった。仰臥位浸水(水温: 30.2 ± 0.4 )を設定した。仰臥位浸水は、水槽に架台を沈め、頸部にエア枕を装着させ、顔面以外の全身を仰臥位浸水させた状態で測定を行った(図 1)。屋内プールサイドでの 15 分間の仰臥位安静後、顔面以外の仰臥位浸水を 15 分間実施した。着衣は、競泳用水着とした。測定項目は、心臓-頸動脈間 PWV、心臓-大腿動脈間 PWV、大腿動脈-足関節動脈間 PWV、上腕-足首間 PWV、心拍数、上腕血圧、下肢血圧、直腸温、皮膚温、皮膚血流量とした。

PWV、心拍数、血圧の測定は、陸上仰臥位安静 15 分後、浸水 5、10、15 分後に測定を行った。測定時は、手根部の心電図センサーの浸水を防ぐために、測定者が対象者の手根部を支持した。そのため、肘関節軽度屈曲位での仰臥位姿勢にて測定した。直腸温および皮膚温は、1 分毎の値を記録し、5 分毎の PWV 測定前の値を採用した。皮膚血流量は、継続して測定し、5 分毎の PWV 測定前の 1 分間の平均値を算出した。

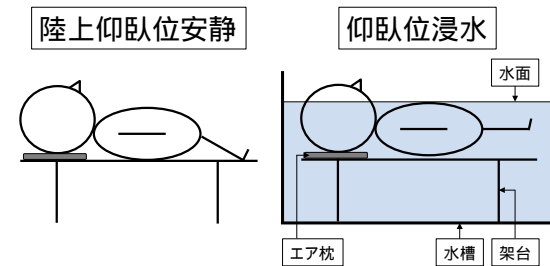


図 1. 陸上仰臥位安静および仰臥位浸水時の姿勢

(2) 水温の違いに伴う浸水時の部位別動脈ステイフネスと体温および皮膚血流変化の関連性

対象者は、健康な成人男性 6 名(年齢: 20.8 ± 0.4 歳)であった。測定条件は、水温 30 仰臥位浸水条件(30 条件)、水温 35 仰臥位浸水条件(35 条件)および水温 40 仰臥位浸水条件(40 条件)とした。仰臥位浸水は、水槽に架台を沈め、頸部にエア枕を装着させ、顔面以外の全身を仰臥位浸水させた状態で測定を行った(図 1)。屋内プールサイドでの 15 分間の仰臥位安静後、顔面以外の仰臥位浸水を 15 分間実施した。着衣は、競泳用水着とした。測定項目は、心臓-頸動脈間 PWV、心臓-大腿動脈間 PWV、大腿動脈-足関節動脈間 PWV、上腕-足首間 PWV、心拍数、上腕血圧、下肢血圧、直腸温、皮膚温、皮膚血流量とした。

PWV、心拍数、血圧の測定は、陸上仰臥位安静 15 分後、浸水 5、10、15 分後に測定を行った。測定時は、手根部の心電図センサーの浸水を防ぐために、測定者が対象者の手根部を支持した。そのため、肘関節軽度屈曲位での仰臥位姿勢にて測定した。直腸温および皮膚温は、1 分毎の値を記録し、5 分毎の PWV 測定前の値を採用した。皮膚血流量は、継続して測定し、5 分毎の PWV 測定前の 1 分間の平均値を算出した。

(3) 末梢血管拡張作用を有する人工炭酸泉への浸水に伴う体温及び皮膚血流変化が動脈ステイフネスに及ぼす影響

対象者は、健康な成人男性 7 名(年齢: 21.0 ± 0.6 歳)であった。人工炭酸泉への仰臥位浸水(水温: 30.0 ± 0.6 )を設定した。仰臥位浸水は、水槽に架台を沈め、頸部にエア枕を装着させ、顔面以外の全身を仰臥位浸

水させた状態で測定を行った(図1)。屋内プールサイドでの15分間の仰臥位安静後、顔面以外の仰臥位浸水を15分間実施した。着衣は、競泳用水着とした。測定項目は、心臓-頸動脈間 PWV、心臓-大腿動脈間 PWV、大腿動脈-足関節動脈間 PWV、上腕-足首間 PWV、心拍数、上腕血圧、下肢血圧、皮膚温、皮膚血流量とした。

PWV、心拍数、血圧の測定は、陸上仰臥位安静15分後、浸水5、10、15分後に測定を行った。測定時は、手根部の心電図センサーの浸水を防ぐために、測定者が対象者の手根部を支持した。そのため、肘関節軽度屈曲位での仰臥位姿勢にて測定した。皮膚温は、1分毎の値を記録し、5分毎のPWV測定前の値を採用した。皮膚血流量は、継続して測定し、5分毎のPWV測定前の1分間の平均値を算出した。

#### 4. 研究成果

##### (1) 浸水に伴う部位別動脈スティフネスと体温および皮膚血流変化の関連性

仰臥位浸水時の大腿動脈-足関節動脈間PWVおよび上腕-足首間PWVは、陸上仰臥位安静と比較して、有意に高値を示した( $P<0.05$ )。仰臥位浸水時の皮膚温および皮膚血流量は、陸上仰臥位安静と比較して、有意に低値を示した( $P<0.05$ )。仰臥位浸水時の皮膚血流量と大腿動脈-足関節動脈間PWVの変化の関係について、皮膚血流量と大腿動脈-足関節動脈間PWVの変化に有意な負の相関関係が認められた( $r=-0.68$ ,  $P<0.01$ )。仰臥位浸水時の大腿動脈-足関節動脈間PWVと上腕-足首間PWVの変化の関係について、大腿動脈-足関節動脈間PWVと上腕-足首間PWVの変化に有意な正の相関関係が認められた( $r=0.93$ ,  $P<0.01$ )。これらの結果から、水温30℃仰臥位浸水時の上腕-足首間PWVの上昇は、大腿動脈-足関節動脈間PWVの変化と関連がみられる可能性が考えられた。先行研究<sup>2)</sup>は、摘出したヒトの動脈の頸動脈伸展性が温熱刺激により増加し、寒冷刺激によって低下することを報告した。ヒトは、寒冷環境下では皮膚血管を収縮させ、皮膚血流量を減少させることにより体熱放散の抑制を行う<sup>3)</sup>。皮膚温および皮膚血流量の変化が仰臥位浸水に伴い低値を示したことから、ヒトの深部体温より低い水温への浸水に伴い、皮膚血管が収縮したものと考えられる。これらのことから、浸水時のPWVの変化は、深部体温より低い水温への浸水に伴う皮膚血管収縮が関与している可能性が考えられた。

##### (2) 水温の違いに伴う浸水時の部位別動脈スティフネスと体温および皮膚血流変化の関連性

水温30℃仰臥位浸水条件の大腿動脈-足関節動脈間PWVおよび上腕-足首間PWVは、水温40℃仰臥位浸水条件と比較して有意に高値を示した( $P<0.05$ )。水温40℃仰臥位浸水

条件の心拍数は、水温30℃仰臥位浸水条件と比較して有意に高値を示した( $P<0.05$ )。水温30℃仰臥位浸水条件の下肢拡張期血圧、下肢平均血圧、皮膚温および皮膚血流量は、水温40℃仰臥位浸水条件と比較して有意に低値を示した( $P<0.05$ )。先行研究<sup>4)</sup>は、中心動脈血液動態に対する下肢血管緊張の影響を明らかにするために下肢温熱刺激を行った。その結果、下肢PWVは有意に低下したと報告した。下肢PWVは有意に低下したが、大動脈PWVに有意な変化はみられなかったと報告した。この結果は、末梢血管反応変化が下肢PWVに影響を及ぼしているものと推測する。このことから、仰臥位浸水時の大腿動脈-足関節動脈間PWVおよび上腕-足首間PWVは、水温の影響を受けることが明らかになった。

##### (3) 末梢血管拡張作用を有する人工炭酸泉への浸水に伴う体温及び皮膚血流変化が動脈スティフネスに及ぼす影響

図2に陸上仰臥位安静および人工炭酸泉へ仰臥位浸水時の大腿動脈-足関節動脈間PWVの変化を示した。

図3に陸上仰臥位安静および人工炭酸泉へ仰臥位浸水時の上腕-足首間PWVの変化を示した。

人工炭酸泉へ浸水時の大腿動脈-足関節動脈間PWVおよび上腕-足首間PWVは、陸上仰臥位安静時と比較して有意な差は観察されなかった。研究成果(1)の結果において、大腿動脈-足関節動脈間PWVおよび上腕-足首間PWVは陸上仰臥位安静と比較して、有意に高値を示した。しかしながら、人工炭酸泉を用いた浸水では大腿動脈-足関節動脈間PWVおよび上腕-足首間PWVは陸上仰臥位安静と比較して、有意な変化が観察されなかった。これらのことから、人工炭酸泉を用いた浸水(水温30℃)は、浸水に伴う脈波伝播速度の上昇の抑制に影響を与える可能性が考えられた。

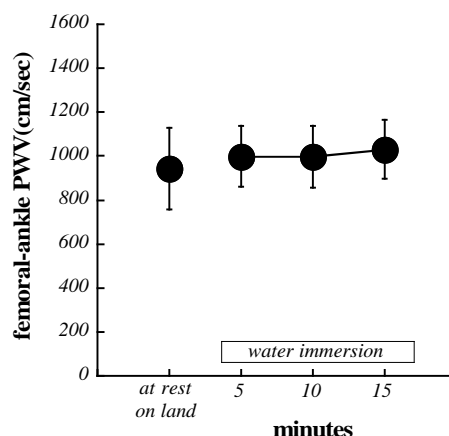


図2. 陸上仰臥位安静および人工炭酸泉へ仰臥位浸水時の大腿動脈-足関節動脈間PWVの変化

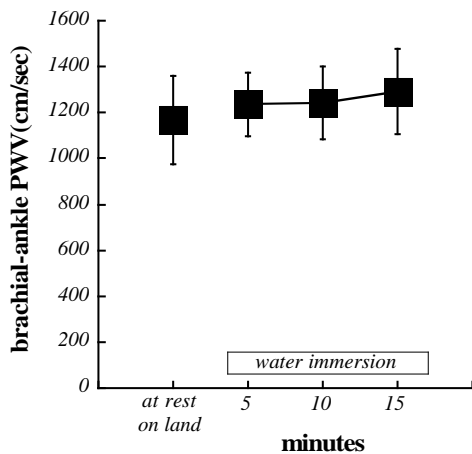


図 3. 陸上仰臥位安静および人工炭酸泉へ仰臥位浸水時の上腕-足首間 PWV の変化

#### 引用文献

- 1) Saito T, Takahara T, Nishimura M, Murata M, Yoshioka A, Onodera S, Water immersion in the supine position increases pulse wave velocity, *Kawasaki Journal of Medical Welfare*. 20(1), 2014, pp.9-12
- 2) Guinea GV, Atienza JM, Elices M, Aragoncillo P, Hayashi K, Thermomechanical behavior of human carotid arteries in the passive state, *American Journal of Physiology. Heart and Circulatory Physiology*, 288(6), 2005, pp.2940-2945
- 3) 工藤 奨, 坂口 雄貴, 岩永 光一, 隅井 千城, 大倉 修平, Kamariah Binti Md Isa, 寒冷血管拡張反応時の皮膚血流応答に及ぼす環境温の影響, *日本生理人類学会誌*, 17(1), 2012, pp.15-21
- 4) Kosaki K, Sugawara J, Akazawa N, Tanahashi K, Kumagai H, Ajisaka R, Maeda S, No influence of lower leg heating on central arterial pulse pressure in young men, *The Journal of Physiological Sciences*, 65(4), 2015, pp.311-316

#### 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1件)

齋藤 辰哉, 西村 正広, 村田 めぐみ, 吉岡 哲, 矢野 博己, 小野寺 昇, 仰臥位浸水が中高年者の脈波伝播速度に及ぼす影響, *地域環境保健福祉研究*, 査読有, 19 巻, 2016, pp.33-37

[学会発表](計4件)

齋藤 辰哉, 西村 正広, 村田 めぐみ, 吉岡 哲, 矢野 博己, 小野寺 昇, 異なる水温での仰臥位浸水が部位別脈波伝播速度に及ぼす影響, 第 87 回日本衛生学会学術集会, 2017 年 3 月 27 日, フェニックス・シーガイア・リゾート(宮崎県・宮崎市)

Tatsuya SAITO, Masahiro NISHIMURA, Megumi MURATA, Akira YOSHIOKA, Sho ONODERA, Effects of supine immersion of the body in water on the regional pulse wave velocity, 21st annual Congress of the European Collage of Sport Science 2016 年 7 月 6 日, Vienna (Austria)

齋藤 辰哉, 西村 正広, 村田 めぐみ, 吉岡 哲, 小野寺 昇, 仰臥位浸水が部位別脈波伝播速度に及ぼす影響, 第 76 回日本体力医学会中国・四国地方会, 2015 年 11 月 21 日, 高知大学教育学部(高知県・高知市)

齋藤 辰哉, 水中浸漬時の脈波伝播速度, 第 70 回日本体力医学会大会, 2015 年 9 月 19 日, 和歌山県民文化会館, ホテルアバローム 紀の国(和歌山県・和歌山市)

[図書](計0件)

[産業財産権]

出願状況(計0件)

名称:  
発明者:  
権利者:  
種類:  
番号:  
出願年月日:  
国内外の別:

取得状況(計0件)

名称:  
発明者:  
権利者:  
種類:  
番号:  
取得年月日:  
国内外の別:

[その他]  
ホームページ等

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

齋藤 辰哉(SAITO, Tatsuya)  
川崎医療福祉大学・医療技術学部・助教  
研究者番号: 60758085

##### (2) 研究分担者

( )

研究者番号：

(3)連携研究者

( )

研究者番号：

(4)研究協力者

小野寺 昇 (ONODERA, Sho)

西村 正広 (NISHIMURA, Masahiro)

吉岡 哲 (YOSHIOKA, Akira)