

## 海洋深層水を用いた水中運動の効果

### The effects of the aqua-exercise by deep ocean water

須藤 明治, 角田 直也, 渡辺 剛

Akiharu SUDO, Naoya TSUNODA and Tsuyoshi WATANABE

#### ABSTRACT

It is said that the body weight in the water decreases by approx. 28% at the tap water level of the waist and 87% at the tap water level below the clavicle under the influence of buoyancy. It is also known that water pressure increases the venous return and stroke volume, and decreases the heart rate (Arborelius et al., 1972; Larsen et al., 1994). And that the heart rate taken when the immersion level was stood at xiphoid, at a temperature of 30°C was almost same as that measured in the lying on back position on land (Sudo, 2001, ECSS). These results showed that water provided desirable conditions in which people can do stretching and exercise of low-load in a relaxed. It is specially, deep ocean water has a higher specific gravity than tap water or surface ocean water. However, there is a few report that demonstrates the effectiveness of aqua-exercise by deep ocean water. So, we examined it about the effects of the aqua-exercise by deep ocean water (Muroto, Japan). Subjects were 36 females and 16 males (the average age 59.1 ± 9.4). All the measurements in this study were taken three times: pre before exercise, one months and a half after starting exercise and three months after starting exercise. The subjects did 40 minutes of exercise twice a week for three months. The specific gravity of deep ocean water were 1.03g/cm<sup>3</sup>, respectively when measured using a gravimeter (YAGAMI) when measured. In the pool by deep ocean water was 1.2-m deep at a temperature of 34°C. The average of the body weight was 62.5 ± 10.9 kg before exercise, 61.7 ± 10.5 kg after 3 months. Though. There was a significant difference between the values before exercise and three months after ( $p < 0.01$ ). The average of the surrounding diameter of the waist was 85.8 ± 11.0 cm before exercise, 82.1 ± 10.2 cm after 3 months ( $p < 0.01$ ). The average of the systolic blood pressure was 138.8 ± 23.0 mmHg before exercise, 133.3 ± 15.8 mmHg after 3 months ( $p < 0.01$ ). We suggested it that from the above result, the decrease in body weight and the decrease in blood pressure by did aqua-exercise twice a week for three months In the pool by deep ocean water.

*Key wards; Deep Ocean Water, Aqua-exercise, Blood pressure*

## I. はじめに

本態性高血圧者において週3回、2～3ヶ月程度の有酸素性運動を行うことで有意に血圧が下がることが知られている<sup>20, 21)</sup>。更に、肥満を伴っている人達を対象とした場合、体重の減少及び高脂血症の改善にも寄与する報告がある<sup>21)</sup>。また、水中運動は、浮力による関節への負担軽減などから、高度肥満者や四肢の機能低下が認められる高齢者に対するリハビリテーションやトレーニングとして広く行われている<sup>1, 5)</sup>。特に、水圧の影響により、静脈の還流が増大し、1回心拍出量が増加することにより、圧・伸展受容器がこれを感じ、心房性Na利尿ペプチドの分泌が促進、腎の輸入細動脈からはレニン分泌が抑制、中枢神経系からはバゾプレッシンの分泌が抑制され、腎臓では循環血漿量の低下を促すため尿量の増加及び尿中Na排泄の増加をもたらすことも明らかにされている<sup>2, 4, 20)</sup>。これらのことから、特に30～36℃の温度領域においての浸水では安静時心拍数が陸上立位時より減少することがわかっている。そして、著者らにより剣状突起水位・直立姿勢での大腿部の筋血流動態の観察から、水圧の影響をうけ静脈の環流が増大し、一回心拍出量が増加することにより心拍数が減少すること、心拍数が低値を示したときには、血圧が低下することが確認されている<sup>9, 20)</sup>。特に、室戸で採取させている海洋深層水は、水道水や海洋表層水と比べて比重が大きく、浮力や水圧の影響があると予想される。そこで、パーデハウス室戸で実施されている水中運動並びに施設利用における生活習慣病予防の効果を検討した。

## II. 方法

被検者の総数は、56名であった。そのうち水中運動前と中間点の測定データ及び3ヶ月後のデータがすべて満たされている52名を対象に最終結果のデータを解析した。本研究における解析は、3ヶ月の間に週2回、計24回以上水中運動を実

施した者について行った。血液生化学検査の採血は、「むろとびあ医院」にて静脈血を採取し、早朝空腹時に行った。主な測定項目は、総蛋白、アルブミン、GOT、GTP、 $\gamma$  GTP、総コレステロール、中性脂肪、HDLコレステロール、LDLコレステロール、尿酸、尿素窒素、クレアチニン、血糖値、HbA1cであった。また、肩、腰、膝の現在の症状については、1. 痛みはない、2. 僅かな痛み、3. 軽い痛み、4. 耐えられる痛み、5. 高度な痛み、6. 動けない痛みの6スケールを設けチェックした。更に、各被検者より3ヶ月後の体調の変化を記述方式にて記してもらった。

## III. 結果

- 1) 今回の中間報告で解析した被検者は、52名(女性36名、男性16名)、平均年齢 $59.1 \pm 9.4$ 歳であった。統計的に運動前の値より、有意に改善している項目は以下の通りであった。体重は、運動前 $62.5 \pm 10.9$ kgが3ヶ月後 $61.7 \pm 10.5$ kgに減少していた (Fig. 1)。(体

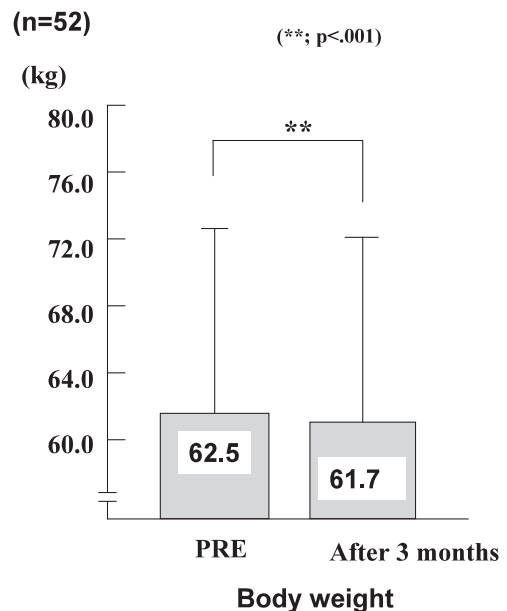


Fig. 1 Changes in body weight of all subjects.

重÷身長<sup>2</sup>)は、運動前が $25.5 \pm 3.8$ が、3ヶ月後 $25.18 \pm 3.7$ に減少していた。ウエスト周囲径は、運動前 $85.8 \pm 11.0$ cmが3ヶ月後 $82.1 \pm 10.2$ cmに減少していた。収縮期血圧は、運動前 $138.8 \pm 23.0$ mmHgが3ヶ月後 $133.3 \pm 15.8$ mmHgに減少していた。更に、主観的な痛みのスケールについては、肩が $1.69 \pm 0.96$ ポイントから $1.33 \pm 0.65$ ポイントへ減少、腰が $2.08 \pm 1.06$ ポイントから $1.35 \pm 0.65$ ポイントへ減少、膝が $1.92 \pm 1.17$ ポイントから $1.33$

$\pm 0.65$ ポイントへ減少していた (Table.1)。ポイントは減少するほど痛みが軽減していることを示している。また、寝つきの症状については、1. 大変悪かった、2. 悪かった、3. 普通、4. 良かった、5. 大変良かったの5スケールを設けチェックを行った。その結果、運動前 $3.17 \pm 1.37$ が3ヶ月後 $3.76 \pm 1.16$ となり、3の「普通」から4の「良かった」に改善していた (table.2)。

Table.1 Changes in the level of the pain

	PRE	After 3 months
<b>Shoulders</b>	1.69	1.33**
<b>Back</b>	2.08	1.35**
<b>Knee</b>	1.92	1.33**

(\*\*; p<0.01)

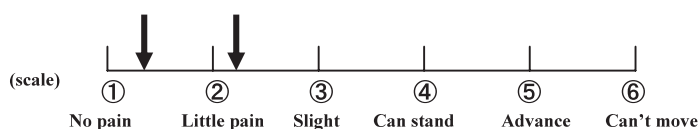
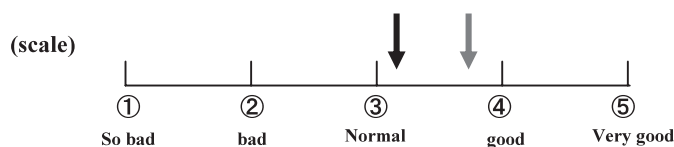


Table.2 Changes in the sleep could be done easily.

	PRE	After 3 months
<b>Sleep introduction</b>	3.17	3.76**

(\*\*; p<0.01)



2) 運動前の体重より3ヶ月後の体重が減少した群(体重減少群; 38名、女性30名、男性8名、平均年齢 $58.8 \pm 10.0$ 歳)の体重は、運動前 $61.6 \pm 11.3$ kgが3ヶ月後 $60.3 \pm 10.5$ kgに減少していた。BMI(体重 $\div$ 身長<sup>2</sup>)は、運動前が $25.5 \pm 4.1$ が、3ヶ月後 $25.0 \pm 3.8$ に減少していた。ウエスト周囲径は、運動前 $84.7 \pm 11.2$ cmが3ヶ月後 $80.6 \pm 9.8$ cmに減少していた。更に、主観的な痛みのスケールについては、肩が $1.68 \pm 0.96$ ポイントから $1.29 \pm 0.52$ ポイントへ減少、腰が $2.21 \pm 1.07$ ポイントから $1.37 \pm 0.67$ ポイントへ減少、膝が $2.05 \pm 1.21$ ポイントから $1.32 \pm 0.62$ ポイントへ減少していた。ポイントは減少するほど痛みが軽減していることを示している。また、寝つきの症状については、1. 大変悪かった、2. 悪かった、3. 普通、4. 良かった、5. 大変良かったの5スケールを設けチェックを行った。その結果、運動前 $3.42 \pm 1.41$ が3ヶ月後 $3.92 \pm 1.12$ となり、3の「普通」から4の「良かった」に改善していた。

3) 運動前の収縮期血圧が140mmHg以上又は拡張期血圧が90mmHg以上に該当する群(高血圧群; 23名、女性19名、男性4名、平均年齢 $62.2 \pm 8.6$ 歳)は、収縮期血圧 $159.8 \pm 15.1$ mmHgが、3ヶ月後 $140.0 \pm 16.6$ mmHgに減少していた。また、拡張期血圧 $91.8 \pm 14.7$ mmHgが、3ヶ月後 $81.6 \pm 12.5$ mmHgに減少していた(Fig.2)。更に、主観的な痛みのスケールについては、肩が $1.48 \pm 0.90$ ポイントから $1.22 \pm 0.42$ ポイントへ減少、腰が $2.09 \pm 1.00$ ポイントから $1.22 \pm 0.42$ ポイントへ減少、膝が $1.83 \pm 0.98$ ポイントから $1.22 \pm 0.60$ ポイントへ減少していた。また、寝つきの症状については、運動前 $2.91 \pm 1.41$ が3ヶ月後 $3.74 \pm 1.25$ となり、3の「普通」から4の「良かった」に改善していた。

4) 運動前の総コレステロール値が220mg/dl以上又は中性脂肪が140mg/dl以上に該当する群(高脂血群; 25名、女性17名、男性8名、平均年齢 $58.6 \pm 9.7$ 歳)は、総コレステロー

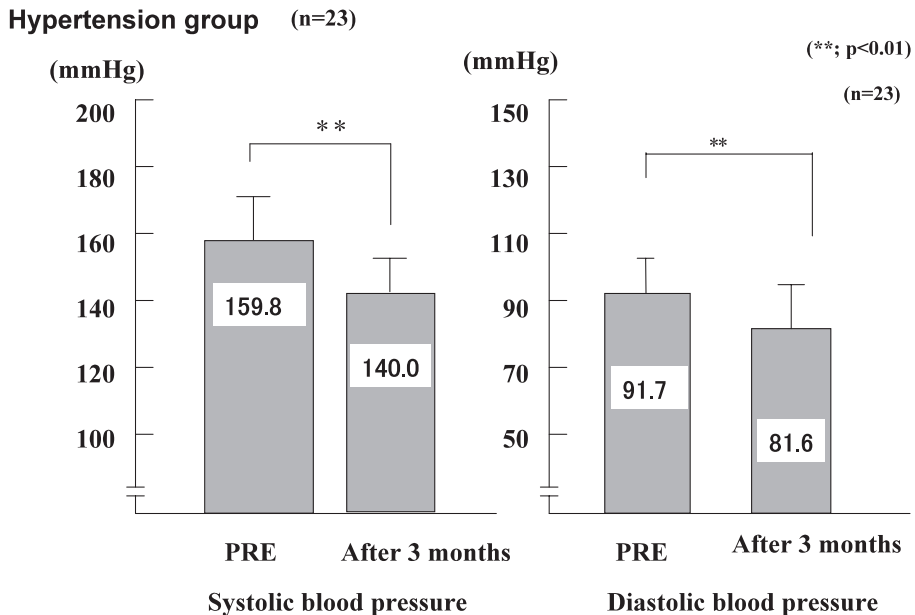


Fig.2 Changes in systolic and diastolic blood pressure

ル値  $235.0 \pm 39.4\text{mg/dl}$  が、3ヶ月後  $230.3 \pm 37.3\text{mg/dl}$  と減少傾向にあった。中性脂肪値  $138.0 \pm 70.4\text{mg/dl}$  が、3ヶ月後  $136.4 \pm 76.4\text{mg/dl}$  と減少傾向にあった。LDLコレステロール値  $149.1 \pm 39.2\text{mg/dl}$  が3ヶ月後  $144.6 \pm 34.5\text{mg/dl}$  と減少傾向にあった。また、HDLコレステロール値  $55.4 \pm 12.7\text{mg/dl}$  が3ヶ月後  $57.0 \pm 12.4\text{mg/dl}$  と増加傾向にあった。尚、上記においては、統計的な有意な差はなかった。しかし、尿酸値においては、運動前  $5.7 \pm 1.6\text{mg/dl}$  が3ヶ月後  $5.2 \pm 1.7\text{mg/dl}$  と統計上有意に減少した。更に、主観的な痛みのスケールについては、肩が  $1.64 \pm 0.99$  ポイントから  $1.32 \pm 0.56$  ポイントへ減少、腰が  $2.12 \pm 1.05$  ポイントから  $1.24 \pm 0.44$  ポイントへ減少、膝が  $1.68 \pm 0.85$  ポイントから  $1.20 \pm 0.50$  ポイントへ減少していた。また、寝つきの症状については、運動前  $3.08 \pm 1.41$  が3ヶ月後  $3.80 \pm 1.19$  となり、3の「普通」から4の「良かった」に改善していた。

5) 運動前の血糖値が  $110\text{mg/dl}$  以上又はHbA1cが7.5%以上に該当する群（高血糖群；11名、女性6名、男性5名、平均年齢  $60.0 \pm 10.2$  歳）は、血糖値においては統計上有意な差はなかったが、体重、総コレステロール及びLDLコレステロール値が有意に減少していた。更に、主観的な痛みのスケールについては、肩が  $2.0 \pm 1.1$  ポイントから  $1.36 \pm 0.50$  ポイントへ減少していた。尚、3名の被検者において、運動前  $124\text{mg/dl}$  が3ヶ月後  $80\text{mg/dl}$ 、運動前  $145\text{mg/dl}$  が3ヶ月後  $100\text{mg/dl}$ 、運動前  $128\text{mg/dl}$  が3ヶ月後  $122\text{mg/dl}$

dlへとそれぞれ減少している例もあった (table.3)。

6) 運動前の尿酸値が男性  $7.0\text{mg/dl}$  以上、女性が  $5.5\text{mg/dl}$  以上に該当する群（高尿酸群；11名、女性6名、男性5名、平均年齢  $61.4 \pm 11.5$  歳）は、尿酸値  $7.3 \pm 1.3\text{mg/dl}$  が、中間点  $6.5 \pm 1.7\text{mg/dl}$ 、3ヶ月後  $6.6 \pm 1.8\text{mg/dl}$  と減少していた (Fig.3)。その他、拡張期血圧が  $90.9 \pm 17.9\text{mmHg}$  が、3ヶ月後  $82.0 \pm 13.7\text{mmHg}$  と減少していた。更に、主観的な痛みのスケールについては、腰が  $2.09 \pm 1.04$  ポイントから  $1.27 \pm 0.47$  ポイントへ減少、膝

Table.3 Changes in hyperglycemia

PRE	After 1.5 months
<b>124 mg/dl</b>	<b>→ 75 mg/dl</b>
<b>140 mg/dl</b>	<b>→ 100 mg/dl</b>
<b>113 mg/dl</b>	<b>→ 107 mg/dl</b>

Hyperlithuria group (n=12)

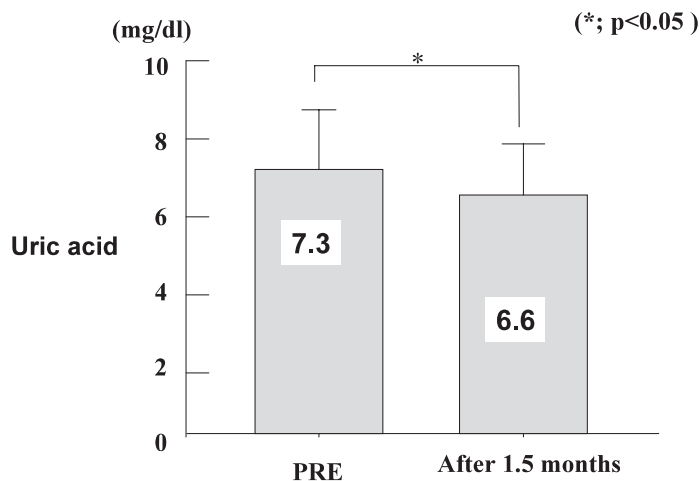


Fig. 3 Changes in uric acid of hyperlithuria group

が $2.27 \pm 1.42$ ポイントから $1.18 \pm 0.60$ ポイントへ減少していた。

- 7) 1ヶ月半後(中間点)の体調の変化では、体の軽快感が18例、美肌感が6例、寝つき・目覚めの改善が6例、体重の軽減が2例、血圧の安定・低下が2例などであったが、更に3ヶ月後の体調の変化では、体の軽快感が12例、満足感が7例、寝つき・目覚めの改善が4例、体重の軽減が4例、膀胱機能改善が3例などであった(Table. 4)。

#### IV. 考 察

水中では浮力の影響により、体重は腰部水位で約28%、鎖骨下部水位で約87%減少すると言われている<sup>11)</sup>。また、水中で6秒間に1回の速さで行うアームカーム運動では、陸上の主働筋群である上腕二頭筋の活動において水中では陸上の約47%の筋活動に相当し、サイドレイズ運動では、陸上の主働筋群である三角筋の活動において水中では陸上の44%の筋活動に相当することが水中および陸上の筋電図測定などから判明している<sup>8)</sup>。つまり、水中での運動は、加齢により筋力が低下した者やスポーツ障害や疼痛を伴うような者にとっ

て、陸上より少ない負荷で関節を動かすことができる運動環境ではないかと考えることができる。また、水圧の影響により、静脈の還流が増大し、1回心拍出量が増加することにより、圧・伸展受容器がこれを感じ、心房性Na利尿ペプチドの分泌が促進、腎の輸入細動脈からはレニン分泌が抑制、中枢神経系からはバゾプレッシンの分泌が抑制され、腎臓では循環血漿量の低下を促すため尿量の増加及び尿中Na排泄の増加をもたらすことも明らかにされている<sup>2, 4, 19, 20)</sup>。これらのことから、特に30~36℃の温度領域においての浸水では安静時心拍数が陸上立位時より減少することが解っている<sup>20)</sup>。そして、水温30℃で剣状突起部水位において、直立姿勢で入水した場合、陸上で仰向けに寝ている時の心拍数とほぼ同じであり、筋組織の血液酸素動態においてもほぼ同程度であることが確認されている<sup>19)</sup>。つまり、水中での運動は、リラックスした状態でストレッチングや低負荷の運動ができる環境であることが推察される。また、筋量の加齢変化のデータ<sup>3)</sup>より、70歳代では20歳代に比べて特に大腿四頭筋が約39%、下腿三頭筋が約33%と減少していることがわかり、近年、「転倒防止」や「自立歩行」のために高齢者へのレジスタンストレーニングの重要性が確認されている<sup>3)</sup>。また、本測定で使用して

Table. 4 About a sense of the improved body.

After 1.5 months	After 3 months
A sense that a body is light <b>18</b>	A sense that a body is light <b>12</b>
A sense of the beauty skin <b>6</b>	A feeling of satisfaction <b>7</b>
The deep of the sleep <b>6</b>	The loss of the body weight <b>4</b>
The loss of the body weight <b>2</b>	The deep of the sleep <b>4</b>
A decrease in blood pressure <b>2</b>	The improvement of a bladder function <b>3</b>

いる室戸の海洋深層水は、比重が1.03と通常の水より大きいことが分かっている。特に、海洋深層水の特徴は、窒素、リン、ケイ酸等の栄養素を表層水の数倍～数10倍含む富栄養性であること、必須微量元素がバランスよく含まれておりミネラル特性があることなどで知られている<sup>18)</sup>。

以上の先行研究を踏まえ本研究の結果から、週2回、3ヶ月程度のバーデハウス室戸を利用する事により、体重の減少、血圧の減少、総コレステロール、LDL値の減少傾向、尿酸の減少、主観的痛みの改善、睡眠導入の改善など認められた。特に、体重の減少、血圧の減少、総コレステロール、LDL値の減少傾向は、継続した運動習慣の獲得によるのではないかと推察される。また、主観的痛みの改善は、浮力の効果により一時的にも重力からの影響が軽減でき、更に関節可動域向上のための運動を行ったことによるのではないかと推察される。そして、睡眠導入の改善の改善については、昼間の四肢の体温の向上は、睡眠導入時の低体温化を助長することが知られていることから、海洋深層水を持つ保温効果、更には運動、サウナ利用の効果ではないかと推察される。尿酸値の減少は、運動による発汗作用、水の中での脚の上げ下げ動作などによる水圧の増減などの作用、更に末梢血管の拡大による血流促進などから老廃物の代謝の促進によるのではないとも推察される。尿酸値の減少の機序については今後の研究課題である。特に本研究から、海洋深層水を用いた温浴施設での水中運動においても、継続した運動習慣の導入により生活習慣病予防、更には痛みの軽減より介護予防やメタボリックシンドロームの予防に寄与することがわかった。特に、本研究結果より、海洋深層水を用いたバーデハウス室戸の施設利用における特徴的な成果は、血圧の減少が1ヶ月半から既に効果が現れること、尿酸値の減少及び、その者において拡張期血圧の有意な低下が見られること、特に腰・膝の痛みの改善率が高いこと、また、寝つきの改善がほぼすべての群においてみられたことなどであることがわかった。

## V. まとめ

本態性高血圧者において週3回、2～3ヶ月程度の有酸素性運動を行うことで有意に血圧が下がることが知られている。更に、肥満を伴っている人達を対象とした場合、体重の減少及び高脂血症の改善にも寄与する報告がある。そこで、室戸市の海洋深層水を用いた温浴施設で実施されている水中運動並びに施設利用における健康に対する調査を実施した。被検者の総数は、中高齢者を対象に52名あった。水中運動は、3ヶ月の間に週2回、計24回以上水中運動を実施した者について行った。血液生化学検査及び肩、腰、膝の現在の症状について、1. 痛みはない、2. 僅かな痛み、3. 軽い痛み、4. 耐えられる痛み、5. 高度な痛み、6. 動けない痛みの6スケールを設けチェックした。更に、各被検者より1ヶ月半後及び3ヶ月後の体調の変化を記述方式にて記してもらった。その結果、体重の減少、血圧の有意な減少、尿酸値の基準範囲への減少と、同時に、腰の痛みの緩和に効果的であることがわかった。

## VI. 謝 辞

被検者として協力頂いた室戸市民の皆様、並びに室戸市役所保健介護課、企画振興課、採血のご協力を頂いた「むろとびあ医院」、そして、海洋深層水温浴施設運営会社の「バーデハウス室戸」及び株式会社ミクプランニングの八木良訓氏に感謝いたします。本研究の一部は、国士舘大学体育学部附属体育研究所の2007年度研究助成によって実施した。

## 参考文献

- 1) 赤嶺卓哉, 田口信教, 須藤明治, 酒匂 崇, 松永俊二:「腰痛者水泳教室」における最近の知見と成績. 臨床スポーツ医学, 8, (4): 437-441, 1991.
- 2) Anders Schermacher Larsen, Lars Bo Johansen, Carsten Stadeager, Jorgen Warberg, Niels Juel

- Christensen and Peter Norsk.: Volume-homeostatic mechanisms in humans during graded water immersion, *The American Physiological Society*, **77**, 2832-2839, 1994.
- 3) 福永哲夫, 金久博昭: 日本人の体肢組成, 筋量との関連でみた日本人の筋出力, 朝倉書店, 1989.
  - 4) J. V. Anderson, N. D. Millar, J. P. O'hare, J. C. Mackenzie, R. J. M. Corral, and S. R. Bloom: Atrial natriuretic peptide: physiological release associated with natriuresis during water immersion in man. *Clinical Science*, **71**, 319-322, 1986.
  - 5) 松永俊二, 酒匂 崇, 赤嶺卓哉, 田口信教, 須藤明治: 腰痛患者に対する水泳運動療法の有効性について. *リハビリテーション医学*, **29**, 2: 115-121, 1992.
  - 6) 宮下充正: トレーニングの科学的基礎, ブックハウスHD, 1998.
  - 7) Moritani, T.: Time course of adaptations during strength and power training, *Strength and power in sport*. (ed) Komi, P.V., Blackwell scientific publications, 266-278, 1991.
  - 8) 須藤明治: 水中環境下における上肢筋運動の筋電図学的検討. 鹿屋体育大学, 学士論文, 1989.
  - 9) 須藤明治, 赤嶺卓哉, 田口信教, 酒匂 崇: 腰痛に対し水中運動療法の及ぼす効果「一般腰痛者とスポーツ選手腰痛者における調査より」. *体力科学*, **41**: 386-392, 1992.
  - 10) 須藤明治, 赤嶺卓哉, 田口信教: 腰痛者のための水泳教室テキスト. 環境工学社, 東京, 1992.
  - 11) 須藤明治: 水中運動処方 I, 文化書房博文社, 東京, 1999.
  - 12) 須藤明治, 角田直也: 立位体前屈と大腿屈曲群の筋硬度の関係, *国士舘大学体育研究所報*, 19:13-18, 2000.
  - 13) 須藤明治, 角田直也, 八木良訓: 高齢の腰痛患者に対する水中運動の効果. *柔道整復・接骨医学*, **9**, (1): 13-18, 2000.
  - 14) 須藤明治, 角田直也, 小林寛道: 上肢の筋形態及び筋機能特性とアームストローク泳との関係, *トレーニング科学*, **12**, 3, 161-170, 2001.
  - 15) 須藤明治, 角田直也, 田口信教: 水中環境下での脚筋力トレーニングは筋血流制限下のトレーニングと言えるのか, *デサントスポーツ科学*, **22**, 193-203, 2001.
  - 16) Sudo, A., and Tsunoda, N.: Effect of muscle blood flow in water immersion, 6th European College of Sport Science, 925, 2001.
  - 17) 須藤明治, 角田直也, 井尻成幸, 八木良訓: 高齢・低筋力者における水中運動の効果, *国士舘大学体育研究所*, **21**, 65-73, (2003)
  - 18) 須藤明治, 角田直也, 高里久三, 平良朝幸, 大道敦, 山木良訓: 久米島海洋深層水を用いた浸水時の筋・循環動態に及ぼす影響, *海洋深層水研究*, Vol.4, No.1, 11-18, (2003)
  - 19) 須藤明治, 角田直也, 田口信教, 小宮節朗, 井尻成幸: 高血圧者における水中浸漬時の水圧が筋組織血液動態に及ぼす影響について, *デサントスポーツ科学*, **25**, 94-102, (2004)
  - 20) 須藤明治, 赤崎房生, 八木良訓, 井尻成幸, 小宮節朗, 角田直也, 渡辺剛: 浸水時の血圧に及ぼす水圧の影響, *国士舘大学体育研究所*, **22**, 51-58, (2004)
  - 21) 須藤明治, 宇佐美彰朗, 角田直也, 渡辺 剛: 生活習慣病を有する高齢者の運動効果～水中運動と陸上運動の検討～, *国士舘大学体育研究所*, **23**, 51-58, (2005)
  - 22) 須藤明治: アクア・メディカル・サイエンス, 環境工学社, (2005)
  - 23) 須藤明治, 角田直也, 渡辺 剛: 水中運動後の陸上時の筋組織血液動, *国士舘大学体育研究所*, **24**, 23-30 (2006)
  - 24) 須藤明治, 角田直也, 渡辺 剛: アクアマッサージ中の筋組織血液動態の変化, *国士舘大学体育研究所*, **25**, 31-42 (2006)