

資料

水中と陸上における 仰臥位安静時の尿量および尿意感の比較

和田拓真*¹ 林聡太郎*² 高木祐介*³ 野瀬由佳*⁴ 小野寺昇*⁵

はじめに

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¹⁻¹⁰⁾。水中環境下では、水圧の影響を受けて静脈還流量が増加し、一回拍出量の増加や心拍数が減少する²⁻⁶⁾。水中に留れば、静脈還流量がさらに増加し、尿生成が亢進することで、利尿作用が促進する^{11,12)}。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¹³⁾。浸水時の頭部への血流再配分が刺激となり、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^{14,15)}。

和田ら¹⁶⁾は、陸上および水中椅座位安静時における尿量および尿意感が、30分間の水中椅座位時に、陸上椅座位安静時より尿量および尿意感が増大することを明らかにした。これらのことから、水中環境下における利尿作用の亢進には、水圧の影響が大きいと考える。そこで、水圧の影響を小さくする姿勢として、仰臥位浸水に焦点をあてた。

研究の目的は、陸上と水中環境下において、仰臥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、両条件間での利尿作用の違いを比較検討することとした。

方法

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 ± 4.6 cm，体重：68.8 ± 6.6 kg，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 °C，室温28.3 ± 0.3 °C，湿度56.7 ± 4.4 %であった。

2. 測定条件

測定条件は、陸上での仰臥位安静をコントロール条件（以下、陸上条件）および水中での仰臥位安静を水中仰臥位条件（以下、水中条件）とした。水中条件は、プールに架台（縦2000×横500×高さ400mm）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にて浸水させた(図1)。着衣は、対象者の水着とした。

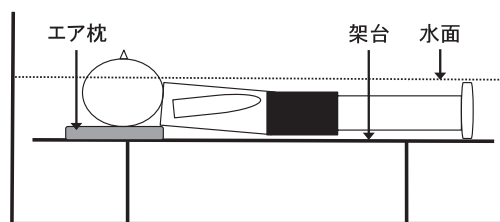


図1 仰臥位浸水の模式図

3. 測定プロトコル (図2)

陸上条件は、120分間の陸上仰臥位安静とした。水中条件は、30分間の陸上仰臥位安静後、浸水し、30分間の水中仰臥位安静を保った。退水後、体表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分間の仰臥位安静を行った。

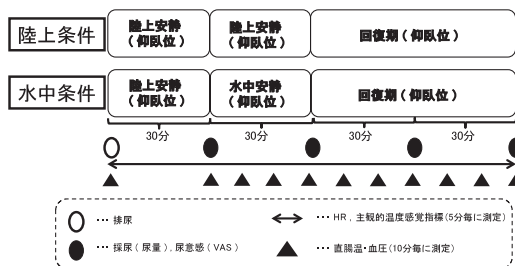


図2 測定プロトコル

*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 帝塚山大学 全学教育開発センター

*4 安田女子大学 家政学部 管理栄養学科 *5 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 岡山県倉敷市松島288 川崎医療福祉大学

E-Mail : w6312002@kwmw.jp

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。

4. 測定項目

(1) 尿量および尿意感

尿量は、300cc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¹⁷⁾(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〉「とてもある」)に記入した(図3)。

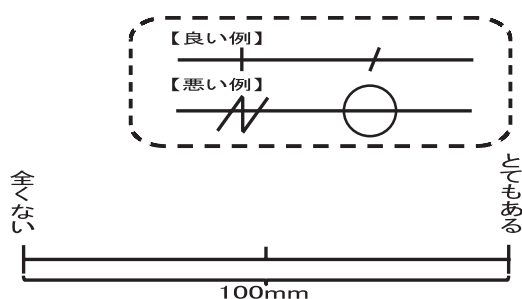


図3 視覚的評価スケール(Visual Analog Scale)

(2) 主観的温度感覚

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⁾(図4)。主観的温度感覚指標は、+13から-3までのスケールで

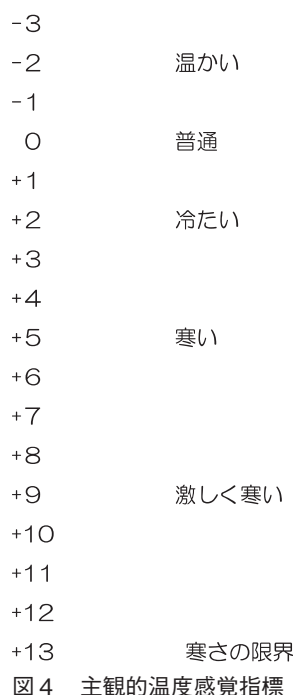


図4 主観的温度感覚指標

示された寒冷環境で用いられる主観的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、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(RS400; 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。

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。

結果

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

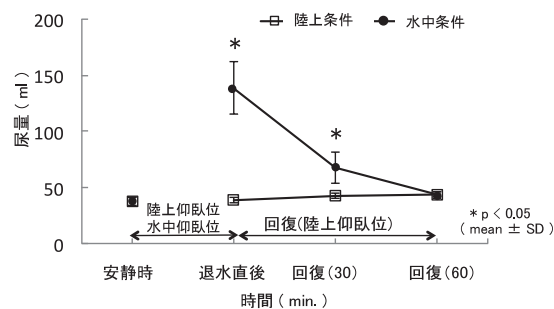


図5 尿量の経時変化

尿意感の経時変化を図6に示す。退水直後、回復期30分および回復期60分時の水中条件の尿意感は、陸上条件に比較して有意な高値を示した($p < 0.05$)。

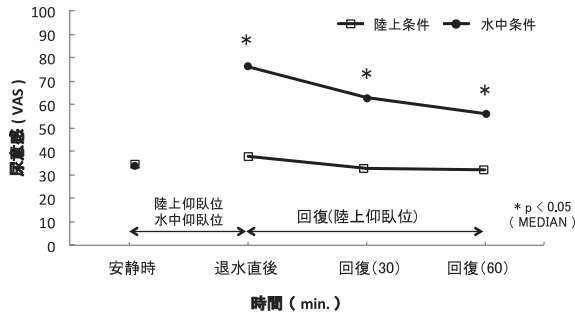


図6 尿意感の経時的変化

主観的温度感覚の経時的変化を図7に示す。水中条件の浸水時、回復期5分から30分までの主観的温度感覚は、陸上条件に比較して有意な高値を示し、「寒い」に値した ($p < 0.05$)。

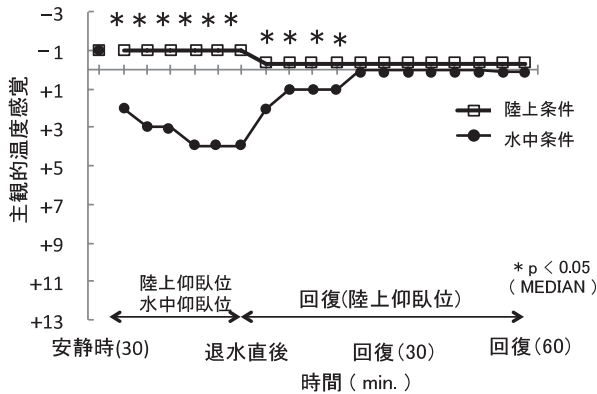


図7 主観的温度感覚の経時的変化

心拍数の経時的変化を図8に示す。水中条件の浸水時および回復期5分のHRは、陸上条件に比較して有意な低値を示した ($p < 0.05$)。

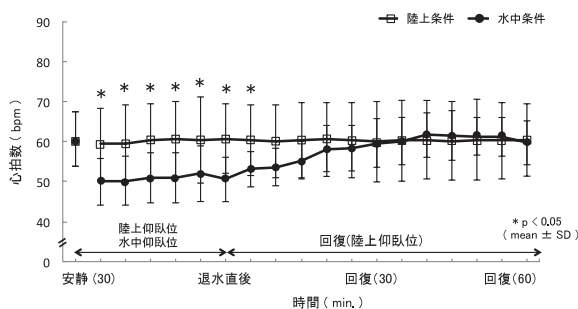


図8 心拍数の経時的変化

直腸温の経時的変化を図9に示す。浸水20分、浸水30分および回復時10分時の水中条件の直腸温は、陸上条件に比較して有意な低値を示した ($p < 0.05$)。

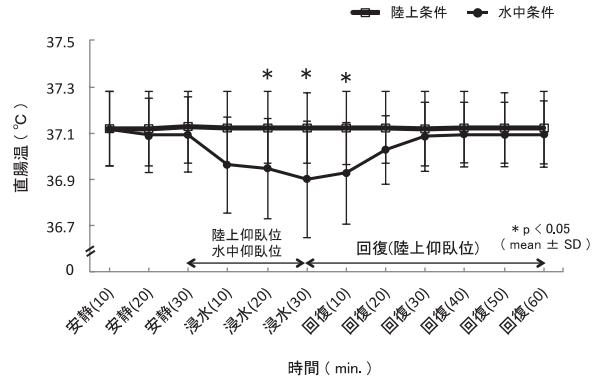


図9 直腸温の経時的変化

血圧の経時的変化を図10に示す。浸水10分、浸水20分および浸水30分時の水中条件の収縮期血圧および拡張期血圧は、陸上条件に比較して有意な低値を示した ($p < 0.05$)。

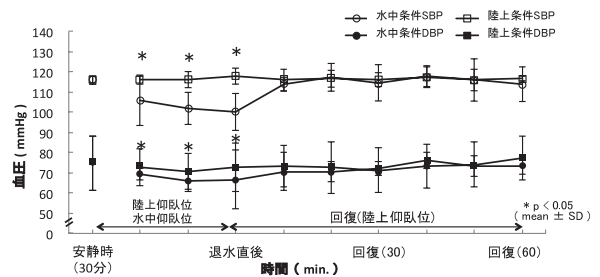


図10 血圧の経時的変化

考察

本研究は、陸上と水中環境下において、仰臥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、両条件間での利尿作用の違いを比較検討した。その結果、全ての測定項目において両条件間に有意な差を確認し、仰臥位浸水においても利尿作用が生じることが明らかになった。

水中条件の心拍数は、陸上条件と比較し、有意に低値を示した。この結果は、先行研究の報告と一致した¹⁹⁾。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。静脈還流は、水位に依存して増加する²⁰⁾。同様に仰臥位にあたっては、水中浸水の体積に依存し、静脈還流量が変化することが明らかになっている²⁰⁾。これらのことから、水中浸水によって末梢の血液循環が減少し、胸部の血液量および血圧が上昇したことが示唆される。今後は、血流量を測定し、検討する必要がある。

水中条件の尿量は、陸上条件と比較し、有意に高値を示した。水中環境では、圧・伸展受容器が水圧を受容し、心房性 Na 利尿ペプチドの分泌を促進す

る。続いて、腎の輸入細動脈からのレニン分泌を抑制し、中枢神経系からのバソプレッシン分泌も抑制する²¹⁾。腎臓は、循環血流量の低下を促すため尿量を増加させたものと考えられる。また、水圧は、細胞の間質の水分が血管内に移動する方向に作用し、相対的な血流量を増加させ、種々のホルモンの変化を引き起こす²²⁾。先行研究²³⁾は、浸水前を100%とした時の浸透圧が、浸水30分時に、20%減少すると報告した。浸透圧が上昇することによって抗利尿ホルモンの分泌が増加し、腎の水分貯留が増加すると考えられる²⁴⁾。一方、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、利尿が起こり水分を排出する²⁴⁾。30分間の浸水により、血流量を増加させ、尿量および尿意感を増加させたと考えられる。

水中条件の尿意感は、陸上条件と比較し、有意に高値を示した。膀胱は、約150~200ml程度の尿が

蓄積されると尿意感を感じる²⁵⁾。水中浸水による尿量の増加が、尿意感を増大させたものと推測される。

水中条件の直腸温および主観的温度感覚は、陸上条件と比較して有意に高値を示した。水中環境は、熱伝導率が空気中の約25倍であり、陸上環境と比較し熱が奪われやすく熱しやすい性質を有する²¹⁾。水温変化が短時間でヒトの体温変化に影響を及ぼすと報告した先行研究^{26,27)}と一致する。

以上のことから、水圧が、利尿作用を増大させた主要因であると推測する。

まとめ

以下のことが明らかになった。1) 仰臥位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。

参 考 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. デザントスポーツ科学, 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) 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.
- 12) Greenleaf LE: Physiological responses to prolonged bed rest and fluid immersion in humans. *Journal of Applied physiology*, 57, 619-633, 1984.
- 13) 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.
- 14) 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.
- 15) 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.
- 16) 和田拓真, 斎藤辰哉, 林聡太郎, 高木祐介, 野瀬由佳, 小野寺昇: 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. *川崎医療福祉学会誌*, **22(2)**: 224–230, 2013.
 - 17) 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, 竹内諭右大, 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・ファジィ・システム学会誌*, **14(1)**, 19-26, 2012
 - 18) 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.
 - 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 Yong In, Amaoka H, Yoshioka A, Matsui T and Hara H: Effects of water depth on abdominals aorta and inferior vena cava during in water. *Journal of Gravitational Physiology*, **8(1)**, 59-61, 2001.
 - 21) 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, 2008.
 - 22) Khosla SS and Dubois AR: Osmoregulation and interstitial fluid pressure changes in humans during water immersion. *Journal of Applied physiology*, **51**, 686–692, 1981.
 - 23) 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.
 - 24) 渡辺知保: 水の事典. 太田猛彦, 住明正, 池淵周一, 田渕俊雄, 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.
 - 25) 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.
 - 26) Pugh LGC, Edholm OG: The physiology of channel swimmers. *Lancet*, **2**, 761–768, 1955.
 - 27) 阿部信一, 村井勝: 系統看護学講座専門分野Ⅱ. 阿部信一, 阿部美由紀, 大東貴志, 小川亜希子, 河邊博史, 木村チヅ子, 相良麻由, 辻岡三南子, 中村弘美, 堀田晴美, 宗廣妙子, 村井勝, 森下裕美, 第12版, 医学書院, 東京, 20–37, 2009.

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

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

(Accepted May 16, 2013)

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.23, No.1, 2013 153 – 158)