

着衣水泳に適した泳法の検討

—酸素摂取量および血中物質を指標として—

名古屋工業大学 大 桑 哲 男
(共同研究者) 岐阜教育大学 森 美喜夫

The Effect on Oxygen Uptake and Blood Metabolites when Swimming with Clothes

by

Tetsuo Ohkuwa

Nagoya Institute of Technology

Mikio Mori

Gifu University for Education and Language

ABSTRACT

Ten moderately trained male swimmers volunteered to take part in the present study. They were divided into two groups: five swimmers swam the front crawl stroke (crawl stroke group) and a group of five swam the breaststroke (breaststroke group). All subjects swam wearing conventional swimsuits, typically used by competitive swimmers (swimsuit); they also wore training shirts, pants, and shoes (training clothes). Both groups would swim as fast as they could for 60 seconds, first wearing training clothes and then wearing swimsuits. The swimming speed, the stroke rates, the distance covered per stroke, the heart rate and oxygen intakes were measured during each swimming period. Peak ammonia and lactate concentrations in the blood were measured after each swimming exercise, wearing a swimsuit and training clothes. This study demonstrated that the average speed decreased considerably when the subjects wore training clothes compared to wearing swimsuits in both the crawl stroke and breaststroke groups. The average swimming speed wearing training clothes

decreased much more in the crawl stroke than in the breaststroke in comparison with wearing swimsuits. The stroke rate of swimmers wearing training clothes were lower than those wearing swimsuits in the crawl stroke, however, there was no significant stroke difference found in the breaststroke. The distance covered per stroke of those wearing training clothes was shorter than those wearing swimsuits in the crawl stroke and the breaststroke. Both the heart rate and the oxygen uptake during the swimming exercise were not significantly different between those subjects wearing training clothes and swimsuits in the crawl stroke and in the breaststroke. The peak blood ammonia and lactate concentrations after swimming with swimsuits were significantly higher than with training clothes in the crawl stroke. However, there were no significant differences in the blood ammonia and lactate concentrations between swimmers wearing training clothes and swimsuits in the breaststroke.

These findings demonstrated that the decrease of the average speed in the crawl stroke wearing training clothes might be due to the decrease in the stroke rate and distance per stroke. It could also be explained by the decrease of glycogen break down and the Purine nucleotide degradation.

要 旨

水泳は呼吸が制限され、そのうえ着衣泳では衣服が絡まったり、着衣により水泳中の抵抗が高まると推測される。本研究では、クロール、平泳ぎおよび立ち泳ぎにおいて、1分間の全力水着泳と着衣泳および、着衣泳と同じスピードを水着で泳いだ際の平均スピード、ストローク数、距離/ストローク、心拍数、酸素摂取量、血中乳酸、血中アンモニア濃度から着衣泳の身体への負担を明らかにした。クロールと平泳ぎともに着衣泳での平均スピードは水着泳に比べ有意に減少したが、クロールでの着衣泳の平均スピードの減少率は平泳ぎより大きかった。クロールにおいて、着衣泳でのストローク数/分は水着泳に比較し有意に減少したが、平泳ぎにおいては有意差は認められなかった。クロールと平泳ぎともに、着衣泳での距離/ストロークは水着泳に比べ有意に減少した。クロールにおいて、着衣泳での血中アンモニアと乳酸濃度は水着泳に比べ有意に低い値であった。しかし平泳ぎでの血中アンモニアと乳酸濃度は着

衣泳と水着泳の間に有意差は認められなかった。クロールでの着衣泳の平均スピードの低下は抵抗の増大と出力の低下により、推進効率が減少したためと考えられる。さらにクロールにおいて、着衣泳での血中アンモニアと乳酸濃度の低下は、着衣泳では腕や脚の動作が制限されることにより、持っているエネルギーを十分利用できないことに起因しているものと考えられる。

緒 言

平成7年度の水の事故による死者の数は1214人であり、そのうち水遊び、魚釣り、ボート遊びや作業中など不意に水中に落ちて死亡した人が753人(62.0%)であり、水泳中はわずか254人(20.9%)にすぎなかった⁷⁾。魚釣り、ボート遊びや作業中は水着ではなく、衣服を着、靴も履いていたと推察される。このような着衣状態で不意に水中に投げ出されると、泳げる人でもパニック状態に陥り、溺れてしまう危険性が大いに生じる³⁾。したがって着衣での水泳を経験し、いかに効率よく泳ぐかあるいは、いかに速く泳ぐかを学習

することが大切である。欧米やオーストラリアでは水着での水泳技術の修得と同時に着衣水泳も学習することが水泳指導の際になされている³⁾。わが国においての水泳指導は泳ぎ方や競泳中心に行われてきたが、最近になってやっと、水泳指導の際に着衣泳を体験させ、それが身体に与える負担度を体験させることが試みられているが、その実施率はまだ低い。

着衣泳に関するこれまでの研究では、荒木と野沢ら²⁾は、1名の競泳選手の50mクロールと平泳ぎの着衣泳での所用タイムを測定し、着衣泳は水着泳に比較し約1.5-2.0倍に増大したと述べている。また柴田ら¹⁸⁾は着衣救助は救助者に対し、救助条件を悪化させ、身体への負担を増加させることを報告している。

水泳は呼吸が制限され、そのうえ着衣泳では衣服が絡まったり、着衣により水泳中の抵抗が高まると推測されるが、それらが身体にどの程度の負担になるかを心拍数、酸素摂取量や血中代謝物質から明らかにされていない。本研究では、立ち泳ぎ、平泳ぎおよびクロール泳法において、水着泳と着衣泳での1分間の全力水泳、着衣泳と同じスピードを水着で泳いだ際の平均スピード、心拍数、酸素摂取量、血中乳酸、血中アンモニア濃度から着衣泳の身体への負担を明らかにし、着衣泳でのクロールと平泳ぎの泳法を検討した。

1. 方法

1.1 被検者

被検者は大学の水泳部に所属する健康な男子10名であった。被検者はクロールの得意な5名(クロール群)と平泳ぎの得意な5名(平泳ぎ群)の2群に分けた。クロール群の年齢、身長、体重および100mクロールのベストタイムの平均値と標準偏差はそれぞれ、 19.6 ± 1.1 才、 172.1 ± 6.0 cm、 60.4 ± 5.0 kg、 68.3 ± 4.6 秒、平泳ぎ群の年齢、身長、体重および100m平泳ぎのベスト記録の平

均値と標準偏差は 18.8 ± 0.8 才、 169.6 ± 2.5 cm、 62.0 ± 9.1 kg、 80.8 ± 9.6 秒であった。着衣泳は水着とTシャツの上にトレーニングウェア上下を着、靴を履き行った。なお着衣したTシャツ、トレーニングウェアおよび靴は、同じ材質のものとした。水着泳は競泳用のものを着用して行った。

1.2 水泳

すべての水泳は25mプール(深さは1.2-1.6m)にて行い、気温および水温はそれぞれ 31.8 ± 1.3 ℃と 29.3 ± 0.5 ℃であった。全被検者は5回のテストを行った。テスト1(T1)は水着でのクロールあるいは平泳ぎでの1分間の全力水泳、テスト2(T2)は、着衣でのクロールあるいは平泳ぎでの全力水泳、テスト3(T3)は着衣水泳と同じスピードでのクロールあるいは平泳ぎ、テスト4(T4)は水着、テスト5(T5)は着衣での1分間の立ち泳ぎであった。なお着衣泳と同スピードでの水着泳では、各泳者のスピードに合わせ、時間計測者がプールサイドを歩行し、それに合わせ泳ぐように指示し、数回にわたって練習をおこなった。立ち泳ぎは1分間、顔を水面から出して、泳ぐように指示した。全被検者は水泳前に最大能力が発揮できるように、十分ウォーミングアップを行った。なお順序効果を除去するように実験を設定した。

1.3 測定項目

被検者は実験開始30分前に到着し、胸部に電極を装着し、安静時心拍数の測定とウォーミングアップを行った。心拍数はアキュレックスプラス(ポラール社製)を使用し、水泳開始5分前から水泳後10分まで連続的に測定した。心拍数は5秒間で計測し、1分間値に換算した。酸素摂取量は水泳中の1分間の呼気ガスをダグラスバッグに採集し¹⁸⁾、呼気中の酸素と炭酸ガス濃度はそれぞれBeckman社製のLB-3とOM-11を使用して分析した。プールサイドに50cm間隔に目印をつけ、1分間に泳いだ距離を測定した。また安静時およ

び運動後2.5, 5.0, 7.5, 10.0, 12.5, 15分に採血を行い、血中の乳酸とアンモニア濃度を測定した。乳酸はラクテート・プロ (LT-1710; 京都第一科学), アンモニアはアミチェックメーター (京都第一科学) を使用し測定した。泳者の側方からビデオテープレコーダーを使用して (CCD-TR2NTSC; Sony 社製) 水泳中の動作を撮影し、ストローク数を測定した。

2. 結果

水着泳において、クロールで 88.8 ± 3.8 m, 平泳ぎで 73.6 ± 8.4 m であった。一方着衣泳での全力クロールでは1分間に 42.0 ± 4.2 m, 平泳ぎでは 50.9 ± 4.5 m 泳ぐことができた。図1はクロールと平泳ぎにおいて、水着と着衣にて全力で1分間泳いだ際の平均速度を平均値と標準偏差で示した。クロールにおいて、水着泳は着衣泳より

も平均スピードは速く ($p < 0.01$), 着衣泳は水着泳の48.0%の速度であった。平泳ぎにおいても同様に水着泳は着衣泳よりも平均スピードは速く, 着衣泳は水着泳の69.1%であった。平均スピードにおいて、両泳法とも着衣泳では水着泳に比較し有意に低下 ($p < 0.01$) したが, 平泳ぎはクロールに比べ, スピードの減少率は少なかった。図2はクロールと平泳ぎにおける3条件でのストローク数/分を平均値と標準偏差で示した。クロールにおいて水着泳と着衣泳に有意な差が認められた。また着衣泳と同スピードでの水着泳は, 全力での水着泳と着衣泳に比べ有意に低いストローク数であった。平泳ぎにおいては水着泳と着衣泳に有意差は認められなかった。着衣泳と同スピードでの水着泳は, 全力での水着泳と着衣泳に比べ有意に低い値であった。図3はクロールと平泳ぎにおいて距離/ストロークを平均値と標準偏差で示した

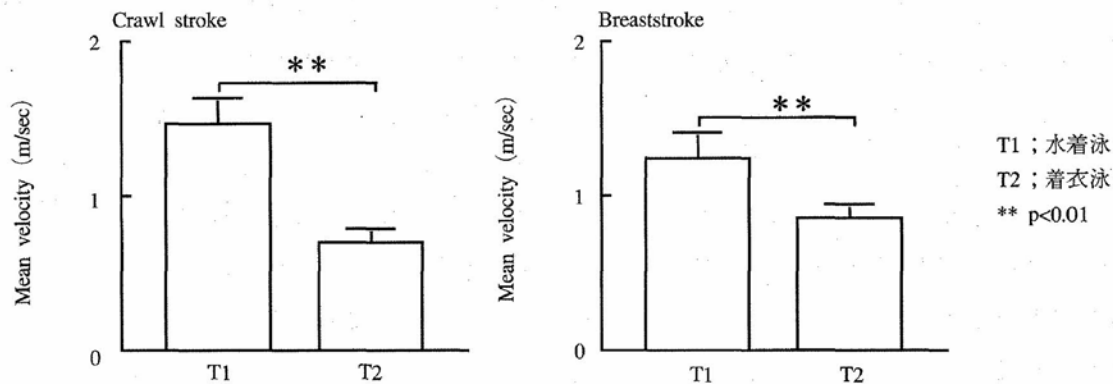


図1 クロールと平泳ぎにおける水着泳と着衣泳の平均速度の比較

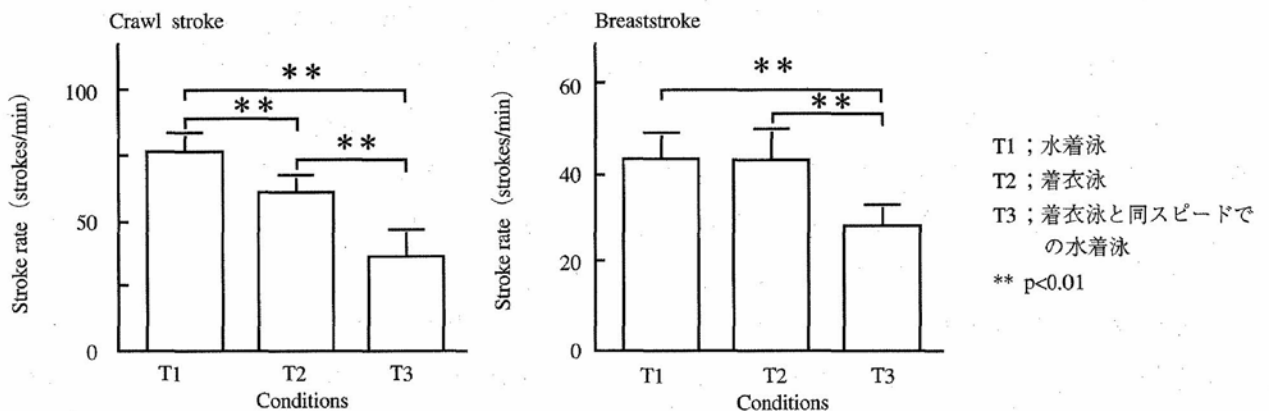


図2 クロールと平泳ぎにおける水着泳と着衣泳のストローク数の比較

ものである。クロールにおいて、着衣泳での距離/ストロークは水着泳および着衣泳と同スピードでの水着泳に比べ有意に低い値（いずれも $p < 0.01$ ）を示した。着衣泳と同スピードでの水着泳は有意な差は認められなかった。平泳ぎも同様に着衣泳は水着泳や着衣泳と同スピードでの水着泳に比べ有意に低い値（いずれも $p < 0.01$ ）を示した。また着衣と同スピードでの水着泳では有意な差は認められなかった。図4はクロールと平泳ぎにおいて、水泳前と水泳による最高心拍数と回復期5分間の心拍数を平均値と標準偏差で示した。クロールにおいて、水着泳と着衣泳での最高心拍数は有意な差は認められなかった。着衣泳と同スピードでの水着泳は全力での他の2条件に比較し有意に低い値であった。平泳ぎにおいても同様に全力での着衣泳と水着泳では、有意差は認められなかった。また着衣泳と同一スピードでの水着泳

では全力での他の2条件に比較し有意な差が認められなかった。クロールでの水着泳と着衣泳の酸素摂取量はそれぞれ $2.38 \pm 0.30 \text{ l/min}$, $2.18 \pm 0.29 \text{ l/min}$, 平泳ぎでは $2.39 \pm 0.37 \text{ l/min}$, $2.34 \pm 0.32 \text{ l/min}$ であり、クロールと平泳ぎにおいて水着泳と着衣泳に有意差は認められなかった。図5はクロール群と平泳ぎ群において、水着と着衣条件にて、立ち泳ぎでの心拍数を平均値と標準偏差で示したものである。両群において水着泳と着衣泳での心拍数に有意差は認められなかった。図6はクロールと平泳ぎにおける3条件での水泳後の血中アンモニア濃度の最高値を平均値と標準偏差で示した。クロールにおいて水着泳でのアンモニア濃度は着衣泳と着衣泳と同スピードでのアンモニア濃度に比較し有意に高い値を示した（いずれも $p < 0.01$ ）。また着衣泳でのアンモニア濃度は同スピードでの水着泳よりも有意に高い値であった

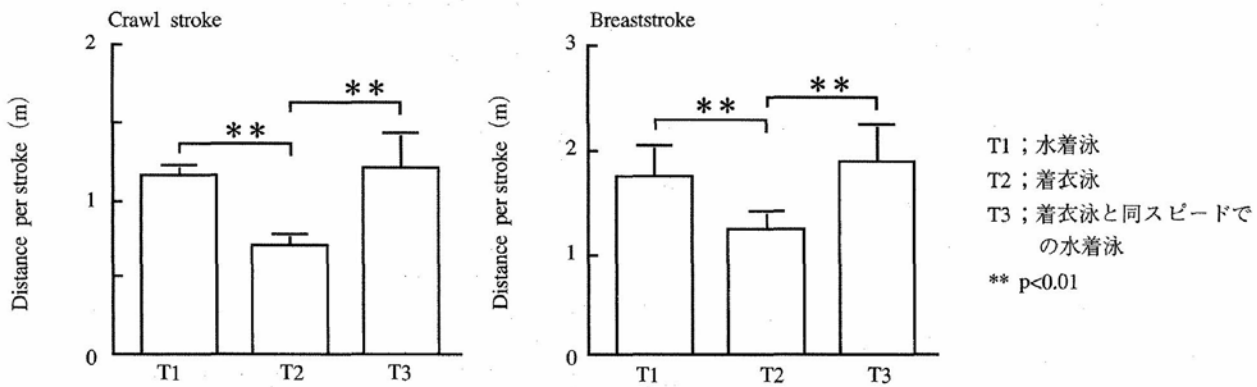


図3 クロールと平泳ぎにおける水着泳と着衣泳の距離/ストロークの比較

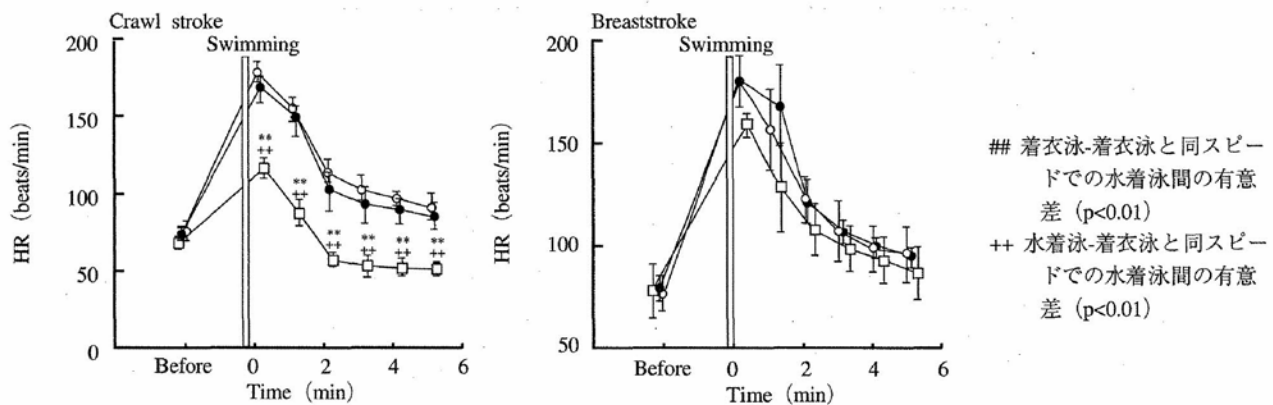


図4 クロールと平泳ぎにおける水着泳と着衣泳での心拍数の比較
○；水着泳 ●；着衣泳 □；着衣泳と同スピードでの水着泳

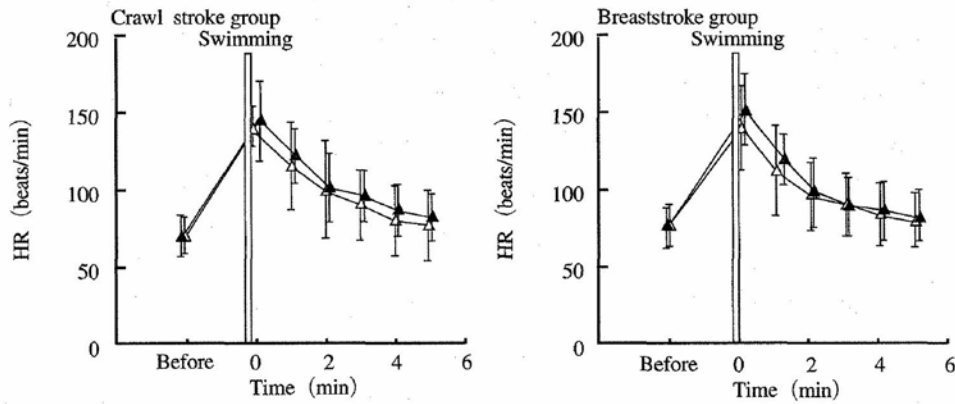


図5 クロール群と平泳ぎ群における水着と着衣での立ち泳ぎによる心拍数の変化
△；水着泳 ▲；着衣泳

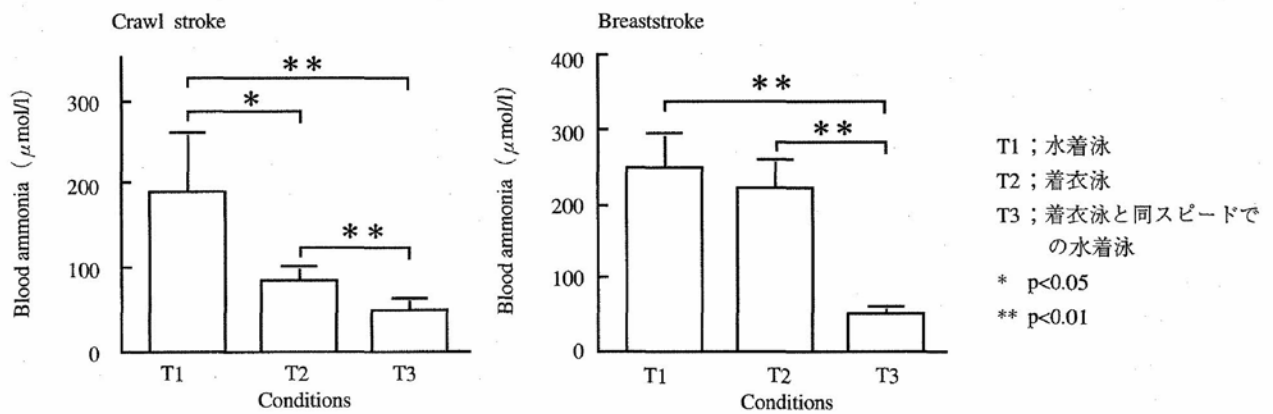


図6 クロールと平泳ぎにおける水着泳と着衣泳での血中アンモニア濃度の比較

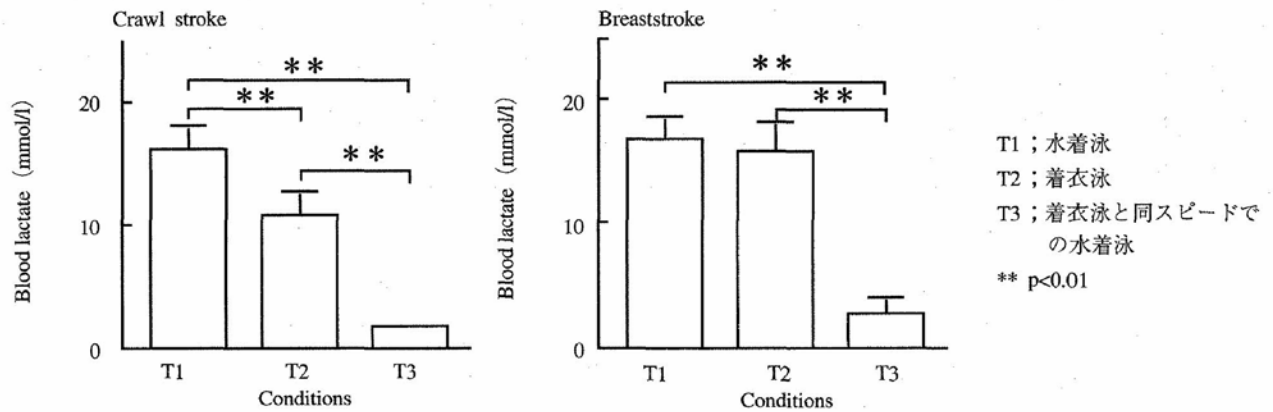


図7 クロールと平泳ぎにおける水着泳と着衣泳での血中乳酸濃度の比較

($p < 0.01$). 一方平泳ぎにおいては、全力での水着と着衣泳では有意な差は認められなかった。着衣泳と同スピードでの水着泳では全力での両条件に比べ有意に低い値であった (いずれも $p < 0.01$)。なおクロール群と平泳ぎ群において、安静時血中アンモニア濃度はいずれも有意な差は認められな

かった。図7はクロールと平泳ぎにおいて、水泳後の血中乳酸濃度の最高値を平均値と標準偏差で示した。クロールにおいて水着泳での乳酸濃度は着衣泳と着衣泳と同スピードでの乳酸濃度に比較し有意に高い値を示した (いずれも $p < 0.01$)。また着衣泳での乳酸濃度は同スピードでの水着泳よ

りも有意に高い値であった ($p < 0.01$). 一方平泳ぎにおいては, 全力での水着泳と着衣泳では有意な差は認められなかった. 着衣泳と同スピードでの水着泳では全力での両条件に比べ有意に低い値であった (いずれも $p < 0.01$). なおクロール群と平泳ぎ群において, 安静時血中乳酸濃度はいずれも有意な差は認められなかった.

3. 考 察

本研究においてクロールでの着衣泳は水着泳に比べ平均スピードは48.0%であった. これに対し平泳ぎにおいては69.1%であり, 平泳ぎにおいて, 着衣泳の平均スピードの低下は少なかった. 水泳の速度はストロークの回数/分と距離/ストロークによって決定される⁴⁾. すなわち腕のかきは進行方向とは反対方向にできるだけ長い距離にわたって押し, できるだけ早く水中を動かせば, より大きな力が発揮でき, 速いスピードが得られる. クロールにおいて, 着衣泳のストローク数/分は水着泳に比較し有意に減少し (図2), 着衣泳の距離/ストロークも水着泳に比べ有意に低い値であった (図3) これらの結果から, 着衣泳の平均スピードの低下はストローク数の減少と距離/ストロークの低下に起因しているといえる. 一方平泳ぎにおいて, 着衣泳でのストローク数/分は水着泳とほぼ同じ値を示したが (図2), 距離/ストロークは水着泳に比較し有意に低かった (図3) ことは平泳ぎにおける平均スピードの減少はストローク/分によるものではなく距離/ストロークに起因していることが明らかとなった. クロールにおいてはストローク数/分が有意に減少したのは水が衣服に侵入し, 空中でのリカバリーは持ち上げるのにより大きな抵抗が生じたためと推察される. 一方平泳ぎにおいては, 腕が水中を移動してリカバリーすることによるものと考えられる. 荒木ら¹⁾はクロールにおいての着衣泳と水着泳での流速に伴う牽引抵抗と牽引出力を測定してい

る. その結果, 着衣泳の抵抗は水着泳に比べ有意に高いこと, 着衣泳そのものが抵抗に及ぼす影響は約0.5kgwであること, その抵抗は流速に比例して増大することを報告している. さらに水着泳の牽引出力は着衣泳に比べ有意に高いことを認めている. こうした結果から, 本研究における着衣水泳の推進力の低下は抵抗の増大と出力の低下が関与しているものと考えられる. すなわち着衣泳では腕で水を後方へ押す力より, 腕の入水直後と離水時の衣服による抵抗が増大するために推進出力が減少し, 推進効率が低下したためと考えられる.

呼吸循環系の生理的な運動強度の指標である心拍数と酸素摂取量は, クロールにおいても平泳ぎにおいても水着泳と着衣泳間に有意な差は認められなかった. 柴田ら¹⁸⁾は救助者と溺者がともに水着条件であった時の救助者の心拍数は, 両者とも着衣条件での値に比較し, 救助者と溺者とも着衣条件の方が高い値を示したと報告しており, 本研究結果とは異なった結果であった. これは柴田ら¹⁸⁾の研究においては水泳時間が水着泳では約60秒, 着衣泳では約90秒であり, 運動時間の差によるものと考えられる. 本研究では全力での着衣泳は呼吸循環器系への生理的負担は水着泳と着衣泳では同じであることが明らかとなった. ウォーミングアップを行ったとはいえ, 運動時間が1分間と短かったために, 呼吸循環器系の動員が十分に行われなかったのかもしれない.

血中のアンモニアは安静時においては肝臓, 小腸, 脳, 腎臓などで生成される¹⁵⁾が, 骨格筋ではその生成は非常に少ない⁸⁾. しかし運動中では多くのアンモニアが骨格筋で生成される¹⁰⁾. これまでに自転車エルゴメーター運動, ランニングや水泳などの運動により血中アンモニア濃度が増大することが報告されている^{5, 6, 13)}. 激しい運動によりアデノシン5'-三リン酸 (ATP) が減少し, アデニル酸デアミナーゼ (AMP deaminase) 活性が

亢進する。この作用はアデニル酸 (AMP) を脱アミノ化し、イノシン酸 (IMP) とアンモニアを生成する。この反応はプリンヌクレオチドサイクルで行われ、運動による血中アンモニア濃度の増大はアデニンヌクレオチドの分解をよく反映している^{5, 16, 20}。クロールにおいて水着泳後の血中アンモニア濃度は着衣泳に比べ有意に高い値を示したが、平泳ぎにおいては有意な差は認められなかった。これはクロールにおいては水着泳でのストローク数/分および距離/ストロークが着衣泳に比べ有意に高い値であったためと推察される。一方平泳ぎにおいては、水着泳での距離/ストロークは着衣泳に比べ有意に高かったが、ストローク数/分は水着泳と着衣泳間に有意差は認められなかった。こうした結果から、水着泳と着衣泳の血中アンモニア濃度の差は主にストローク/分に起因したものと考えられる。

血中乳酸は作業筋で生成された乳酸を反映しており、筋中のグリコーゲン分解の良い指標である¹¹。水泳により血中乳酸濃度は増大することは多く報告されている^{12, 14}。クロールにおいて、着衣泳での血中乳酸濃度は水着泳に比べ有意に低い結果であった。一方平泳ぎにおいて、水着泳と着衣泳の間に有意差は認められなかった。この結果はアンモニア濃度の結果と同様に、ストローク数/分に関係していると考えられる。ストローク数/分は脚と腕の筋収縮回数を示すものである。乳酸濃度はこの運動に参加する筋群の収縮回数と高い相関関係が認められた ($r = 0.82, p < 0.01$)。斉藤ら¹⁷も400m全力疾走において、血中乳酸濃度は平均歩数と有意な高い相関関係 ($r = 0.84, p < 0.05$) が認められたと報告している。クロールにおいて着衣泳での血中アンモニア濃度と乳酸濃度が水着泳に比べ有意に低いのは、腕や脚を動かすににくいという動作の制限¹⁾によって、持っているエネルギー源を発揮できないことに起因していると考えられる。これらの結果から、着衣泳に

はクロールよりも平泳ぎが適していることが明らかとなった。

4. まとめ

本研究は着衣泳において1分間を全力で泳ぎきれば助かるという状況を設定して、1分間のクロールと平泳ぎでの全力着衣泳がどのくらい身体に負担を与えるかを、平均スピード、ストローク数、距離/ストローク、心拍数、酸素摂取量、血中の乳酸、アンモニア濃度から検討した。

- 1) クロールと平泳ぎともに着衣泳での平均スピードは水着泳に比べ有意に減少したが、その減少率はクロールの方が大きかった。
- 2) クロールにおいて着衣泳でのストローク数/分は水着泳に比較し有意に減少したが、平泳ぎにおいては有意差は認められなかった。クロールと平泳ぎともに着衣泳での距離/ストロークは水着泳に比べ有意に減少した。
- 3) クロールにおいて、着衣泳での血中アンモニア濃度と乳酸濃度は水着泳に比べ有意に低い値であった。しかし平泳ぎにおいては有意差は認められなかった。この結果はクロールにおいては、平泳ぎよりもいっそう腕や脚の動作が制限され、もっているエネルギー源を充分利用できないことに起因しているものと考えられる。したがって着衣泳には、クロールよりも平泳ぎが適していることが明らかになった。

本研究に対し、財団法人石本記念デサントスポーツ科学財団より研究助成を賜りましたことに深く感謝致します。

文 献

- 1) 荒木昭好, 佐野裕, 野沢巖, 椿本昇三, 野村照夫, 白井みよ子, 西原巧; 河川親水化と水辺事故防止調査研究報告—ウォーター・セーフティーのための

- 着衣泳—, 財団法人リバーフロント整備センター, 37-165 (1992)
- 2) 荒木昭好, 野沢巖; これ一冊でわかる着衣泳実技トレーニング, 山海堂, (1995)
 - 3) 荒木昭好, 佐野裕; はじめての着衣泳, 山海堂 (1993)
 - 4) Craig, A.B., Pendergast, D. J.; Relationships of stroke rate, distance per stroke, and velocity in competitive swimming, *Med. Sci. Sports Exerc.*, 11, 278-283 (1979)
 - 5) Hageloch, W., Schneider, S., Weicker, H.; Blood ammonia determination in a specific field test as a method supporting talent selection in runners, *Int. J. Sports Med.*, 11, S56-S61 (1990)
 - 6) Itoh, H., Ohkuwa, T.; Ammonia and lactate in the blood after short-term sprint exercise, *Eur. J. Appl. Physiol.*, 62, 22-25 (1991)
 - 7) 警察白書, 平成8年度各種事故と警察活動, 水難の発生状況, 275-277 (1997)
 - 8) Lockwood, A.H., McDonald, J.M., Reiman, R.E., Gelbard, A.S., Laughlin, J.S., Duffy, T.E., Plum, F.; The dynamics of ammonia metabolism in man, *J. Clin. Invest.*, 63, 449-460 (1979)
 - 9) Lowenstein, J.M.; Ammonia production in muscle and other tissues: the purine nucleotide cycle, *Physiol. Rev.*, 52, 382-414 (1972)
 - 10) Lowenstein, J.M.; The purine nucleotide cycle revised, *Int. J. Sports Med.*, 11, S37-S46 (1990)
 - 11) Medbø, J.I.; Glycogen breakdown and lactate accumulation during high intensity cycling, *Acta Physiol. Scand.*, 149, 85-89 (1993)
 - 12) Mujika, I., Chatard, J.-C., Lacoste, L., Barale, F., Geysant, A.; Creatine supplementation does not improve sprint performance in competitive swimmers, *Med. Sci. Sports Exerc.*, 28, 1435-1441 (1996)
 - 13) Mujika, I., Chatard, J.C., Padilla, S., Guezennec, C.Y., Geysant, A.; Hormonal responses to training and its tapering off in competitive swimmers: relationship with performance, *Eur. J. Appl. Physiol.*, 74, 361-366 (1996)
 - 14) Ohkuwa, T., Itoh, H.; Blood lactate, glycerol and catecholamine in arm strokes, leg kicks and whole crawl strokes, *J. Sports Med. Phys. Fit.*, 32, 32-38 (1992)
 - 15) Onstad, GR., Zieve, L.; What determines blood ammonia?, *Gastroenterology*, 77, 803-805 (1979)
 - 16) Sahlin, K., and Broberg, S.; Adenine nucleotide depletion in human muscle during exercise: causality and significance of APM deamination, *Int. J. Sports Med.*, 11, S62-S67 (1990)
 - 17) 齊藤満, 宮村実晴, 池上康男, 大桑哲男; 無酸素的作業能の生理学的研究—400m疾走能力の制限因子に関する研究—*デサントスポーツ科学*, 1, 143-148 (1981)
 - 18) 柴田義晴, 原英喜, 北川幸夫; 着衣救助はいかに危険か, *デサントスポーツ科学*, 18, 175-184 (1997)
 - 19) Toussaint, HM., Meulemans, A., de Groot, G., Hollander, AP., Schreurs, AW., Vervoorn, K.; Respiratory valve for oxygen uptake measurements during swimming, *Eur. J. Appl. Physiol.*, 56, 363-366 (1987)
 - 20) Tullson, P.C. and Terjung, R.L.; Adenine nucleotide degradation in striated muscle, *Int. J. Sports Med.*, 11, S47-S55 (1990)