

保温水着が女性水泳指導者の体温 および血液性状に及ぼす影響

上越教育大学 清水 富 弘
(共同研究者) 九州大学 藤 島 和 孝
同 大 柿 哲 朗

Effects of Materials of Swimsuit on the Changes of Body Temperatures and Metabolic Responses

by

Tomihiro Shimizu
Joetsu University of Education
Kazutaka Fujishima, Tetsuro Ogaki
Kyushu University

ABSTRACT

The purpose of the present study was to compare thermal responses of the body when walking in water between to put on warm swimsuit and normal one. The thermal responses were based on the examination of taking rectal, skin, and mean body temperatures at rest on land, in water and walking in water. Eight healthy women were the subjects in this experiment, and they were in average 20.5 ± 0.7 in age, 165.0 ± 4.1 cms in height, 53.9 ± 3.1 kgs in weight, and 20.7 ± 4.8 % in body fat.

The subjects walked in water for 20 minutes. The experiment was tested under water temperature at 29.0°C during the walking. The rectal temperature decreased gradually during the walking in water. Wearing a normal swimsuit statistically showed significant decrease of rectal temperature at 20 minutes during the walking in water.

The mean skin temperature decreased gradually during the walking in water. No statistically significant differences were detected in the mean skin temperature among swimsuits. The mean body temperature also showed a gradual decrease during at rest and the walking in water. The mean body temperature statistically showed significant decreases between warm and normal swimsuits.

要 旨

本研究の主たる目的は、保温の目的に製作された「保温水着」が一般的な競泳用水着と比較して、水中歩行時の体温調節反応に及ぼす影響を検討することであった。被験者は健康な成人女性8名であり、その年齢、身長、体重および体脂肪率の平均値および標準偏差値はそれぞれ 20.5 ± 0.7 歳、 165.0 ± 4.1 cm、 53.9 ± 3.1 kg および $20.7 \pm 4.8\%$ であった。実験は、水温 29.0°C に設定された水中運動負荷装置を用い、陸上安静5分および水中安静5分を経過した後、20分の水中歩行を行った。

以上の条件において保温水着および競泳用水着の着用の比較から直腸温、平均皮膚温、平均体温、自覚的温度感覚および血液性状等を検討した。直腸温は、保温水着が実験中において終始 0.1°C 以内に温度低下を保つことができたのに対し、競泳用水着は入水直後から一過性に下降傾向を示し、実験開始から終了までには 0.2°C 以上の低下を示した。しかし、毎分ごとの両者の統計学的有意差は認められなかった。

平均皮膚温は、両条件とも実験開始から一過性に下降傾向を示した。とくに競泳用水着では入水直後に 0.16°C ほど急激に低下した。水中歩行中は、両者ともに緩やかな下降現象を示した。毎分ごとの両者の統計学的有意差は認められなかった。

平均体温は、両条件とも終始、一過性に下降傾向を示した。両者を比較すると、水中安静時から運動終了まですべて統計学的な有意差が認め

られた。

緒 言

水の熱伝導度は空気の約25倍もあるため、水泳指導中の水温は体熱放散に大きく影響する。一般的な温水プール水温は、泳者にとっての適温($29 \pm 2^\circ\text{C}$)¹⁾に保たれている。しかし、指導者は泳者よりプールに長時間入水する機会が多い。泳者ほどの活動量が確保できないために体温の低下およびそれに伴う愁訴を覚えることが多い。また、このことが原因で水泳指導を断念する指導者がとくに女性においては少なくない。

そこで体温低下を軽減するための水着(保温水着)が必要とされるが、民間スイミングクラブ施設等の現場では、指導者だけが特別な保温着を着用することは被指導者やその保護者から批判が生じることもあり、水泳指導者が着用する一般の水着(競泳水着)から形状が大きく逸脱することはできない。

本研究の目的は、形状が一般的な水着と相違なく、材質により保温の効果が期待できる水着と一般の水着と比較する中で、指導者の体温変動、自覚的温度感覚及び血液性状を検討し、水泳指導者の水着の条件について考察することである。

1. 方 法

1.1 被験者

被験者は、事前の実験ガイダンスに参加し自分の意志で参加した健康な成人女性8名であった。被験者の平均の年齢、身長、体重、体脂肪率およ

び陸上での最大運動負荷テスト（漸増トレッドミル走行）から求めた最大酸素摂取量を表1に示した。

1.2 運動負荷条件および実験手順

水泳指導者は、プール内で被指導者に指導する場合、水中で静止または歩行の運動形態をとることが多いことから運動負荷条件は低強度の水中歩行とした。水中歩行は図1に示すような回流水槽内にトレッドミルを設置した水中運動負荷装置フローミル FM-1200（ジャパンアクアテック製）を使用した。この装置を用いた理由は、図が示すように歩行に対応した水流が身体の浸水部位にか

かることで、実際のプールでの水中歩行により近づいた環境が設定できるためである。従来の水中歩行に関する研究の多くは、歩行時に加わる水流圧条件を考慮していないが、実際にプール内を歩行する場合には低速度であっても水流の影響を受ける。この水流およびその圧力が身体に与える影響、とくに体温に関するパラメータに関しては無視できないほど大きい^{1, 9, 15, 16)}と考えられる。

被験者は、陸上でのトレッドミル走行から算出した最大酸素摂取量の25%強度に相当する負荷（速度）で、水位を各被験者の剣状突起位に統一した条件下で実施した。水温は29.0℃とした。実験中は常時水温計を観察し水温が一定に保たれるように配慮した。実験で使用した競泳水着は、一般の市販されているものを使用した。使用した競泳水着の材質は、ナイロン80%・ポリウレタン20%であった。保温水着は水着の表面がポリエステル80%・ポリウレタン20%、裏面が2mmの伸展性の発泡ゴムからなる生地を使用し、水着の形状（カッティング）は比較する競泳水着と同様にした。

実験の手順は、陸上で5分間安静の後、水中運動負荷装置の中で5分間安静（流水なし）を保った直後に、20分間の水中歩行を開始した。なお

表1 被験者の身体的特性

氏名	性	年齢 (歳)	身長 (cm)	体重 (kg)	体脂肪率 (%)	$\dot{V}_{O_{2max}}$ (ml/min)
ASA	f	20	165.1	54.1	14.5	2420
IWA	f	21	170.5	54.8	18.6	2149
MAE	f	21	160.3	52.3	19.6	2199
OIZ	f	21	167.7	50.0	18.6	1682
SIM	f	21	166.4	59.6	28.9	2033
SYO	f	21	165.3	51.5	16.4	2281
WAT	f	19	157.0	51.2	27.8	1889
YOS	f	20	167.8	57.4	20.7	2081
mean		20.5	165.0	53.9	20.7	2092
SD		0.7	4.1	3.1	4.8	215

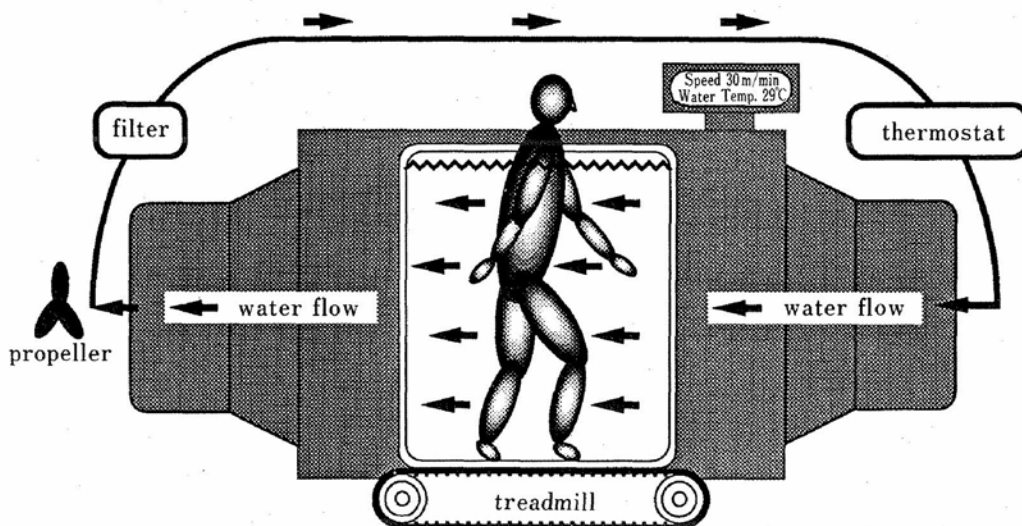


図1 運動負荷条件の模式図

水中歩行時は歩行速度に対応した水流を施した。実験室内の室温および相対湿度はそれぞれ $26.5 \pm 1.5^\circ\text{C}$, $58.5 \pm 0.6\%$ であった。実験期間は1995年8月18日から19日であった。日内動揺の影響⁷⁾を避けるため、同一被験者による両水着条件の実験は同時刻に実施した。

1.3 測定および分析

体温の指標として直腸温および胸部、上腕部、大腿部の皮膚温は陸上安静時から運動終了の全30分間連続して測定した。測定には、多目的携帯用情報記録装置 VMM-67 (VINE 社製) を用い、各温とも1分ごとに連続記録した。直腸温は体温測定用カニューレを直腸へ挿入し測定した。また、各部皮膚温測定には体表用断熱カバー (日本光電工業社製) およびトランスパレントIVドレーシング (3M社製) を用い、測定部分への浸水を防いで行った。

これらの測定値から平均皮膚温および平均体温を算出した。平均皮膚温は Roberts ら¹⁰⁾ の $[(0.43 \times \text{胸部皮膚温}) + (0.25 \times \text{上腕部皮膚温}) + (0.32 \times \text{大腿部皮膚温})]$ から算出した。また平均体温は、Gagge ら²⁾ の $[(0.67 \times \text{直腸温}) + (0.33 \times \text{平均皮膚温})]$ から算出した。心拍数は CM 5 誘導法による心電図を心電図監視記録装置 (DM-801型・フクダ電子社製) によって無線搬送し、そのR棘を1分ごとに数えて求めた。

被験者の主観的な温度感覚の経時変化は、大道らの RTS (Rate thermal sensation) 尺度¹²⁾ を使用した。これは5～-5までの10段階に温度感覚が尺度化されたもので、0ポイントの不感レベルを基準に温感がプラス、冷感がマイナスに設定されている。被験者の実験期間中の血液性状の変化を検査する

ため、陸上安静時、水中安静時および運動直後に採血した。

1.4 統計処理

保温水着および競泳水着の比較には、対応のある学生t検定を用いた。有意水準は5%以下とした。

2. 結果

2.1 体温

表2に実験期間中の経時的な直腸温、平均皮膚温および平均体温の平均値と標準誤差値を示した。

2.1.1 直腸温

実験開始直後を起点とした直腸温の温度差を図2に示した。保温水着は陸上、水中安静時ともに変化なく、運動開始から緩やかな下降傾向を示し始めた。競泳水着は入水直後から一過性に減少傾向を示した。実験開始から終了までの温度較差は保温水着が0.11、競泳水着が0.23であった。水着間の統計学的有意差は終始認められなかった。

2.1.2 平均皮膚温

実験開始直後を起点とした平均皮膚温の温度差を図3に示した。保温水着、競泳水着ともに陸上安静時から減少傾向を示した。水中安静時には、保温水着がほぼ定常状態で平均皮膚温を維持した

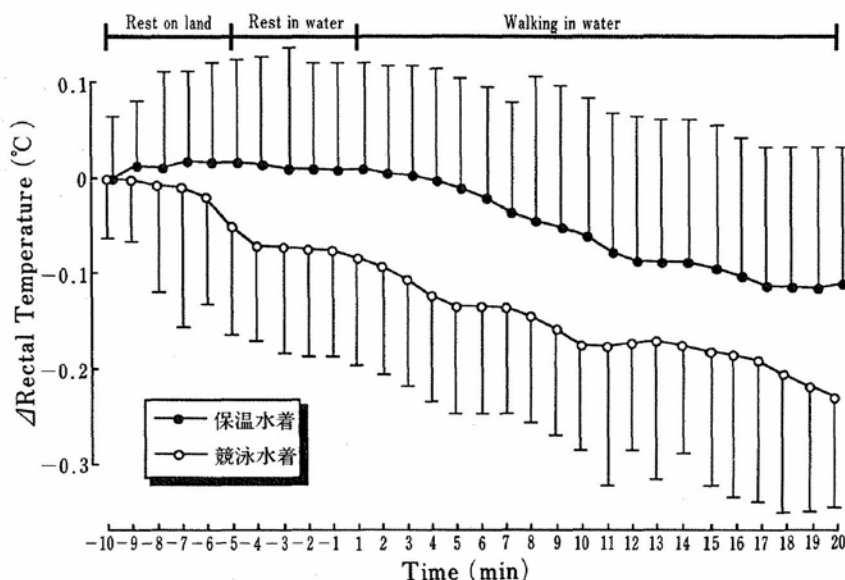


図2 直腸温の経時変化

表 2 直腸温, 平均皮膚温および平均体温の平均値・標準誤差

時間 (min)		直腸温				平均皮膚温				平均体温			
		保温水着		競泳水着		保温水着		競泳水着		保温水着		競泳水着	
		mean	S.E.	mean	S.E.	mean	S.E.	mean	S.E.	mean	S.E.	mean	S.E.
陸上 安静時	1	37.39	.11	37.39	.16	33.40	.25	33.35	.22	36.07	.16	36.06	.11
	2	37.40	.11	37.39	.16	33.42	.26	33.28	.23	36.09	.16	36.03	.12
	3	37.40	.22	37.38	.14	33.41	.26	33.20	.20	36.08	.16	36.00	.17
	4	37.41	.22	37.38	.14	33.34	.26	33.14	.22	36.07	.15	35.98	.17
	5	37.41	.23	37.37	.14	33.26	.27	33.10	.24	36.04	.15	35.96	.16
水中 安静時	1	37.40	.22	37.34	.12	33.21	.25	32.94	.24	36.02	.14	35.89	.15
	2	37.40	.23	37.32	.12	33.20	.25	32.88	.24	36.01	.15	35.85	.15
	3	37.40	.22	37.32	.14	33.19	.25	32.85	.24	36.01	.15	35.84	.16
	4	37.40	.22	37.31	.12	33.17	.25	32.81	.24	36.01	.15	35.83	.15
	5	37.41	.23	37.31	.13	33.13	.25	32.77	.23	36.00	.15	35.82	.15
水中 歩行 時	1	37.40	.23	37.31	.12	33.06	.26	32.70	.23	35.97	.15	35.79	.15
	2	37.40	.23	37.30	.13	33.02	.25	32.65	.23	35.95	.15	35.76	.15
	3	37.39	.22	37.28	.13	32.97	.25	32.59	.22	35.93	.15	35.73	.15
	4	37.39	.22	37.27	.14	32.92	.25	32.53	.22	35.91	.15	35.70	.15
	5	37.38	.24	37.26	.14	32.86	.27	32.49	.23	35.89	.16	35.68	.15
	6	37.37	.23	37.25	.13	32.82	.26	32.45	.22	35.87	.16	35.67	.14
	7	37.35	.22	37.25	.14	32.78	.25	32.41	.23	35.84	.16	35.66	.15
	8	37.35	.24	37.25	.15	32.75	.25	32.39	.22	35.83	.16	35.64	.15
	9	37.34	.24	37.23	.14	32.72	.25	32.37	.23	35.81	.16	35.63	.15
	10	37.33	.25	37.21	.15	32.69	.25	32.35	.23	35.80	.17	35.61	.16
	11	37.31	.24	37.21	.14	32.66	.26	32.33	.22	35.78	.16	35.60	.15
	12	37.30	.25	37.22	.15	32.64	.27	32.31	.22	35.76	.17	35.60	.15
	13	37.30	.25	37.22	.15	32.61	.26	32.29	.21	35.75	.17	35.59	.15
	14	37.30	.25	37.21	.14	32.59	.26	32.27	.21	35.75	.17	35.58	.14
	15	37.30	.25	37.21	.15	32.57	.30	32.25	.21	35.74	.17	35.57	.14
	16	37.29	.25	37.20	.15	32.56	.43	32.23	.20	35.73	.20	35.56	.14
	17	37.28	.25	37.20	.14	32.54	.46	32.22	.20	35.71	.28	35.56	.13
	18	37.28	.25	37.18	.14	32.52	.44	32.21	.19	35.71	.30	35.54	.13
	19	37.28	.26	37.17	.15	32.51	.41	32.19	.20	35.70	.27	35.53	.14
	20	37.28	.25	37.16	.14	32.50	.41	32.18	.22	35.70	.30	35.52	.13

のに対し, 競泳水着では運動終了まで一過性に下降した。実験開始から終了までの温度較差は保温水着が0.90, 競泳水着が1.17であった。水着間の統計学的有意差は終始認められなかった。

2.1.3 平均体温

実験開始直後を起点とした平均体温の温度差を図4に示した。競泳水着は入水直後に一過性に減少傾向を示した。水着間の有意差は水中安静時開始から運動終了時まで認められた。実験開始から終了までの温度較差は保温水着が0.43, 競泳水着

が0.61であった。

2.2 心拍数

安静時心拍数は両条件ともに, 68 ± 5 拍/分の範囲内で相違は認められなかったが, 両者とも歩行直後から5分間に 18 ± 8 拍/分の急激な増加を示した。その後は運動終了まで定常状態を示した。保温水着と競泳水着の間の有意差は認められなかった。

2.3 主観的温度感覚

図5に被験者の主観的な温度感覚の経時的変化

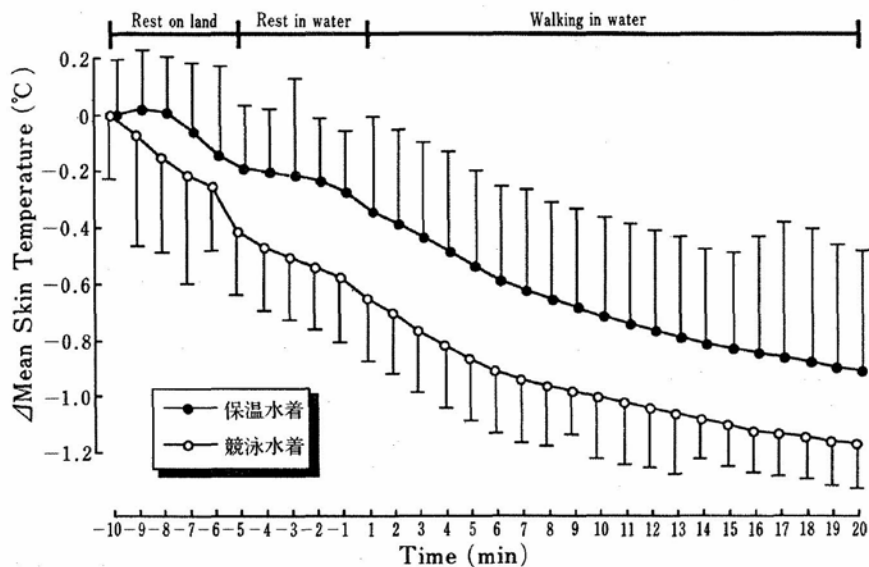


図3 平均皮膚温の経時的変化

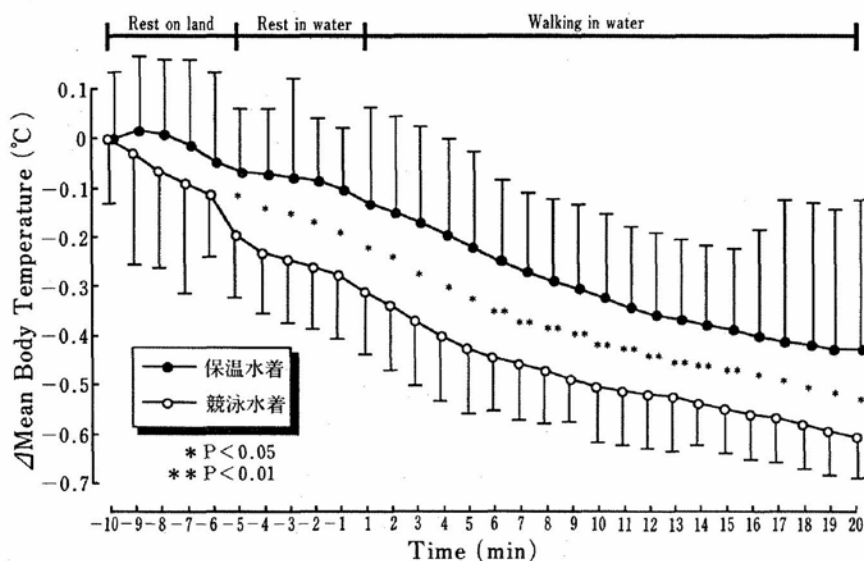


図4 平均体温の経時的変化

を示した。競泳水着では、入水直後に急激に冷感を覚えており、入水直前との差は2.75ポイントであった。水着間の統計学的有意差が認められたのは、入水直後で保温水着が-1.25のところ競泳水着が-2.25と1ポイントほどの差が生じた。それ以外の差は認められなかった。

2.4 血液性状

血液性状については乳酸、ノルアドレナリンおよびアドレナリンについて分析したが、水着間の

統計学的有意差は実験全期間において認められなかった。

3. 考察

水中における熱放散の特徴は、皮膚面からの蒸発と放射熱伝達が存在せずに体表面の対流熱伝導率が大きいことである。Nadelら⁹⁾は、体表面の対流熱伝導率の計算式の係数として水中安静で198、流水下安静で396、さらに流水下水泳で500

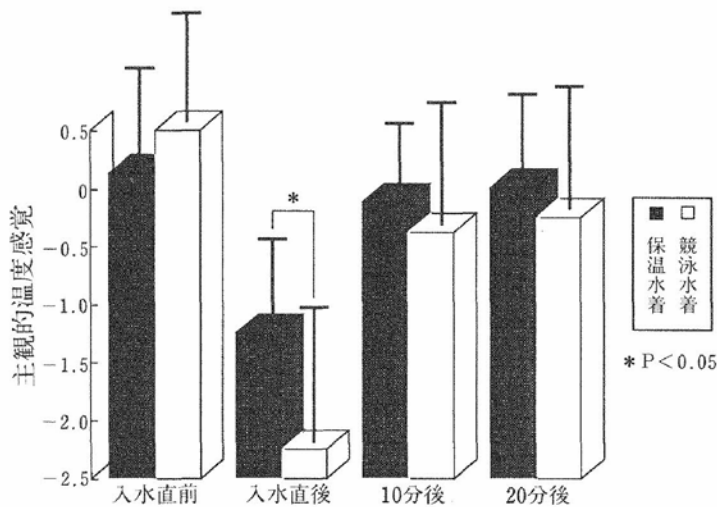


図5 主観的温度感覚の経時的変化

kcal と定義している。本結果のような直腸温および各部皮膚温の下降現象からみて、今実験の流水下歩行という条件においても流水下水泳に近似した熱放散が行われたことが推察された。

本実験では実際の温水プールの平均的水温に設定したことから、指導現場の女性指導者は水泳指導中において身体の深部温および外部温の両者ともに減少傾向を起しやすいたことが推察された。その中で、水浸した体表面の主に胴体部を含む水着の材質を考慮することは、比較的面積が大きい胴体部の体表面および血流量が多い内臓の熱伝導効率を低下することに大きく貢献することが示唆された。被験者の主観的温度感覚において、水着間の有意差が認められた入水直後は、平均体温において最初に有意差が認められた時間と一致した。このことから主観的温度感覚が著しく低値を示すのは、体温が一過性に低下する時点である傾向が認められた。

乳酸、ノルアドレナリンおよびアドレナリンにおいて水着間の有意差は認められなかったが、23、28 および 33℃ の水温下で 2 時間の低強度水泳において血液性状を検討した大柿ら¹⁰⁾ は、23℃ の低温下での乳酸、ノルアドレナリンにおいては統計学的有意差が認められたのに対し、28 および 33℃ 条件下での乳酸、ノルアドレナリンおよびアドレ

ナリンにおいては認められなかったと報告している。以上のことや実験中の心拍数から判断すると、本実験の水温および水中歩行速度の条件設定が本被験者にとっては両水着ともに血液性状を変化させるほどのストレスではなかったことが推察された。

4. まとめ

成人女性 8 名を対象に、保温水着の着用が体温および血液性状に及ぼす影響を、一般的な競泳水着との比較から検討した。

運動負荷条件は低強度の水中歩行とした。水中歩行は回流水槽内にトレッドミルを設置した水中運動負荷装置を使用した。被験者は、陸上トレッドミル走行から算出した 25% 最大酸素摂取量に相当する負荷で実施した。水温は 29.0℃ とした。実験の手順は、陸上および水中で 5 分間安静の後、20 分間の水中歩行を行った。直腸温において保温水着は陸上、水中安静時ともに変化なく、運動開始から緩やかな下降傾向を示し始めた。競泳水着は入水直後から一過性に減少傾向を示した。水着間の有意差は終始認められなかった。

平均皮膚温において保温水着、競泳水着ともに陸上安静時から減少傾向を示した。水中安静時には、保温水着がほぼ定常状態で平均皮膚温を維持したのに対し、競泳水着では運動終了まで一過性に下降した。水着間の有意差は終始認められなかった。平均体温において競泳水着が入水直後に一過性に減少傾向を示した。水着間の有意差は水中安静時開始から運動終了時まで認められた。

本実験から、指導現場の女性指導者は水泳指導中において身体の深部温および外部温の両者ともに減少傾向を起しやすいたことが推察されたが、水着の材質を考慮することにより、女性指導者の熱伝導効率を低下し、体温低下を軽減することに大きく貢献することが示唆された。

謝 辞

本研究は、財団法人石本記念デサントスポーツ科学振興財団の学術研究助成によって成立しました。また本研究の実施に当たり、株式会社ジャパニアアクアテックに多大なご協力をいただきました。関係者の方々に対し深く感謝の意を申し上げます。

文 献

- 1) 藤島和孝, 大柿哲朗, 堀田 昇, 金谷庄蔵, 清水富弘, 正野知基; 長時間水泳時での水温条件が生理的諸反応に及ぼす影響, *デサントスポーツ科学*, **14**, 201-208 (1993)
- 2) Gagge, A. P., Y. Nishi.; Heat exchange between human skin surface and thermal environment, *Handbook Physiology. Reactions to Environment Agent. Am. Physiol. Soc.*, Bethesda, Md. 69-72 (1977)
- 3) Gleim, G. W., Nicholas, J. A.; Metabolic costs and heart rate responses to treadmill walking in water at different depths and temperatures, *Ame. J. of Sports. Med.*, **17** (2), 248-252 (1989)
- 4) Green, J. H. Cable, N. T., Elms N.; Heart rate and oxygen consumption during walking on land and in deep water, *J. Sports. Med. Phys. Fitness*, **30**, 49-52 (1990)
- 5) 堀田 昇, 大柿哲朗, 金谷庄蔵, 萩原博嗣; 術後体力者に対する水中での運動療法, *健康科学*, **15**, 57-61 (1993)
- 6) 金谷庄蔵, 堀田 昇, 大柿哲朗, 藤島和孝, 正野知基, 清水富弘, 萩原博嗣, 藤野武彦; 水中歩行負荷心電図の試み, *健康科学*, **15**, 69-74 (1993)
- 7) 真島英信; 人体生理の基礎, 杏林書院, 210-211 (1979)
- 8) 右田孝志, 清水富弘, 堀田 昇, 大柿哲朗, 金谷庄蔵, 藤島和孝ほか; 動水浴の酸素摂取量, 心拍数, 直腸温および血液性状に及ぼす影響, *健康科学*, **17**, 87-91 (1995)
- 9) Nadel, E. R., Holmer, I., Berch, U., Astrand, P. O., Stolwijk, J. A. J.; Energy exchanges of swimming man, *J. Appl. Physiol.*, **36**, 465-471 (1974)
- 10) 小川徳雄; 温熱生理学, 理工学社, 135-166 (1981)
- 11) 大柿哲朗, 堀田 昇, 金谷庄蔵, 藤島和孝, 清水富弘, 正野知基; 3種類の水溫下での低強度長時間水泳に対するホルモンおよび代謝応答, *体育学研究*, **40**, 80-88 (1995)
- 12) 大道 等, 岩崎輝雄, 宮下充正; 水中エルゴメーターの試作, *体育の科学*, **33**, 477-482 (1983)
- 13) 小野寺昇, 宮地元彦, 木村一彦, 米谷正造, 中村由美子; 水中トレッドミルを用いた水中歩行運動時の粘性抵抗と水位の変化がエネルギー代謝量へ与える影響, *デサントスポーツ科学*, **14**, 100-104 (1993)
- 14) Roberts, M. F., Wenger, C. B., Stolwijk, J. A. J., Nadel, E. R.; Skin blood flow and sweating changes following exercise training and heat acclimation, *J. Appl. Physiol.*, **43**, 133-137 (1977)
- 15) 清水富弘, 藤島和孝, 正野知基; 低水温下における遠泳中の体温調節反応, *体育の科学*, **42**, 557-560 (1992)
- 16) 清水富弘, 藤島和孝, 正野知基; 低水温下の長時間水泳における保温ベルトの効果, *九州体育学研究*, **6**, 15-20 (1992)
- 17) 清水富弘; アクアフィットネスマニュアル, ベースボールマガジン社, 18-24 (1993)
- 18) 清水富弘, 藤島和孝, 大柿哲朗, 堀田 昇, 金谷庄蔵, 右田孝志ほか; 海水による温浴時の体温変動および心拍応答, *健康科学*, **17**, 103-108 (1995)
- 19) 渡辺一志, 宮側敏明, 藤本繁夫; 水中トレッドミル歩行時の呼吸循環機能ならびに下肢筋活動に及ぼす水位の影響, *デサントスポーツ科学*, **16**, 252-259 (1995)
- 20) Whitley, J. D.; Comparison of Heart rate responses - water walking versus treadmill walking, *Physical therapy*, **67** (10), 1501-1504 (1987)
- 21) Wilmore, J. H., Costill, D. L.; Physiology of sport and exercise, *Human Kinetics*, 242-265 (1994)