

原 著

30℃および36℃浸水時における椅座位安静時の 尿量および尿意感の比較

和田拓真*¹ 野瀬由佳*² 小野寺昇*³

要 約

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的反応を示す。本研究の目的は、30分間の30℃および36℃浸水時における椅座位安静を保った際に生じる尿量、尿意感、主観的温度感覚、血圧、直腸温および心拍数の変化を評価し、浸水時の利尿作用について比較検討することとした。対象者は、健康な成人男性9名であった。測定条件は、水温30℃での椅座位安静条件（以下、W-30条件）および水温36℃での椅座位安静条件（以下、W-36条件）とした。水位は、鎖骨位に設定した。測定プロトコルは、30分間の陸上椅座位安静後、浸水し、30分間の水中椅座位安静を保った。退水後、体表面部の水分を拭き取り、回復期としてプールサイドで30分間の椅座位安静を行った。退水直後および回復期30分時のW-30条件の尿量は、W-36条件に比較して有意な高値を示した。退水直後および回復期30分時のW-30条件の尿意感は、W-36条件に比較して有意な高値を示した。W-30条件の退水直後および回復30分時の主観的温度感覚は、W-36条件に比較して有意な高値を示し、「寒い」に値した。W-30条件の退水直後の心拍数は、W-36条件に比較して有意な低値を示した。退水直後および回復30分時のW-30条件の直腸温は、W-36条件に比較して有意な低値を示した。退水直後のW-30条件の収縮期血圧は、W-36条件に比較して有意な低値を示した。退水直後および回復30分時のW-30条件の拡張期血圧は、W-36条件に比較して有意な高値を示した。これらのことから、水中椅座位における尿量および尿意感の増大は、水温および水圧が利尿作用に影響を及ぼすものと考えられた。

1. はじめに

近年、水の物理的特性を活用した水中運動が、老若男女問わず、スポーツ選手からスポーツ障害を有する者まで参加できるプログラムとして、スポーツクラブや健康増進施設の現場で導入されるようになった。しかしながら、水中運動に関する教本等に、必ずしも排尿に対するアセスメントが記載されているとは限らない。そこで、水分摂取および排尿のタイミングの明確な指針の検討が必要であると考へ、浸水時の尿量および尿意感の検討が必要であると考へられる。

特に、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的反応を示す¹⁻⁴⁾。水の物理的特性の一つに、水圧がある。水圧は、浸漬時

の心拍数および血圧に影響を及ぼす^{3,4)}。浸漬時の心拍数は、水圧が静脈に作用し10拍/分程度減少する^{3,4)}。静脈還流が促進され、一回拍出量が増大し、心拍数を減少させる^{3,4)}。浸漬時の血圧は、年齢によって異なる反応を示す^{3,4)}。若年者の収縮期血圧および拡張期血圧は低下する^{3,4)}。これらのように、浸水によって、水圧の影響を受け静脈還流量が増加し、尿生成が亢進することで、利尿作用が促進する^{5,6)}。水中運動時は、陸上運動時と比較して、尿による体液損失が大きくなる⁶⁾。浸水によって、腎血流量および心房性Na利尿ホルモンが増加し、血漿レニン活性およびアルドステロン濃度は低下することから、尿量が増加する^{7,8)}。

また、水の物理的特性に、水温がある。水中環境

*1 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 *2 安田女子大学 家政学部 管理栄養学科

*3 川崎医療福祉大学 医療技術学部 健康体育学科

(連絡先) 和田拓真 〒701-0193 倉敷市松島288 川崎医療福祉大学

E-mail : w6312002@kwmw.jp

下は、熱伝導率は、空気の約25倍であり、陸上と比較して、熱が奪われやすく熱しやすい⁹⁾。このように水の熱伝導率・比熱は空気のそれに比してはるかに大きいため、身体の熱の放散が大きく、また身体周囲の水の温度も上昇しにくい¹⁰⁾。一般的に30～36℃を無感帯といい、この温度の範囲内であれば身体の順応がおこり、36℃以上または30℃未満ではそれぞれ温かさや寒さを感じる¹⁰⁾。生体の熱産生は、主に骨格筋、脳、肝臓、腎臓および消化器などで行われる¹⁰⁾。体内で産生された熱は、体表面から、放射、伝導、対流および蒸発によって皮膚や気道から放散される¹⁰⁾。国内で管理された室内温水プール水温は、概ね30～32℃の範囲にある⁴⁾。水温が中立温度(水温34～38℃)よりも低い場合は、末梢血管が収縮し、逆に中立温度よりも高い場合には、末梢血管抵抗が大きく減少する¹¹⁾。

これらのことから、水中環境における利尿作用の亢進は、水温および水圧による影響の2つの要因が推測される。

そこで、研究の目的は、30分間の30℃および中立温度浸水時における椅座位安静を保った際に生じる尿量、尿意感、主観的温度感覚、血圧、直腸温および心拍数の変化を評価し、浸水時の利尿作用について比較検討することとした。

2. 方法

2.1 対象者および環境条件

対象者は、腎疾患や心疾患などの既往歴がない

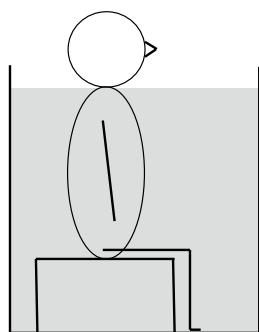


図1. 椅座位浸水の模式図

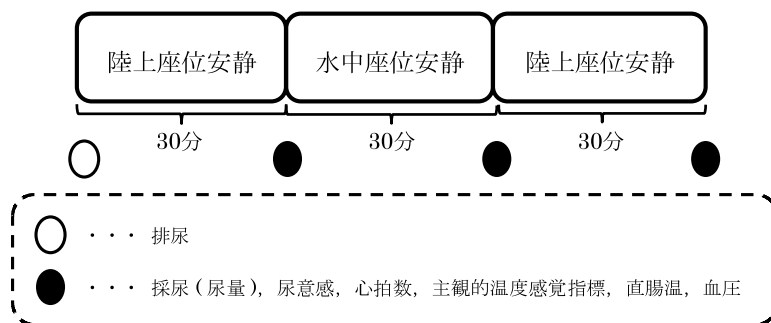


図2. 測定プロトコル

健康な成人男性9名(年齢: 20.9 ± 0.9 歳, 身長: 167.7 ± 4.6 cm, 体重: 68.8 ± 6.6 kg, 体脂肪率: 14.2 ± 3.9 %)であった。本研究は、川崎医療福祉大学倫理委員会の承認を受け実施した(承認番号416)。対象者には、ヘルシンキ宣言の趣旨に則り、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、研究参加の同意を得た。室内プール内の環境は、30℃条件:水温 30.2 ± 0.3 ℃, 室温 28.3 ± 0.3 ℃, 湿度 56.7 ± 4.4 %, 36℃条件:水温 36.4 ± 0.5 ℃, 室温 28.2 ± 0.4 ℃, 湿度 56.5 ± 4.5 %, であった。

2.2 測定条件

測定条件は、水温30℃での椅座位安静条件(以下、W-30条件)および水温36℃での椅座位安静条件(以下、W-36条件)とした。着衣は、競泳用水着とした。水位は、鎖骨位に設定した(図1)。

2.3 測定プロトコル(図2)

測定プロトコルは、30分間の陸上椅座位安静後、浸水し、30分間の水中椅座位安静を保った。退水後、体表面部の水分を拭き取り、回復期としてプールサイドで30分間の椅座位安静を行った。同一の対象者が2条件の測定に参加した。両条件の測定は、異なる日の午前中の同一時間帯に実施し、条件の順序はランダムで行った。対象者には、前日のアルコール摂取不可、22時以降絶食およびカフェイン摂取不可を指示した。飲料水は、指定した飲料水(純水:硬度0)を摂取した。

2.4 測定項目

(1) 尿量および尿意感

尿量は、300mlのメスシリンダーを用いて測定した。排尿後から30分毎に採尿し、尿量を計測した。尿意感は、視覚的評価スケール¹²⁾(Visual Analog Scale; VAS)を用いて、30分毎に測定した。VASは、100mmの線上(左端〈0〉「全くない」、右端〈100〉

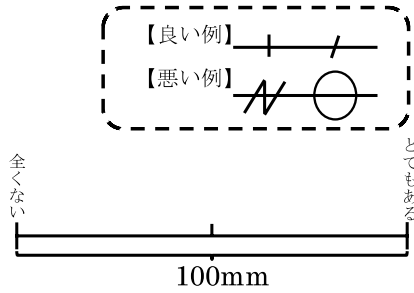


図3. 視覚的評価スケール

「とてもある」) に記入した (図3).

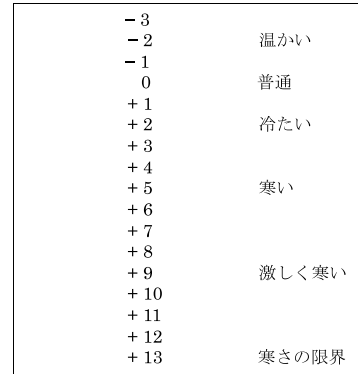


図4. 主観的温度感覚指標

(2) 主観的温度感覚

主観的温度感覚の評価は、Tanaka et al. が作成した主観的温度感覚指標を用いた¹³⁾ (図4)。主観的温度感覚指標は、+13から-3までのスケールで示された寒冷環境で用いられる主観的な温度感覚を評価する尺度である。+13が『寒さの限界』、0が『暑くも寒くもない』、-3へ変化するにつれて『温かい』ことを示す。主観的温度感覚は、30分毎に測定した。

(3) 心拍数 (Heart Rate ; HR)

心拍数は、心拍計 (RS400 ; POLAR 社製) を用いて経時的に導出し、30分毎に測定した。

(4) 直腸温

直腸温は、感熱部直腸温計 (YSI4000 サーモメーター、日機装ワイエスアイ社製) を用いて経時的に導出し、30分毎に測定した。

(5) 血圧 (Blood Pressure ; BP)

血圧は、アネロイド血圧計 (501; ケンツメディコ社製) を用い、30分毎に測定した。

2.5 統計処理

統計処理は、統計ソフト SPSS for windows ver.12を用いて行った。心拍数、直腸温、血圧および尿量のデータは (平均値 ± 標準偏差) を示し、尿意感および主観的温度感覚のデータは中央値で示した。心拍数、直腸温、血圧および尿量は、反復測定による2元配置分散分析を行い、変化のパターンに交互作用が認められた場合、単純主効果の検定 (Bonferroni) を行なった。尿意感および主観的温度感覚は、Mann-Whitney の U 検定を用いて解析した。統計学的な有意水準は5% 未満とした。

3. 結果

尿量の経時変化を図5に示した。退水直後および回復期30分時の W-30条件の尿量は、W-36条件に比較して有意な高値を示した ($p < 0.05$)。

尿意感の経時変化を図6に示した。退水直後および回復期30分時の W-30条件の尿意感は、W-36条件に比較して有意な高値を示した ($p < 0.05$)。

主観的温度感覚の経時変化を図7に示した。W-30条件の退水直後および回復30分時の主観的温

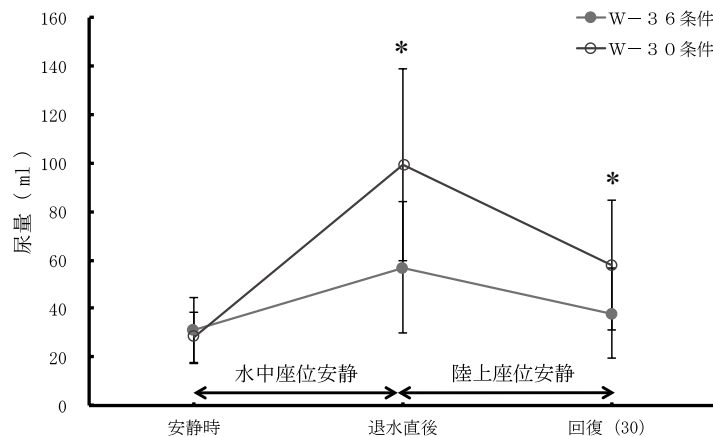


図5. 尿量の経時変化

* : $p < 0.05$ W-36条件 vs. W-30条件

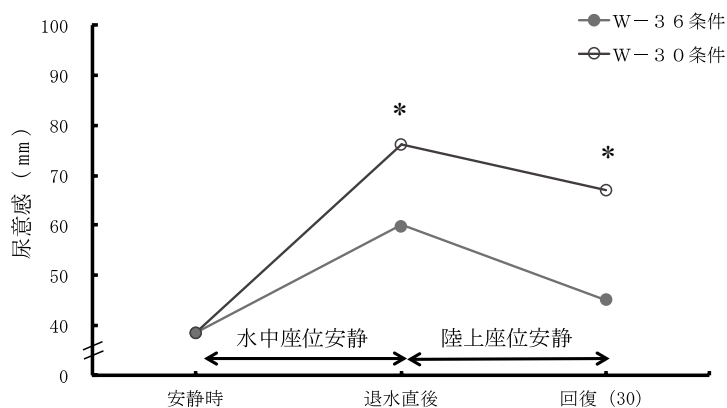


図6. 尿意感の経時的変化

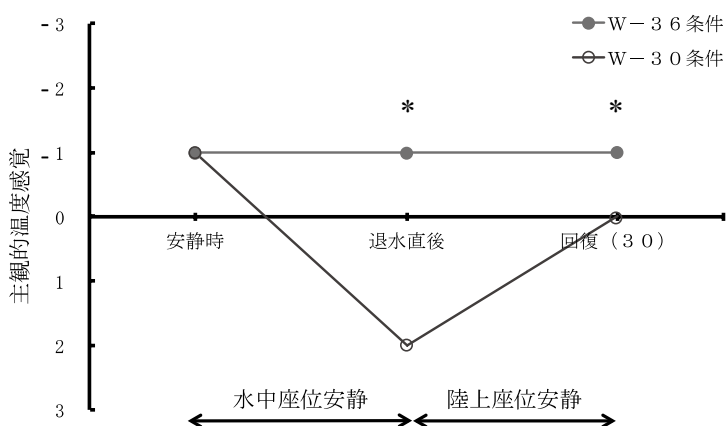
* : $p < 0.05$ W-36条件 vs. W-30条件

図7. 主観的温度感覚の経時的変化

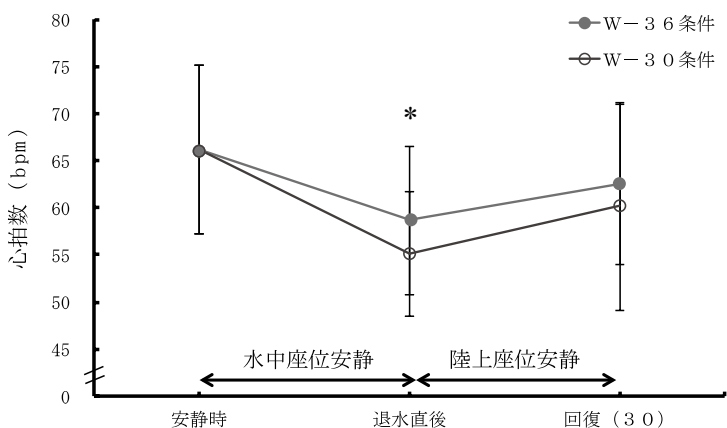
* : $p < 0.05$ W-36条件 vs. W-30条件

図8. 心拍数の経時的変化

* : $p < 0.05$ W-36条件 vs. W-30条件

度感覚は、W-36条件に比較して有意な高値を示し、「寒い」に値した ($p < 0.05$)。

心拍数の経時的変化を図8に示した。W-30条件の退水直後の心拍数は、W-36条件に比較して有意な低値を示した ($p < 0.05$)。

直腸温の経時的変化を図9に示した。退水直後および回復30分時のW-30条件の直腸温は、W-36条件

に比較して有意な低値を示した ($p < 0.05$)。

収縮期血圧の経時的変化を図10に示した。退水直後のW-30条件の収縮期血圧は、W-36条件に比較して有意な低値を示した ($p < 0.05$)。

拡張期血圧の経時的変化を図11に示した。退水直後および回復30分時のW-30条件の拡張期血圧は、W-36条件に比較して有意な高値を示した ($p < 0.05$)。

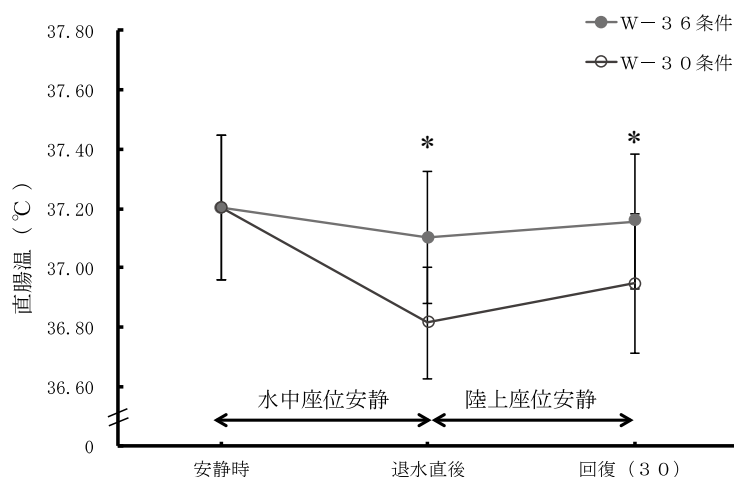


図9. 直腸温の経時的変化

* : $p < 0.05$ W-36条件 vs. W-30条件

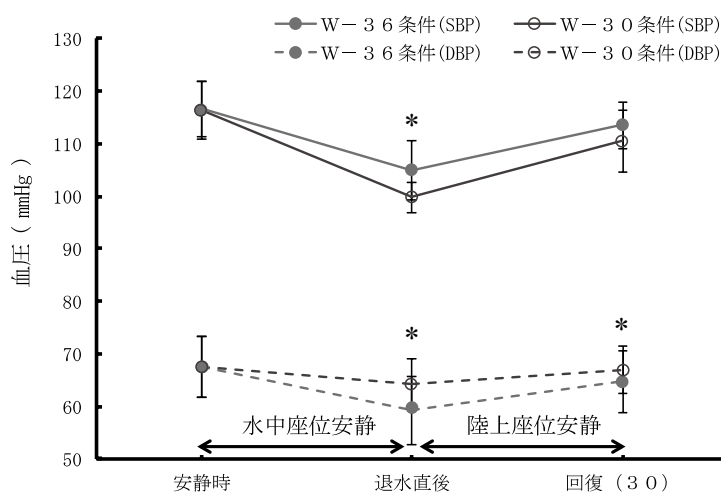


図10. 血圧の経時的変化

* : $p < 0.05$ W-36条件 vs. W-30条件

4. 考察

30分間の30℃および中立温度浸水時における椅座位安静を保った際に生じる尿量、尿意感、主観的温度感覚指標、血圧、直腸温および心拍数の変化を評価し、浸水時の利尿作用について比較した。全ての測定項目において、条件間に有意な差を観察した。

浸水時は、水圧の影響によって生体内の静脈還流量が増加し、一回心拍出量の増加および心拍数の減少がみられる²⁾。また、静脈還流は、水位に依存して増加する¹⁴⁾。水位が剣状突起以上においては、一回拍出量が増加する¹⁴⁾。水圧により間質の水分が血管内に移動することによって、血液量自体も増加し、種々のホルモンの変化を引き起こす¹⁵⁾。これらのことは、浸水前を100%とした時の浸透圧が、浸水を30分間行うことによって、20%減少する¹⁶⁾。すなわち、浸透圧が上昇することによって抗利尿ホルモンの分泌も増加し、これが腎に働き水分を貯留する反

応が起こる¹⁷⁾。逆に過剰な水分摂取によって浸透圧が低下すれば、抗利尿ホルモンの分泌が減少し、水利尿が起こり水を排出する¹⁷⁾。これらのことは、30分間の浸水でも、血流量が増加すると推測されることから、尿量および尿意感が増加したものと考えられる。

拡張期血圧は、W-30条件においてW-36条件に比較して有意な高値を示した。血圧は、心拍出量と末梢の血管抵抗のバランス、循環する血液の粘性や血液量などによって決定され、拡張期血圧は、末梢血管抵抗の影響を受ける¹⁸⁾。水は、熱伝導率が空気と比較して、25倍以上高く、比熱も空気と比較して1000倍以上のため、水中安静時は、多く熱が奪われる¹⁹⁾。一般的に30~36℃を無感帯といい、この温度の範囲内であれば身体の順応が起こり、36℃以上または30℃未満ではそれぞれ温かさや寒さを感じる¹⁰⁾。生体の熱産生は、主に骨格筋、脳、肝臓、腎臓および消化器などで行われる¹⁰⁾。体内で産生され

た熱は、体表面から、放射、伝導、対流および蒸発によって皮膚や気道から放散される¹⁰⁾。国内で管理された室内温水プールの水温は、概ね30~32℃の範囲にある⁴⁾。水温が中立温度（水温34~38℃）よりも低い場合は、末梢血管が収縮し、逆に中立温度よりも高い場合には、末梢血管抵抗が大きく減少する¹¹⁾。これらのことから、この熱損失を防ぐため、皮膚血管が収縮し、末梢血管抵抗が増大したことから、尿量が増大した可能性が推測される。

以上から、水中環境下における尿量および尿意感の増大は、水温および水圧の影響によるものと考えられる。このことは、温水プールの水温を30℃未満にならないように保持することが、水中環境下にお

ける排尿のアセスメントを向上させるものと考えられる。水温が30℃未満になった場合は、体温低下を抑制するためのアセスメントとしてジャグジー等の活用を推奨する。

5. まとめ

次のことが明らかになった。

- 1) 水温に依存し、尿量および尿意感が増大すること。
- 2) 尿量および尿意感の増大は、水圧の影響を受けること。

以上のことから、水の物理的特性である水温および水圧の影響を受け、尿量および尿意感を増大させた。

参 考 文 献

- 1) Onodera S, Yoshioka A, Nishimura K, Kawano H, Ono K, Matsui T, Ogita F and Hara H : Water exercise and health promotion. *The Journal of Physical Fitness and Sports Medicine*, 2(4), 393-399, 2013.
- 2) 小野寺昇 : 水中運動と健康増進. 体育の科学, 50(7), 510-516, 2000.
- 3) 小野寺昇, 宮地元彦 : 特集・水中運動の効果と臨床への応用 水中運動の臨床応用. フィットネス, 健康の維持・増進. 臨床スポーツ医学, 20(3), 289-295, 2003.
- 4) 小野寺昇, 吉岡哲, 西村一樹, 河野寛, 小野くみ子 : 特集 水中運動療法の考え方・進め方-安全で有効な実践のために- 水中運動の基礎 水中運動時の循環動態. 臨床スポーツ医学, 27(8), 815-822, 2010.
- 5) Greenleaf JE, Shvartz E, Kravik S and Keil LC : Fluid shifts and endocrine responses during chair rest and water immersion in man. *Medicine Science in Sports and Exercise*, 48, 79-88, 1980.
- 6) Greenleaf LE : Physiological responses to prolonged bed rest and fluid immersion in humans. *Journal of Applied Physiology*, 57, 619-633, 1984.
- 7) Epstein M, Levinson R and Loutzenhiser R : Effects of water immersion on renal hemodynamics in normal man. *Journal of Applied Physiology*, 41, 230-233, 1976.
- 8) Rabelink TJ, Koomans HA, Boer P, Gaillard CA and Dorhout Mees EJ : Role of ANP in natriuresis of head-out immersion in humans. *American Journal of Physiology*, 257, 375-382, 1989.
- 9) 甲斐美和子 : 特集・水中運動を科学する 水中での体温変化. *Japanese Journal of Sports Sciences*, 7, 505-509, 1988.
- 10) 鈴木一行 : アクアフィットネス・アクアビクスインストラクター教本. 初版, 大修館書店, 東京, 2008.
- 11) 松井健, 西村正広 : 水中運動の理解と実践. 体力科学, 55(1), 97-103, 2006.
- 12) 渡邊志, 安形将史, 秋田谷研人, 小川勇人, 松本有二, 富田雅史, 近藤優輝, 竹内論右大, 森幸男 : Visual Analog Scale による不快音聴取時の主観評価と心拍変動解析との相関. バイオメディカル・フェジィ・システム学会誌, 14(1), 19-26, 2012
- 13) Tanaka M, Yamazaki S, Ohnaka T, Harimura Y, Tochihara Y, Matsui J and Yoshida K : Effects of feet cooling on pain, thermal sensation and cardiovascular responses. *Journal of Sports Medicine*, 25, 32-39, 1985.
- 14) Onodera S, Miyachi M, Nishimura M, Yamamoto K, Yamaguchi H, Takahashi K, Joo Yong In, Amaoka H, Yoshioka A, Matsui T and Hara H : Effects of water depth on abdominails aorta and inferior vena cava during in water. *Journal of Gravitational Physiology*, 8(1), 59-61, 2001.
- 15) Khosla SS and Dubois AR : Osmoregulation and interstitial fluid pressure changes in humans during water immersion. *Journal of Applied Physiology*, 51, 686-692, 1981.
- 16) Epstein M : Cardiovascular and renal effects of head-out water immersion in man: application of the model in the assessment of volume homeostasis. *Circulation Research*, 39, 619-628, 1976.
- 17) 渡辺知保 : 水の事典. 太田猛彦, 住明正, 池淵周一, 田淵俊雄, 眞柄泰基, 松尾友矩, 大塚柳太郎, 朝倉邦造, 初版, 朝倉書店, 東京, 488-494, 2004.
- 18) 春日規克, 竹倉宏明 : 改訂版 運動生理学の基礎と発展. フリースペース, 東京, 2010.

- 19) 朴晟鎭, 日高一郎, 武藤芳照: 人体に及ぼす水温の影響. 体育の科学, 46(7), 534-539, 1996.

(平成26年5月16日受理)

Comparison of Urine Volume and Subjective Micturition between 30°C and 36°C during Water Immersion in the Sitting Position in Humans

Takuma WADA, Yuka NOSE and Sho ONODERA

(Accepted May 16, 2014)

Key words : urine volume, in water, subjective micturition, water pressure, water temperature

Abstract

Previous studies have demonstrated that physiological responses while in water differ from those while on land due to the physical characteristics of water. The purpose of this study was to investigate the relationship of the urine volume (UV), subjective micturition, reported thermal sensation, heart rate (HR), blood pressure (SBP/DBP) and rectal temperature during a sitting posture while in water. Nine healthy males volunteered for this study. This study included two experimental conditions: 30 degrees Celsius condition (W-30) and 36 degrees Celsius condition (W-36). Both conditions began with 30 minutes in a sitting posture on land. Then, for the next 30 minutes, a subject sat in water for the both conditions. Finally, for the last 30 minutes, both conditions had the subject back on land in a sitting posture. UV, subjective micturition and DBP after immersion in water and recovery at 30 minutes in the W-30 was higher than that of W-36 ($p<0.05$). HR and SBP after immersion in water in the W-30 was lower than that of W-36 ($p<0.05$). Reported thermal sensation and rectal temperature after immersion in water and recovery at 30 minutes in the W-30 was lower than that of W-36 ($p<0.05$). It was revealed that the UV and subjective micturition were affected by the water pressure and water temperature.

Correspondence to : Takuma WADA

Doctoral Program in Health Science
Graduate School of Health Science and Technology
Kawasaki University of Medical Welfare,
Kurashiki, 701-0193, Japan
E-mail : w6312002@kwmw.jp
(Kawasaki Medical Welfare Journal Vol.24, No.1, 2014 59 – 66)