

## 人工炭酸泉浴時の水中運動における筋組織血液動態の変化

### Changes in intramuscular oxygen hemodynamics during aquatic exercises in artificial carbonated springs

須藤 明治, 角田 直也, 渡辺 剛

Akiharu SUDO, Naoya TSUNODA and Tsuyoshi WATANABE

#### Abstract

It is already known that water pressure increases venous return, and decreases the heart rate. It is also known that heart rate measurements taken when immersion levels stood at xiphoid, at a temperature of 36 °C were almost identical to those measured while lying on one's back on land. Also, atrial natriuretic peptide secretion is increased, and renin secretion is controlled. Furthermore, vasopressin secretion is also controlled. Specifically, as for the repressive functions of the renin-angiotensin system, it is known that angiotensinII and aldosterone secretion are controlled. We took into account the fact that blood pressure decreases due to the ultimate decrease of total peripheral resistance. Therefore, we examined the changes in intramuscular oxygen hemodynamics of the left trapezius muscle during aquatic exercise in artificial carbonated springs. In this study, we observed the circulation of the left trapezius muscle with a laser tissue blood-oxygen monitor (tissue oxygen saturation (StO<sub>2</sub>) levels, tissue deoxygenated hemoglobin (HbD) levels, and tissue oxygenated hemoglobin (HbO<sub>2</sub>) levels) (BOM-LITR, OMEGAWAVE ; Tokyo) and measured dermal blood flow of the trapezius muscle. Three females served as subjects. Measurements were taken with the subjects in each of two aquatic exercises in artificial carbonated springs, with the "Pre" set as being in a sitting position on the ground before entering into the water (PRE), and the two kinds of aquatic exercises started for three minutes from the seventh minute to the tenth minute, and once again the "Post" was set as being in a sitting position on the ground after the aquatic exercises (POST). We observed the circulation of the left trapezius muscle with a laser tissue blood-oxygen monitor during aquatic exercises in an artificial carbonated spring. We took into consideration the fact that intramuscular oxygen hemodynamics during aquatic exercises in an artificial carbonated spring improved the value of, StO<sub>2</sub> as well as blood flow.

*Key words; Carbonated springs, intramuscular oxygen hemodynamics, blood flow, aquatic exercise*

## 1. はじめに

二酸化炭素 (CO<sub>2</sub>) を水に溶解させ人工的に炭酸泉を作り入浴すると、二酸化炭素が皮膚から吸収され、皮膚血管の拡張、皮膚血流を増加させ、更に、ヘモグロビンからの酸素の遊離を促進させることが知られている<sup>13, 14)</sup>。また、身体が水に入ることにより、身体に及ぼす水圧による静脈帰還流の増大は、圧・伸展受容器により感受され、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ズプレッシンの分泌が抑制されることが知られている<sup>2, 3, 10, 11, 16)</sup>。これらの水圧に適応しようとする反応は、特に、不感温度領域 (35.5 ~ 36℃)・剣状突起水位での心拍数の著しい低下からも推察することができる<sup>11)</sup>。静脈帰還流の増大により、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<sup>2, 3, 4, 7, 10, 11, 16)</sup>。また、レニン分泌の抑制作用は、強力な血管収縮作用を有するアンジオテンシンIIや副腎皮質からのアルドステロンの分泌を抑制することが知られていることから、このような水中環境下では、抹消血管抵抗が低下しているものと推察される<sup>16)</sup>。つまり、水圧の影響により静脈帰還流が増大し、体幹に血流が集まりるのではないかと考えられる。そこで、上肢を中心とした水中運動を行うことにより血流の促進が高まるのではないかと考えられ、更に炭酸泉浴に入水することにより、その作用はより促進されるのではないかとと思われる。そこで、本研究では、炭酸泉浴入浴時の水中運動における肩周辺部の筋組織血液動態の変化を観察した。

## 2. 方法

本研究では、人工炭酸泉浴時に水中運動を行った時の肩周辺部における筋組織血液酸素動態及び皮膚血流量の変化を測定し比較検討した。水温は、39℃、水位40cm、入水時間は10分間とした。実

験条件としては、普通の水道水浴 (以下、Control)、炭酸泉浴 (以下、CO<sub>2</sub>bathing)、炭酸泉+水中運動浴 (以下、CO<sub>2</sub>bathing + EX) の3条件において同一被験者に対し実施した。炭酸泉は40ppmの濃度とし、水中運動は入浴7分後から足関節の伸展屈曲運動を左右10回、肩関節の回旋運動上を各左右前後向き5回を実施した。筋組織血液動態及び皮膚血流量の測定は、左側肩周辺部 (僧帽筋) とした。被検者は、女性3名 (平均年齢52.3 ± 6.0歳) であった。肩周辺部 (僧帽筋) の筋組織血液酸素動態及び皮膚血流量の測定は、陸上での安静座位 (以下、PRE)、入浴1分後から10分後までの値を、陸上回復座位1分後 (以下、POST) を測定比較した。測定は、経皮的レーザー組織血液酸素モニターを用いて、左側僧帽筋部にセンサーを取り付け、組織内酸素飽和度 (StO<sub>2</sub>) と組織ヘモグロビン量 (HbT)、組織脱酸素化ヘモグロビン量 (HbD)、組織酸素化ヘモグロビン量 (HbO<sub>2</sub>) を測定した。なお、レーザー組織血液酸素モニターは、送受光間距離30mm一定のセンサーを使用し、僧帽筋の筋組織の最も厚い部位の皮膚上に貼付け1秒ごとに測定した。比較検討したレーザー組織血液酸素モニターの値は、各条件における後半の30秒間の平均値とした。

尚、各被験者には、インフォームドコンセントを実施し、実験の意義、内容、危険性を十分に説明した上で、実験参加の承諾を得た。結果の処理は、得られた各変数の値は特に記載のない場合を除き、平均値 ± 標準偏差で示した。各変数の3条件間の平均値の差の検定には片側の対応のあるt検定を用いた。統計処理の結果は危険率5%未満をもって有意とした。

## 3. 結果

被検者の身体的特徴において、性別は女性、年齢の平均は52.3 ± 6.07歳、身長は154.0 ± 5.2cm、体重の平均は49.7 ± 2.5kgであった。

## 1) HbDの変化

HbDのControl群の変化は、PRE $6.0 \pm 0.8$  ( $10^3/\text{mm}^3$ 、以下単位を略す)、1分後 $5.3 \pm 1.1$ 、2分後 $5.4 \pm 2.0$ 、3分後 $5.5 \pm 1.7$ 、4分後 $5.5 \pm 0.9$ 、5分後 $5.6 \pm 0.8$ 、6分後 $5.7 \pm 0.8$ 、7分後 $5.8 \pm 0.8$ 、8分後 $5.8 \pm 0.7$ 、9分後 $5.9 \pm 0.8$ 、10分後 $6.0 \pm 0.6$ 、POST $6.8 \pm 0.7$ であった。

HbDのCO<sub>2</sub>bathing群の変化は、PRE $6.3 \pm 0.5$ 、1分後 $5.9 \pm 0.3$ 、2分後 $6.0 \pm 0.4$ 、3分後 $6.0 \pm 0.3$ 、4分後 $6.0 \pm 0.4$ 、5分後 $6.0 \pm 0.3$ 、6分後 $6.1 \pm 0.4$ 、7分後 $6.0 \pm 0.3$ 、8分後 $5.9 \pm 0.5$ 、9分後 $6.0 \pm 0.3$ 、10分後 $6.1 \pm 0.3$ 、POST $6.8 \pm 0.1$ であった。

HbDのCO<sub>2</sub>bathing + EX群の変化は、PRE $6.5 \pm 0.8$ 、1分後 $5.8 \pm 0.4$ 、2分後 $5.8 \pm 0.6$ 、3分後 $6.0 \pm 0.6$ 、4分後 $5.9 \pm 0.5$ 、5分後 $6.0 \pm 0.6$ 、6分後 $5.9 \pm 0.7$ 、7分後 $5.7 \pm 0.5$ 、8分後 $5.5 \pm 0.6$ 、9分後 $5.9 \pm 0.3$ 、10分後 $7.1 \pm 0.7$ 、POST $6.9 \pm 0.6$ であった。

HbDにおけるControl群とCO<sub>2</sub>bathing群、Control群とCO<sub>2</sub>bathing + EX群、CO<sub>2</sub>bathing群とCO<sub>2</sub>bathing + EX群との比較では、両群間に統計上有意な差はなかった (Fig.1)。

2) HbO<sub>2</sub>の変化

HbO<sub>2</sub>のControl群の変化は、PRE $10.0 \pm 0.4$  ( $10^3/\text{mm}^3$ 、以下単位を略す)、1分後 $9.8 \pm 2.6$ 、2分後 $9.7 \pm 2.4$ 、3分後 $10.1 \pm 1.9$ 、4分後 $10.5 \pm 1.6$ 、5分後 $10.7 \pm 1.0$ 、6分後 $10.9 \pm 0.7$ 、7分後 $11.1 \pm 0.5$ 、8分後 $11.2 \pm 0.3$ 、9分後 $11.5 \pm 0.0$ 、10分後 $11.6 \pm 0.7$ 、POST $10.3 \pm 0.1$ であった。

HbO<sub>2</sub>のCO<sub>2</sub>bathing群の変化は、PRE $10.8 \pm 0.7$ 、1分後 $11.9 \pm 0.6$ 、2分後 $11.6 \pm 0.5$ 、3分後 $11.6 \pm 0.3$ 、4分後 $11.7 \pm 0.3$ 、5分後 $11.8 \pm 0.3$ 、6分後 $12.0 \pm 0.4$ 、7分後 $12.1 \pm 0.2$ 、8分後 $11.9 \pm 0.4$ 、9分後 $12.0 \pm 1.0$ 、10分後 $11.8 \pm 0.8$ 、POST $10.8 \pm 0.6$ であった。

HbO<sub>2</sub>のCO<sub>2</sub>bathing + EX群の変化は、PRE $11.2 \pm 0.8$ 、1分後 $11.8 \pm 0.5$ 、2分後 $11.7 \pm 0.5$ 、3分後 $11.8 \pm 0.4$ 、4分後 $11.8 \pm 0.6$ 、5分後 $11.9 \pm 0.6$ 、6分後 $11.9 \pm 0.7$ 、7分後 $12.0 \pm 0.7$ 、8分後 $11.8 \pm 0.6$ 、9分後 $11.9 \pm 0.6$ 、10分後 $11.3 \pm 0.9$ 、POST $10.9 \pm 0.5$ であった。

HbO<sub>2</sub>におけるControl群とCO<sub>2</sub>bathing群間では、6分後にCO<sub>2</sub>bathing群が統計上有意に高値を示した ( $p < 0.05$ )。Control群とCO<sub>2</sub>bathing + EX

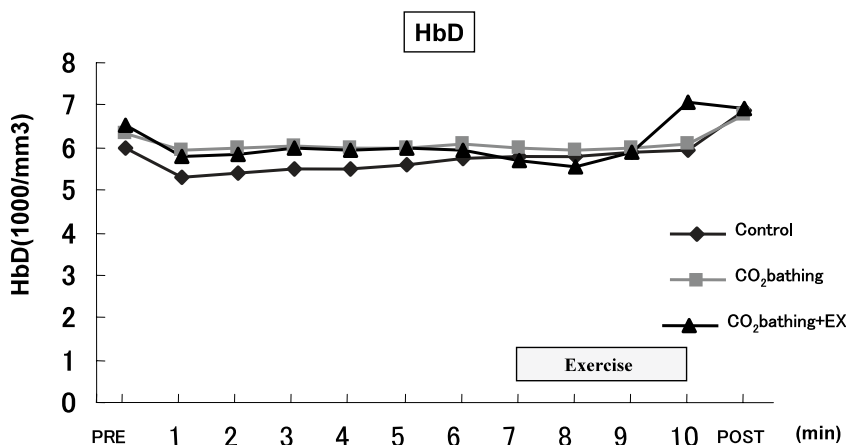


Fig.1 Changes of deoxygenated hemoglobin (HbD).

(ns ; not significant vs. on the Control and CO<sub>2</sub>bathing, vs. on the Control and CO<sub>2</sub>bathing+EX, vs. on the CO<sub>2</sub>bathing and CO<sub>2</sub>bathing+EX, )

群間では、5.6.7.8分後にCO<sub>2</sub>bathing + EX群が統計上有意に高値を示した (p<0.05)。CO<sub>2</sub>bathing群とCO<sub>2</sub>bathing + EX群間では、統計上有意な差はなかった (Fig.2)。

### 3) StO<sub>2</sub>の変化

StO<sub>2</sub>のControl群の変化は、PRE62.7 ± 2.1 (%、以下単位を略す)、1分後66.8 ± 2.2、2分後66.3 ± 2.2、3分後66.5 ± 2.7、4分後66.2 ± 1.8、5分後65.7 ± 2.2、6分後65.4 ± 2.7、7分後65.6 ± 2.5、8分後65.8 ± 2.3、9分後66.0 ± 3.3、10分後66.0 ± 1.8、POST60.0 ± 2.2であった。

StO<sub>2</sub>のCO<sub>2</sub>bathing群の変化は、PRE62.9 ± 0.5、1分後66.7 ± 1.8、2分後65.7 ± 0.5、3分後65.6 ± 0.7、4分後66.0 ± 0.8、5分後66.1 ± 0.5、6分後66.3 ± 0.9、7分後66.8 ± 1.1、8分後66.6 ± 1.3、9分後66.4 ± 1.8、10分後65.8 ± 1.2、POST61.3 ± 1.7であった。

StO<sub>2</sub>のCO<sub>2</sub>bathing + EX群の変化は、PRE63.1 ± 1.6、1分後66.9 ± 0.7、2分後66.6 ± 1.6、3分後66.3 ± 1.7、4分後66.5 ± 1.0、5分後66.5 ± 1.3、6分後66.7 ± 1.4、7分後67.8 ± 0.7、8分後68.1 ±

1.4、9分後66.8 ± 0.5、10分後61.5 ± 4.0、POST60.9 ± 1.2であった。

StO<sub>2</sub>におけるControl群とCO<sub>2</sub>bathing群間及びControl群とCO<sub>2</sub>bathing + EX群間では、統計上有意な差はなかった。CO<sub>2</sub>bathing群とCO<sub>2</sub>bathing + EX群間では、7.8分後にCO<sub>2</sub>bathing + EX群が統計上有意に高値を示した (p<0.05) (Fig.3)。

### 4) 皮膚血流の変化

皮膚血流のControl群の変化は、PRE1.54 ± 0.49 (mil/min/100g以下、単位を略す)、1分後3.03 ± 1.09、2分後3.82 ± 1.91、3分後3.31 ± 1.94、4分後4.46 ± 2.56、5分後4.25 ± 2.37、6分後3.48 ± 2.46、7分後3.75 ± 2.47、8分後4.49 ± 2.45、9分後4.74 ± 2.49、10分後5.30 ± 2.21、POST1.97 ± 0.64であった。

皮膚血流のCO<sub>2</sub>bathing群の変化は、PRE1.91 ± 0.66、1分後3.51 ± 0.81、2分後3.06 ± 0.54、3分後3.21 ± 0.42、4分後3.94 ± 0.97、5分後4.14 ± 0.65、6分後4.34 ± 1.36、7分後4.71 ± 1.87、8分後4.97 ± 2.01、9分後5.20 ± 1.23、10分後5.39 ± 1.53、POST3.31 ± 2.38であった。

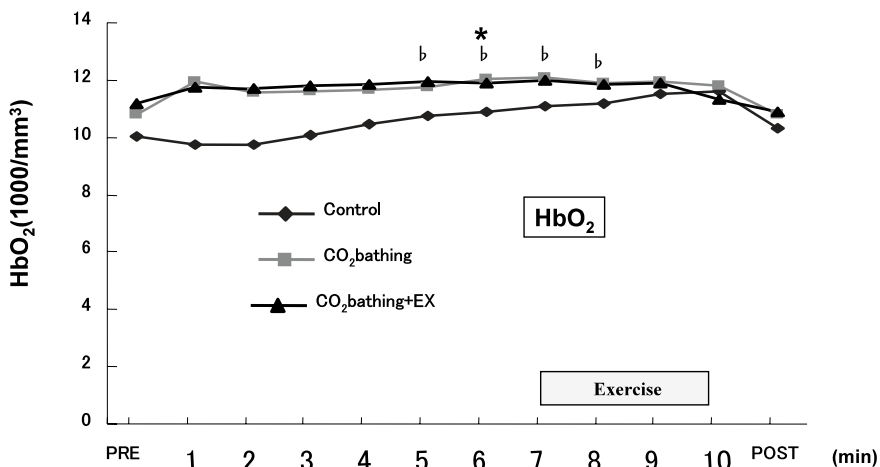


Fig.2 Changes of Oxygenated hemoglobin (HbO<sub>2</sub>).

(\* ; p<0.05 vs. on the Control and CO<sub>2</sub>bathing,  
b ; p<0.05 vs. on the Control and CO<sub>2</sub>bathing+EX,  
ns ;not significant vs. on the CO<sub>2</sub>bathing and CO<sub>2</sub>bathing+EX, )

皮膚血流のCO<sub>2</sub>bathing + EX群の変化は、PRE 1.93 ± 0.86、1分後3.47 ± 0.89、2分後3.66 ± 0.84、3分後3.79 ± 0.69、4分後3.59 ± 0.99、5分後3.37 ± 0.87、6分後3.93 ± 0.64、7分後3.44 ± 0.79、8分後6.50 ± 1.68、9分後8.15 ± 1.06、10分後9.35 ± 0.50、POST5.12 ± 5.53であった。

皮膚血流におけるControl群とCO<sub>2</sub>bathing群間

では、統計上有意な差はなかった。Control群とCO<sub>2</sub>bathing + EX群間では、9分後CO<sub>2</sub>bathing + EX群が統計上有意に高値を示した (p<0.05)。また、CO<sub>2</sub>bathing群とCO<sub>2</sub>bathing + EX群間では、9.10分後にCO<sub>2</sub>bathing + EX群が統計上有意に高値を示した (p<0.05) (Fig.4)。

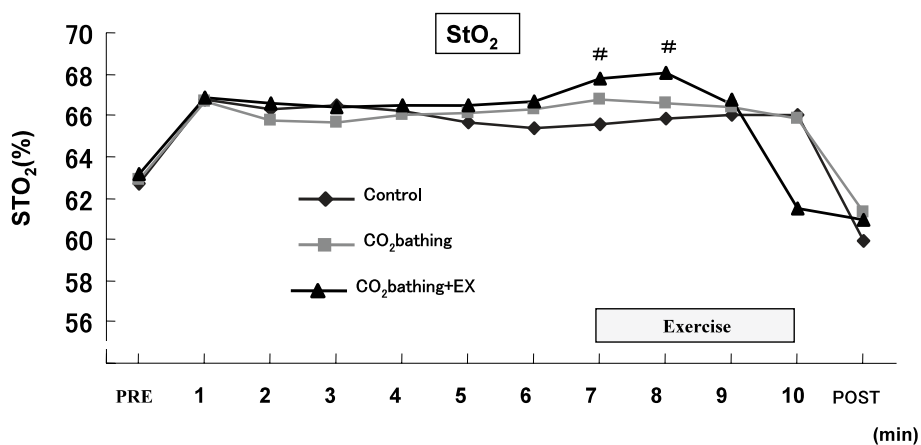


Fig.3 Changes of tissue oxygen saturation (StO<sub>2</sub>).

(ns ;not significant vs. on the Control and CO<sub>2</sub>bathing, vs. on the Control and CO<sub>2</sub>bathing+EX, # ; p<0.05 vs. on the CO<sub>2</sub>bathing and CO<sub>2</sub>bathing+EX, )

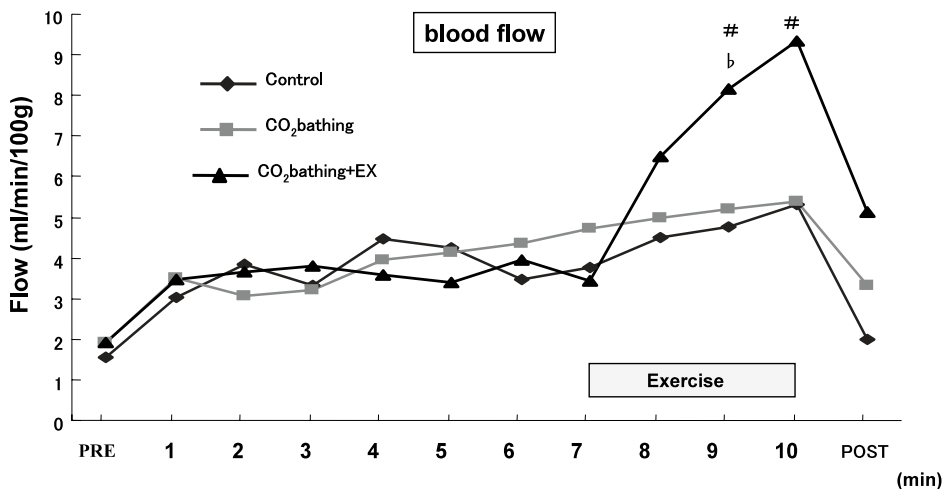


Fig.4 Changes in skin blood flow of the trapezius muscle.

(ns ;not significant vs. on the Control and CO<sub>2</sub>bathing, b ; p<0.05 vs. on the Control and CO<sub>2</sub>bathing+EX, # ; p<0.05 vs. on the CO<sub>2</sub>bathing and CO<sub>2</sub>bathing+EX, )

### 3. 考 察

ヒトは、陸上で立位姿勢をとると約100mmHgの静水学的圧差が心臓と下肢との間に生じ、血液が下肢へと貯留する<sup>1)</sup>。下肢の静脈に貯留した血液は、静脈還流を阻害することになり、1回拍出量ひいては心拍出量の減少を引き起こし、血圧の低下を招く。血圧が一定レベルより低下すると十分な脳血流量を確保することができなくなるため、抗重力姿勢に起因する血圧低下への循環調節反応が作用することになる<sup>1, 12)</sup>。血圧は、心拍出量（1回拍出量×心拍数）と末梢血管抵抗により決定される。抗重力姿勢によって血圧が低下すると動脈内の圧受容器が抑制され、交感神経系が有意となり、交感神経心臓枝及び血管収縮線維のインパルスが増大し、心拍数が増大して1回拍出量の不足を補い、血管が収縮して末梢血管抵抗が増大し、血圧の上昇（回復）をもたらす。このような抗重力姿勢における循環調節能力は、陸で生活する人間に備わった適応能力であり、重要な血圧調節機構であると考えられる<sup>1)</sup>。

また、近赤外線分析技術の発達により、血流量および動静脈酸素較差の連続的な測定が可能となり、特に、ヘモグロビンの酸素-脱酸素化状態の変化に関する非侵襲的な測定技術が確立され、いくつかの実験の結果から安定した数値が得られるようになってきた<sup>8, 9)</sup>。特に、本研究におけるレーザー組織血液酸素モニターから得られたHbDの値は筋組織の静脈血流量を、HbO<sub>2</sub>の値は筋組織の酸素消費量を表す指標とされている<sup>18, 20)</sup>。そして、StO<sub>2</sub>は、筋の組織の酸素飽和の状態を表す指数とされている。

また、本研究で用いられた人工炭酸泉浴は、医薬上認められている濃度を考慮し40ppmとした。人工炭酸泉浴については、1990年、1992年須藤明治、田口信教、萬秀憲、砂川隆<sup>13, 14)</sup>らにより、人工炭酸泉浴のWarming-upの効果、循環血流量の促進、皮膚血流の増加を観察している。

これらのことから本研究の結果を考察すると、

HbDにおける各群間の有意差が示されなかったことは、水圧の影響による静脈帰還流の変動がこれらの条件には大きな影響を示さなかったのではないかと推察された。そして、HbO<sub>2</sub>におけるControl群とCO<sub>2</sub>bathing群間ででの6分後のCO<sub>2</sub>bathing群がより高値を示したことは、CO<sub>2</sub>の効果によりヘモグロビンからの酸素の遊離を促進させているのではないかと思われたが、その場合7分経過後も高値を示していなければならぬため、大きな影響ではない範囲であったのではないかと考えられた。また、HbO<sub>2</sub>におけるControl群とCO<sub>2</sub>bathing + EX群間の5.6.7.8分後にCO<sub>2</sub>bathing + EX群が有意に高値を示したこと、更に、StO<sub>2</sub>におけるCO<sub>2</sub>bathing群とCO<sub>2</sub>bathing + EX群間で、7.8分後にCO<sub>2</sub>bathing + EX群が有意に高値を示したことは、炭酸泉浴と水中運動を実施することにより、肩周辺部のヘモグロビンからの酸素の遊離をより促進させる可能性を示唆した。また、皮膚血流におけるControl群とCO<sub>2</sub>bathing + EX群間では、9分後にCO<sub>2</sub>bathing + EX群が有意に高値を示したこと、更に、CO<sub>2</sub>bathing群とCO<sub>2</sub>bathing + EX群間では、9.10分後にCO<sub>2</sub>bathing + EX群が有意に高値を示したことは、本研究における炭酸泉浴と水中運動において、肩周辺部の皮膚血流を増加させる効果があったことが確認された。

以上、本研究結果を踏まえ、炭酸泉（40ppm）浴時の水中運動は、皮膚血流量を増加させ、さらには筋組織酸素動態を改善させ、血行が促進されることにより高酸素化をもたらす、疲労した筋への回復に効果的に作用されるのではないかと推察された。

### 4. ま と め

ヒトが剣状突起レベルの水位に入水すると、水圧により静脈帰還流が増大し、一回心拍出量が増加し心房性Na利尿ペプチドの分泌が促進、レニン分泌やバゾプレッシンの分泌が抑制されることが知られている。このレニン分泌の抑制作用は、

アンジオテンシン2やアルドステロンの分泌を抑制することが知られていることから、浸水時では血管の状態は拡張傾向に向かい、心拍数の減少、血圧の低下が確認されている。一方、水圧の影響により静脈帰環流が増大し、体幹に血流量が集まるのではないかと考えられるが、特に水からでている部分の肩周辺部の血流動態を観察した例は少ない。そこで、本研究では、炭酸泉入浴時の水中運動における肩周辺部の筋組織血液動態の変化を観察した。水温は、39℃、入水時間は10分間とした。実験条件としては、普通の水道水浴、炭酸泉浴、炭酸泉+水中運動浴の3条件において同一被験者に対し実施した。炭酸泉は40ppmの濃度とし、水中運動は入浴7分後から足関節の伸展屈曲運動を左右10回、肩関節の回旋運動上を各左右前後向き5回を実施した。その結果、皮膚血流量は、水道水浴及び炭酸泉浴と比較して、炭酸泉+水中運動浴の条件が統計的に有意な増加を示した。

## 謝 辞

稿を終えるにあたり、実験を補助していただいた皆様方に感謝いたします。

## 参考文献

- 1) 赤滝久美, 三田勝巳, 伊藤普彦, 鈴木伸治; 下半身陰圧負荷法による循環調節機能の評価, 応用電子と生体工学, 30.1, 14-21, (1992)
- 2) Anderson, J. V., Millar, N. D., O'hare, J. P., Mackenzie, J. C., Corral, R. J. M. and Bloom, S. R.; Atrial natriuretic peptide: Physiological release associate with natriuresis during water immersion in man, Clin. Sci. 71, 319-322, (1986)
- 3) Arborelius, M. JR., Ballding, U.I., Lilja, B. and Lundgren, C.E.G.; Hemodynamic changes in man during immersion with the head above water, Aerospace Med, 43, (6), 592-598, (1972)
- 4) Cohen, R., Bell, W.H., Saltzman, H.A. and Kylstra, J.A.; Alveolar arterial oxygen pressure difference in man immersed up to the neck in water, J. Appl. Physiol, 30, 720-723, (1971)
- 5) 藤本繁夫, 田中繁広, 宮本忠吉, 大島秀武, 栗原直嗣; 心拍数と血圧に及ぼす水圧の影響, デサントスポーツ科学, Vol 17, 34-40, (1996)
- 6) 藤沢宏幸, 上村浩信, 阿岸祐幸; 水浸が等尺性運動時の血圧, 心拍応答及び左室機能におよぼす影響, 第48回日本体力医学会会報, 体力科学, 42, 6, 795, (1993)
- 7) Hong, S. K., Ceretelli, P., Cruz, J.C. and Rahn, H.; Mechanics of respiration during submersion in water, J. Appl. Physiol, 27, (4), 535-538, (1969)
- 8) 本間幸子, 福岡義之, 藤井宣晴, 江田英雄, 池上晴夫; 近赤外分光法を用いた筋活動の循環動態の評価 - 自転車運動時の大腿活動筋について -, 体力科学, 41, 586-594, (1992)
- 9) 本間俊行, 本間幸子, 加賀谷淳子; 膝伸展運動時にみられる協働筋間での酸素供給・消費バランスの相違, 体力科学, 47, 525-534, (1998)
- 10) Krishna, G. G., Danovitch, G. M. and Sowers, J. R.; Catecholamine responses to central volume expansion produced by head-out water immersion and saline infusion, J. Clin. Endocrinol. Metab, 56, 998-1002, (1983)
- 11) Larsen, A. S., Johansen, L.B., Stadeager, C., Warberg, J., Christensen, N. J. and Norsk, P.; Volume-homeostatic mechanisms in humans during graded water immersion, J. Appl. Physiol, 77, 2832-2839, (1994)
- 12) L., B. Rowell; Human circulation-regulation during physical stress, Oxford University press, New York, 137-173, (1986)
- 13) 須藤明治, 田口信教, 芝山秀太郎, 砂川隆, 萬秀憲; Exhaustion後の血球成分変動に及ぼす人工炭酸泉, 第45回日本体力医学会, (1990)
- 14) 須藤明治, 田口信教, 芝山秀太郎, 砂川隆, 萬秀憲; 人工炭酸泉浴におけるwarming-up効果の検討, 第47回日本体力医学会, (1992)
- 15) 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)
- 16) 須藤明治; 水中運動処方 I, 文化書房博文社, 25-51, (1999)
- 17) 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, 13-18, (2000)
- 18) 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)
- 19) 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, 国士館大学体育研究所, 21, 65-73, (2003)

- 20) 須藤明治, 角田直也, 高里久三, 平良朝幸, 大道敦, 山本良訓: 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)
- 21) 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)
- 22) 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)
- 23) 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)
- 24) 須藤明治: アクア・メディカル・サイエンス, 環境工学社, (2005)
- 25) 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, 態国士舘大学体育研究所, 24, (2006)