

中高年齢女性の水中運動におけるウォームスーツの保温効果

Effects of heating on Warm-suits during water exercise in elderly female subjects

青 葉 貴 明*, 高 橋 宗 良**, 奥 勝 隆*
浅 井 泰 詞*, 松 本 高 明***

Takaaki AOBA *, Munesyoshi TAKAHASHI **, Katsutaka OKU *
Taishi ASAI * and Takaaki MATSUMOTO ***

ABSTRACT

The purpose of this study was to observe the characteristics for Warm-suits and effects of heating on Warm-suits during water exercise in elderly female subjects.

The subjects were 20 elderly female subjects. Their mean age was 60.9 ± 10.5 years old. Swim suits (SS) was used usual swimming wear, and Warm-suits (WS) was used DCN-600B or DCN-600K (DCN inc.) order made for subjects. The eardrum temperature, skin temperature and rating of temperature sensation (RTS) were measured for rest on dry land at before exercise (2'), rest in water (3'), water exercise (10'), and rest on dry land at after exercise (5'). The body composition measurement was used with Dual Energy X-ray absorptiometry (DXA method). WS was comparison with SS for eardrum temperature, skin temperature and RTS during the all times. %Fat and fat mass were relation skin temperature deference in rest on dry land at before to after exercise (Δ temperature) for arms, trunk, legs and whole body. Statistical significance was set at $P < 0.05$.

Significantly difference for SS and WS were observed among skin temperature during rest and exercise in water, and rest on dry land at after exercise (fig.4: $p < 0.05$). RTS was shown significant decrease in rest on dry land at after exercise for SS (fig.5: $p < 0.05$). The Δ temperature for arms and upper limbs were observed related fat mass in the legs (fig.7: $p < 0.05$). From these results, it was considered that WS was effective heating for elderly female subject, fatless in legs especially.

Key words; Warm suits, water exercise, elderly female subjects, fat mass

* 国土館大学大学院スポーツ・システム研究科 (Graduate School of Sport System, Kokushikan University)

** 杏林大学保健学部 (Kyorin University School of Health Sciences)

*** 国土館大学体育学部スポーツ医学研究室 (Lab. of Sports medicine, Faculty of Physical Education, Kokushikan University)

緒 言

近年、全国の水泳指導の現場では、室内プールの普及により、季節や天候に左右されずに、一年中水泳や水中運動を実施することができる。室内プールの普及は、水泳・水中運動の実践者数の増加となり、その内容も水泳のほかに健康の維持増進やリハビリテーションを目的とした水中運動、アクアビクスなど、多様化したプログラムが同一環境で行われている。通常、室内プールは水温が30℃前後に設定されていることが多く、あまり活動量が多くないと少し寒く感じる。適度な寒冷刺激は、風邪の予防などの効果があるとされるが²⁾、刺激が強いと血圧の上昇や身体の緊張により運動効果が低下すると考えられる。また同一環境で様々なプログラムを実施している現状においては、短時間に水温の調節をすることが不可能である。そこで運動プログラムの目的やプールの環境に応じた対策の一つとして、皮膚表面から熱放出を防ぐことを目的とした、保温効果に優れた水着が開発されている。

これまでに保温効果のある水着の着用による水伝達の特性や人体への影響についての報告は少なく、保温効果について個人の身体特性を考慮した報告はなされていない。また運動条件、運動目的及び対象者に対する着用の基準についての情報も

少なく、更衣の面倒や見た目が優先して着用を好まない者も多く、保温効果に対する認識が不足していると思われる。

そこで本研究では、一般的に水中運動が実施されている屋内プール環境下における、中高齢女性に対する保温効果に優れた水着（ウォームスーツ）の効果を検討し、経時的に身体へ与える影響と身体特性の関係を明らかにし、運動指導の参考資料を得ることを目的とした。

方 法

1. 被験者

被験者は、日常から水中運動の習慣がある健康な中高齢女性20名（平均年齢 60.9 ± 10.5 歳、身長 155.0 ± 5.0 cm、体重 53.3 ± 6.0 kg、BMI 22.2 ± 2.5 ）とした。また、うち7名（平均年齢 62.7 ± 10.8 歳、身長 154.8 ± 4.9 cm、体重 55.9 ± 4.2 kg、BMI 23.4 ± 2.3 ）については、身体組成測定を実施し、体脂肪量及び体脂肪率を求めた。被験者の年齢及び身体の特徴をtable.1に示した。被験者には研究の趣旨を説明し、任意による実験への参加の同意を得た。なお、参加に際し医師による事前の問診を行った。

2. 測定環境

測定は、25m室内温水プールで行った。SS、

Table.1 Age and physical characteristics in all subjects.

n	Age (yrs)	Height (cm)	Weight (kg)	BMI
20 (all)	60.9 ± 10.5	155.0 ± 5.0	53.3 ± 6.0	22.2 ± 2.5
7 (DXA)	62.7 ± 10.8	154.8 ± 4.9	55.9 ± 4.2	23.4 ± 2.3
	Whole	Arms	Trunk	Legs
%Fat (%)	31.1 ± 4.3	—	—	—
BMC (g)	1953.3 ± 94.8	226.6 ± 18.6	630.2 ± 48.9	672.6 ± 40.0
Lean mass (g)	32863.9 ± 2528.9	2772.0 ± 514.7	157181.0 ± 12931.0	10925.9 ± 1003.7
Fat mass (g)	22055.6 ± 4052.4	2668.9 ± 595.1	11913.4 ± 2444.0	6653.4 ± 1377.5

Values are mean \pm SD

WS着用時ともに、水温は $30.0 \pm 0.6^\circ\text{C}$ 、室温は $26.2 \pm 1.0^\circ\text{C}$ 、湿度は $89.9 \pm 7.7\%$ であった。なお環境の一定化及び体温の日内変動を考慮し、午前10時～12時の間に実施した。

3. 水着

水着は、スイムスーツ（以下SS）及びウォームスーツ（以下WS）を用いた。SSは、被験者が日常使用している水泳用水着とした。またWSはクロロプレンゴム製、厚さ2mmのDCN-600B及びDCN-600K（DCN社製）を用い、SSの上から装着した（fig.1）。測定はSSまたはWSの着用を1日1回とし、被験者ごとにランダムに測定した。

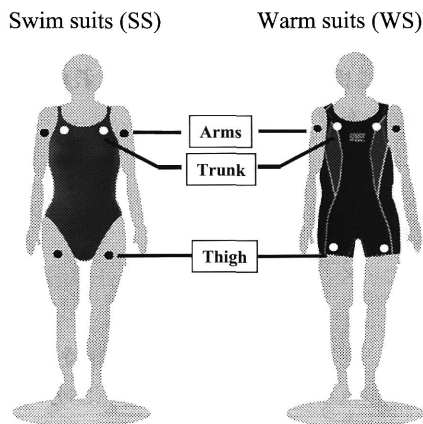


Fig.1 Parts of skin temperature measurement used by SS and WS.

4. 水中運動プログラム

運動プログラムは、被験者に対する負担を考慮しながら日常実施している水中運動プログラムの内容や負荷を想定して行った。プロトコルは、プールサイドにおいて座位による安静を2分間、浸水安静を3分間、水中歩行動作を10分間、運動後陸上安静を5分間の合計23分間とした（fig.2）。なお、入退水動作を考慮して各1分の移動時間をとった。水位は剣状突起部位とした。また運動はその場足踏み歩行とし、脚部の伸展における足甲部及び腕部の前後動作における掌の水掻き動作を意識させた。歩行はメトロノームを用い60bpm前後の速度に設定し、強度が60%HRmax前後及び主観的運動強度（RPE）が11～13となるよう個別に監視し調節した。

5. 測定項目

測定項目は、鼓膜温、皮膚表面温度、主観的温度感覚（RTS；table.2）、主観的運動強度（RPE）及び心拍数（HR）とした。鼓膜温は運動前安静時及び運動後に、皮膚温、RTS、HRは運動前安静時、浸水時、浸水3分後、水中運動開始5分後及び10分後、運動後退水時（陸上安静）及び安静5分後の合計7回測定した。またRPEは水中運動開始5分後及び10分後に測定した（fig.2）。

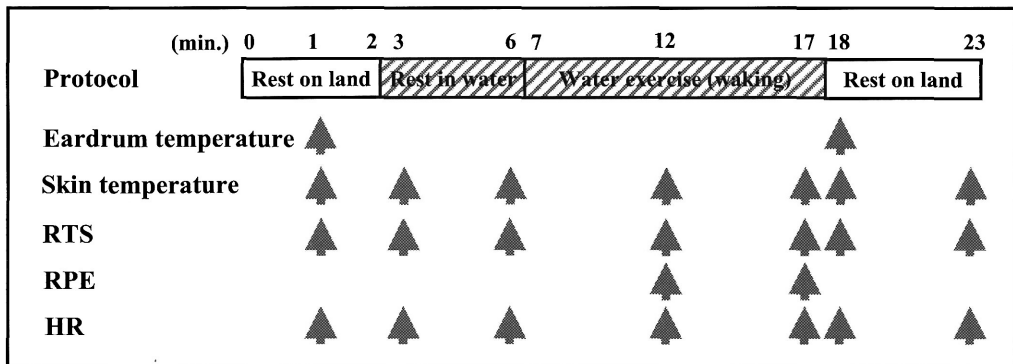


Fig.2 Protocol of water exercise and measurement methods.

6. 鼓膜温及び皮膚表面温度測定

体温の平均温度として鼓膜温を測定した。測定は耳式体温計M30（テルモ社製）を用い、2回測定し平均値を採用した。皮膚表面温度は、皮膚温度センサーを上腕中央部、胸部及び大腿中央部の各左右に接着し、記録装置（Data Collector AM-7002、Anritsu社製）に導出して記録した。皮膚表

面温度は各部位の左右の平均値を部位の表面温度として用いた（fig.1）。

7. 形態及び体脂肪

身長、体重、体脂肪率（%Fat）、全身及び上肢、体幹部、下肢の脂肪量（Fat mass）を、全身用デュアルX線骨密度測定装置XR-26（Norland社製）を用い、医師の監視の下で測定した。

8. 統計処理

皮膚表面温度及びRTSの経時比較は、一元配置分散分析を用い、多重比較（Scheffe, Tukey-Kramer）した。SS及びWSの差の検定には、paired t-testを用いた。また、運動前安静時（1分）と運動終了後安静時（18分）の差（ Δ temperature）を求め、体脂肪率及び体脂肪量との関係についてピアソンの相関係数を求めた。いずれも危険率5%未満を有意とした。

結 果

1. 鼓膜温

Fig.3に、SS及びWSにおける、鼓膜温の変化を示した。

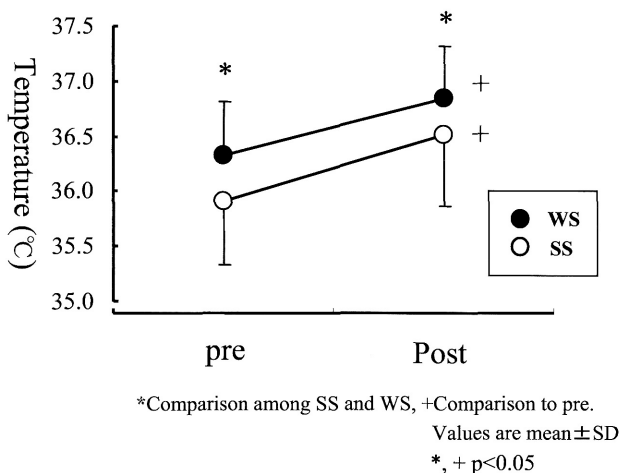


Fig.3 Comparison of eardrum temperature with before and after of rest on dry land for SS and WS.

2. 皮膚表面温度

Fig.4にSS及びWSにおける、上腕部

皮膚温、胸部皮膚温及び大腿中央部皮膚温の変化を示した。

上腕部皮膚温は、SSが浸水前安静時に $32.7 \pm 0.8^\circ\text{C}$ であり、浸水3分後（6分時）には $31.7 \pm 0.6^\circ\text{C}$ と有意な低下が認められ（ $p < 0.05$ ）、運動後まで及んだ。一方WSにおいても浸水前安静時に $32.9 \pm 0.9^\circ\text{C}$ であり、浸水3分後（6分時）から $31.7 \pm 0.7^\circ\text{C}$ と約 1.2°C の有意な低下が示され（ $p < 0.05$ ）、両水着間での有意な違いは認められなかった。

胸部皮膚温は、SSが浸水前安静時に $33.2 \pm 0.8^\circ\text{C}$ であり、浸水3分後（6分時）には $31.9 \pm 0.7^\circ\text{C}$ と約 1.3°C の有意な低下が見られ（ $p < 0.05$ ）、浸水から9分後となる水中運動時（12分時）には $31.5 \pm 0.5^\circ\text{C}$ となる約 0.4°C の低下（ $p < 0.05$ ）が認められ、運動後における陸上安静時まで低下が持続した。一方WSにおいては、浸水前安静時に $34.2 \pm 0.8^\circ\text{C}$

であり、水中運動時に約 $33.0 \pm 1.1^\circ\text{C}$ と約 1.2°C の有意な低下が認められたが（ $p < 0.05$ ）、水中運動終了時以降の陸上安静時には回復する傾向を示された。また両水着間では、浸水前安静時において約 1.0°C 、水中運動時において約 1.6°C 、運動後陸上安静時において約 1.8°C の差異が認められ、WSはSSよりも有意に高いことが示された（ $p < 0.05$ ）。

大腿中央部皮膚温は、SSが浸水前安静時に $32.7 \pm 1.5^\circ\text{C}$ であり、浸水直後（3分時）には、 $31.7 \pm 0.7^\circ\text{C}$ と約 1.0°C の有意な低下（ $p < 0.05$ ）、水中運動時に $31.2 \pm 0.6^\circ\text{C}$ と約 0.5°C の低下（ $p < 0.05$ ）が示され運動後まで低下が続いた。一方WSにおいては、浸水前安静時に $32.8 \pm 1.2^\circ\text{C}$ であり、浸水直後（3分時）には $31.7 \pm 0.7^\circ\text{C}$ と約 1.1°C の有意な低下が認められた（ $p < 0.05$ ）。しかし浸水3分後からは回復が見られ、水中運動中は $32.2 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 、運動後（18分時）は $32.6 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 、運動後陸上安静

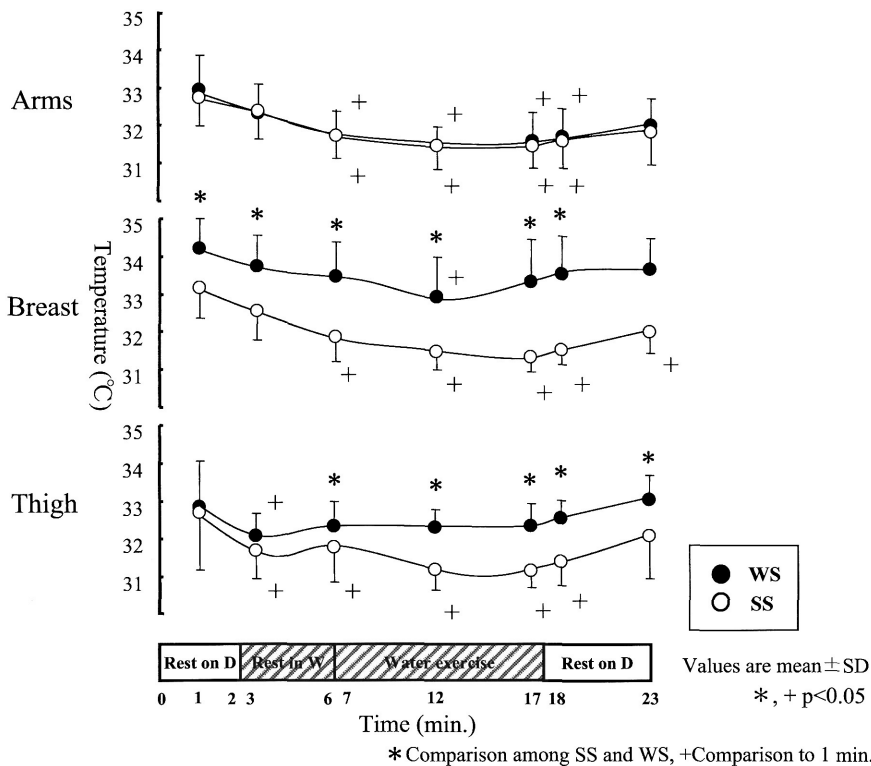


Fig.4 Comparison of skin temperature on regional parts during all times for SS and WS.

時は、 $33.0 \pm 0.7^\circ\text{C}$ と浸水時より上昇傾向が示された。またSSとWSは、浸水前安静時において差異が見られないが、WSは、浸水時において約 0.4°C 、水中運動時において約 1.1°C 、運動後において約 1.1°C 、運動後陸上安静時において約 1.0°C 、SSよりも有意に高値であることが認められた ($p < 0.05$)。

3. 主観的温度感覚 (RTS)

Fig.5に、全身、上腕部、胸部、大腿部及び下腿部におけるSS及びWSの主観的温度感覚 (RTS) の変化を示した。

全身のRTSは、SSにおいて運動前安静時が 0.7 ± 1.1 、浸水3分後は -0.7 ± 1.1 、水中運動終了直前 (17分時) が 1.2 ± 0.8 、運動後の陸上安静時 (23分時) が -0.6 ± 0.9 となり、運動後の陸上安静時

は有意な低下が認められた ($p < 0.05$)。WSは、運動前安静時が 1.0 ± 1.2 、浸水3分後は 0.3 ± 0.7 、水中運動終了直前 (17分時) が 1.9 ± 1.2 、運動後の陸上安静時が 0.7 ± 1.3 となり、浸水3分後では約 0.6 、水中運動終了時には約 0.7 、運動後の陸上安静時には約 1.0 の差異が見られ、WSはSSより有意に高値であった ($p < 0.05$)。

上腕部、胸部、大腿部及び下腿部においてSSは、運動前安静時に対し水中運動中に差異は見られなかったが、運動後の陸上安静時において、上腕部は -0.8 ± 1.1 、胸部は -0.6 ± 1.1 、大腿部は -0.7 ± 1.0 、下腿部は -0.8 ± 1.0 となり有意な低下が見られた。一方WSにおいても運動前安静時、水中運動中に変化は見られなかったが、運動後安静時は、上腕部が 0.1 ± 1.0 、胸部が 0.5 ± 0.9 、大腿部が 0 ± 0.9 、下腿部が -0.2 ± 0.9 で、ともに運動前安静時及び水中

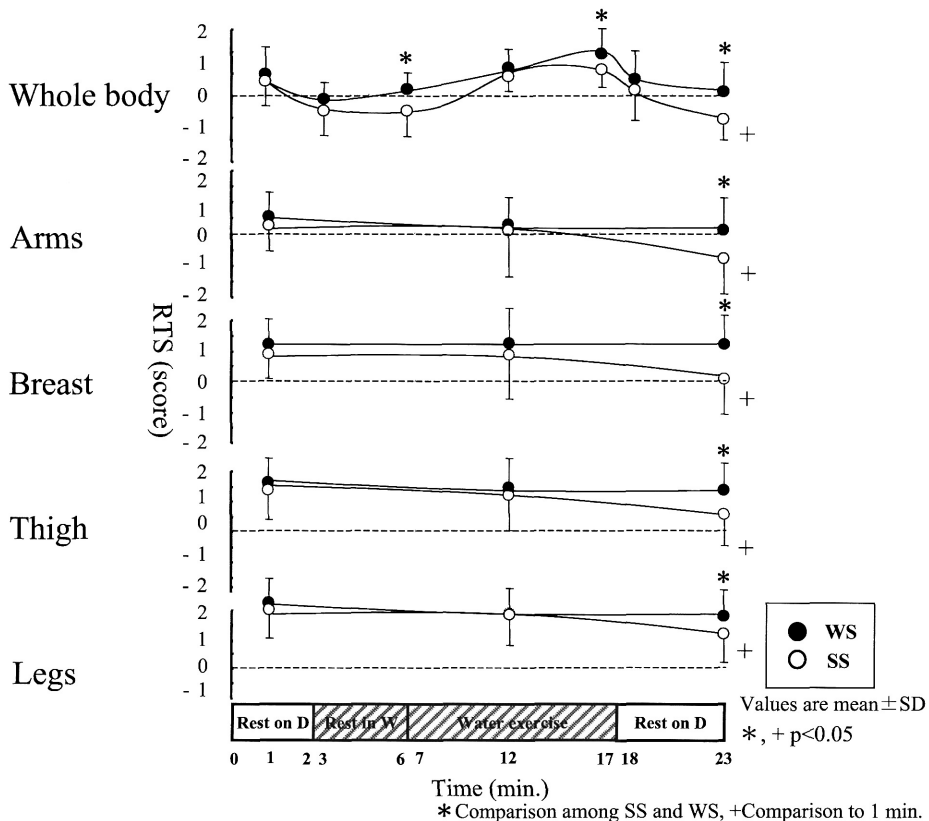


Fig.5 Comparison of RTS with whole body and regional parts for SS and WS.

運動中の値を維持した。また、水着間では、各部位において運動前安静時及び水中運動中に差はなかったが、運動後の陸上安静時において約0.7～0.9の差異が認められ、WSはSSに対し有意に高値であった ($p<0.05$)。

4. 皮膚表面温度と体脂肪の関係

SS及びWSにおける全身の%Fatと上腕部、胸部及び大腿中央部の Δ temperatureとの関係を示した (fig.6)。SSにおいては%Fatと上腕部及び胸部の Δ temperatureと関係は見られなかったが、大腿中央部において有意な関係が認められた ($r=0.809$, $p<0.05$)。また、WSにおいては、%Fatと上腕部の Δ temperatureとの間に有意な相関関係が見られ ($r=0.862$, $p<0.05$)、上腕部及び胸部において関係は認められなかった。

また大腿中央部及び上腕部における Δ temperatureと各部位のFat massとの関係をfig.7に示した。各部位における Δ temperatureは、上肢及び体幹部におけるFat massと関係が見られないが、下肢のFat massとの間に有意な関係が認められ (大腿中央部 $r=0.833$, $p<0.05$ 、上腕部 $r=0.780$, $p<0.05$)、上下肢における皮膚温の変化量と下肢のFat massとの関係が示された。

論 議

安静時の体温の基準とした鼓膜温は、すべての時間でWSはSSよりも高い傾向が示された。保温水着を用いた女性の保温効果について、直腸温は浸水安静時及び水中運動時において、保温水着が高いことが報告されている⁶⁾。本研究においても同様の結果が示され、鼓膜温は、水濡の有無に関わらず、陸上で保温効果が高いことが示唆された。

平均皮膚温は、SS及びWSともに上腕部において浸水後に低下が見られた。上腕部は両水着ともに形状上、皮膚が露出しているために低下が見られ、水着間での差はないものと考えられた。一方胸部及び大腿中央部においては、WSは被服部位であり、入水中に低下を示すものの、運動により皮膚温が回復し維持することが示され、特に胸部における保温効果が高いことが示唆された。浸水によって皮膚温が低下する原因には、露出した皮膚からの熱放出や血流量の低下が考えられる。したがってWSは被服による効果であると考えられる。また、本研究で用いたWSは、すべて被験者の体型に合ったものを個別に着用しているため、WSの着用の締め付けによる血流障害は少なかったものと考えられた。

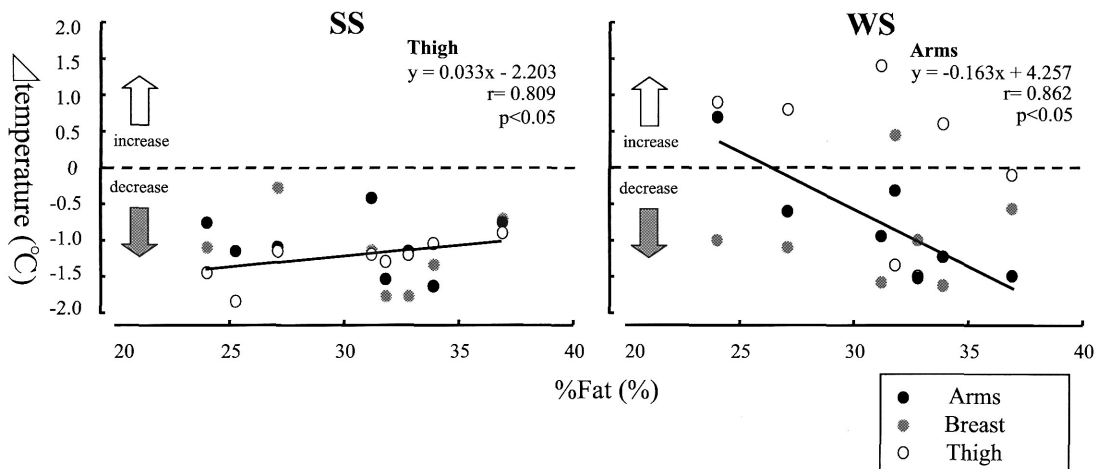


Fig.6 Relationship between Δ temperature in arms, breast, thigh, and %fat on whole body for SS and WS.

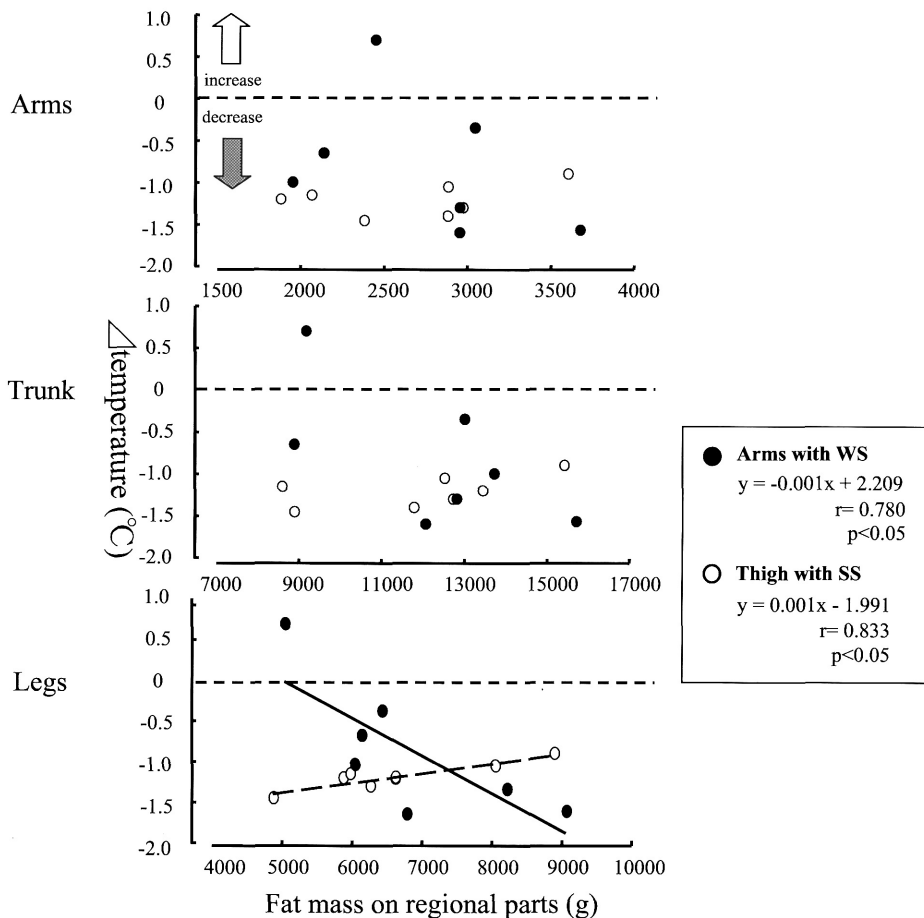


Fig.7 Relationship between Δ temperature and fat mass on regional parts for SS and WS.

RTSは、全身及び各部位の全てにおいて、WSはSSに対して高い傾向が見られた。特に全身及び各部位とも退水後の陸上安静時において、SSが低下した。退水後は、水着や皮膚の水分によって、室温の影響を受けやすく、熱放出の昂進が考えられる。しかし被服部位の多いWSでは外気との接触部分が少ないため、寒さに対し不快を感じるものが少ないと考えられた。このようなRTSの結果から、WSは水中運動中及び運動後において快適に継続できることが示唆された。

運動前安静時と運動後の陸上安静時の温度差である Δ temperatureと全身の%Fatは、SSにおいて大腿中央部と、WSにおいて上腕部と関係が見ら

れた。これらは、大腿中央部の Δ temperatureと下肢のFat massの間に関係があることから、部位の皮膚温が下肢の脂肪量に影響されていることが示唆された。また、上腕部においても、下肢のFat massとの間に負の相関が認められた。上腕の皮膚温はWS着用により、脂肪量の低い者ほど保温効果が高い傾向が見られ、特に下肢の脂肪量が低い者にとって有効であることが示唆された。

要 旨

本研究では、一般的に水中運動が実施されている屋内プール環境下における、中高齢女性に対す

るウォームスーツの保温効果を検討し、経時的に身体へ与える影響と身体特性の関係を明らかにした。その結果、以下の知見が得られた。

- 1) 水中運動におけるウォームスーツの着用は、皮膚表面温度の低下を防ぎ、寒さを防止するために有効であることが認められた。
- 2) 主観的温度感覚はウォームスーツ着用時に高く、特に退水後に不快感を軽減する効果が高いことが示された。
- 3) 中高年齢女性における皮膚温の低下は、下肢の脂肪量が影響し、ウォームスーツの着用は、特に下肢の脂肪量が低い者に有効であることが示唆された。

本研究は国士舘大学体育研究所の2005年度研究助成を受けて行われた。

引用・参考文献

- 1) Hong, S. K: Pattern of cold adaptation in woman divers of Korea (ama): Federation Proc., **321**, 1614-1622, 1973.
- 2) 野村武男：水泳とポジティブ・ヘルス：Health Science, **4**, 36-43, 1986年.
- 3) 大道 等, 岩崎輝雄, 宮下充正：水中エルゴメータの試作, 体育の科学, **33**, 477-482, 1983年.
- 4) 朴 晟鎮, 日高一郎, 武藤芳照：人体に及ぼす水温の影響, 体育の科学, VOL.46, **7**, 534-545, 1996年.
- 5) Saltin, B. and Hermansen, L.: Esophageal, rectal and muscle temperature during exercise. J. Appl. Physiol, **21**, 1757-1762, 1966.
- 6) 清水富弘, 藤島和孝, 大柿哲朗：保温水着が女性水泳指導者の体温及び血液性状に及ぼす影響, デザントスポーツ科学, **18**, 262-269, 1996年.