

短 報

水中と陸上における座位安静時の尿量および尿意感の変化

和田拓真*1 斎藤辰哉*2 林聡太郎*2 高木祐介*2 野瀬由佳*3 小野寺昇*4

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。本研究は、座位における陸上と水中の尿量、尿意感、主観的温度感覚指標、血圧、直腸温および心拍数を比較し、浸水時の利尿作用について検討した。対象者は、健康な成人男性9名であった。測定条件は、陸上椅座位安静条件（C条件）および鎖骨位までの浸水を行う水中椅座位安静条件（W条件）とし、両条件とも水温30℃の室内温水プールにて測定した。この結果、退水直後、回復期30分時および回復期60分時のW条件の尿量および尿意感は、C条件と比較して有意に高値を示した。また、W条件の浸水時、回復期5~15分までの主観的温度感覚指標は、C条件と比較して有意に高値を示し、寒いと感じた。さらに、1) 浸水によって尿量および尿意感が増加、2) 回復期の時間経過に伴い、尿量が減少、3) 回復時における尿量の減少は、主観的温度感覚指標と連動することが明らかになった。

1. 緒言

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ことが知られている¹⁻¹¹⁾。例として、浸水によって、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^{12,13)}。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¹⁴⁾。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、尿量が増加するなどがある^{15,16)}。特に、春日井ら¹⁷⁾は、水泳部員群と日常水泳を行わない一般男性群に分け測定している。両群とも尿量が増加傾向を示し利尿作用が認められたことを報告した。これらのことから、水中環境における利尿作用の亢進は、浸水による影響と身体活動による影響の2つの要因が推測される。

研究の目的は、陸上と水中環境下において、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健康な成人男性9名（年齢：20.9±0.9歳、身長：167.7±4.6cm、体重：68.8±6.6kg、体脂肪率：14.2±3.9%）であった。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、水温30.2±0.3℃、室温28.3±0.3℃、湿度56.7±4.4%であった。

2.2 測定条件

測定条件は、陸上での椅座位安静としたコントロール条件（以下、C条件）および水中での椅座位安静とした水中座位条件（以下、W条件）とした。水位は、鎖骨位に設定した。

2.3 測定プロトコル（図1）

C条件は、120分間の陸上椅座位安静とした。W条件は、30分間の陸上椅座位安静後、浸水し、30分間の浸水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60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

*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 安田女子大学 家政学部 管理栄養学科 *4 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

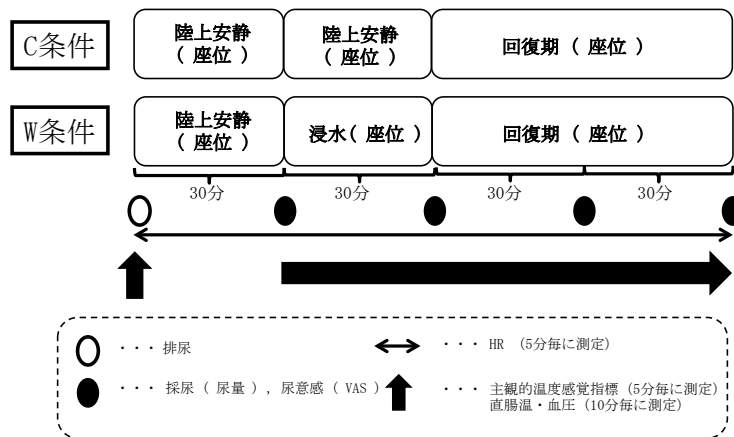


図1 実験プロトコル

の測定は、異なる2日間に実施し、条件の順序はランダムで行った。

2.4 測定項目

(1) 尿量および尿意感

尿量は、メスシリンダーを用いて測定した。両条件とも排尿の2時間前から絶食とした。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 (Visual Analog Scale ; VAS) を用いて、30分毎に測定した。

(2) 主観的温度感覚指標

主観的温度感覚の評価は、Tanaka M, et al. が作成した主観的温度感覚指標を用いた¹⁸⁾。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』ことを示している。主観的温度感覚は、安静時および浸水した時から5分毎に測定した。

(3) 心拍数 (Heart Rate ; HR)

心拍数は、心拍計 (RS800CX ; POLAR社製) を用いて経時的に導出し、浸水開始から5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、測定開始から10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、安静時および測定開始から10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。HR、直腸温、BP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。HR、直腸温、BP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

尿量の経時的变化を図2に示す。退水直後、回復期30分時および回復期60分時のW条件の尿量は、C条件に比較して有意な高値を示した ($p < 0.05$)。

尿意感の経時的变化を図3に示す。退水直後、回復期30分時および回復期60分時のW条件の尿意感は、C条件に比較して有意な高値を示した ($p < 0.05$)。

浸水時および回復期の主観的温度感覚指標の経時的变化を図4および図5に示す。W条件の浸水時、回復期5分から15分までの主観的温度感覚指標は、C条件に比較して有意な高値を示し、「寒い」に値した ($p < 0.05$)。

浸水時の心拍数の経時的变化を図6に示す。W条件の浸水時のHRは、C条件に比較して有意な低値を示した ($p < 0.05$)。回復期の心拍数の経時的变化を図7に示す。W条件の回復期10分時および回復期15分時HRは、C条件に比較して有意な高値を示した ($p < 0.05$)。

直腸温の経時的变化を図8に示す。浸水20分時、浸水30分時および回復時10分時のW条件の直腸温は、C条件に比較して有意な低値を示した。

BPの経時的变化を図9に示す。浸水10分時、浸水20分時、浸水30分時および回復期10分時のW条件の収縮期血圧は、C条件に比較して有意な低値を示した。浸水10分時、浸水20分時、浸水30分時、回復期10分時、回復期20分時および回復期30分時のW条件の拡張期血圧は、C条件に比較して有意な低値を示した。

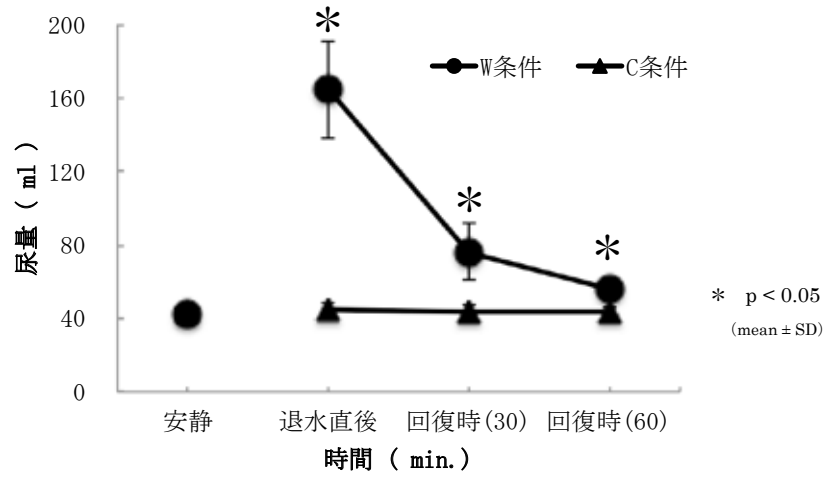


図2 尿量の経時的変化

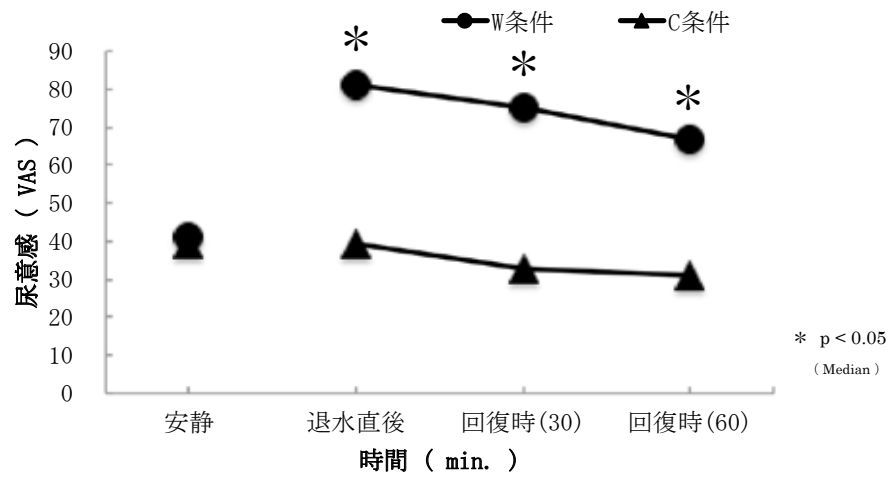


図3 尿意感の経時的変化

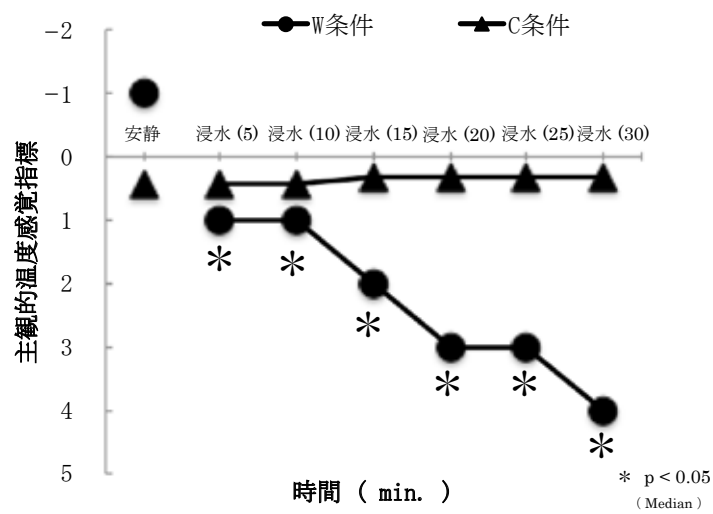


図4 浸水時における主観的温度感覚指標の経時的変化

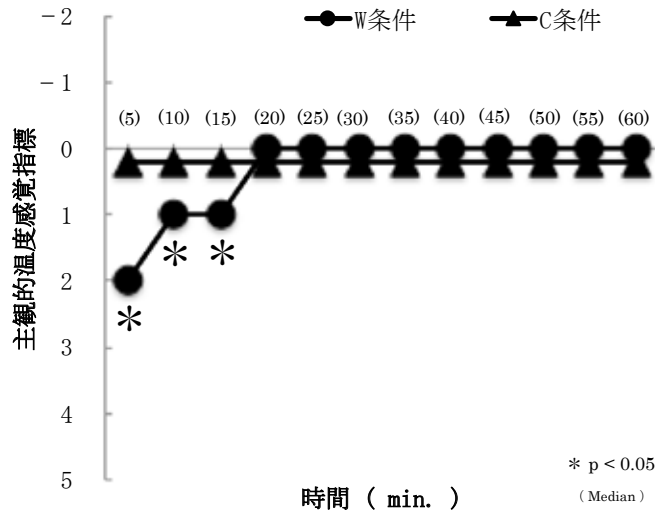


図5 回復期における主観的溫度感覺指標の経時的変化

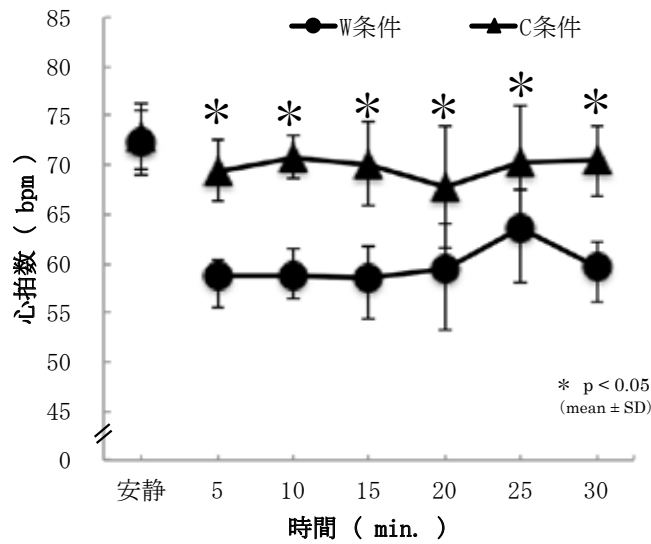


図6 浸水時における心拍数の経時的変化

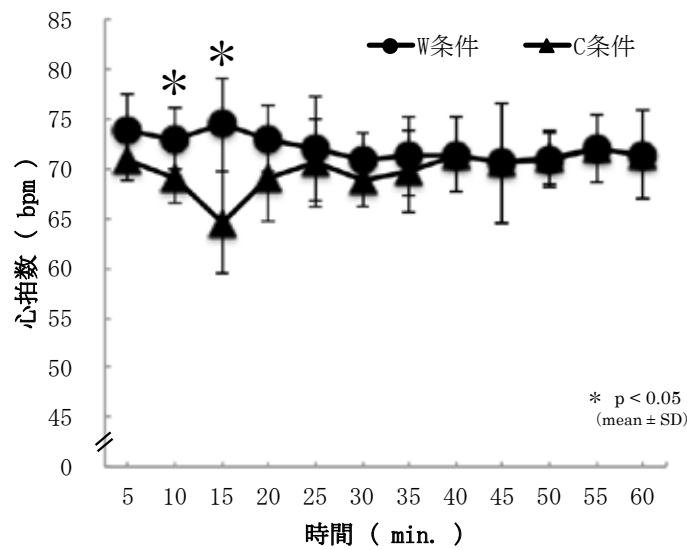


図7 回復期における心拍数の経時的変化

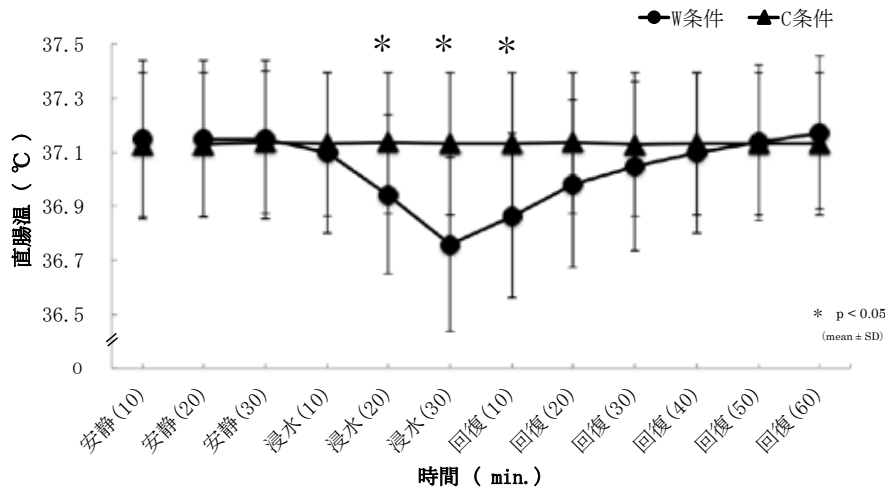


図8 直腸温の経時的変化

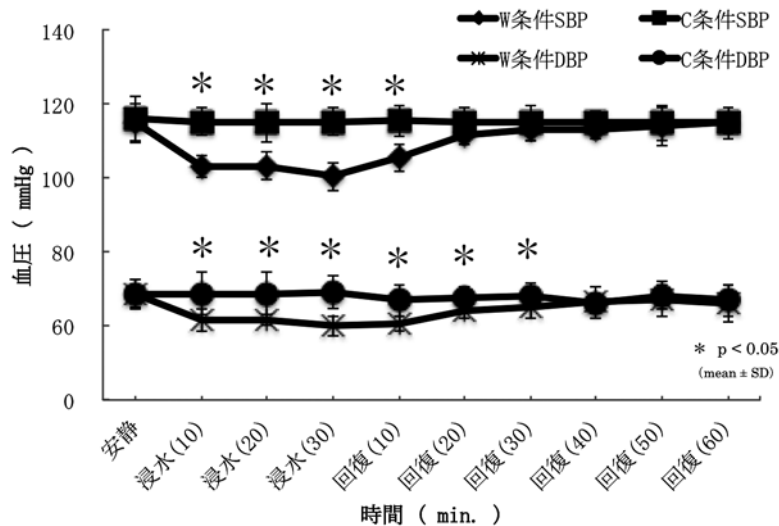


図9 血圧の経時的変化

4. 考察

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¹⁹⁾。また、静脈還流は、水位に依存して増加する²⁰⁾。水位が剣状突起以上においては、一回拍出量が増加する²⁰⁾。本研究のW条件における心拍数は、C条件に比較し、有意に低値を示した。このことは、先行研究の報告と一致した。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²¹⁾。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%減少すると報告している²²⁾。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²³⁾。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²³⁾。これらのことは、30分間の浸水でも、血流量が増加することによって、尿量および尿意感が増加したものと示唆する。

W条件の尿意感、主観的温度感覚指数および尿量は、C条件に比較して有意に増加した。浸水によって、利尿現象を生じさせる¹²⁾ことから本研究において、寒さ指標の増加および直腸温の低下が、尿意感を増大させた要因であると推測する。

5. まとめ

本研究は、陸上と水中環境下における生理的指標から、浸水時の利尿作用について検討することによって、1) 浸水によって尿量および尿意感が増加する、2) 回復時の時間経過に伴い、尿量が減少する、3) 回復時における尿量の減少は、主観的温度感覚指標と連動することが明らかになった。

文 献

- 1) 木住野孝子, 松田光生: 短時間の腋下水準における水浸が心臓自律神経系活動に及ぼす影響. 体力科学, **46**, 101-112, 1997.
- 2) 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.
- 3) 小野寺昇, 吉岡哲, 西村一樹, 河野寛, 小野くみ子: 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.
- 4) Onodera S, Miyachi M, Yano H, Yano L, Hoshijima Y and Harada T: Effect of buoyancy and body density on energy cost during swimming. *Biomechanics and Medicine in swimming VIII*, 355-358, 1999.
- 5) 小野寺昇: 水中トレッドミルを用いた水中歩行運動時の粘性抵抗と水位の変化がエネルギー代謝量へ与える影響. デサントスポーツ科学, **14**, 100-104, 1993.
- 6) 小野寺昇, 宮地元彦, 矢野博己, 木村一彦, 中村由美子, 池田章: 水の粘性抵抗と水温が水中トレッドミル歩行中の酸素摂取量および直腸温に及ぼす影響. 川崎医療福祉学会誌, **3**, 167-174, 1993.
- 7) 小野寺昇, 宮地元彦, 宮川健: 異なる水の比重が回流水槽における水泳姿勢とpassive dragに及ぼす影響. 水泳水中運動科学, **2**, 11-15, 1999.
- 8) Gleim GW and Nicholas JA: Metabolic costs and heart rate responses to treadmill walking at different depths and temperatures. *The American Journal of Sports Medicine*, **17**, 248-252, 1989.
- 9) 小野寺昇, 宮地元彦, 矢野博己, 宮川健: 水の物理的特性と水中運動. バイオメカニクス研究, **2**(1), 33-38, 1998.
- 10) 小野寺昇, 木村一彦, 宮地元彦, 米谷正造, 原英喜: 水の粘性抵抗が水中トレッドミル歩行中の心拍数と酸素摂取量に及ぼす影響. 宇宙航空環境医学, **29**, 67-72, 1992.
- 11) Risch WD, Koubence HJ, Beckmann U, Lange S and Gauer O: The effects of graded immersion on heart volume, central venous pressure, pulmonary blood distribution and heart rate in man. *Pflugers Arch*, **374**, 115-118, 1991.
- 12) Greenleaf JE, Shvartz E, Kravik S and Keil LC: Fluid shifts and endocrine responses during chair rest and water immersion in man. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, **48**, 79-88, 1980.
- 13) Greenleaf LE: Physiological responses to prolonged bed rest and fluid immersion in humans. *Journal of Applied physiology*, **57**, 619-633, 1984.
- 14) Nagashima K, Nose H, Yoshida T, Kawabata T, Oda Y, Yorimoto A, Uemura O and Morimoto T: Relationship between atrial natriuretic peptide and plasma volume during graded exercise with water immersion. *Journal of Applied physiology*, **78**, 217-224, 1995.
- 15) 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.
- 16) 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*, **26**, 375-382, 1989.
- 17) 春日井淳夫, 山中理恵, 清野哲也, 檜垣靖樹, 田崎洋佑, 伊藤朗: スイミングプールでの冷えが腎機能に及ぼす影響. 筑波大学体育科学系紀要, **13**, 225-233, 1990.
- 18) Tanaka M, Yamazaki S, Ohnaka T, Harimura Y, Tochihiro 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.
- 19) 小野寺昇: 水中運動と健康増進. 体育の科学, **50**(7), 510-516, 2000.
- 20) Onodera S, Miyachi M, Nishimura M, Yamamoto K, Yamaguchi H, Takahashi K, Joo YI, Amaoka H, Yoshioka A, Matsui T and Hara H: Effects of water depth on abdominal aorta and inferior vena cava during in water. *Journal of Gravitational Physiology*, **8**(1), 59-61, 2001.
- 21) Khosla SS and Dubois AR: Osmoregulation and interstitial fluid pressure changes in humans during water immersion. *Journal of Applied physiology*, **51**, 686-692, 1981.
- 22) 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.
- 23) 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.

Changes in Urine Volume and Subjective Micturition during Sitting Posture in Water

Takuma WADA, Tatsuya SAITO, Soutarou HAYASHI, Yusuke TAKAGI, Yuka NOSE and Sho ONODERA

(Accepted Nov. 29, 2012)

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

Correspondence to : Takuma WADA

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 : w6312002@kwmw.jp

(Kawasaki Medical Welfare Journal Vol.22, No.2, 2013 224–230)