

原 著：秋田大学医短紀要 6(2)：175-178, 1998.

## 水深の違いが静止立位時の循環系に及ぼす影響

舩 山 日出樹\* 佐 竹 將 宏\* 若 山 佐 一\*  
進 藤 伸 一\* 阪 井 康 友\*\* 玉 木 彰\*\*\*

### Influence of Differences in Water Depth on the Circulating System at the Stationary Standing

Hideki MOMIYAMA\* Masahiro SATAKE\* Saichi WAKAYAMA\*  
Shinichi SHINDO\* Yasutomo SAKAI\*\* Akira TAMAKI\*\*\*

#### 【諸 言】

我が国の理学療法領域における水中運動療法の現状は、設備面や維持・管理面から積極的活用されているとはいええない。しかし、フィットネスクラブや福祉センターなどのプールを利用して、水中運動が積極的に行われている。また、水中運動時の呼吸循環器系のデータも生理学的反応とともに数多く報告されている。真崎<sup>1)</sup>、加藤<sup>2)</sup>、渡辺<sup>3)</sup>、岩崎<sup>4)</sup>らの先行研究においては、健康人を対象としてフィールドを施設内プールに想定した循環反応を報告したものが数多くみられ、剣状突起水位における末梢静脈環流の影響を明らかにしている。

しかし、理学療法における水中運動療法の対象者は、身体機能の障害を有した患者であるため評価・問題点・ゴール設定・プログラムの実施といった一連の理学療法を実施する上で個別

で複雑な変数因子が考慮され、マンツーマンの訓練が実施されなければならない。従ってこれまでの報告のような、一般的施設のプールの水温、水深でのデータは、理学療法における水中運動療法時の生体反応と異なり、利用目的が個別化することから参考データとしては不十分である。

我々は、水中運動療法における水中歩行訓練の新しい試みとして、筋力と持久力を効果的に増強する方法を検討している。本研究の目的は、大転子水深以下での水中運動を行う際、静水圧の影響を明らかにするために、陸上と比較して水深の違いが循環系に及ぼす影響について検討することであった。

秋田大学医療技術短期大学部  
\*理学療法学科

\*\*茨城県立医療大学保健医療学部 理学療法学科

\*\*\*大阪府立看護大学医療技術短期大学部理学療法学科

Key Words：水深，循環系，静脈環流

## [研究方法]

### 1. 被験者

被験者は、健康な男女大学生15名（男性7名、女性8名）で、被験者の平均年齢は、 $20.1 \pm 2.1$ 才（平均値±標準偏差）、平均身長 $165.7 \pm 8.1$ 、平均体重 $59.9 \pm 8.7$ kg、であった。

### 2. 測定方法

測定環境は、陸上立位（1気圧）、膝蓋骨浸水立位（約1.05気圧）、大転子浸水立位（約1.87気圧）の3条件を設定した。いずれも、室内温度 $24 \sim 26^\circ\text{C}$ 、湿度50%とした。水温は、心拍数、血圧、呼吸、酸素消費量などに最も影響が少ないとされる<sup>5)</sup>不感温度の $36^\circ\text{C}$ に設定することで温熱作用の影響をできるだけ抑えた環境にて血圧及び心拍数を測定した。

収縮期血圧（systolic blood pressure, 以下SBP）及び拡張期血圧（dystolic blood pressure, DBP）、心拍数（heart rate, HR）の測定には、ML4500（フクダ電子社製）を用い、それぞれの測定肢位にて3分間の姿勢保持を行い、3～4分時に測定して得られたデータを採用した。心筋酸素消費量の指標となるDouble Product（DP）は、測定値より算出した。

統計処理は、一元配置分散分析を用い有意水準を5%未満とした。

## [結果]

SBP及びDBP、HR、DPの各測定データにおいて、3条件間で有意な変化はみられなかった。

(Fig1,2,3,4)

## [考察]

今回環境条件として設定した水温は、不感温度の $36^\circ\text{C}$ とした。この温度では、副交感神経活動が主体<sup>6)</sup>で、酸素消費量が最も減少するとされており、温熱の影響をできるだけ抑え長時間の運動が可能<sup>5)</sup>となる。この水温による温熱作用の影響をほとんど受けない条件下において、身体が受ける水深の違いが、静水圧に及ぼす影響を検討した。

水中における静水圧は、一般的に1mの水深

で約0.1気圧上昇することが知られている。本実験では、被験者間の脚長差により水深0.82から0.87mの水深の範囲にて実施され、最大約1.082から1.087気圧の静水圧を受けていたことになる。

水中で身体が受ける静水圧は、特に下肢の末梢の皮膚血管を圧迫し、小静脈の拡張を物理的に抑制することが考えられる。それにより血管内圧が高まり、末梢血管抵抗が増大することが推察される。大動脈及び頸動脈圧が上昇すると大動脈弓部、頸動脈洞反射により心臓抑制中枢が刺激を受け心拍数が減少するとされている。統計的には有意な変化はみられなかったが（ $p < 0.08$ ）、水深が最大87cmの大転子レベルにおいてHRが若干低下しており、負荷減弱反射の関与が考えられた。

しかし、今回の結果から、大転子レベル以下の水深における静水圧では、末梢循環に対して及ぼす影響は陸上の場合と比べて殆ど差がないといえる。水中において静水圧が静脈環流を促すとされているが、大転子水位レベル以下においては、静水圧による静脈環流への影響も少なく、心負担への影響も低いことが示唆された。

剣状突起水位における真崎ら<sup>1)</sup>の、水温 $30^\circ\text{C}$ における血行動態を心エコー図法にて陸上と比較した報告によれば、入水による静水圧の作用により静脈環流量が増え、HRは不変であったが、左房径および左室径が拡大し、一回拍出量が増加したと述べている。

また、井出ら<sup>7)</sup>は、頸部浸水レベルの不感温度において、HRは不変であったが、拍出量が増加していたと同様な報告をしている。

静水圧は、水位によって循環動態に及ぼす影響が異なり、心臓高（約100cm）までの水中立位は、静止水圧が血液静脈圧と完全に釣り合うため動静脈拡張による静脈貯留（venous pooling）の増加、静脈環流の低下、右房圧、血圧の低下等といった反応は生じないとされている。つまり、静水圧的には、「空中臥位と全く同一」<sup>9)</sup>になるとされている。立位時の心臓から1m離れた足部末梢の血圧を血液比重から算出すると、70mmHgの血圧が増加していることに

なる。静水圧では、水深1mで76mmHgが増加していることからほぼ血管内圧と外的圧力が釣り合っているといえる。しかし、わずかの差ではあるが、水深が高くなればなるほどその差は徐々に広がることになる。言い換えれば、水深が深くなるにつれ末梢血圧よりも静水圧が高くなるといえる。

水中における運動の一つに水中歩行が挙げられる。水中歩行は、浮力による体重軽減により身体作業負荷を抑え、水深を調節することで静脈環流を促すことができることから、体力回復(reconditioning)を目的に、心疾患合併患者、妊婦、骨関節疾患の部分荷重歩行訓練として実

施されている。一方、水の粘性抵抗を積極的に患者の筋力・持久力向上を目的として利用しようとするとき、温熱作用、静水圧、浮力といった水中環境に必然的に条件づけられる因子が存在する。これらは、必ずしも陸上における歩行や走行といったADLを獲得するための必要因子ではない。水中における作業負荷を酸素摂取量から判断するときにおいても、静脈環流の増大の有無が、水の粘性抵抗を決定する上で重要な要素となる。今回、大転子レベルの水深において静脈環流が増加しないことが確認できた事により、自律神経系による恒常性が保たれていた環境であったことが示唆された。

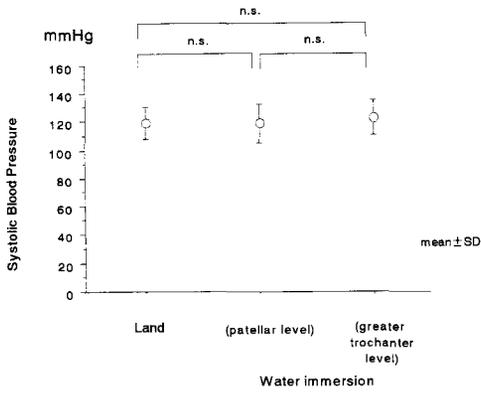


Fig 1. Changes in systolic blood pressure of static standing on land and in water.

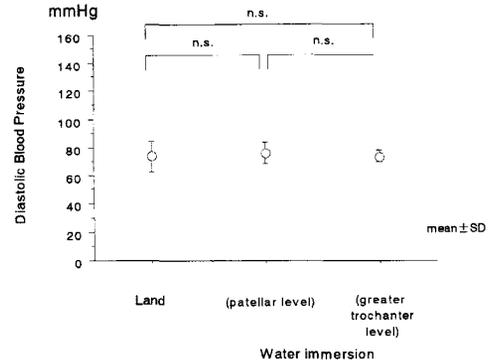


Fig 2. Changes in diastolic blood pressure of static standing on land and in water.

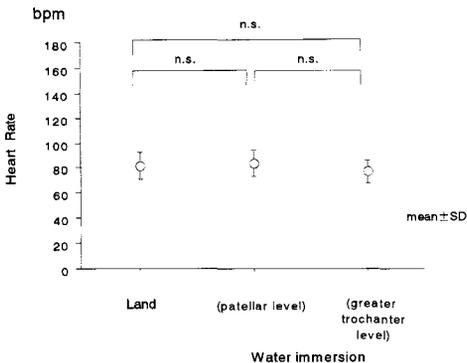


Fig 3. Changes in heart rate of static standing on land and in water.

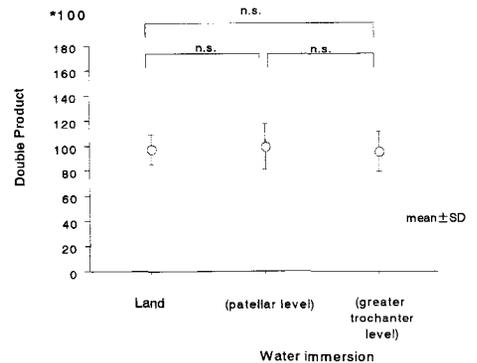


Fig 4. Changes in double product of static standing on land and in water.

大転子レベルの水深下での運動生理学的反応を明らかにする基礎データとして活用しながら、今後、さらに水中歩行訓練の有用性を明確にしたいと考える。

#### [まとめ]

1. 他覚的不感温度における膝蓋骨水深レベル及び大転子水深レベルで循環系に及ぼす影響を陸上と比較検討した。

2. SBP, DBP, HR, DPのいずれも3肢位間において有意な変化はなかった。

3. 大転子水深レベル以下において、循環系に及ぼす影響は、陸上と比べ統計的に有意な変化はみられなかった。

#### 引用文献

- 1) 真崎玲子, 金谷庄蔵, 守田俊一, 他: 健康成人における温水プール入水時の血行動態に及ぼす影響—心エコー図法による検討—, 健康科学17: 109-114, 1995.
- 2) 加藤尊, 長澤省吾, 福澤昌平, 他: 種々の水中歩行及び陸上歩行の生理学的比較, 体

力科学, 46-6, pp781, 1997.

- 3) 渡辺一志, 宮側敏明, 藤本繁雄, 他: 水中トレッドミル歩行における水位の影響, 体力科学, 46-6, pp742, 1995.
- 4) 岩崎直美, 濱田豊, 白井克佳, 他: 陸上運動と水中運動における呼吸・循環応答の比較, 体力科学, 46-6, pp901, 1997.
- 5) 杉本雅晴: 水治療法, 理学療法ハンドブック, 協同医書出版社, 1992. pp1163-1195.
- 6) 小西薫: Waterpower Workout. 環境工学社, 1996, pp8-23.
- 7) Ide H, Akita K, Fujiya S et al: Effect of hydrostatic pressure on cardiac function in human. Hokkaido igaku zasshi. Jan; 62(1): 68-73, 1987.

#### 参考文献

- 1) 真島英信: 生理学, 文光堂, pp387-430, 1987.
- 2) James J. Smith, John P. Kampine, 村松準監訳: 循環の生理第2版, 医学書院, pp98-195, 1989.