

# 水泳運動時と陸上ランニング運動時の発汗量と体形態の変化

渡邊義行<sup>1)</sup>・鷲見亜紀<sup>2)</sup>

## Comparative study on the changes of sweating rate and body morphology between in swimming exercise and in running exercise

Yoshiyuki Watanabe<sup>1)</sup> and Aki Sumi<sup>2)</sup>

### Abstract

The purpose of this study is to compare the sweating rate and body morphological change between in the swimming exercise and in the running exercise. The water temperature in swimming exercise were 29.3°C (swimming I experiment) and 24.8°C (swimming II experiment). The temperature in running exercise were 27.5°C (running I experiment) and 23.7°C (running II experiment). The exercise time was made to be 1 hour, and exercise intensity of swimming exercise kept the heart rate of 120 beats/minute level, and exercise intensity of running exercise continued the heart rate of 130 beats/minute level. Though the rectal temperature in the swimming I experiment was over 38.5°C, it lowered in the swimming II experiment to 37.5 ~ 38°C. The rectal temperature in the running exercise together kept over 30°C in the I experiment and II experiment. The body height, sitting height and thigh girth decreased by running exercise, but there were a few changes of a body form by swimming exercise.

キーワード：水泳運動，ランニング運動，直腸温，発汗量，体形態

Key words : swimming exercise, running exercise, rectal temperature, sweating rate, body morphology

### 1. 研究目的

陸上におけるランニング運動は地上1気圧の大気中において、立位姿勢でランニングを行なっている。それに対して水泳運動は水深30~50cmの水中を伏臥姿勢で行なっている。水中環境は、陸上の空気に比べて水という高い密度（1g/ml）の液体である。これは水中30cmでは1.03気圧、50cmでは1.05気圧となる。したがって水中にある身体は陸上より0.03~0.05気圧の余分の圧を受けている。このことが身体を圧迫し、引いては腹部、肺に影響を与え、呼吸をし難くしている。この結果、水泳運動の好効果として、呼吸筋や横隔膜を鍛え、肺活量を増やし、胸郭の発達を促している。

一方、空気の熱伝導率は0.005 (cal/cm・s・°C) であるので、水の熱伝導率は空気に比べて数百倍大きい。したがって体温より低い水中にいと、体温は皮膚から伝導によって奪われることになる。Pugh<sup>5)</sup>らは水温28.3°C, 24.2°C, 21.8°C, 20.5°C, 15.8°Cの5種の水中に1時間入水していたところ、水温24.2°C以上の時の体温低下度は少なく、水温21.8°C以下のときの体温低下度は著しかった。このことから渡邊<sup>7)</sup>や宮下<sup>3)</sup>らは、水泳を行なう時の至適水温は24°C以上を推奨している。

水中で体を動かさずにじっとしておれば体温は奪われ、やがて体温の低下が生じてくる。しかし、たとえ水中であっても水泳運動によって筋温は高まり、やがては体温も高まってくるであろう。

1) 岐阜大学教育学部保健体育講座 Department of physical education, Faculty of education, Gifu university

2) 中津川市坂本小学校

Nakatsugawa - city, Sakamoto elementary school

もし水泳運動によって筋温が高まり平常体温以上になれば、発汗を生じさせ体温を一定に保とうとしてくるだろう。このように水泳運動によって、筋は熱を発生させ、一方で皮膚表面から熱伝導によって水中に体温が奪われている。水泳運動中の産熱と放熱の関係はどのように平衡を保っているのだろうか。事実、水泳中には「汗をかいた」という実感はほとんどないが、水泳運動後に「のどの渇き」を覚えた経験はある。

以上のことから本研究の目的は、水泳運動時と陸上運動時の体温と発汗量の変化の関係を明らかにするとともに、またその時の体の形態の変化を明らかにすることである。

さて水泳運動時の心拍数は陸上運動時と比べてどのような変化を示すであろうか。このことに関してはHolmer<sup>2)</sup>の実験がある。同じ酸素摂取量の運動をした時の水泳運動時の心拍数とランニング運動時やサイクリング運動時の心拍数を測定し、水泳運動時の心拍数は他の陸上運動時心拍数よりも10~25拍/分低いことを報告している。その差の原因は、陸上運動時は立位姿勢であり、水泳運動時は伏臥位すなわち水平姿勢という体位の違いが関係しているという。水平姿勢は立位姿勢に比べ静脈還流量を多くさせ、引いては心拍出量を増大させている。このことが水泳運動時の心拍数は陸上運動時より少なくさせているという。このようなことから、本研究における運動強度の指標を心拍数とし、水泳運動では心拍数を120拍台、陸上運動では心拍数130拍台となるように運動の強度を調節した。つまり、身体に与える運動負荷量は水泳運動時も陸上運動時も同じとし、二種の水温と気温時で水泳運動と陸上運動を行ない、その時の体温や発汗量ならびに体格を測定し、比較を行なった。

## II. 研究方法

1. 被験者 被験者は7名の男子大学生を対象に測定を行なった。被験者の体格ならびにスポーツ種目は表1に示した。被験者TAの皮脂厚は15.0mm、IBMは18.04となり痩せ型に分類される。他の6名の被験者の肥瘦度は普通に分類された。被験者AKのみが野球部に所属しており、他の6名の水泳部員と異なっていた。

表1 被験者の体格とスポーツ種目

被験者	年齢 (歳)	身長 (cm)	体重 (kg)	皮脂厚(肩甲骨下部+上腕背部) (mm)	スポーツ種目
NK	22	173.2	73.13	28.0	水泳
AK	22	176.0	72.26	33.5	野球
TS	22	171.0	56.81	23.0	水泳
MT	20	166.1	57.54	19.0	水泳
TN	19	174.4	62.65	22.0	水泳
TA	19	171.6	53.13	15.0	水泳
TK	19	173.1	66.10	21.5	水泳

2. 運動負荷の形態と温度環境 運動負荷の形態は、プールで泳ぐ水泳運動とトレッドミル上を走る走運動の2形態とし、運動時間は60分とした。水泳運動時の水温は平均29.3℃(水泳I実験という)と平均24.8℃(水泳II実験という)の2種であった。陸上運動時の室温は平均27.5℃(陸上I実験という)と平均23.7℃(陸上II実験という)の2種であった。測定の期日や温度環境ならびに泳・走行距離は表2に示した。

3. 心拍数の測定 心拍数の測定は、胸部誘導によるテレメーター心電計でモニター(フクダ電子心電計)し、その時の心拍数を被験者に知らせた。被験者は今の心拍数を維持するよう、水泳運動お

表2 測定期日、温度、湿度及び泳・走距離  
(平均値±標準偏差)

実験日	水温 (°C)	室温 (°C)	室内湿度 (%)	泳・走行距離/60分 (m)
水泳Ⅰ実験 9月1, 2, 3日	29.3±0.5	28.5±0.4	67.5±9.1	1200 ~ 2300
水泳Ⅱ実験 9月9, 10, 11日	24.8±0.1	26.7±0.3	63.4±8.6	1560 ~ 2300
陸上Ⅰ実験 9月29, 30日, 10月1, 2日		27.5±2.1	57.2±5.3	5180 ~ 8200
陸上Ⅱ実験 10月5, 6, 8, 9日		23.7±0.6	56.7±4.8	6460 ~ 9730

よび陸上運動の強度を調節した。このように運動負荷強度の指標を心拍数とし、水泳運動は心拍数120拍/分台、陸上運動は心拍数130拍/分台を維持するように運動させた。

**4. 直腸温の測定** 電子温度計 (SATO, PC-6800) の温度センサー部を露出させながら外径6mm, 長さ30cmのビニール管を被せる改良を加え、直腸温を測定できるようにした。ビニール管にワセリンを塗り、肛門から約20cm直腸内に温度センサーを挿入した。温度センサーと温度計本体とは3mのリード線で結んだ。水泳運動中の温度の測定は、被験者に直腸温センサーを挿入したままでプールの端のコースを泳ぎ、検者が温度計本体を手で持ちプールサイドを移動して測定した。また、陸上運動時の直腸温は、温度センサーを直腸内に挿入したままトレッドミル上を走らせた。服装は水泳運動時、陸上運動時ともに上体が裸の水泳着姿であった。

**5. 発汗量の測定** 発汗量の測定は、電子台秤 (Mettler DH500K, 精度1g) を使用して体重を測定し、体重の減少量を発汗量と見なした。なお60分間の水泳運動中ならびに陸上運動中の水分の摂取は行なわなかった。また運動後の排尿および水分摂取は被験者の自由とした。

#### 6. 体形態の測定

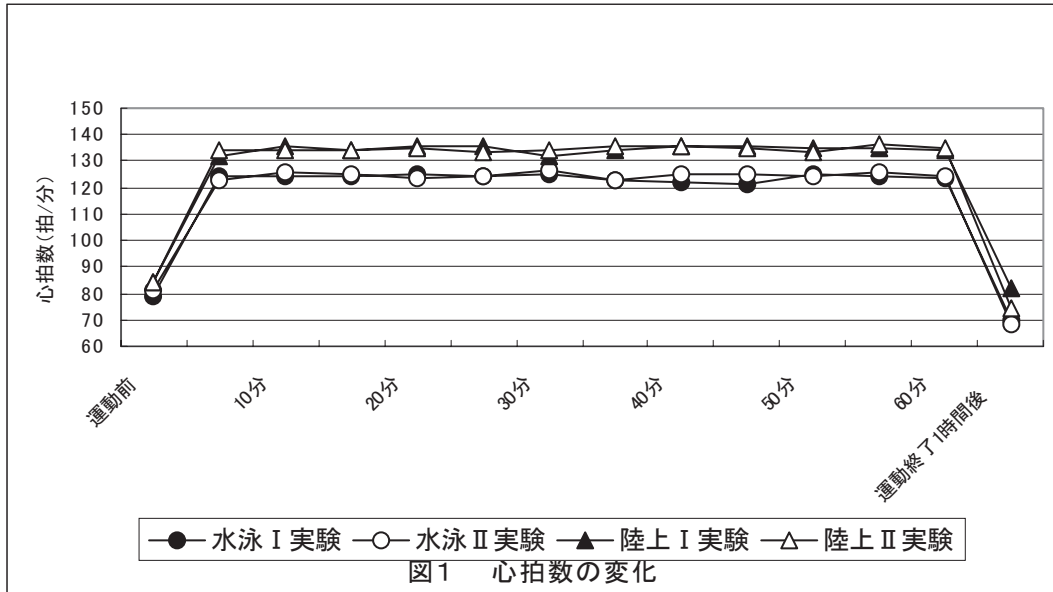
(1) 身長, 座高 長育である身長と座高は、それぞれ身長計および座高計で測定した。

(2) 胸囲, 上腕囲, 大腿囲 周径である胸囲, 上腕囲, 大腿囲は布製の巻尺を使用して測定した。なお周径の測定周囲は常に同じ径部となるよう、マジックインクで体に印しをつけて測定した。

**7. 運動負荷の方法** 被験者に心拍数測定のための電極を胸部に接着させ、水を通させないテープで固定し、直腸温のセンサーを直腸内に挿入させた状態で、運動前椅座位安静状態時の測定をした。続いて被験者はプール水中に入り泳法クロールにて泳運動を開始した。泳運動が30分を経過した時点で水からプールサイドに上がり、5分間の休息をとった。その後再び水に入り、後半の運動を30分間行なった。計60分間の水泳運動を終えた後、水から出て、運動終了1時間後の諸測定を行なった。陸上運動はトレッドミル上でジョギング走を行なった。ジョギング走は、運動前半の30分間を行い、5分間の休憩をはさんで後半30分間行なった。諸測定は運動前と運動終了時と運動終了1時間後の3回行った。運動負荷の強度は心拍数を指標にして、水泳運動は120拍/分台、陸上運動は130拍/分台の心拍数となるように調節した。

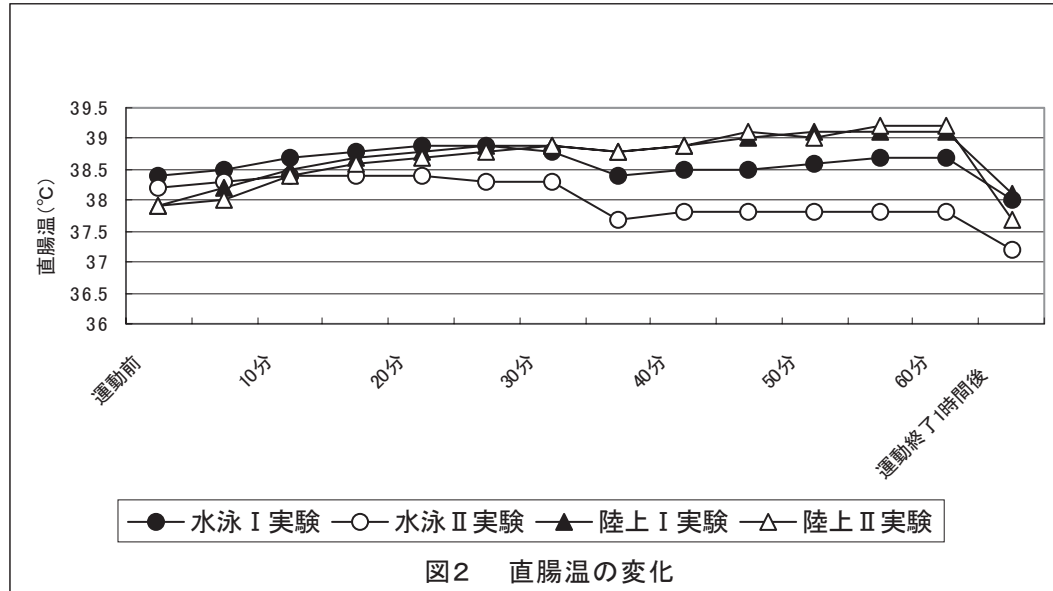
### III. 測定結果

**1. 心拍数の変化** 本研究における運動負荷強度の指標は心拍数に置いた。すなわち陸上運動の負



荷強度は心拍数130拍/分台を目指し、水泳運動においては心拍数120拍/分台を目指した。その結果、得られた心拍数は図1に示したようにほぼ目指した心拍数を得ることができた。

2. 直腸温の変化 運動中5分間隔で測定した直腸温の結果は、図2に示した。それに対し水泳運動の場合、水温が29度の時には体温が38.5℃以上であったが、水温が24度の場合の体温は運動前半38~38.5℃と低く、運動後半には37.5~38℃へとさらに低下した。



陸上 I 実験と陸上 II 実験の時の直腸温はほぼ同じ体温であった。とくに陸上運動の後半になって体温は39℃を超える高い体温となってきた。陸上運動時の気温が23度の場合と27度の場合ともに体温に違いは生じなかった。

また、運動終了時の体温は、陸上 I・II 実験ともに39.1と39.2℃の高い体温であったが、水泳 I 実験時は38.7℃と低くなり、水泳 II 実験時は37.8℃へとさらに低くなった。

3. 発汗量 (体重) の変化 発汗量 = (運動前の体重 - 運動終了後の体重又は運動終了1時間後の

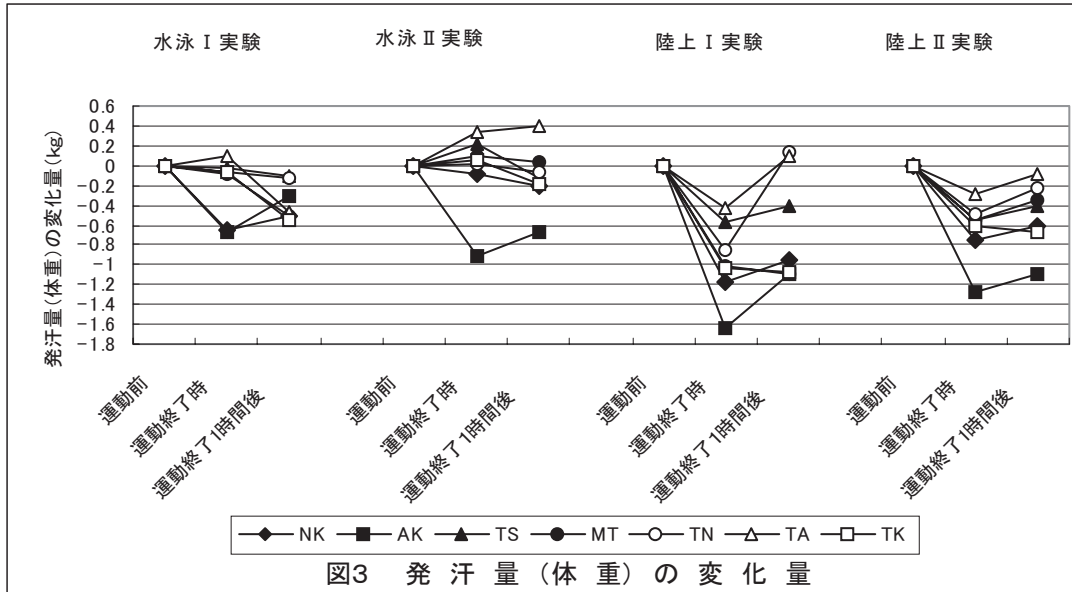


図3 発汗量(体重)の変化量

体重)とした。図3に、運動前発汗量に対する運動終了時と運動終了1時間後の変化量として表した。水泳 I 実験時の水温29℃の場合には、被験者TAを除く他の6名の被験者に発汗があり、最大の発汗量は600mlであった。水泳 II 実験時の水温24℃の時には、発汗が生じた者は2名、体重が増した者4名、不変者1名であった。陸上 I 実験時の発汗は7名の被験者全員にあり、その最大の発汗量は1600 ml, 最小の発汗量は400mlであった。

陸上 II 実験時においても被験者全員に発汗が生じ、最大1200ml, 最小300mlの発汗量であった。またこのように、陸上 I 実験時の発汗量は陸上 II 実験時よりも多かった。被験者AKはいずれの実験時においても最も多い発汗量であった。図3の陸上 I 実験で示されたように、大量の汗をかく者と比較的少ない者がおり、発汗量には個人差があることが示された。

また水泳 I 実験の水温29℃の場合と陸上 I 実験の気温27℃の場合の発汗量の変化から、水泳運動時の発汗量は少なく、陸上運動時の方が発汗量が多いことが分かった。

4. 身長の変化 運動前に対する運動終了時と運動終了1時間後の身長の変化量は、図4に示した。

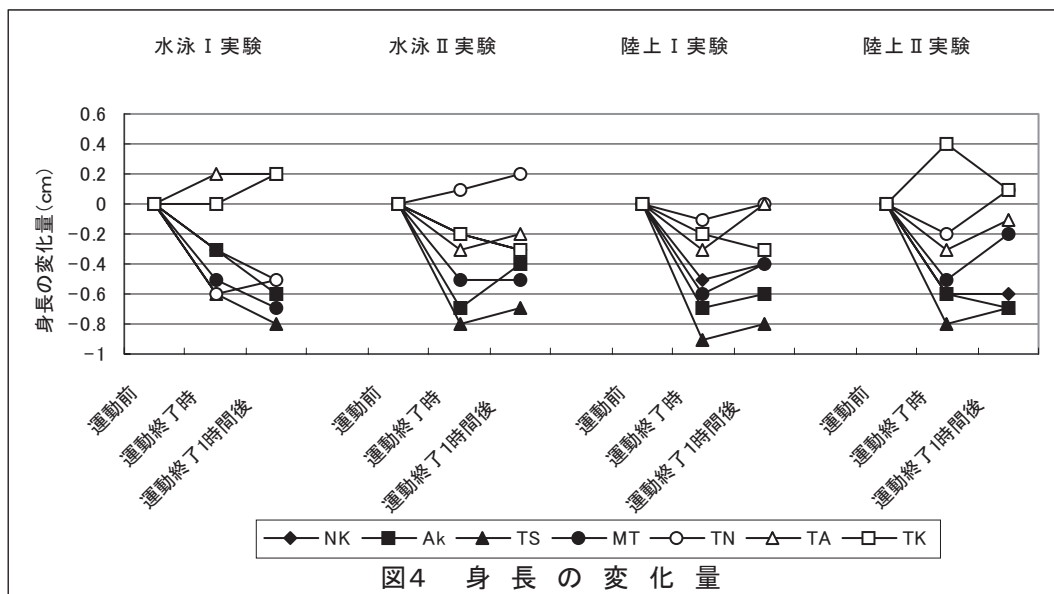


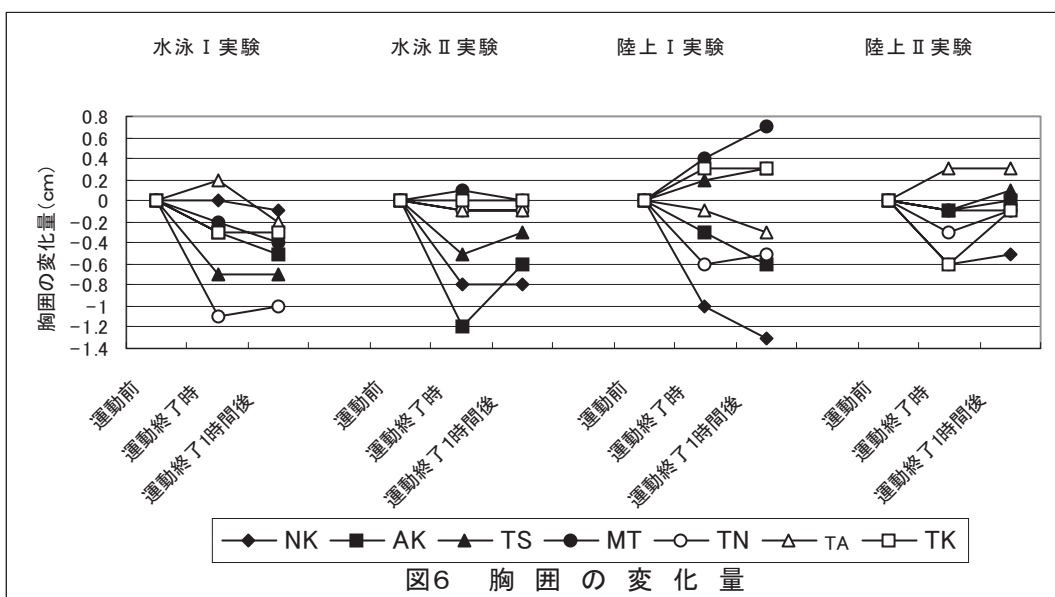
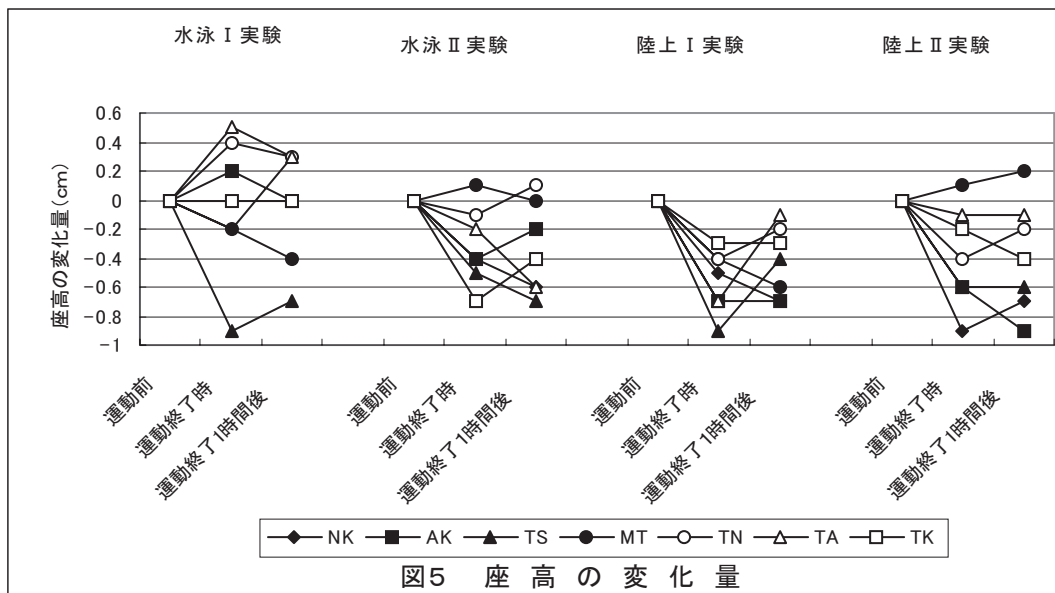
図4 身長の変化量

水泳 I 実験において身長は低下者5名, 増大者1名, 不変者1名であり, 身長はやや低下の傾向であった。水泳 II 実験における身長は低下者6名, 増大者1名であり, 身長は低下の傾向であった。水温ならびに気温の相違による身長の低下の度合いはどの実験においても同じような低下量であった。個人的にみると, 被験者TSとAKは身長の低下が大きく, 被験者TKとTNは身長の低下が小さい者のようである。

陸上 I 実験では運動終了後の身長は全員低下し, 最大9mm最小1mmの減少であった。陸上 II 実験において身長は低下者6名, 増大者1名あり, 身長は低下の傾向であった。

**5. 座高の変化** 運動前の座高に対する運動終了時と運動終了1時間後の座高の変化量は, 図5に示した。水泳 I 実験においては座高が低下した被験者は3名, 不変者1名, 増大者3名あり, 一定の傾向は見られなかった。水泳 II 実験において運動終了時の座高は, 低下者6名, 増大者1名であり, 座高は低下の傾向であった。

陸上 I 実験では被験者全員の座高は運動終了後に低下し, その後は回復して行く傾向であった。陸



上II実験においては被験者6名が運動後低下し、被験者1名が増大した。このように陸上運動時には座高は低下する傾向であるといえる。

水温が低い時の水泳II実験時と気温が低い時の陸上II実験時の座高の変化傾向は、被験者6名が低下し、被験者1名が増大したというようによく似た変化傾向であった。

**6. 胸囲の変化** 運動前の胸囲に対する運動終了時と運動終了1時間後の胸囲の変化量は、図6に示した。胸囲は水泳I実験と水泳II実験ともに被験者5名が減少下し、1名が不変、1名が増大した。このことから水泳運動後の胸囲は減少する傾向であり、かつ低下の量も1.1cm~1.2cmとほぼ同じ程度であった。

陸上II実験時においても胸囲は6名の被験者が減少したが、その減少量は水泳時に比べて約半分程度と少なかった。陸上I実験における胸囲の変化は、減少者4名、増大者3名であり、変化の方向に個人差があった。

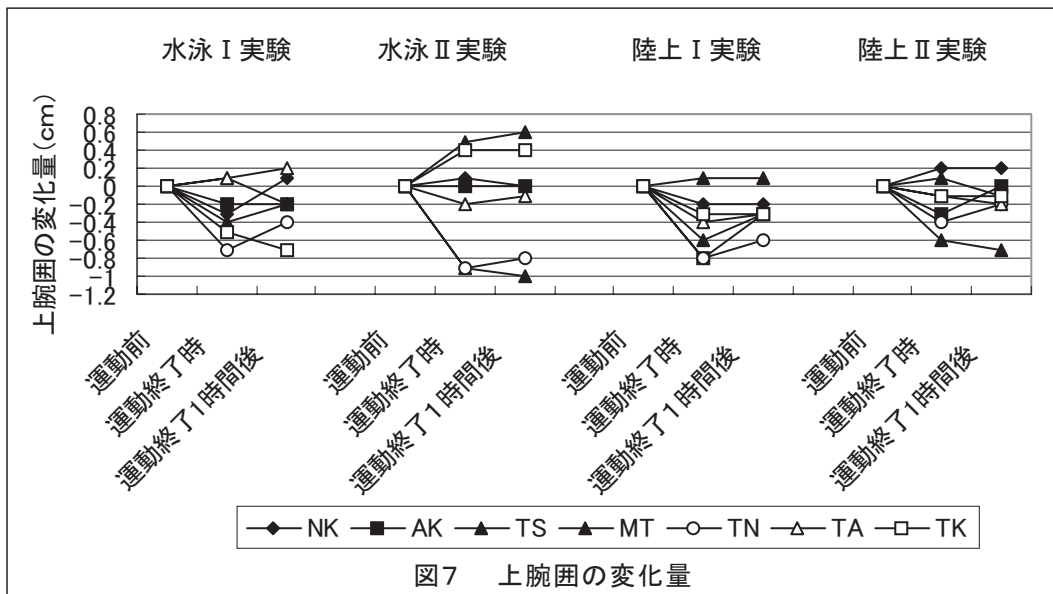


図7 上腕囲の変化量

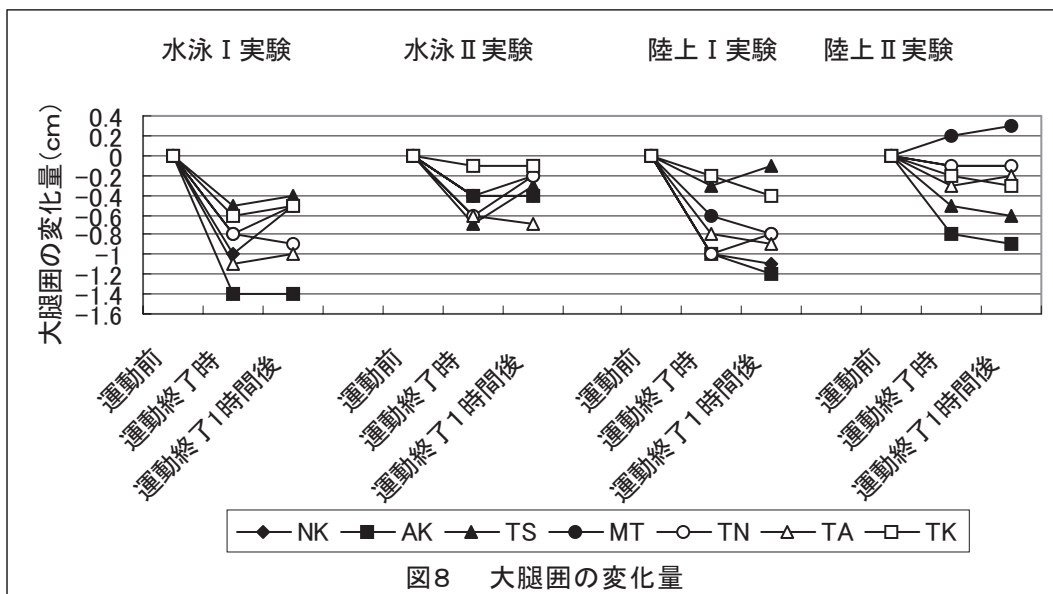


図8 大腿囲の変化量

7. **上腕囲の変化** 運動前の上腕囲に対する運動終了時と運動終了1時間後の上腕囲の変化量は、図7に示した。上腕囲は陸上I実験時においてのみ低下者が6名、増大者1名であったが、他の陸上II実験および水泳I・II実験時は増大者が2名おり、減少者の数が5名と少なかった。このように上腕囲に与える運動の影響は少ないといえよう。

8. **大腿囲の変化** 動前の大腿囲に対する運動終了時と運動終了1時間後の大腿囲の変化量は、図8に示した。大腿囲は水泳I・II実験時と陸上I実験時において被験者の全員が運動終了時に低下した。陸上II実験時の大腿囲に被験者1名のみが増大したが、6名は減少した。このようなことから、大腿囲は水泳運動時および陸上運動時ともに減少する傾向といえよう。大腿囲の減少程度は、水温の高い水泳I実験時と気温の高い陸上I実験時に大であり、水泳II実験時と陸上II実験時は減少程度が少なかった。

#### IV. 考 察

1. **水泳時の体温** 水泳時の体温に関するこれまでの先行研究で次のような多くの知見がある。すなわち、水温21.8℃以下では著しい直腸温の低下となること。その時にはエネルギーの消費量も大きくなること<sup>5)</sup>。これは体温喪失に対する発熱による防御反応であること<sup>1)</sup>。泳速0.50m/秒のゆっくりした泳ぎを20分間行い、痩せた人と太った人の食道温を測定したところ、痩せた人も太い人も全員水温18℃と26℃の時は食道温は下降したが水温33℃の時は上昇したこと。一方、泳速0.75m/秒の速い泳ぎをすると、水温18℃で痩せた人は食道温は低下したが、太った人の食道温は上昇したこと。水温が26℃と33℃では痩せた人も太った人も食道温は上昇したこと。このように水泳時の体温の変化は体脂肪量と関係があること<sup>4)</sup>などである。本実験における被験者の皮下脂肪量の指標として皮脂厚を表1に示した。被験者TAのみが皮脂厚15.0mm (IBM=18.04)であり、痩せに分類された。しかし他の6名はすべて普通に分類された。被験者TAの体温変化は他の被験者とほぼ同じ体温変化挙動をとっていたので、特別な区分けはしなかった。

2. **水泳時の直腸温と発汗** 水泳I実験時(水温29.3℃)の運動前時の直腸温は38.4℃であったのに対し、運動終了後には38.7℃であり0.3℃高くなっていた。運動終了後には被験者6名に発汗が生じ、最大700ml/時間の発汗があった。このように運動終了後の直腸温が運動前直腸温に比べ0.3℃上昇していたことが発汗を生じさせた原因であろう。一方、水温24.8℃の時にはほとんどの被験者に発汗は生じなかった。水泳II実験時(水温24.8℃)時の運動終了後直腸温は37.8℃であり、運動前直腸温38.2℃より下がっていた。このようなことから水泳II実験時には発汗を生じさせなかったであろう。

3. **運動による長育(身長と座高)の低下について** 1996年渡邊ら<sup>6)</sup>は身長、座高と体重は、朝に高く夜に低くなる日変動をしたことを報告し、また2005年渡邊ら<sup>8)</sup>はフルマラソンによって身長、座高、体重、胸囲、前腕囲、大腿囲、下腿囲は減少したと報告している。本実験における結果は、陸上I実験および陸上II実験ともに、長育である身長と座高は低下した結果が得られた。これは陸上運動によって発汗が生じ、それが骨組織とくに軟骨組織の水分を喪失させ、骨組織の萎縮を生じさせているのではないか。また陸上運動によって脚が着地する時に脊柱が下方へ衝撃を受け、特に軟骨組織が下方から圧迫されその結果として身長や座高が短縮したことが考えられる。一方、水泳II実験においては身長と座高は低下したが、水泳I実験時において身長、座高は必ずしも短縮する結果ではなかった。この時の水泳I実験時は発汗があったが、水泳II実験時には発汗は生じなかった。以上のことか



ら、水泳Ⅱ実験時の長育低下の原因を発汗量に求めることができず、また水泳運動によって脊柱の圧迫衝撃は受けないので、陸上運動時のような因果関係を求めることはできない。水温24℃時の水泳運動が長育に与える影響の原因については、今後の検討課題である。

4. 運動による周径の低下について 水泳Ⅰ・Ⅱ実験、陸上Ⅰ・Ⅱ実験の4実験すべてに共通して周径が低下した項目は、大腿囲のみであった。胸囲と上腕囲については、必ずしも運動によって低下するとは言えなかった。大腿囲、胸囲、上腕囲のうち筋肉量が最も多いのは大腿部である。運動によって発汗が生じ、それによって大腿筋組織に水分喪失が生じ、その筋組織量を周径として計量した時に周径減少という明瞭な数字として計り得たのであろう。

## V. 要 約

本研究の目的は、水泳運動時と陸上運動時の発汗量と体形態の変化を明らかにすることであった。被験者は、男子大学生7名であり、その内訳は水泳部員6名とサッカー部員1名であった。運動負荷の形態は、プールで泳ぐ水泳運動とトレッドミルによる陸上走運動であった。水泳運動時の水温は、29.3℃（水泳Ⅰ実験）と24.8℃（水泳Ⅱ実験）であった。陸上運動時の気温は、27.5℃（陸上Ⅰ実験）と23.7℃（陸上Ⅱ実験）であった。運動強度は心拍数で表し、水泳運動時は120拍/分台を陸上運動時は130拍/分台を維持するように調節した。運動時間はそれぞれ60分間であった。体温は直腸温を測定した。発汗量は、運動前後の体重差で表した。体形態は、身長、座高、胸囲、上腕囲、大腿囲を測定した。

本実験で得られた結果を要約すると、次のとおりである。

- 1) 水泳Ⅰ実験時の直腸温は38.5℃以上であった。水泳Ⅱ実験時の直腸温は水泳運動の後半になると37.5～38℃へと低下した。
- 2) 陸上Ⅰ実験時の直腸温は陸上Ⅱ実験時ともほぼ同じ温度変化をたどり、陸上運動の後半になると39℃を超える高体温となった。
- 3) 水泳Ⅰ実験時の発汗は7名中6名に生じた。この6名の最大発汗量は600mlであった。水泳Ⅱ実験時には、発汗が生じた者は2名、発汗が生じなかった者は5名であった。このように水温が高い時に水泳運動を行なうと発汗は生じ、水温が低い時の水泳運動は発汗を生じさせない。
- 4) 陸上Ⅰ実験時の発汗量は最大1600ml、最小400mlであった。陸上Ⅱ実験時の発汗量は最大1200ml、最小300mlであった。
- 5) 運動によって生じた発汗量は個人差があった。
- 6) 水泳Ⅰ実験時の身長は7名中5名が低下し、最大-0.6cmであった。水泳Ⅱ実験時の身長は7名中6名が低下し、最大-0.8cmであった。
- 7) 陸上運動によって身長は低下した。身長低下量は最大-0.9cmであった。
- 8) 水泳Ⅰ実験時の座高は、低下した者は3名だけであった。水泳Ⅱ実験時の座高は7名中6名が低下し、最大-0.7cmの低下であった。
- 9) 陸上Ⅰ実験時の座高は7名全員が低下した。また陸上Ⅱ実験時の座高においても7名中6名が低下した。陸上運動時の座高の最大低下量は-0.9cmであった。
- 10) 水泳Ⅰ・Ⅱ実験時ともに胸囲は7名中5名が低下し、最大の低下量は-1.2cmであった。陸上Ⅰ実験時の胸囲は7名中4名の低下者数であった。陸上Ⅱ実験時の胸囲は7名中6名が低下し、最大の低下量は-0.6cmであった。
- 11) 水泳Ⅰ実験時の上腕囲は7名中5名が低下し、最大低下量は-0.7cmであった。水泳Ⅱ実験時の上腕囲は7名中3名の低下者であった。

- 12) 陸上 I 実験時の上腕囲は7名中6名が低下し、最大の低下量は $-0.8\text{cm}$ であった。陸上 II 実験時の上腕囲は7名中5名の低下者であった。
- 13) 水泳 I 実験時の大腿囲は7名全員が低下し、最大の低下量は $-1.4\text{cm}$ であった。水泳 II 実験時においても大腿囲は7名全員が低下した。
- 14) 陸上 I 実験時の大腿囲は7名全員が低下し、最大の低下量は $-1.0\text{cm}$ であった。陸上 II 実験時の大腿囲は7名中6名が低下し、最大の低下量は $-0.8\text{cm}$ であった。

## 文 献

- 1) Craig A.B. and Dvorak M. (1968): Thermal regulation of man exercising during water immersion, J. Appl. Physiol., 25(1),28-35.
- 2) Holmer I. (1972): Oxygen uptake during swimming in man. J.Appl. Physiol., 33(4), 502-509.
- 3) 宮下充正, 武藤芳照 (1983) : 水泳療法の理論と実際, 6-7, 金原出版.
- 4) Nadel E.R., Holmer I., Bergh U., Astrand P.-O., Stolwijk J.A.J. (1974): Energy exchanges of swimming man, J.Appl.Physiol., 36(4),465-471.
- 5) Pugh L.G.C., Edhokm O.G., Oxfd M.A.,B.M., Lond B.Sc.,M.B. (1955): The physiology of channel swimmers, The Lancet 269(6893), 761-769.
- 6) 渡邊義行, 久世早苗 (1996) : からだの形態の日変動, 岐阜大学教育学部研究報告 (自然科学), 20 (2), 81-91.
- 7) 渡邊義行 (2004) : 学校水泳の安全・衛生管理と指導の実際Q&A, 49, 黎明書房.
- 8) 渡邊義行, 久世早苗 (2005) : マラソンが体格に与える影響, 岐阜大学教育学部研究報告 (自然科学), 30 (1), 頁.