

令和元年6月20日現在

機関番号：35309

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2018

課題番号：17K13116

研究課題名(和文)水泳プール浸水前の入浴を用いた温熱刺激は浸水時の動脈壁硬化を抑制する

研究課題名(英文) Effects of pre-immersion heat stimulation by bathing on pulse wave velocity during swimming pool immersion

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) 2,600,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、水泳プール浸水前の入浴を用いた温熱刺激が浸水時の脈波伝播速度に及ぼす影響について明らかにすることを目的とした。その結果、入浴の有無、入浴時間および入浴水温によって皮膚温および皮膚血流量の反応は異なった。浸水時の脈波伝播速度の変化は、どの条件においてもほぼ同様に上昇した。このことから、水泳プール浸水時の脈波伝播速度は、入浴による温熱刺激よりも浸水時の冷刺激の影響を強く受ける可能性が考えられた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究で用いた部位別脈波伝播速度の測定をすることにより、浸水に伴う脈波伝播速度の変化箇所を特定することが可能となった。水泳プールでの運動前は、温水シャワーおよび足洗い場等による身体の洗浄が義務付けられており、本研究の結果は、循環応答の観点からみた安全な水中運動環境の普及に寄与する可能性があるものと推測する。

研究成果の概要(英文)：The present study aimed to clarify the effects of pre-immersion heat stimulation by bathing on pulse wave velocity during swimming pool immersion. Skin temperature and skin blood flow responses differed depending on whether bathing was performed and on bathing duration and temperature. Similar increases in pulse wave velocity during immersion were observed in all experimental conditions. The present findings suggest that pulse wave velocity during swimming pool immersion is more strongly influenced by cold stimulation during immersion than by heat stimulation by bathing.

研究分野：健康科学

キーワード：脈波伝播速度 水泳プール 入浴

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

水泳プールの水温は、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（小野寺ら, 2010）。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冷刺激となり、皮膚温の低下および皮膚血管を収縮させる。浸水に伴う皮膚温および皮膚血管の収縮は、血圧変化と関連し、一過性の動脈スティフネスの上昇を引き起こすものと推測する。研究代表者らは、動脈スティフネスの指標である脈波伝播速度（Pulse Wave Velocity; PWV）の浸水時測定を実施しており、全身性 PWV の指標である上腕-足首間 PWV (brachial-ankle PWV; baPWV) が水温 30 浸水時に高値を示し、浸水時の水温の違いによって変化することを報告した (Saito et al., 2014, 斎藤ら, 2013)。この知見は、浸水（冷刺激）に伴い PWV が上昇すること、水温の違いと PWV の変化が連動することを示唆する。また、水温 30 へ浸水時の部位別 PWV を測定したところ、大腿-足首動脈間 PWV (femoral-ankle PWV; faPWV) と baPWV が上昇していることを明らかにしている。

文部科学省は、遊泳用プールの衛生基準について、シャワーおよび足洗い場等の洗浄設備を設けること、足洗い場、シャワー水等に用いる洗浄水については、利用者の快適かつ効果的な洗浄に供するため、温水を使用する等、洗浄水の温度を適温とする措置をとることとしている（文部科学省, 2007）。そのため、学校やフィットネスクラブ等の現場ではシャワーでの全身温熱刺激後に水泳プールへ浸水することとなる。先行研究では、下肢温熱刺激後に下肢 PWV が有意に減少すること（Kosaki et al., 2015）、足浴の実施によって心臓足首血管指数が有意に低下すること（Hu Q et al., 2012）が報告されている。しかしながら、全身の温熱刺激後の水温 30 の水泳プールへの浸水が PWV に及ぼす影響は明らかになっていない。温水シャワー後における水泳プール浸水時の PWV 変化について検討すべきであるが、温水シャワーを用いた温熱刺激はシャワーの水量およびシャワーと身体との距離によって刺激が異なるものと考えた。このことから、水泳プールへ浸水前の身体の洗浄効果および全身への急速な血液循環効果がみられる全身の温熱刺激として入浴を採用した。

2. 研究の目的

本研究は、水泳プール前に入浴を用いた温熱刺激が浸水時の動脈スティフネスに及ぼす影響について明らかにすることを目的とし、以下の 3 つの実験を行った。

実験 1：水泳プール浸水前に入浴が浸水時の部位別動脈スティフネスに及ぼす影響

実験 2：水泳プール浸水前における入浴時間の違いが浸水時の部位別動脈スティフネスに及ぼす影響

実験 3：水泳プール浸水前における入浴水温の違いが浸水時の動脈スティフネスに及ぼす影響

3. 研究の方法

実験 1：水泳プール浸水前に入浴が浸水時の部位別動脈スティフネスに及ぼす影響

被験者は、健康な成人男性 6 名であった（年齢：21 ± 1 歳、平均値 ± 標準偏差）。実験は、川崎医療福祉大学倫理委員会の承認を受け、実施した。

実験条件は、陸上安静条件、浸水前に入浴を行わない入浴なし浸水条件および浸水前に入浴を行う入浴あり浸水条件（水温：40）の 3 条件とした。陸上安静条件は、屋内プールサイドにて実施した。屋内プールサイド（室温：24.9 ± 1.9、湿度：77.0 ± 4.6%）での約 15 分間の仰臥位安静後、簡易水槽を用いて 5 分間の入浴（入浴あり浸水条件のみ）を行った。その後、もう一つの簡易水槽（水温：30）を用いて 15 分間の浸水を行った（陸上安静条件は、すべて陸上にて測定を行った）（図 1）。着衣はすべての条件において競泳水着とした。

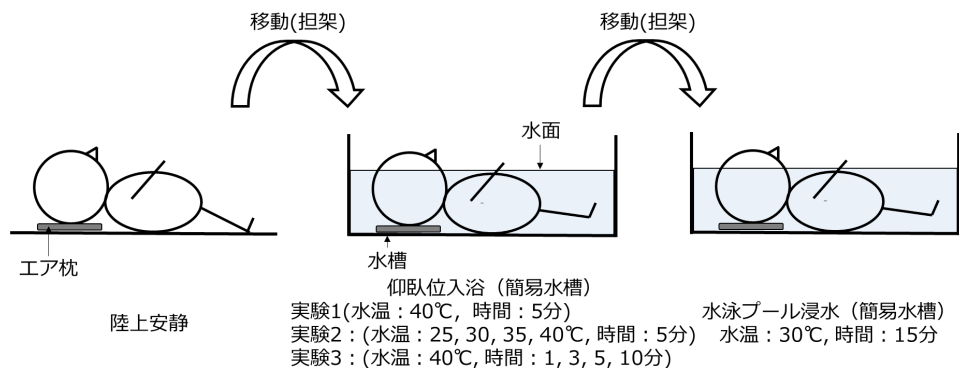


図 1. 測定プロトコル

測定項目は、心-頸動脈間 PWV (heart-carotid PWV; hcPWV)、心-大腿動脈間 PWV (heart-femoral PWV; hfPWV)、faPWV、baPWV、心拍数、血圧（上腕、足首）、直腸温、皮膚温および皮膚血流量とした。各 PWV、心拍数および血圧は、血圧脈波検査装置（form PWV/AVI、TU-100；オムロンコーリン）を用いて測定した。PWV 測定時は、主根部の心電図

の浸水を防ぐために、測定者が被験者の主根部を保持した。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。直腸温は、サーミスタ温度プローブ(401J:日機装サーモ)を用いて測定した。皮膚温は、表面型サーミスタ温度プローブ(409J:日機装サーモ)を用いて測定した。皮膚血流量は、浸水部である足背(右脚)をレーザードップラー血流計(ALF21;Advance)にて測定した。各PWV、心拍数および血圧の測定は、安静時および浸水5分毎に行った(陸上安静条件は、すべて陸上にて測定を行った)。直腸温および皮膚温は、安静時から1分毎に記録し、皮膚血流量は、連続して測定した。

実験2：水泳プール浸水前における入浴時間の違いが浸水時の部位別動脈スティフネスに及ぼす影響

被験者は、健康な成人男性6名であった(年齢:21±1歳)。実験は、川崎医療福祉大学倫理委員会の承認を受け、実施した。

実験条件は、入浴なし浸水条件、浸水前入浴1分条件(1分条件)、入浴3分条件(3分条件)、入浴5分条件(5分条件)および入浴10分条件(10分条件)の5条件とした。屋内プールサイド(室温:27.3±1.8、湿度:79.4±4.3%)での約15分間の仰臥位安静後、簡易水槽を用いて各条件時間の入浴(陸上仰臥位安静以外の条件、水温:40)を行った。その後、もう一つの簡易水槽(水温:30)を用いて15分間の浸水を行った(陸上安静条件は、すべて陸上にて測定を行った)(図1)。着衣はすべての条件において競泳水着とした。測定項目は、実験1と同様であった。

実験3：水泳プール浸水前における入浴水温の違いが浸水時の動脈スティフネスに及ぼす影響

被験者は、健康な成人男性6名であった(年齢:21±1歳)。実験は、川崎医療福祉大学倫理委員会の承認を受け、実施した。

実験条件は、陸上安静条件、浸水前水温25入浴条件(25条件)、浸水前水温30入浴条件(30条件)、浸水前水温35入浴条件(35条件)および浸水前水温40入浴条件(40条件)の5条件とした。屋内プールサイド(室温:27.0±1.5、湿度:75.5±8.1%)での約15分間の仰臥位安静後、簡易水槽を用いて各条件時間の入浴(陸上仰臥位安静以外の条件、入浴時間:5分)を行った。その後、もう一つの簡易水槽(水温:30)を用いて15分間の浸水を行った(陸上安静条件は、すべて陸上にて測定を行った)(図1)。着衣はすべての条件において競泳水着とした。測定項目は、実験1および2と同様であった。

4. 研究成果

実験1：水泳プール浸水前に入浴が浸水時の部位別動脈スティフネスに及ぼす影響

入浴なし浸水および入浴あり浸水条件のfaPWVおよびbaPWVは、陸上安静条件と比較して有意に高値を示した(P<0.05)(図2)。入浴あり浸水条件における全てのPWVは、入浴なし浸水条件と比較して有意な差は観察されなかった。寒冷環境下においてヒトは、深部体温の保持のため皮膚血管を収縮させる。先行研究は、交互浴時の血圧および末梢血管抵抗について検討した。その結果、血圧および末梢血管抵抗は、温浴のフェーズで減少し、冷浴のフェーズで上昇したことを報告した(Nakamura et al., 2010)。このことから、入浴あり浸水条件は、入浴によって末梢血管抵抗が低下した後に水温30への浸水に伴う末梢血管抵抗の増加がみられた可能性が考えられる。本実験の結果から、入浴の有無に伴い末梢血管の反応は異なるが、水温30への浸水時のPWVは同様の変化を示す可能性が考えられた。

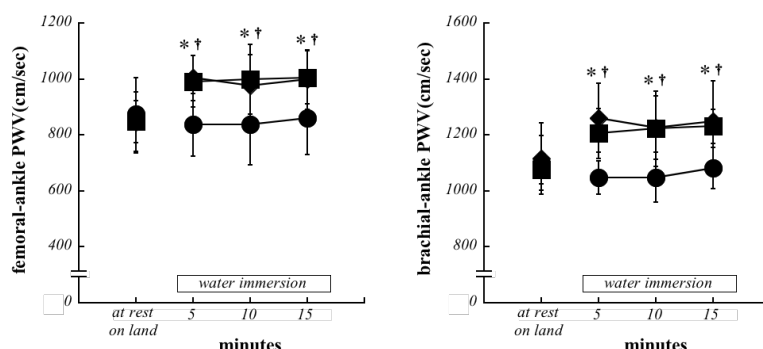


図2. 各条件におけるfaPWVおよびbaPWVの変化

- : 陸上安静条件, □ : 入浴なし浸水条件, ■ : 入浴あり浸水条件
- * : P<0.05, 陸上安静条件 VS 入浴なし浸水条件,
- † : P<0.05, 陸上安静条件 VS 入浴あり浸水条件

実験2：水泳プール浸水前における入浴時間の違いが浸水時の部位別動脈スティフネスに及ぼす影響

5分および10分条件における入浴時の皮膚温は、入浴なし浸水条件と比較して、有意に高値

を示した ($P<0.05$)。このことから、入浴に伴う温熱刺激が身体に加わっていたものと推測する。浸水時の皮膚温は、10分条件のみ入浴なし浸水条件と比較して有意に高値を示した ($P<0.05$)。

浸水時の各PWVは、条件間に有意な差は観察されなかったが、10分条件における浸水5分目のfaPWVおよびbaPWV(安静時からの変化量)は、入浴なし浸水条件と比較して低値を示す傾向がみられた。下肢温熱刺激後に下肢PWVが有意に減少すること(Kosaki et al., 2015)から、本実験においても10分条件において、入浴時に下肢および全身のPWV値が低値を示していた可能性が考えられる。しかしながら、水の熱伝導率は、空気の25倍も高い。そのため、皮膚温は、入浴に伴う温熱刺激から浸水に伴う急速な冷刺激を受けたものと考えられる。条件間における浸水時の各PWVに有意な差が観察されなかったことから、入浴なし浸水条件と同様の变化であり、入浴時間の変化に伴う浸水時のPWVに影響は、入浴(水温:40)での温熱刺激よりも浸水(水温:30)に伴う冷刺激が大きい可能性が考えられた。

実験3:水泳プール浸水前における入浴水温の違いが浸水時の動脈スティフネスに及ぼす影響

入浴時および浸水時における40条件の皮膚温は、コントロール条件と比較して有意に高値を示した(図3)。浸水時の各PWVは、条件間に有意な差は観察されなかった。冷え性女性は、足先の血流低下および皮膚温低下だけでなく、全身および下肢の動脈硬化度が增大していることが報告されている(大和ら, 2016)。これまでの研究代表者の研究結果にて、水温30浸水時に陸上安静時と比較してPWV値が高値を示す結果が得られている。このことから、水温30への浸水よりも低い水温条件の25条件では、入浴時にはすでにPWV値が高値を示しているものと推測でき、他の条件とは反対の末梢血管反応を示していたものと考えられる。

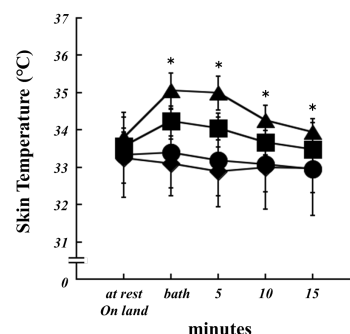


図3. 各条件における皮膚温の変化
●: 陸上安静条件, ◆: 25条件,
■: 35条件, ▲: 40°C条件
*: $P<0.05$, 陸上安静条件 VS 40°C条件

今回の研究では、健康な成人男性を対象に実験を実施した。高齢者は、水温30浸水に伴い血圧が高値を示すことが報告されている(小野寺と宮地, 2003)。この血圧の変化は、加齢に伴う動脈スティフネスの低下の可能性が考えられている。PWV値は、血圧変化の影響を受けることから、水泳プール浸水前の急速な冷刺激は血圧上昇の可能性が考えられ、注意する必要があるものと考えられる。

今後の課題として、実際の水泳プールの現場では、シャワーを立位で浴びるため、仰臥位姿勢になることは考えにくい。そのため、実際の姿勢(立位姿勢)に合わせた検討が必要になるものと考えられる。また、本研究では、二つの簡易水槽を並べて実施したため、入浴場所と浸水場所の室温および湿度は同様であった。学校やフィットネスクラブ等の現場を考えるとシャワールームとプールの間に移動距離があるため、今後は、シャワールームからプールへ移動にかかる時間およびシャワールームの室温とプールサイドの室温差も考慮する必要があり検討課題である。

5. 主な発表論文等

[学会発表](計5件)

Saito T., Hamada H., Murata M., Nishimura M., Yoshioka A., Yano H., Onodera S. Effect of water temperature on the regional pulse wave velocity during water immersion, XIII th International on Biomechanics and Medicine in Swimming, 2018.

齋藤辰哉, 濱田大幹, 村田めぐみ, 西本哲也, 西村正広, 吉岡哲, 矢野博己, 小野寺昇. 入浴後における水温30浸水時の脈波伝播速度の変化, 第73回日本体力医学会大会, 2018.

Saito T., Hamada H., Nishimura M., Murata M., Nishimoto T., Yoshioka A., Yano H., Onodera S. The different responses in regional pulse wave velocity to water immersion at 30°C. 23rd Annual Congress of the European College of Sport Science, 2018.

齋藤辰哉, 西村正広, 村田めぐみ, 濱田大幹, 吉岡哲, 小野寺昇. 水温30への人工炭酸泉浴が部位別脈波伝播速度に及ぼす影響. 第81回日本体力医学会中国・四国地方会, 2018.

齋藤辰哉, 濱田大幹, 西村正広, 村田めぐみ, 西本哲也, 吉岡哲, 矢野博己, 小野寺昇. 仰臥位浸水による部位別脈波伝播速度応答の違い. 平成29(2017)年度岡山体育学会研究発表会, 2018.

[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：
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：
国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究分担者

研究分担者氏名：

ローマ字氏名：

所属研究機関名：

部局名：

職名：

研究者番号（8桁）：

(2) 研究協力者

研究協力者氏名：

ローマ字氏名：

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。