

水中運動の母体循環に及ぼす影響について

愛知医科大学産婦人科学教室, *愛知医科大学運動療育センター

浅井 光興 三枝 園子 山田 晃夫* 鈴木 正利
野口 昌良 丹羽 滋郎* 中西 正美

Effect of Exercise in Water on Maternal Blood Circulation

Mitsuoki ASAI, Sonoko SAEGUSA, Akio YAMADA*,
Masatoshi SUZUKI, Masayoshi NOGUCHI, Shigeo NIWA*
and Masami NAKANISHI*Department of Obstetrics and Gynecology, *Institute of Physical Fitness,
Sports Medicine and Rehabilitation, Aichi Medical University, Aichi*

概要 水中運動の母体循環に及ぼす影響を検討するために、①陸上安静時、②水中安静時(浸水)、③水中運動後に採血を行った。対象は愛知医科大学運動療育センター妊婦水泳教室を受講している20例で、妊娠週数は25週から37週であった。検討した項目は、血圧、ヘモグロビン(Hb)、ヘマトクリット(Ht)、vasopressin、レニン活性、心房性Na利尿ペプチド(hANP)である。

Hb、Htより算出した血液量は、浸水により $105.8 \pm 2.5\%$ と有意に増加し、水中運動後も $101.6 \pm 2.9\%$ と陸上安静時より多かった。またvasopressinは浸水により減少し、運動により増加したが、レニン活性は浸水により減少し、運動後もさらに減少傾向を示した。hANPは浸水のみではほとんど変化しなかったが運動後有意に増加し、水中運動後の尿量とも正の相関関係を認めた。

以上の結果より、水中運動では循環血液量は減少せず、子宮血流量も維持されていることが示唆された。また妊婦水泳後の血圧下降や尿量の増加は、レニン活性の低下やhANPの増加などによっておこることが明らかになった。

Synopsis To elucidate the effects of exercise in water on the maternal circulation, twenty normal pregnancies were examined under the following three conditions; 1) on the land at rest, 2) during water immersion and 3) after the exercise in water. Their gestational ages were from 25 to 37 weeks (31 ± 4 weeks, mean $\pm$ S.D., $n=20$). We examined the blood pressure, the urine volume throughout the examination, CBC and the levels of vasopressin, plasma renin activity and human atrial natriuretic peptide (hANP).

The blood volume calculated from the Hb and Ht were significantly ($p<0.001$) increased during the water immersion ($105.8 \pm 2.5\%$), even after the exercise ($101.6 \pm 2.9\%$). Vasopressin was decreased during the water immersion and increased after the exercise, but plasma renin activity was decreased in these two conditions. The hANP concentration was significantly ($p<0.001$) increased after the exercise in water and correlated with the urine volume (ml/hour) during the examination.

These results show that the decline in blood pressure and the increase in the urine volume during the maternal swimming were caused by the decreased plasma renin activity and the increased hANP concentration resulted from the blood volume expansion during the exercise in water.

Key words: Pregnancy • Exercise • Blood volume • Human atrial natriuretic peptide (hANP) • Renin

緒 言

生活様式の変化や妊婦の意識の変化などによって、妊婦スポーツが盛んに行われるようになって

きており、その実施方法や効果などについて検討が行われてきている¹⁾。われわれもこれまでに妊婦運動負荷の母児に及ぼす影響などについて検討

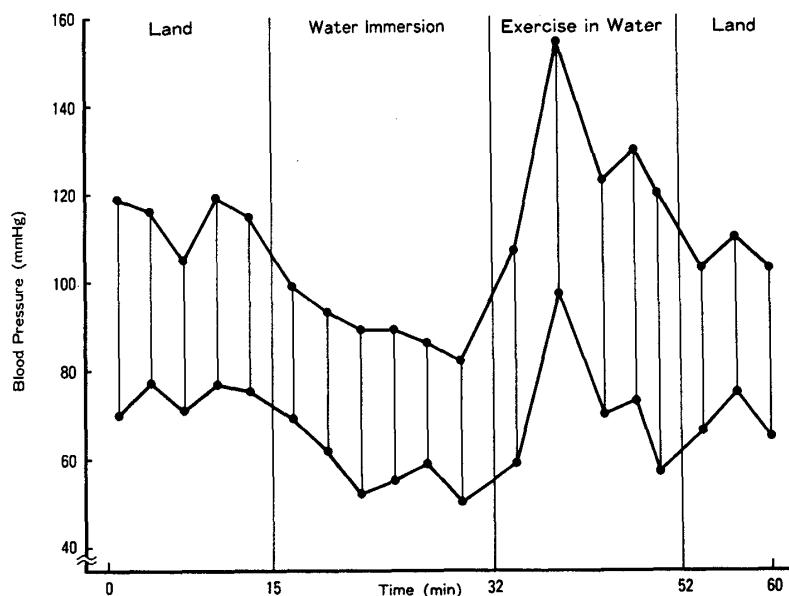


図1 血圧の変化の1例(症例 Y.K.)

してきており²⁾³⁾, これらの検討の中で, 妊婦水泳後に血圧が下降することや妊婦水泳時には尿量が増加すること⁴⁾を報告した。

そこで今回は, なぜ尿量が増加するのかを明らかにするために, 妊婦水泳の母体循環に及ぼす影響について検討した。

研究方法

1. 対象

対象は, 一般妊婦健診で異常を認めず, インフォームドコンセントを得たうえで施行した自転車エルゴメーターによる運動負荷試験でも, 母児ともに異常を認めない愛知医科大学運動療育センター妊婦水泳教室受講者20例である。妊娠週数は25週から37週(31 ± 4 週; mean $\pm$ SD, $n=20$), 年齢は 27 ± 2 歳であり, 初産婦が17例, 経産婦が3例であった。

2. 方法

①水泳開始前にプールサイド(室温 35°C)にて坐位, 安静の状態で採血(Land), ②その後 32°C の温水プールに胸の高さまでつかり, 10~30分間血圧が安定するのを待って採血(Water Immersion), ③その後, 水中歩行25mを4回, バタ足25mを4回の総距離200mの水中運動を行った後ただちに陸上坐位にて採血(After Exercise in Water)を行った。また全期間を通して2分ごとに

水中血圧計(日本コーリン, ABPM-630)にて血圧測定を行った。

血液検査の項目は, CBC, 一般生化学検査のほか, 心房性 Na 利尿ペプチド(hANP), レニン活性, vasopressin である。浸水, 水中運動後の血

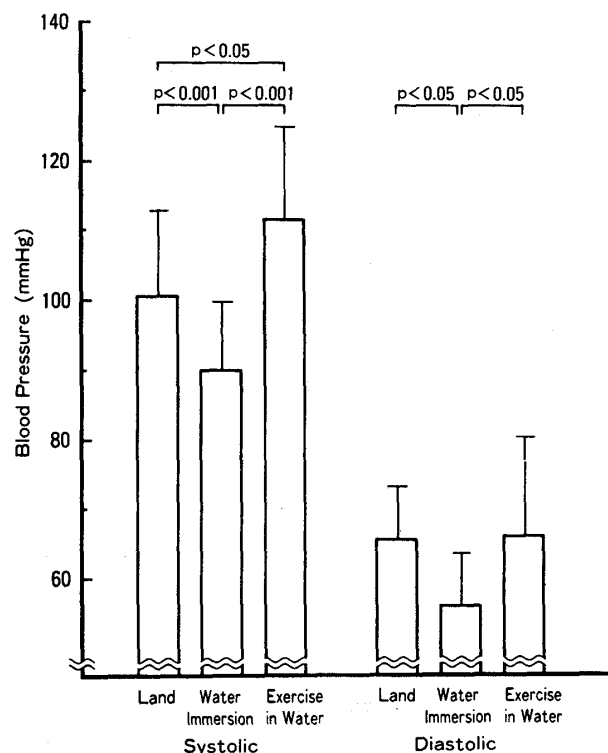


図2 血圧の変化

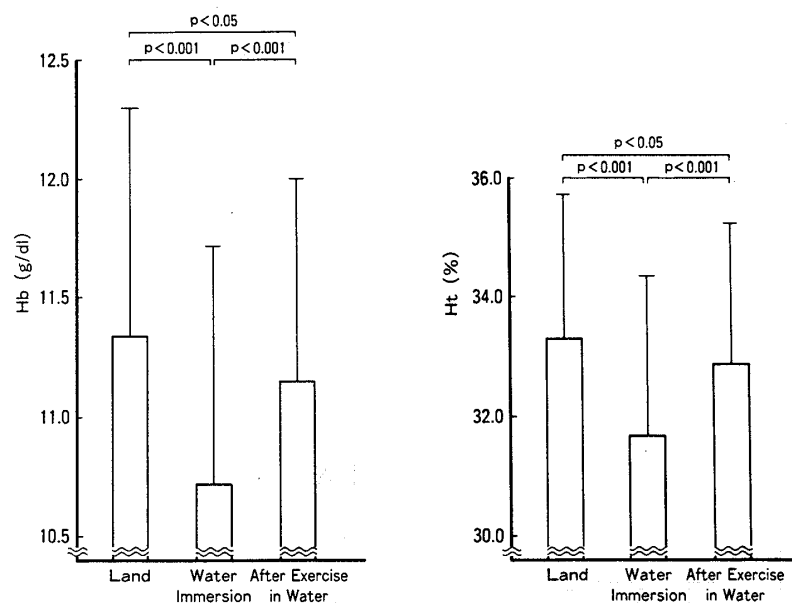


図3 Hb, Ht の変化

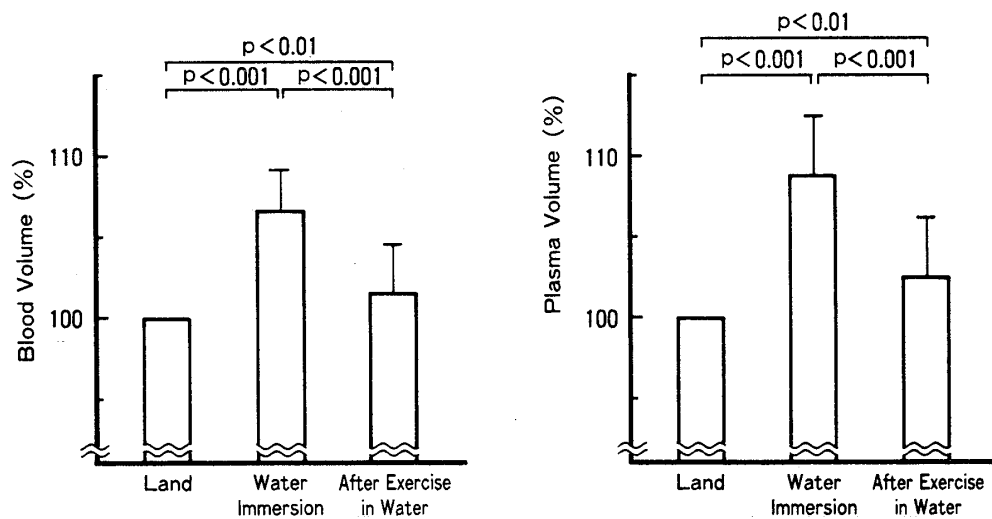


図4 血液量, 血漿量の変化

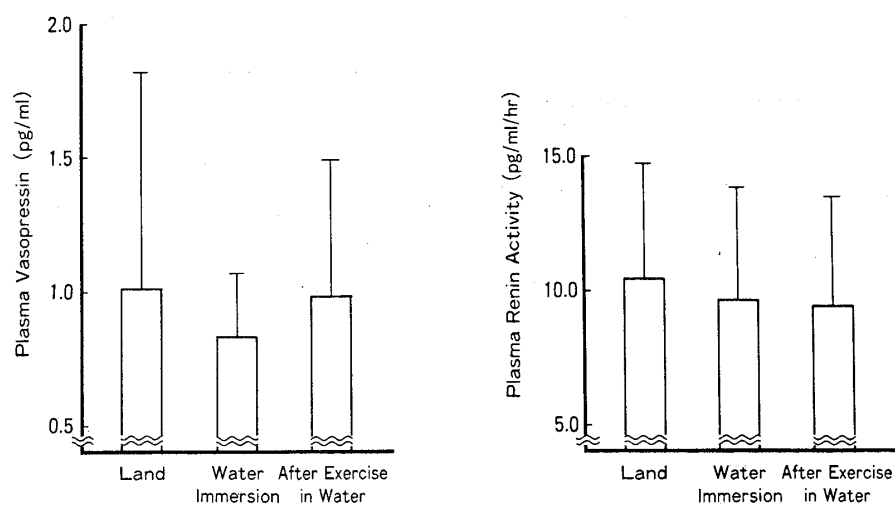


図5 Vasopressin, レニン活性の変化

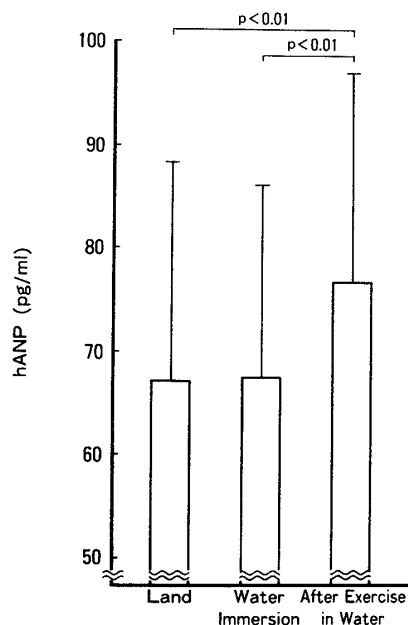


図6 心房性Na利尿ペプチド(hANP)の変化

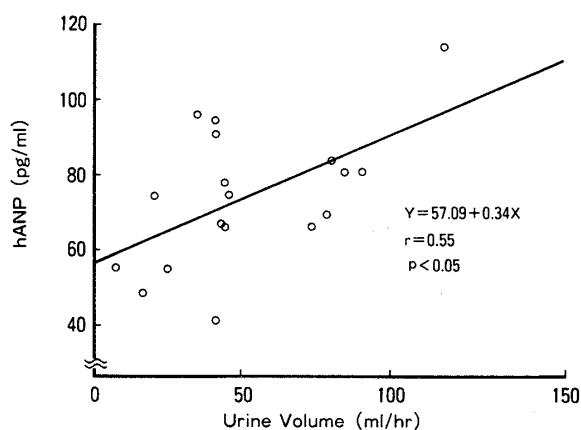


図7 尿量とhANPの関係

液量, 血漿量の変化は, 陸上安静時を100%としてヘモグロビン(Hb), ヘマトクリット(Ht)よりDill and Costillの方法⁵⁾を用いて計算した。hANP, レニン活性, vasopressin は, RIA法によりそれぞれ, 栄研化学, バクスター, 三菱油化社製のキットを用い, 測定した。

統計学的有意差検定は paired t-test 又は, paired Wilcoxon test によって行った。

研究成績

1. 血圧の変化

血圧の変化の1例を図1に示した。浸水により血圧は徐々に下降するのが特徴的な変化である。また20例の血圧の変化を図2に示した。収縮期,

拡張期とも浸水により有意に低下, 水中運動により有意に上昇した。

2. Hb, Ht および血液量の変化

Hb, Ht は図3に示すように両者とも浸水にて有意に ($p < 0.001$) 低下, 水中運動後上昇したが, 陸上安静時よりも低値であった。Hb, Ht より計算した血液量, 血漿量の変化を図4に示した。陸上安静時を100%としてあらわしてあるが, 血液量は浸水によって, $105.8 \pm 2.5\%$ と有意に増加, 水中運動後の血液量は運動により血液濃縮がおり陸上安静時の $101.6 \pm 2.9\%$ であった。これは図4右に示したように主として血漿量の変化によるものであった。

3. Vasopressin, レニン活性, hANP の変化

Vasopressin の変化は図5左に示すように, 有意な変化ではないものの血液量と同様な変化を示した。レニン活性は図5右のように浸水にて低下, 水中運動後もさらに低下していく傾向を示した。hANP の変化は図6に示したように, 浸水のみではほとんど変化せず, 水中運動後有意に増加していた。

4. 尿量とhANPの関係

本研究期間中の1時間当りの尿量と, 水中運動後のhANPとの相関について検討したところ図7のように $r = 0.55$ と弱いながらも正の相関を認め, hANP が水中運動時の尿量増加に関与していることが示された。

考 案

一般のスポーツとは異なり妊婦スポーツを実施する際には胎児への影響を考慮にいれなければならない。その母体因子として最も重要なものは, 運動に伴い骨格筋へ多量の血液が流れるため子宮血液量が減少することである。この子宮血流量の減少はヒトでも⁶⁾妊娠羊による実験でも⁷⁾確かめられており, より強度の強い運動で子宮血流量の減少も大きくなる。その結果, 胎児の低酸素症がひきおこされ, 母体運動時の胎児頻脈や一過性徐脈の原因の一つとなっている⁸⁾。このため妊婦の運動負荷についてACOGのガイドラインをはじめ, 本邦でもわれわれの報告²⁾を含めいくつか報告⁹⁾¹⁰⁾されてきている。

妊婦スポーツの中でも妊婦水泳は、水中で行う運動のため陸上での運動とは異なった循環動態になっていると思われる。水中運動における循環動態を考えるためには、まず水に浸った状態(浸水)での循環動態の変化を知る必要がある。浸水の循環に及ぼす影響については1970年代から1980年代前半にかけて多く報告されている。最も大きな変化は、水圧により特に下肢の動脈内の血液が心臓の方へ移動し中心血液量が増加することであり、横隔膜の高さまで浸水すると体を横たえた時と同様な心臓容積となる¹¹⁾。さらに水圧により間質の水分が血管内に移動し¹²⁾、結果として血液量自体も増加し、種々のホルモンの変化をひきおこす¹³⁾。これらのことは当然妊婦にもあてはまり、本研究でも明かなように Hb, Ht の減少すなわち血液量の増加がおり renin-angiotensin 系の抑制, vasopressin の分泌抑制, hANP の分泌促進などがひきおこされる。これらの変化は Katz et al.¹⁴⁾ の模式図と同様であった。

一般に運動を行うと、発汗や不感蒸泄の亢進、水分の筋組織への移行により血液濃縮がおこる。このため renin-angiotensin 系の活性化, vasopressin の分泌促進などがおこり、カテコールアミンの増加とともに血圧上昇がおこる。この血液濃縮による循環血液量の減少は、妊婦においては子宮血流量の減少につながり、胎児の低酸素症をひきおこしやすくなると思われる。さらに renin-angiotensin 系の活性化による血圧上昇も妊婦にとっては好ましくない。

ところが水中運動では前述のように、浸水により循環血液量が増加するため、運動による血液濃縮がおこっても血液量は陸上安静時と比べてあまり変化しないと思われる。本研究では水中運動後でも陸上安静時の $101.6 \pm 2.9\%$ と有意に増えており、水中運動では循環血液量は減少せず、子宮血流量も維持されているものと思われる。実際に Watson et al.¹⁵⁾ は陸上運動よりも水中運動の方が胎児に及ぼす影響が少ないことを報告している。また水中運動では陸上運動に比べ、レニン活性や vasopressin の上昇が少なく、hANP がより増加しやすいことも報告されている¹⁶⁾。

今回の検討では、vasopressin は水中運動後上昇したが、陸上安静時とほぼ同じであり、レニン活性は運動により上昇するのが一般的であるが水中運動後も減少傾向にあった。また hANP は水中運動後特に増加し、水中運動後の尿量と相関していた。以上の結果より、われわれが以前報告した^{3,4)} 妊婦水泳後の血圧下降や尿量増加は、これらの脈管作動物質などが作用した結果としておこっていることが明らかになった。

妊婦水泳では浸水による血液量の増加が運動による血液量の減少を補うことができ、水泳中も子宮血流量が維持されているものと考えられ、実際に少数例ではあるが、水泳中の胎児異常心拍パターンは1例も認めていない¹⁷⁾。また水中運動は利尿効果もあり水分貯留傾向のある妊婦にとって有利な運動と思われる。

本論文の要旨は第45回日本産科婦人科学会学術講演会で発表した。

文 献

1. 伊藤博之. 妊婦と運動. 日産婦誌 1992; 44: N-11—N-14
2. 浅井光興, 山田晃夫, 正橋鉄夫, 鈴木正利, 野口昌良, 中西正美, 丹羽滋郎. 自転車エルゴメータによる運動負荷の母児におよぼす影響について. 日産婦誌 1990; 42: 246—252
3. 三枝園子, 浅井光興, 澤口啓造, 正橋鉄夫, 鈴木正利, 野口昌良, 中西正美, 大内美保, 山田晃夫, 丹羽滋郎. 妊婦水泳のメディカルチェックの検討. 産婦の実際 1992; 41: 389—395
4. 浅井光興, 三枝園子, 大橋正宏, 保條説彦, 山田幸生, 澤口啓造, 正橋鉄夫, 鈴木正利, 野口昌良, 中西正美, 生間志保, 大内美保, 山田晃夫, 丹羽滋郎. 妊婦水泳時の尿量の検討. 産と婦 1992; 59: 1383—1388
5. Dill DB, Costill DL. Calculation of percentage changes in volumes of blood, plasma, and red cells in dehydration. J Appl Physiol 1974; 37: 247—248
6. Morris N, Osborn SB, Wright HP. Effective uterine blood-flow during exercise in normal and pre-eclamptic pregnancies. Lancet 1956; ii: 481—484
7. Lotgering FK, Gilbert RD, Longo LD. Exercise responses in pregnant sheep: Oxygen consumption, uterine blood flow, and blood volume. J Appl Physiol 1983; 55: 834—841
8. Collings CA, Curet LB, Mullin JP. Maternal

- and fetal responses to a maternal aerobic exercise program. *Am J Obstet Gynecol* 1983; 145: 702—706
9. 伊藤博之. マタニティスポーツの経緯とガイドライン. *産婦の実際* 1990; 39: 1023—1026
 10. 鍋島雄一, 宗田 聡, 佐々木純一, 目崎 登, 岩崎寛和. トレッドミル運動負荷試験による妊婦スポーツにおける安全性の検討. *日産婦誌* 1992; 44: 323—328
 11. Risch WD, Koubenec H-J, Beckmann U, Lange S, Gauer OH. The effect of graded immersion on heart volume, central venous pressure, pulmonary blood distribution, and heart rate in man. *Pflugers Arch* 1978; 374: 115—118
 12. Khosla SS, DuBois AR. Osmoregulation and interstitial fluid pressure changes in humans during water immersion. *J Appl Physiol* 1981; 51: 686—692
 13. Epstein M. Renal effects of head-out water immersion in man: Implications for an understanding of volume homeostasis. *Physiol Rev* 1978; 58: 529—581
 14. Katz VL, Ryder RM, Cefalo RC, Carmichael SC, Goolsby R. A comparison of bed rest and immersion for treating the edema of pregnancy. *Am J Obstet Gynecol* 1990; 75: 147—151
 15. Watson WJ, Katz VL, Hackney AC, Gall MM, McMurray RG. Fetal responses to maximal swimming and cycling exercise during pregnancy. *Obstet Gynecol* 1991; 77: 382—386
 16. Sheldahi LM, Tristani FE, Connelly TP, Levandoski SG, Skelton MM, Cowley AW. Fluid-regulating hormones during exercise when central blood volume is increased by water immersion. *Am J Physiol* 1992; 262: R779—R785
 17. 浅井光興, 三枝園子, 鈴木正利, 野口昌良, 中西正美, 山田晃夫, 丹羽滋郎. 妊婦水泳時の胎児心拍モニタリング. *周産期医学* 1992; 22: 389—392

(No. 7443 平5・11・5受付)