

アクアマッサージ中の筋組織血液動態の変化

A Change in the intramuscular oxygen hemodynamics during the jet aqua massage is received.

須藤 明治*, 角田 直也**, 渡辺 剛***

Akiharu SUDO *, Naoya TSUNODA ** and Tsuyoshi WATANABE ***

ABSTRACT

It is also known that water pressure increases the venous return, and decreases the heart rate. And that the heart rate taken when the immersion level was stood at xiphoid, at a temperature of 36°C was almost same as that measured in the lying on back position on land (Sudo, 2001, ECSS). Then, the atrial natriuretic peptide secretion is promoted, and the renin secretion is controlled. Furthermore, the vasopressin secretion is controlled. Specially, as for the repression action of the renin-angiotensin system, it knows that angiotensin II and the aldosterone secretion are controlled. We considered that blood pressure falls down by total peripheral resistance's finally decreasing. The Jet aqua massage came to be installed in many bade pool & Hot spring bathroom. Therefore, we examined the effect of that jet aqua massage. In this study we observed the circulation of the right vastus medialis muscle with a laser tissue blood-oxygen monitor (tissue oxygen saturation (StO₂) level, tissue total hemoglobin (HbT) level, tissue deoxygenated hemoglobin (HbD) level, and tissue oxygenated hemoglobin (HbO₂) level) (BOM-L1TR, OMEGAWAVE; Tokyo) and measured blood pressure when subjects were immersed to the xiphoid process in water. 9 males and 3 females served as subjects. Measurements were made with the subjects in each of 4 conditions, that is in a standing on the ground before into the water, in standing position and during the jet aqua massage (500 l/min) in the water in a standing on the ground after into the water. An equilibration period was allowed for each subject, and measurements were taken only after heart rate stabilized (± 1) for 30 sec. We observed the circulation of the right vastus medialis muscle with a laser tissue blood-oxygen monitor during jet aqua massage is received when subjects were immersed to the xiphoid process in water. These results showed that blood pressure during jet aqua massage was significantly lower than that a standing sitting on the ground, and StO₂ level during the jet aqua massage was the highest while 4 conditions. The StO₂ level can be calculated from the ratio of tissue oxygenated hemoglobin level / tissue total hemoglobin level. The StO₂ level appeared to increase due to the decrease the tissue deoxygenated hemoglobin because pressure of the jet aqua massage or water pressure increased the venous reflux. We considered that blood pressure falls down by total peripheral resistance's finally decreasing during the jet aqua massage is received.

Key words; Jet aqua massage, immersion, intramuscular oxygen hemodynamics, blood pressuer.

* 国士舘大学体育学部 (Faculty of Physical Education, Kokushikan University)

** 国士舘大学体育学部身体運動学教室 (Lab.of Biodynamics and Human Performance, Faculty of Physical Education, Kokushikan University)

*** 国士舘大学体育学部運動生理学教室 (Lab.of Exercise Physiology, Faculty of Physical Education, Kokushikan University)

1. はじめに

ヒトが水中に入水すると、不感温度領域(34.5~35.5℃)で副交感神経系の亢進によるリラクゼーション効果、剣状突起水位での心拍数の著しい低下が報告されている¹⁾。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ゾプレッシンの分泌が抑制されことになる^{2, 3, 10, 11, 16)}。その結果、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^{2, 3, 4, 7, 10, 11, 16)}。特に、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ギオテンシン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、水中環境下での血管の状態は拡張傾向に向かう¹⁶⁾。この結果から、我々は近年、水中立位時に血圧が低下することを観察している²²⁾。特に、陸上座位と比較して収縮期血圧の10mmHg程度の減少、拡張期血圧においては、血管のコンプライアンスとの関係が考慮されるが、同程度か低下するという結果を得ている²¹⁾。更に、浮力の効果により、抗重力筋群が弛緩されることも考慮に入れることができる。そこで、本研究では、水の圧力を用いたアクアマッサージを行った際の筋組織血液動態及び血圧について、人体にどのような影響をもたらしているのかを検討した。

2. 方法

今回は、海洋深層水を用いた温浴施設において、大腿部後面へ約500 l/minの水圧力のアクアマッサージを行い、34℃の水温及び剣状突起水位での内側広筋の筋血液動態の観察と水面上に出ている上肢より血圧の測定を行った。被検者は、男性9名・女性3名(18歳~57歳:平均36.9歳)の計12名であった。各被検者の身長、体重、皮脂厚の計測を実施した。被検者には、陸上での安静時の直

立位(以下、陸上立位)、水中での安静時の剣状突起水位レベルの直立位(以下、水中立位)、次に、水中でのアクアマッサージ15分間(500 l/min)を右足・ハムストリングスに噴射した(圧注時)。その後、プールからあがり陸上での直立位の安静時(以下、回復立位)での測定を実施した。

測定は、経皮的レーザー組織血液酸素モニターを用いて、右側大腿内側広筋にセンサーを取り付け、組織内酸素飽和度(StO_2)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_2)を測定した。測定は、右側大腿の内側広筋に経皮的レーザー組織血液酸素モニター(BOM-L1TR, OMEGAWAVE)のセンサーを取り付け、組織内酸素飽和度(StO_2)、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_2)を実施した。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、内側広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。本研究におけるセンサー部位は、外側顆から大転子までの距離を100%とした場合、近位90%の位置であった。そして、パルオキシメーターハンディ100(木村医科機械株式会社)を左第二指に装着し、心拍数(HR)を測定開始から終了まで測定した。レーザー組織血液酸素モニターは、同一姿勢において3分間の安静状態において連続的に測定し、各条件における安静値は、30秒間の心拍数の安定(± 1)を目安に30秒間の平均値とした。また、パルオキシメーターハンディ100の安静時の測定値は、各姿勢・環境において最も心拍数が低値で安定した時に測定した。血圧においては、プールから出ている右上肢より血圧計(HEM-609; OMRON)により各条件の30秒間の心拍数の安定(± 1)を目安に安定した状態を確認後測定した。また、経皮的レーザー組織血液酸素モニター(BOM-L1TR, OMEGAWAVE)のセンサーを取り付けた内側広筋部に温度センサーを取り付け、皮膚温を測定した。

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2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、また、対応のない2群間の差の検定の場合には対応のない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。尚、プールの環境は、平均の水温は34.0℃、平均室内温度は22.0℃、水中立位時の平均水位は120cmであった。

3. 結 果

被検者の身体的特徴において、年齢の平均は36.9±11.7歳、身長は平均は166.1±9.4cm、体重の平均は65.1±15.3kg、%Fatの平均は22.6±7.0%であった (Table. 1)。

各測定点における心拍数の平均の変動において、陸上立位が72.8±14.9 (拍/分)、水中立位が64.8±11.9 (拍/分)、圧注時が66.7±13.1 (拍/分)、回復立位が72.6±14.7 (拍/分)であった。陸上立位と水中立位との比較では、統計上有意に水中立位が低値を示し、更に、圧注時と回復立位との比較では、統計上有意に圧注時が低値を示した (p<0.01) (p<0.05) (Fig. 1)。また、水中立位と圧中時では、統計上有意な差は認められなかった。

Table. 1 Physical characteristics of the subjects

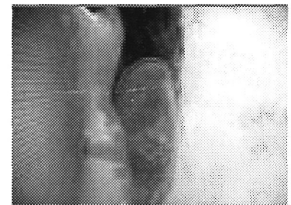
(n=12)	
•Age (years)	36.9±11.7
•Height (cm)	166.1±9.4
•Weight (kg)	65.1±15.3
•%Fat (%)	22.6±7.0

Values are means and S.D.

The water temperature; 34℃
 The water level; 120cm
 The room temperature; 22.0℃



The right vastus medialis muscle



The jet aqua massage (Hamstring muscles)

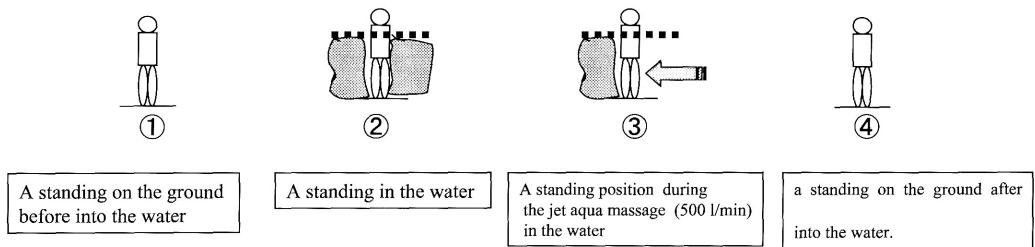


Fig. 1 Methods of the study

HbDの変化は、陸上立位が 6.3 ± 1.7 ($10^3/\text{mm}^3$)、水中立位が 5.3 ± 1.6 ($10^3/\text{mm}^3$)、圧注時が 4.5 ± 2.0 ($10^3/\text{mm}^3$)、回復立位が 4.7 ± 1.8 ($10^3/\text{mm}^3$)であった。陸上立位と水中立位との比較では、統計上有意に水中立位が低値を示し、更に、水中立位と圧注時との比較では、統計上有意に圧注時が低値を示した ($p < 0.05$) ($p < 0.01$) (Fig. 2)。また、圧注時と回復立位では、統計上有意な差は認められなかった。しかし、陸上立位と回復立位との比較では、統計上有意に回復立位が低値を示した ($p < 0.05$) (Fig. 2)。

HbO₂の変化は、陸上立位が 11.6 ± 2.6 ($10^3/\text{mm}^3$)、水中立位が 12.5 ± 2.0 ($10^3/\text{mm}^3$)、圧注時が 12.1 ± 2.2 ($10^3/\text{mm}^3$)、回復立位が 10.3 ± 3.3 ($10^3/\text{mm}^3$)であった。陸上立位と水中立位との比較、更に、水中立位と圧注時との比較では、統計上有意な差は認められなかった。しかし、圧注時と回復立位では、統計上有意に回復立位が低値を示した ($p < 0.05$) (Fig. 3)。

HbTの変化は、陸上立位が 17.9 ± 3.9 ($10^3/\text{mm}^3$)、水中立位が 17.8 ± 2.7 ($10^3/\text{mm}^3$)、圧中時が 16.5 ± 3.1 ($10^3/\text{mm}^3$)、回復立位が 15.0 ± 4.7 ($10^3/\text{mm}^3$)であった。陸上立位と水中立位、圧注時と回復立位の比較では、統計上有意な差は認められなかった。しかし、水中立位と圧注時との比較では、統計上有意に圧中時が低値を示した ($p < 0.05$) (Fig. 4)。また、陸上立位と回復立位では、統計上有意に回復立位が低値を示した ($p < 0.05$) (Fig. 4)。

StO₂の変化は、陸上立位が 64.7 ± 4.8 (%), 水中立位が 70.3 ± 6.3 (%), 圧注時が 73.6 ± 8.1 (%), 回復立位が 69.0 ± 5.0 (%)であった。陸上立位と水中立位の比較では、統計上有意に水中立位が高値を示した。また、水中立位と圧注時との比較では、統計上有意に圧注時が高値を示した ($p < 0.01$) (Fig. 5)。また、圧注時と回復立位との比較では、統計上有意に回復立位が低値を示した ($p < 0.01$) (Fig. 5)。更に、陸上立位と回復立位では、統計上有意に回復立位が高値を示した ($p < 0.01$) (Fig. 5)。

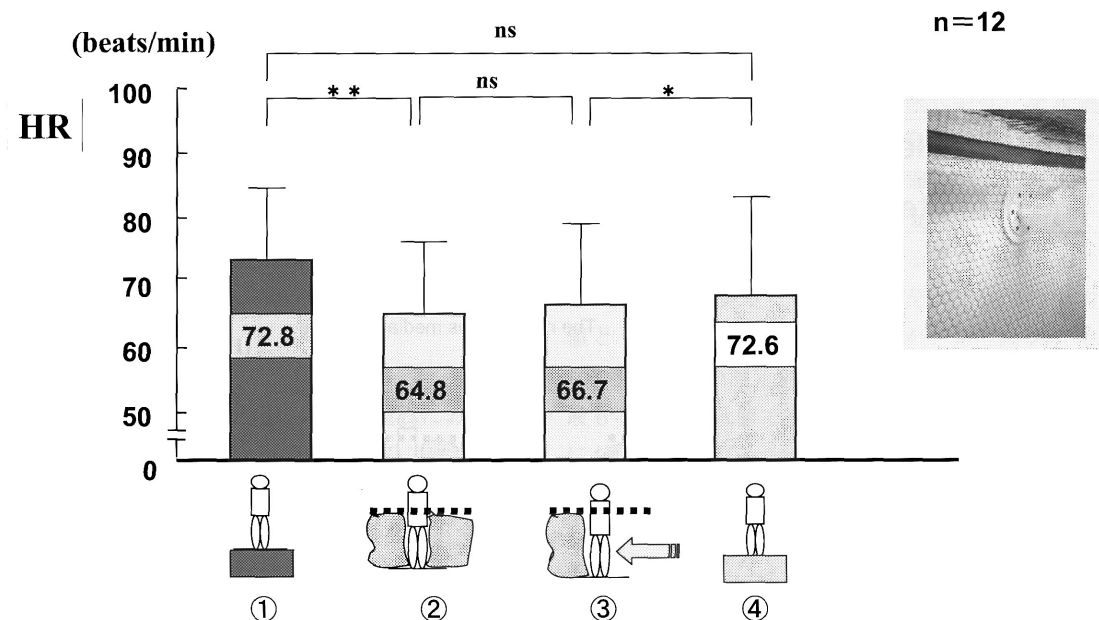


Fig. 2 Changes in heart rate levels in various positions

(* ; $p < 0.05$, ** ; $p < 0.01$)

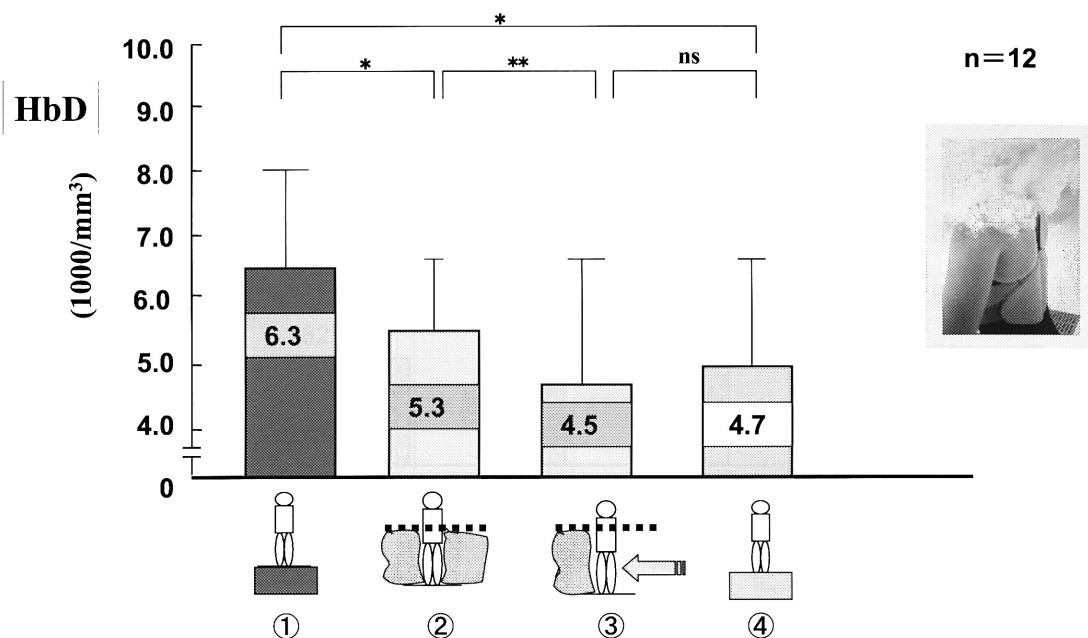


Fig. 3 Changes of deoxygenated hemoglobin(HbD)levels in various position

(* ; p<0.05, ** ; p<0.01, ns ; not significant)

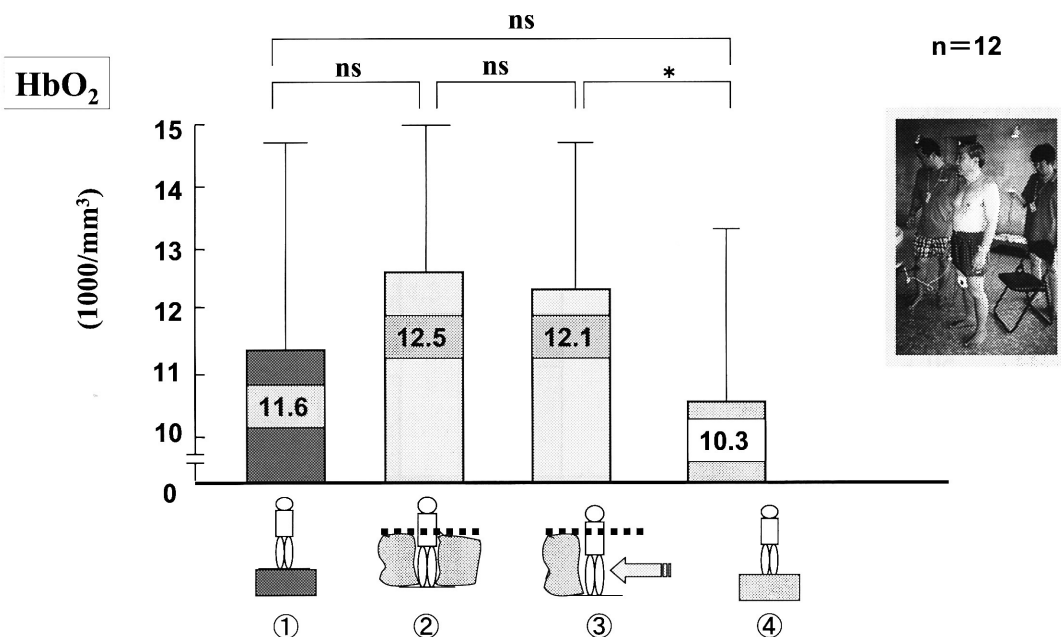


Fig. 4 Changes of Oxygenated hemoglobin (HbO₂) levels in various positions

(* ; p<0.05, ns ; not significant)

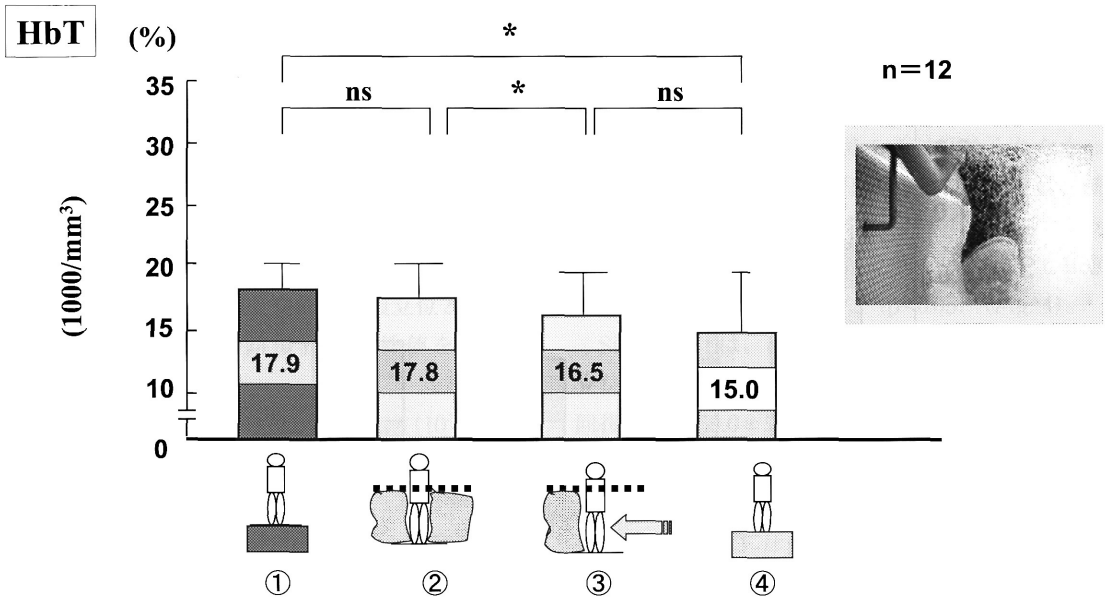


Fig. 5 Changes of total hemoglobin (HbT) levels in various positions

(* ; p<0.05, ** ; p<0.01, ns ; not significant)

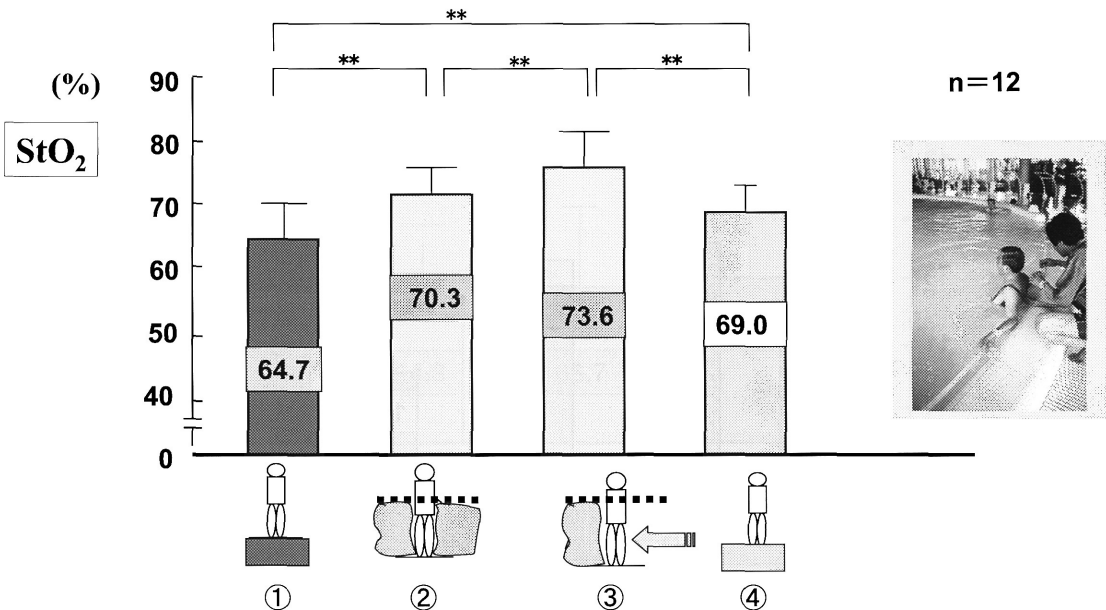


Fig. 6 Changes of tissue oxygen saturation (StO₂) levels in various positions

(* ; p<0.05, ** ; p<0.01, ns ; not significant)

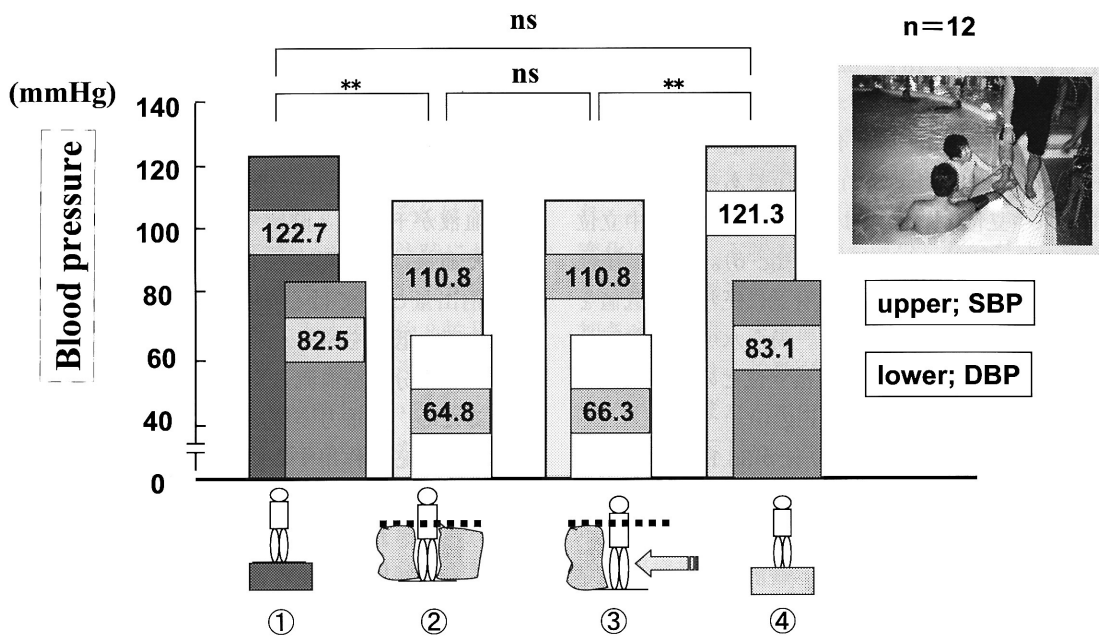


Fig. 7 Changes of blood pressure in various positions

(* ; p<0.05, ** ; p<0.01, ns ; not significant)

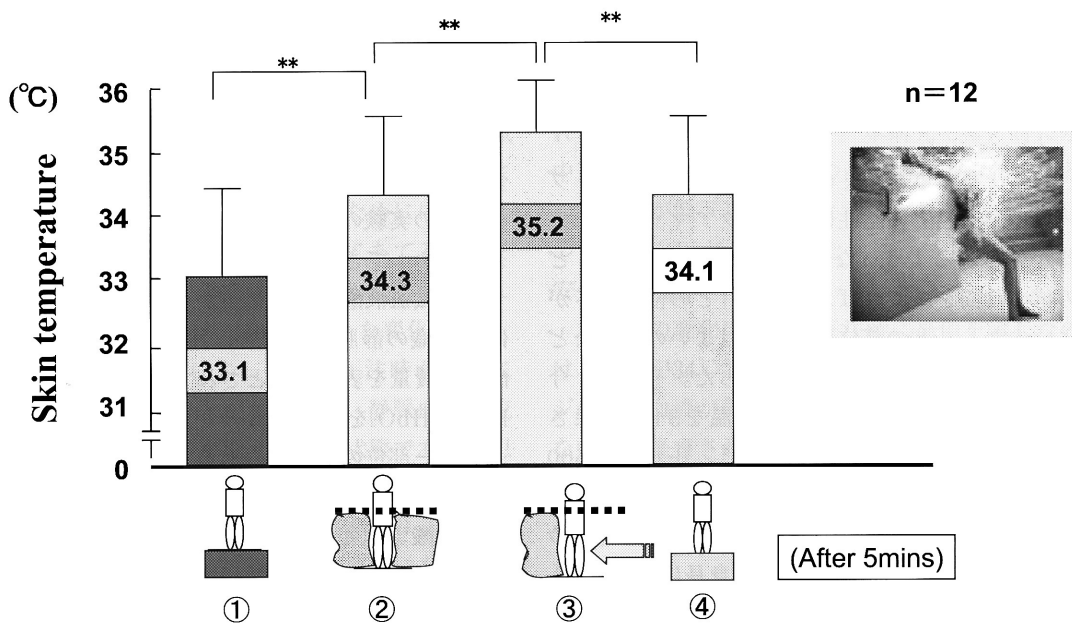


Fig. 8 Changes of skin temperature in various positions

(* ; p<0.05, ** ; p<0.01, ns ; not significant)

血圧（収縮期血圧／拡張期血圧）の変化は、陸上立位が $122.7 \pm 18.2 / 82.5 \pm 14.8$ mmHg、水中立位が $110.8 \pm 20.9 / 64.8 \pm 12.6$ mmHg、圧注時が $110.8 \pm 18.8 / 66.3 \pm 14.6$ mmHg、回復立位が $121.3 \pm 15.1 / 83.1 \pm 14.1$ mmHgであった。陸上立位と水中立位の比較では、統計上有意に水中立位が低値を示した ($p < 0.01$) (Fig. 6)。また、圧注時と回復立位では、統計上有意に圧注時が低値を示した ($p < 0.01$) (Fig. 6)。尚、水中立位と圧注時との間及び陸上立位と回復立位の間には、統計上有意な差はなかった (Fig. 6)。

皮膚温の変化は、陸上立位が 33.1 ± 1.5 (°C)、水中立位が 34.3 ± 1.1 (°C)、圧注時が 35.2 ± 0.9 (°C)、回復立位が 34.1 ± 1.4 (°C) であった。陸上立位と水中立位の比較では、統計上有意に水中立位が高値を示した。また、水中立位と圧注時との比較では、統計上有意に圧注時が高値を示した ($p < 0.01$) (Fig. 7)。また、圧注時と回復立位との比較では、統計上有意に回復立位が低値を示した ($p < 0.01$) (Fig. 7)。更に、陸上立位と回復立位では、統計上有意に回復立位が高値を示した ($p < 0.01$) (Fig. 7)。

3. 考 察

近年、日本にも多くの温浴施設が建設され、プールやお風呂での圧注によるアクアマッサージ機器が見られるようになった。多くの人から、「どの位の時間をあてればよいか」、「どの位の強さがよいか」、「どの部位にあてればよいか」など様々な質問を受けることが多かった。そこで、今回は、海洋深層水を用い、水温を 34°C 、深さ120cmのバーデプールにおいて、圧注が約500 l/minのアクアマッサージをももの裏側であるハムストリングスに15分間あてたときの血液動態の変化を観察してみた。被検者の身長については、120cmの水位が剣状突起水位となるようにした。この水位では、心拍数が最も低下し、副交感神経系が最も亢進すると言われている¹¹⁾。更に、今回、

被検筋には抗重力筋でもあるハムストリングスにアクアマッサージをあて、その筋肉に最も近い部位である内側広筋を選択した。

特に、ヒトは、陸上で立位姿勢をとると約100 mmHgの静水力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¹⁾。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^{1, 12)}。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¹⁾。

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^{8, 9)}。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、HbO₂の値は筋組織の酸素消費量を表す指標とされている^{18, 20)}。そして、HbDとHbO₂をたしたものがHbTとして表され、センサー部位の筋組織の血流量を表す指標とされている。StO₂は、HbO₂/HbTで算出され、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、これまで、ヒトを浸水させた場合、各被検者の身長を考慮せずに水位を一定にしたり、各被検者の浸水に及ぼす個々の生理反応時間の違いではなく、測定時期を一定にする傾向が見られ、心

拍数や血圧値の変動について統一した結果が少なかった^{5, 6, 13, 14)}。そこで、本研究では、各条件における安静値のデータの読み取りを30秒間の心拍数の安定(±1)を目安に行った。

心拍数の変動では、水中立位時に低下したが、アクアマッサージで更に低下することはなかった。これは、水中立位においても圧注時においても副交感神経系が亢進しリラックスした状態であることを示している。陸上と水中で約8拍程度の差は先行研究などの結果と一致する¹⁶⁾。HbDの変動は、静脈帰還流の状態を反映していることから、下肢の内側広筋部の静脈血流が水圧などにより体幹に戻っていることを示している。水中立位時より圧注時が更に低値を示していることから、水圧に加えアクアマッサージの圧により更に静脈の帰還流が増大していると考えられる。HbO₂の変動は、水中立位時及び圧注時にも高値を示していることから、水温、水位、水圧などの影響であると考えられる。HbTの変動は、HbO₂の増加とHbDの減少を反映し、大きな変化はないようであるが、圧注時では、全体の血流が低下している事がわかった。つまり、水圧とアクアマッサージの圧注により血液量が減少しているのではないかと考えられた。同じところにアクアマッサージをあて続けると血管などが押しつぶされ、血流そのものが減少してしまうのではないかと危惧された。このようなことを起こさないようにするためには、圧注を受け続けるのではなく、こまめにあてる場所を変えることが大切なのではないかと考えられた。そして、StO₂の変動は、HbTの大きな変化がなく、HbO₂の有意な増加によって特に圧注時が有意に高値を取っていることがわかった。静脈血が還流し相対的に酸素の量が増えている状態であると思われる。この結果より、静脈血流の促進は、老廃物の除去及び細胞への新鮮な酸素を送り込む要因となるため、疲労回復・細胞の活性化にも寄与するのではないかと考えられる。

以前、我々は、水中立位時と陸上座位での血圧の変化を検討しているが、水中立位では有意に血

圧は低下することが観察されている。特に、水中立位は心拍数の減少と収縮期血圧及び拡張期血圧の有意な低下が確認される。そして、その時の下肢筋群における組織血液動態の変動では、筋組織の静脈血流量を反映しているHbDの減少が確認され、心拍の変動は、浸水部にかかる水圧の影響の変化により、下肢のHbDが減少した分だけ、胸郭への静脈の帰還流が増大し、それが心拍出量を増加させた結果、末梢血管の拡張や抗重力筋群の弛緩などにより心拍数が減少したのではないかと考えている。また、水中立位の血圧は、陸上座位よりも低値を示したことから、その水圧の程度が下肢の血管にかかる壁内外圧差の負担を軽減し、静脈の帰還流の増加をもたらした結果、腎周辺の血流量が増加し、レニン分泌の抑制及び強力な血管収縮作用を有するアンギオテンシンIIや副腎皮質からのアルドステロンの分泌を抑制したことにより、血管が拡張傾向に至り、その作用によって血管の末梢抵抗が減少した結果、血圧が低値を示したのではないかと推察された^{1, 2, 3, 4, 7, 10, 11, 12, 16)}。更に、血圧においても浮力による抗重力筋群の弛緩も影響があったと思われる。特に、収縮期血圧は心拍出量と大動脈の弾力性(コンプライアンス)に、拡張期血圧は主に末梢の血管抵抗によって左右されることが知られている¹⁶⁾。本研究では、特に水中立位時の下肢部のHbDの減少が認められたことから血圧が低下したものと考えられる。圧注時についても血圧が上がることはなかったことから、安全性が確認された。

皮膚温の変化は、特に圧注時に高値を示したのは、水温が34℃であること、更にアクアマッサージにより血流が促進されたことなどによるのではないかと推察された。よく、アクアマッサージにあたるとかゆみを訴える方が多いが、それは血流の促進と皮膚温の上昇によるのではないかと思われる。

以上の結果を踏まえ、アクアマッサージ中の筋組織血液動態は、陸上立位よりStO₂の有意な増加、血圧の減少を示し、血行が促進されることにより

特に高酸素化をもたらし、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考えられた。

4. ま と め

ヒトが水中に入水すると、不感温度領域で副交感神経系の亢進によるリラクゼーション効果、剣状突起水位での心拍数の著しい低下が報告されている。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ゾプレッシンの分泌が抑制されことになる。その結果、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。特に、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ギオテンシン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、水中環境下での血管の状態は拡張傾向に向かう。これらのことから、近年、我々は、水中立位時に血圧が低下することを観察している。特に、陸上座位と比較して収縮期血圧の10mmHg程度の減少、拡張期血圧においては、血管のコンプライアンスとの関係が考慮されるが、同程度か低下するという結果を得ている。更に、浮力の効果により、抗重力筋群が弛緩されることも考慮に入れることができる。そこで、本研究では、水の圧力を用いたアクアマッサージを行った際の筋組織血液動態及び血圧について、人体にどのような影響をもたらしているのかを検討した。今回は、海洋深層水を用いた温浴施設において、大腿部後面へ約500 l/min

の水圧力のアクアマッサージを行い、34℃の水温及び剣状突起水位での内側広筋の筋血液動態の観察と水面上に出ている上肢より血圧の測定を行った。被検者は、男性9名・女性3名（18歳～57歳：平均36.9歳）の計12名であった。各安静時においては、浸水時及び陸上時の個人差の反応を考慮するため心拍変動を観察し、最低値を30秒間記録した時の筋組織血液動態を用いた。測定は、経皮的レーザー組織血液酸素モニターを用いて、右側大腿内側広筋にセンサーを取り付け、組織内酸素飽和度（StO₂）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（HbO₂）を測定した。

その結果、アクアマッサージ中に陸上立位よりStO₂の有意な増加、血圧の減少が観察された。つまり、血行が促進されることにより筋組織血液動態は、特に高酸素化をもたらし、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考えられた。

謝 辞

稿を終えるにあたり、被検者の確保及び実験準備に御協力していただいたバーデハウス久米島、株式会社ミクプランニング・バーデ事業部の皆様方に感謝いたします。そして、実験を補助していただいた（有）アプライドオフィスの皆様方に感謝いたします。本研究は、国士舘大学体育学部附属体育研究所の2006年度研究助成によって実施した。

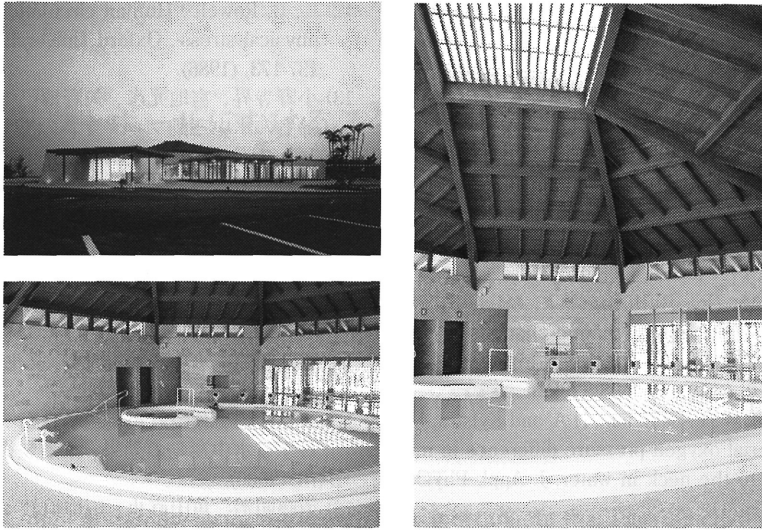


Fig. 9 BADE HAUS KUME-ISLAND (OKINAWA JAPAN)

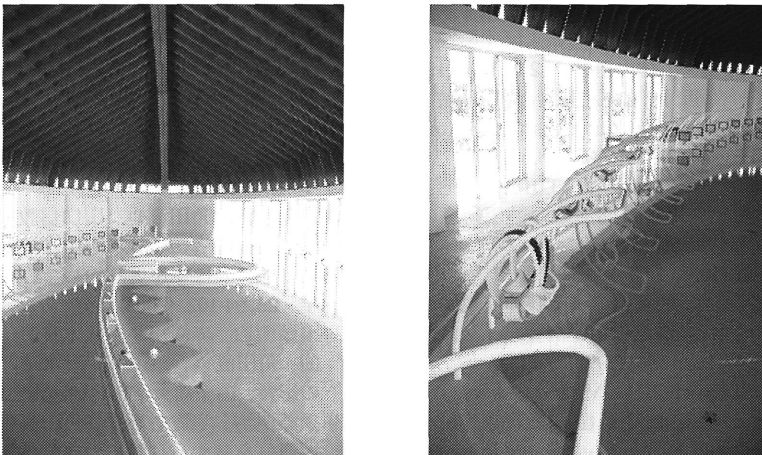


Fig. 10 BADE HAUS MUROTO (KOUCHI JAPAN)

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回日本体力医学会号, 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) 小野寺昇, 宮地元彦, 矢野博己; 血圧からみた高齢者の水中運動プログラムの安全性と妥当性, デサントスポーツ科学, Vol 17, 53-61, (1996)
- 14) 小野寺昇; 水中運動と健康増進, 体育の科学, 50, 510-516, (2000)
- 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)
- 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, 国士館大学体育研究所, 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—, 国士館大学体育研究所, 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, 態国士館大学体育研究所, 24, (2006)