

# ウォーミングアップが運動時の 生体機能に及ぼす影響について

豊橋技術科学大学 安田好文  
(共同研究者) 中京女子大学 油座信男  
静岡大学 伊藤宏

## **Effects of Warming-up on Physiological Responses to Maximal Treadmill Exercise**

by

Yoshifumi Yasuda

*Toyohashi University of Technology*

Nobuo Yuza

*Chukyo Women's University*

Hiroshi Ito

*Shizuoka University*

### **ABSTRACT**

The purpose of this study was to investigate the actual condition of warming-up in athletic events and to clarify the effects of warming-up in supermaximal treadmill exercise on performance and physiological parameters.

1. From the questionnaire, it was found that most of the athletes usually practiced warming-up exercise before the athletic game for 40—90 minutes. The contents of warming-up were jogging, stretching, gymnastics, wind sprint and dash, whereas combinations were varied among athletes. The main purpose of their warming-up was to improve their suppleness and/or circulo-respiratory function.

2. The intensity of warming-up exercise ranged from 30% to 70% of their maximum oxygen uptake: intensity of jogging or wind sprint were

higher (about 70%  $\dot{V}O_2$  max) as compared with stretching or gymnastics (about 30%  $\dot{V}O_2$  max). The raise of rectal temperature by warming-up was 0.9 and 1.0°C for subject M and S, respectively.

3. Although rectal temperature and performance (13—33%) were increased by warming-up, but ventilation, oxygen uptake and blood lactate concentration were not different during and after supermaximal exercise with and without warming-up.

From these results, it is suggested that performance will be improved by warming-up.

## 要 旨

あらゆるスポーツ活動の場において、ウォーミングアップが行なわれているが、その実態や効果については、これまであまり明らかにされていない。そこで本研究では、陸上競技のウォーミングアップの実態を調査するとともに、これらのウォーミングアップが短時間の最大作業に及ぼす影響について検討をした。結果については、およそ次のようである。

1) 陸上競技選手は、試合の前に40～90分のウォーミングアップを行なうのが常である。その内容は、ジョギング、体操、ストレッチング、快調走、ダッシュなどである。彼らは、具体的には、柔軟性を高めることや呼吸・循環機能を高める目的でウォーミングアップを行なっている。

2) ウォーミングアップにより、結果的に直腸温の0.9～1.0°Cの上昇が認められた。彼らのウォーミングアップ中の作業強度は、 $\dot{V}O_2$  maxのおよそ30～70%の範囲であり、ジョギングや快調走では約70%、体操やストレッチング中はおよそ30%であることが観察された。

3) ウォーミングアップによって、作業成績は向上したが、作業中および作業後における換気量、酸素摂取量、血中乳酸量などには、ウォーミングアップを行なった場合と行なわなかった場合

の大きな差は認められなかった。

## 緒 言

あらゆるスポーツ活動の場において、準備運動やウォーミングアップと呼ばれる一連の身体活動（以下、これをウォーミングアップとよぶ）が行なわれている。このウォーミングアップは、作業成績を高めるためだけでなく、障害の防止や作業後の回復を促進させるためなどの目的のために行なわれている。しかしその内容については、スポーツ種目により、また、その日の環境条件や身体コンディションにより異なるため、その内容を正確に把握することは極めて難しい。そのためか、このウォーミングアップの実態については、これまであまり明らかにされてはおらず、その実態について調査する必要があると考えられる。

一方、ウォーミングアップの効果に関する研究は古く、その内容は、ウォーミングアップの有無による作業成績への影響、または最大および最大下作業時の呼吸、循環機能や代謝機能への影響から検討されている。しかしこれまで、ウォーミングアップの効果については必ずしも一致した見解は得られていない<sup>1,3-8,12-14</sup>。

そこで本研究では、各種スポーツの中でもウォーミングアップが重視されている陸上競技のウォーミングアップに着目し、その実態を知るととも

に、これらウォーミングアップが、20秒から3分程度の比較的短時間の最大作業時の呼吸や循環機

能、さらには代謝機能に及ぼす影響について検討しようとした。

表1 Physical Characteristics of Subjects

Subjects	Age (yrs)	Height (cm)	Weight (kg)	Main Event	Best Time	$\dot{V}O_2\text{max}$ (l)	$\dot{V}O_2\text{max}/W$ (ml/kg·min)
M	19	168.5	65.0	200m 400m	23''5 52''8	3.793	58.3
S	19	181.3	65.0	800m 1,500m	2'02'' 4'18''	4.533	69.7
T	20	171.9	65.0	100m 200m	11''5 23''0	—	—
Y	34	170.5	64.0	100m	12''3	—	—

## 方 法

研究の内容は、次の3点に大別される。

### 1. アンケートによるウォーミングアップの実態調査

大学および一般に属する男子陸上競技者で、トラック種目を専門とする者を対象にして、ウォーミングアップに関する実態調査を実施した。調査期間は1982年8月から10月までとし、結果は、短距離専門群と中長距離専門群に分けて集計を行なった。

### 2. ウォーミングアップに関する実験 (実験I)

被検者は、表1に示したMおよびSの2名である。

実験は、400mトラックを用い、競技会を想定したウォーミングアップを行なわせ、その間の心拍数の変化と、ウォーミングアップ前後の直腸温の変化を測定した。心拍数は、ハートチェッカー(セノー)を用い、テレメータ方式により連続的に記録した。直腸温の測定には、サーミスターを用い、肛門よりほぼ12cmの深さで測定した。

さらに、ウォーミングアップ中の相対的作業強度( $\% \dot{V}O_2\text{max}$ )を求めるために、トレッドミルを用いて漸増負荷法によるオールアウト走を行な

わせ、最大酸素摂取量( $\dot{V}O_2\text{max}$ )および心拍数と酸素摂取量との関係を求めた。

### 3. ウォーミングアップの効果に関する実験 (実験II)

#### (そのI)

被検者MおよびSに対し、競技会を想定したウォーミングアップを行なわせた場合と、1~2分程度の軽い体操を行なわせた場合(これをノーウォーミングアップとした)に、それぞれ約60秒、3分でオールアウトに至る作業を行なわせた。そして作業中および作業後20分間の心拍数、換気量、酸素摂取量と直腸温の変化を連続的に測定した。換気量および酸素摂取量の測定は、連続記録呼吸気量計CR-50(フクダ産業)および呼気ガスモニター1H21(三栄測機)にて行なった。

被検者の服装は、パンツのみを着用した服装とし、実験条件は、温度26~28°C、湿度60~70%であった。

#### (そのII)

被検者TおよびYに対し、ウォーミングアップ時とノーウォーミングアップ時に、トレッドミル(速度360m/min、傾斜:5°)を用いて約20秒~30秒でオールアウトに至る作業を行なわせた。そして作業中および作業後20分間の心拍数、直腸温の変化を連続的に記録した。また換気量と酸素摂

取量は、ダグラスバッグ法により、作業終了後0～1分、2～3分、4～5分、8～10分、12～15分、16～20分に測定した。また血中乳酸量は、ウォーミングアップ前後および作業終了後3分、5分、7分、10分、20分に前肘窩静脈より採集した血液を、酵素法にて測定した。実験条件は、温度26°C、湿度約50%であった。

結 果

1. アンケート調査の結果

アンケートの質問内容とその結果については、表2に示した。

対象人員は、大学生96名、一般8名の計104名であり、その内訳は、短距離56名、中距離18名、長距離30名であった。これら104名の陸上競技歴

表2 アンケート調査の内容とその結果

陸上競技（トラック種目）のウォーミングアップに関するアンケート調査

このアンケートにおけるウォーミングアップとは、一発決勝（1日に1レースだけ）気温普通、天候晴を想定した場合のウォーミングアップと考えて、質問に答えて下さい。

<質 問>

1. ウォーミングアップは、何のために行なうと考えていますか。（該当するもの全部に○をつけて下さい）
  - イ. 記録をよくするため。
  - ロ. 怪我をしないため。
  - ハ. レース後（走った後）の回復が速いため。
  - ニ. 疲れ（主に筋肉痛等）を残さないため。
  - ホ. その他。
  - ヘ. よく分からない。
2. ウォーミングアップにどれくらい時間を使いますか。
  - イ. 5～15分
  - ロ. 15～30分
  - ハ. 30～40分
  - ニ. 40～60分
  - ホ. 60～90分
  - ヘ. 90～120分
  - ト. 120分以上
3. ウォーミングアップはレース何分前に完了しますか。

<解 答>

	短 距 離	中・長距離
イ	42	45
ロ	41	36
ハ	7	2
ニ	6	9
ホ	9	2
ヘ	0	0

	短 距 離	中・長距離
イ	1	0
ロ	2	2
ハ	4	2
ニ	20	28
ホ	24	13
ヘ	5	3
ト	0	0

	短 距 離	中・長距離		短 距 離	中・長距離
0～5分	0	2	25～30分	19	4
5～10分	1	4	30～40分	1	0
10～15分	9	10	40～50分	1	4
15～20分	17	19	50～60分	5	4
20～25分	3	1			

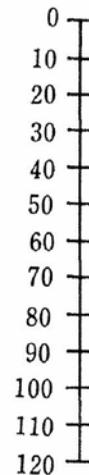
4. ウォーミングアップ完了からレースまでどのようにしていますか。
- イ. 体温を下げないように温かくして横になっている。
  - ロ. 座っている。
  - ハ. 軽いマッサージをしてもらう。
  - ニ. 軽く動いている。
  - ホ. その他。

	短 距 離	中・長距離
イ	6	2
ロ	5	2
ハ	6	2
ニ	50	43
ホ	0	0

5. ウォーミングアップの内容を時間と共に具体的に書いて下さい。

具体例

- 0'— } ウォーキング, ジョッキング
- 10'— } ストレッチング
- 20'— } ストレッチング
- 30'— } 快調走 120m×8
- 40'— } ダッシュ 30m×6
- 50'— } ジョッキング, 体操
- 60'— }



また主にどの身体部位を動かしますか。  
(右の中から三つ選んで下さい)

- イ. アキレス腱      ロ. 下腿筋群      ハ. 膝関節
- ニ. 股関節          ホ. 背腹筋群      ヘ. 肩・首
- ト. 上肢筋群

	短 距 離	中・長距離		短 距 離	中・長距離
イ	32	38	ホ	8	4
ロ	37	30	ヘ	5	2
ハ	23	32	ト	7	4
ニ	42	23			

6. あなたは、質問5で記入したウォーミングアップの内容をどうしましたか。

- イ. 自分で考えて作った(経験を生かして)。
- ロ. 先輩, 同輩から教えてもらった。
- ハ. 先生, コーチから教えてもらった。
- ニ. 本を読んで。
- ホ. その他。

	短 距 離	中・長距離
イ	49	44
ロ	6	1
ハ	1	2
ニ	0	1
ホ	0	0

7. ウォーミングアップでは、特に何に気をつけて行なっていますか。  
(注意を払っている順に、番号で記入して下さい)

- ( ) 体温を上げるため。(イ)
- ( ) 全身の柔軟性を高めるため。(ロ)
- ( ) 呼吸, 循環系の適応能力を高めるため。(ハ)
- ( ) 敏しょうで力強い動きを出すため(ニ)  
(神経, 筋機能を高めるため)。
- ( ) 緊張感を高めるため(気力の充実)。(ト)
- ( ) 技術(スタート)やフォームの見直しのため。(ヘ)
- ( ) その他。(ト)

	短 距 離	中・長距離
イ	10	4
ロ	23	10
ハ	8	28
ニ	11	4
ホ	2	2
ヘ	1	0
ト	0	0



11. あなたは、その日の気温によってウォーミングアップの内容を変えますか。

イ. 変えない。

ロ. 変える。

寒い時:

暑い時:

	短 距 離	中・長距離
イ	5	7
ロ	50	40

12. あなたはウォーミングアップにより、体温がどの程度上昇すると考えますか。

イ. 変化しない。

ロ. 約 0.3°C くらい上がる。

ハ. 約 0.6°C くらい上がる。

ニ. 約 1°C くらい上がる。

ホ. それ以上, 上がる。

	短 距 離	中・長距離
イ	2	0
ロ	16	19
ハ	17	14
ニ	12	12
ホ	7	11

は、1, 2 年から10年以上の広範囲に分布したが、その75%は4年から10年の範囲であった。質

問5の結果については、個人によりその時間、内容とも異なるため割愛した。また各質問に対し、

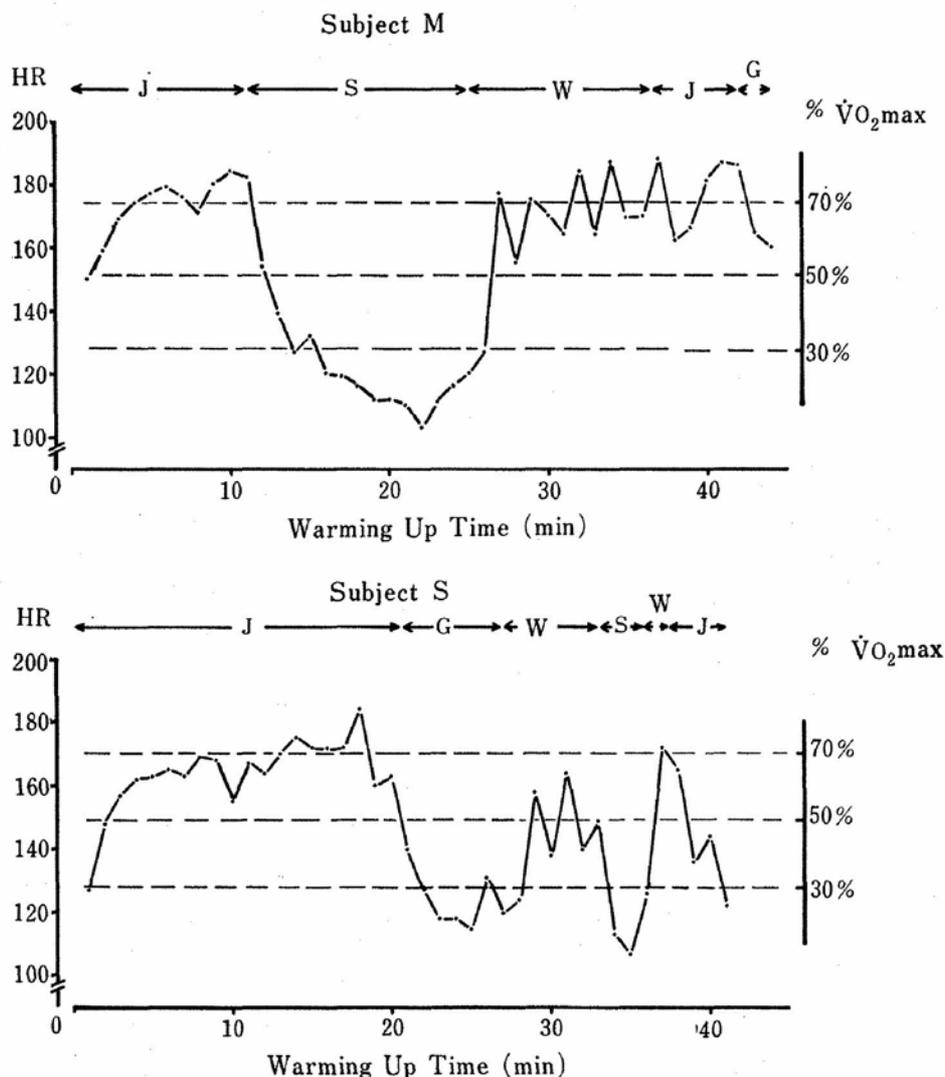


図1 The changes in heart rate during warming-up

短距離群と中長距離群との間の有意差検定を行なったが、わずかに質問7において両群間に1%水準で統計的に有意の差が認められた。

## 2. 実験Ⅰの結果

図1は、被検者M, Sのウォーミングアップ中の心拍数とその内容について示したものである。

短距離が専門の被検者Mは、ジョギング(10分)、ストレッチング(15分)、快調走として150m×5本(12分)そしてジョギングといった内容で、総所用時間は44分であった。そして、ウォーミングアップ中の心拍数の最高は188拍/分、最低は103拍/分、44分間の平均は155拍/分であった。またウォーミングアップによる直腸温の上昇は1°C(37.7→38.7°C)であった。

一方、中距離が専門の被検者Sは、ジョギング(20分)、体操(6分)、快調走として150m×3本、そして柔軟体操の後400mをペースを上げて走り、さらにジョギングといった組み合わせで、所用時間は41分であった。ウォーミングアップ中の心拍数の最高は184拍/分、最低は107拍/分、さらに平均は149拍/分であった。また、ウォーミングアップによる体温の上昇は0.9°C(37.4→38.3°C)であった。

さらに、トレッドミルを使ったオールアウト走により、最大酸素摂取量および心拍数-酸素摂取量の関係式を求めたが、被検者2人の最大酸素摂取量は表1に示したとおりである。また、心拍数と酸素摂取量との間にはそれぞれ  $r=0.99$

( $p<0.01$ )の高い相関が認められたことから、心拍数から作業強度(%  $\dot{V}O_2 \text{ max}$ )を算出した。図1に示した3本の横線は、それぞれ最大酸素摂取量の30%, 50%, 70%を示したものである。

この結果から、ジョギングや快調走中には、最大酸素摂取量のほぼ70%またはそれ以上の強度を示すが、ストレッチングや体操中の作業強度は、最大酸素摂取量の約30%であった。

## 3. 実験Ⅱの結果

表3は、各被検者の作業条件とウォーミングアップ時、ノーウォーミングアップ時のオールアウト走時間を示したものである。

また図2および図3は、被検者MとSの作業中と作業後20分間の心拍数、酸素摂取量および直腸温の変化を示したものである。

心拍数は、両被検者とも作業中、作業後を通してウォーミングアップを行なった方が10~20拍高い傾向を示した。しかし、酸素摂取量にはウォーミングアップによる差は認められなかった。二人の被検者の作業中に得られた最高の酸素摂取量は、実験Ⅰにおいて測定した最大酸素摂取量の約72%(被検者M)、約98%(被検者S)であった。直腸温については、ウォーミングアップにより0.6~0.7°Cの上昇が認められたが、作業後の体温の下降は、ウォーミングアップを行なった方が速い傾向にあった。また呼吸商(RQ)は、作業中においては、両条件間に大きな差は認められなかったが、作業後はウォーミングアップを行なわ

表3 The experimental condition of Treadmill and exhaustion time with W-up and No W-up at each subject

Subjects	Treadmill		Exhaustion Time		Increment (%)
	Grade (°)	Speed (m/min)	No W-up	W-up	
M	5	320	55"	62"	113
S	5	240	2'39"	3'25"	129
T	5	360	24"	32"	133
Y	5	360	18"	23"	128

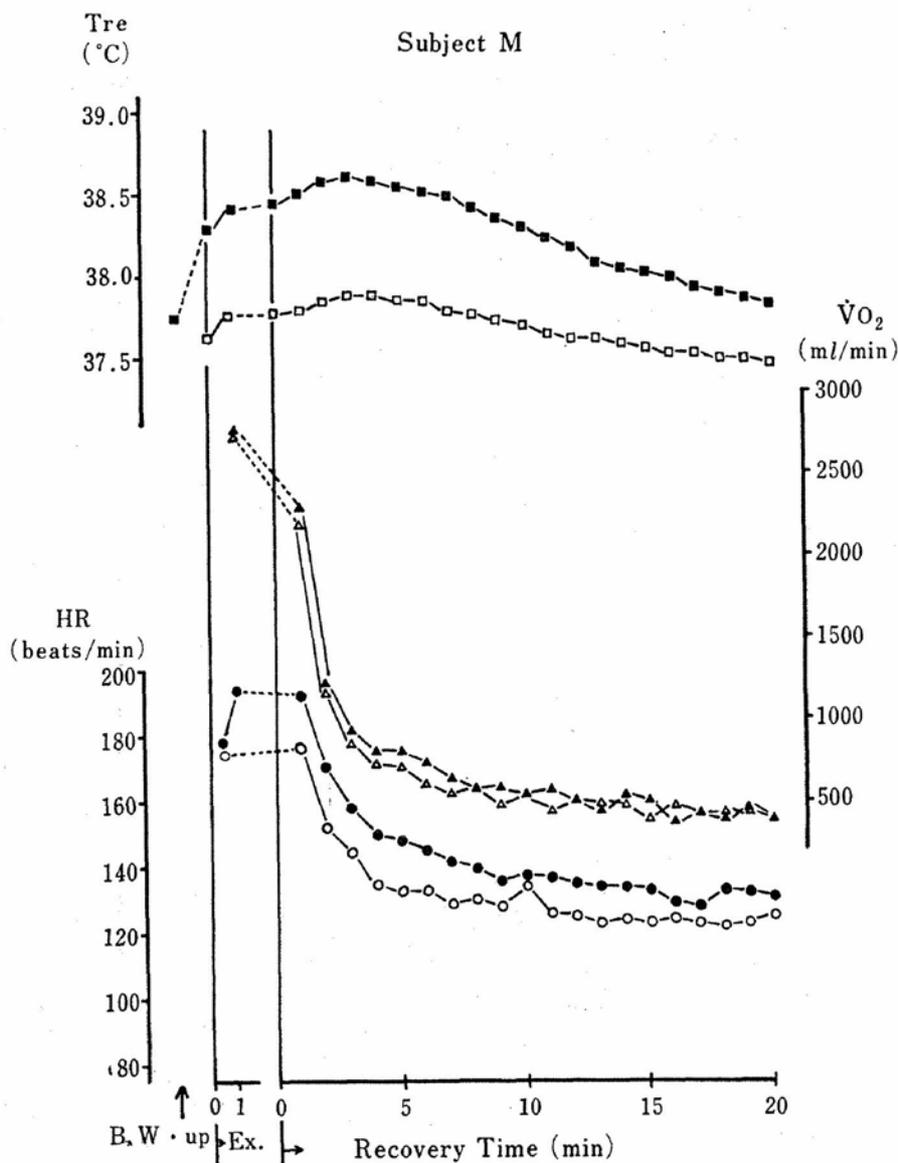


図2 The changes in heart rate (HR), oxygen uptake ( $\dot{V}O_2$ ) and rectal temperature (Tre) during and after supermaximal exercise with and without warming-up in the case subject M.

なかった方が高い傾向にあった。

表4および表5は、被検者TとYにおける20～30秒のオールアウト走時の作業後の換気量、酸素摂取量、呼吸商および血中乳酸量を示したものである。換気量、酸素摂取量とも、作業後5分ぐらいまでは、ウォーミングアップを行なった場合の方がわずかに高い傾向を示したが、時間の経過とともにその差も減少する傾向を示した。呼吸商は、両被検者とも作業後2～3分の間に最高値を示したが、全体にウォーミングアップを行なわな

かった方が高い傾向を示した。また、両被検者のウォーミングによる直腸温の上昇は0.9～1.0°Cであった。さらに作業後の血中乳酸量は、被検者Tではウォーミングアップを行なった方が高いのに比べ、被検者Yでは両条件間に大きな差は認められなかった。

### 考 察

本研究でのアンケートの結果から、陸上競技のトラック種目を専門とする者は、全員が試合前に

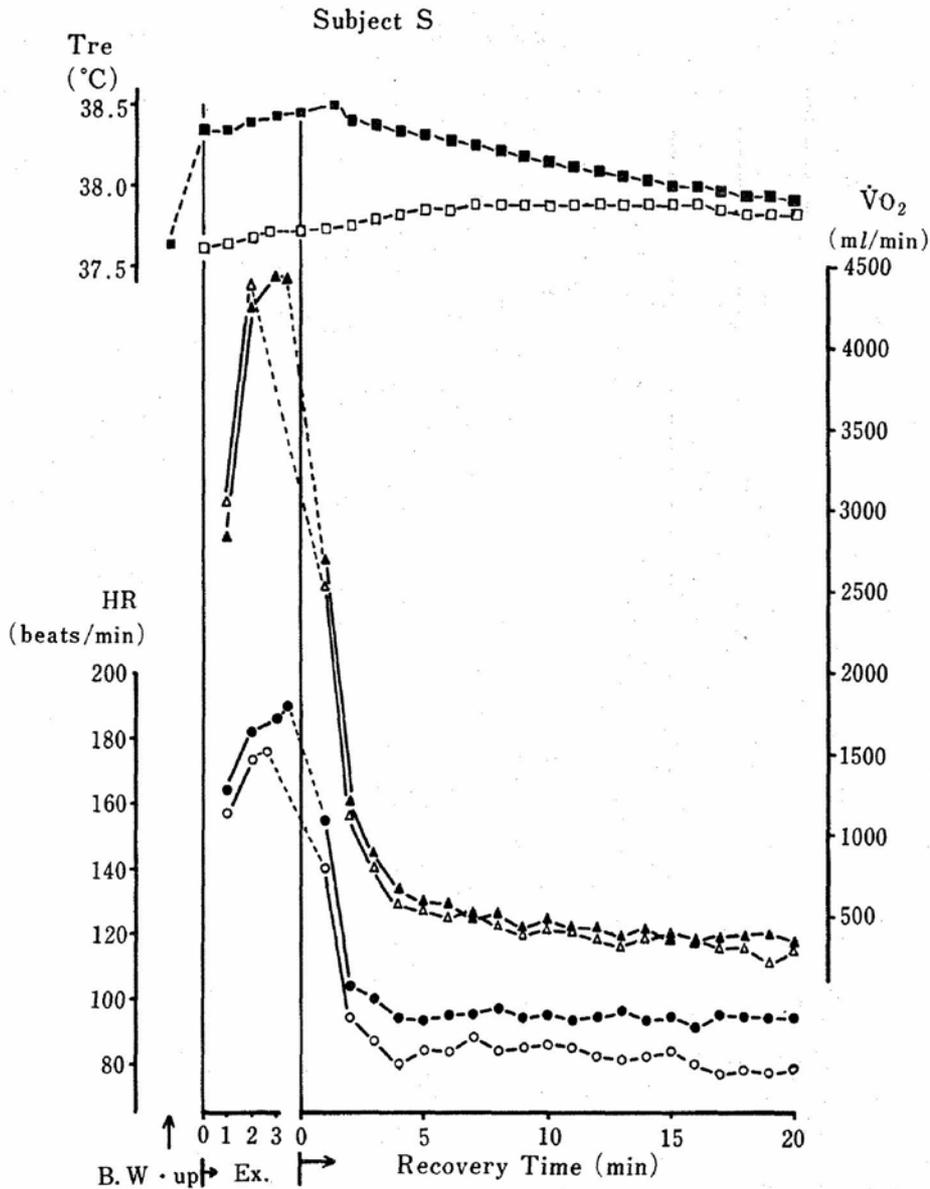


図3 The changes in heart rate (HR), oxygen uptake ( $\dot{V}O_2$ ) and rectal temperature (Tre) during and after supermaximal exercise with and without warming-up in the case subject S.

ウォーミングアップを行なっていること、そしてその時間はおよそ40~90分であり、試合の開始時間の約10~30分前に終了していることが明らかにされた。

このウォーミングアップの時間は、猪飼ら<sup>9)</sup>の報告に比べて、若干長めと考えられる。そしてその内容は、ジョギング、柔軟体操やストレッチング、快調走、ダッシュなどであったが、その時間の配分は個人によりかなり異なるものであった。しかし全体の傾向として、短距離選手ではストレ

ッチングや快調走に比較的時間を多く費しているのに比べて、中長距離選手はジョギングに多くの時間をかけていることが認められた。

またウォーミングアップの作業強度も、中長距離選手が軽い作業が中心なのに比べて、短距離選手では中程度の強度の作業を行なっている。本実験Iの結果においても、中距離が専門のSの方がジョギング時間が長かったこと、相対的な作業強度がMに比べ若干低めであった。これらの結果は、先のアンケートの結果を裏付けるものと言え

表4 The changes in  $\dot{V}_E$ ,  $\dot{V}O_2$  and RQ during recovery time after supermaximal exercise with (W-up) and without warming-up (No W-up)

Subjects	Parameter	Condition	Recovery Time (min)					
			0—1	2—3	4—5	8—10	12—15	16—20
T	$\dot{V}_E$ (BTPS)	No W-up	81.54	50.78	39.76	27.69	19.94	16.91
		W-up	95.32	61.83	49.17	30.45	24.58	21.48
	$\dot{V}O_2$ (STPD)	No W-up	2198	829	638	494	417	410
		W-up	2363	942	717	517	468	476
	RQ	No W-up	1.44	1.85	1.60	1.15	0.95	0.81
		W-up	1.52	1.80	1.50	1.11	0.97	0.84
Y	$\dot{V}_E$ (BTPS)	No W-up	97.47	68.68	36.00	23.17	18.85	18.46
		W-up	123.45	78.05	50.64	27.42	21.23	18.65
	$\dot{V}O_2$ (STPD)	No W-up	2156	716	493	421	375	419
		W-up	2322	838	621	477	415	376
	RQ	No W-up	1.39	2.30	1.57	1.08	0.88	0.84
		W-up	1.51	2.03	1.50	0.99	0.83	0.76

$\dot{V}_E$  : Ventilation (l/min)     $\dot{V}O_2$  : oxygen uptake (ml/min)    RQ : Respiratory Quotient

表5 The blood lactate concentration after supermaximal exercise with and without warming-up (unit : mmol/l)

Subjects	Condition	Before W-up	Before Exercise	Recovery Time (min)				
				3	5	7	10	20
T	No W-up	—	0.97	11.58	12.10	12.31	11.17	7.57
	W-up	0.92	1.30	13.10	13.77	13.85	13.50	10.39
Y	No W-up	—	1.07	9.53	10.47	10.63	10.14	6.54
	W-up	1.11	1.27	10.42	10.42	10.23	10.04	7.48

よう。

さらに、ウォーミングアップの具体的なねらいとして、短距離では柔軟性を高める (42%)、神経・筋機能を高める (20%) などが多かったのに比べ、中長距離では、呼吸・循環機能を高めるが全体の64%で断然多く、続いて柔軟性を高める (20%) であった。柔軟性を高めることへの意識の高さは、近年のストレッチングの流行が背景にあるものと考えられる。しかし予想に反し体温を高めることへの意識が低かった。このことは、ウォーミングアップと体温との関係が、あまり明ら

かでないためと考えられる。

ウォーミングアップの目的は、そのスポーツの性格にもよるが、競技性の強いものであればある程、パフォーマンスへの効果として考えなければならぬだろう。陸上競技や水泳競技は、パフォーマンスが数量的にとらえやすいことから、このような研究の対象としてよく取り上げられてきた。これまでウォーミングアップとパフォーマンスとの関係については、Grodjinovsky ら<sup>6)</sup>、Asmussen ら<sup>1)</sup> は陸上競技で、また Muido<sup>14)</sup> は水泳競技において、ウォーミングアップによりパ

パフォーマンスが明らかに向上したことを報告している。

本研究においても、20秒から3分程度のトレッドミルオールアウト走において、ウォーミングアップによるパフォーマンスの向上が認められ、これまでの報告と一致するものであった。しかし、その背景となる生理的なパラメータから見たウォーミングアップの効果に関しては、これまで必ずしも一致した見解は得られていない。

まず心拍数の面では、Gutin ら<sup>7)</sup>、Watt ら<sup>17)</sup>、Ingjer ら<sup>8)</sup>、Martin ら<sup>13)</sup> は、トレッドミルや自転車エルゴメータを用いた最大作業において、ウォーミングアップを行なった方が作業中、作業後とも心拍数が高かったと報告している。これらは本実験の結果とおおむね一致するものであった。

しかし、Busutill ら<sup>9)</sup>、Knowlton ら<sup>12)</sup> は、ウォーミングアップ時とノーウォーミングアップ時の心拍数に有意の差が認められなかったと報告している。また DeBruyn-Prevost<sup>4)</sup> は、ウォーミングアップ直後に最大作業を行なった場合には、ノーウォーミングアップに比べて心拍数の有意な増加が認められたが、ウォーミングアップと最大作業の間に休憩を入れた場合には、心拍数に有意の差が認められなかったことを報告している。

これらの差の原因として、ウォーミングアップによって体温が上昇したかどうかに関係しているものと考えられる。すなわち、本実験では、ウォーミングアップにより直腸温が 0.6~1.0°C 上昇したが、このことが心臓の機能を高め、作業中や作業後の心拍数の増加をもたらしたものと思われる。

酸素摂取量の面では、Martin ら<sup>13)</sup>、Ingjer ら<sup>8)</sup>、Gutin ら<sup>7)</sup>、Watt ら<sup>17)</sup> は、ウォーミングアップにより、最大作業時の酸素摂取量が増大したことを報告している。

しかし DeBruyn-Prevost<sup>4)</sup> は、ウォーミングアップ直後の作業では、酸素摂取量の有意の増加が

認められたが、ウォーミングアップと最大作業との間に休憩を置くと、差がみられなくなったと報告している。さらに Knowlton ら<sup>12)</sup>、Grodjinovskiy ら<sup>6)</sup>、Bustill ら<sup>3)</sup> は、ウォーミングアップによる酸素摂取量の増加は認められなかったと報告している。

作業後の酸素摂取量については、Watt ら<sup>17)</sup>、Gutin ら<sup>7)</sup> は、ウォーミングアップ時とノーウォーミングアップ時に同一時間の最大作業を行なわせたところ、作業後の酸素摂取量には差が認められなかったことを報告している。

本実験では、ウォーミングアップを行なった方が作業時間が長くなったこともあり、作業中、作業後とも酸素摂取量がわずかながら高い傾向を示した。

以上のことから、ウォーミングアップの作業時または作業後の酸素摂取量に対する効果については、明らかにすることはできなかったが、現状では大きく変わらないと考えた方が妥当であろう。

次に、ウォーミングアップが、最大作業後の血中乳酸量に及ぼす影響については、DeBruyn-Prevost<sup>4)</sup>、Knowlton ら<sup>12)</sup>、Genovely ら<sup>5)</sup> は、ウォーミングアップの有無による最大作業後の血中乳酸量に差がみられなかったと報告している。しかし Ingjer ら<sup>8)</sup>、Martin らは<sup>13)</sup>、逆にウォーミングアップにより作業後の血中乳酸量は低下したと報告している。

本実験では、被検者Yでは両条件間に差がみられなかったが、被検者Tでは、ウォーミングアップを行なった方が作業後の血中乳酸量は高く、これまでの報告と異なるものであった。本実験では、ウォーミングアップにより作業時間が長くなったため、オールアウトに至るまでに無酸素的なエネルギーの供給が促進された結果、作業後に大幅な乳酸の蓄積を招いたとも考えられるが、いずれにしても被検者が少ないこともあり、今後の検討が必要と思われる。

ウォーミングアップによって作業前の血中乳酸量が増大することの適否について、Genovelyら<sup>5)</sup>、Klausenら<sup>11)</sup>は、ウォーミングアップにより、血中乳酸量をおよそ1mmol/lと10mmol/lにコントロールし、最大作業を行なわせたところ、作業前の高い血中乳酸量は作業成績の低下を招いたことを報告している。Karlssonら<sup>10)</sup>、Stamfordら<sup>16)</sup>も、作業前の高い血中乳酸値はパフォーマンスや最大酸素摂取量を減少させると報告している。したがって、ウォーミングアップでは、あまり乳酸の産生を伴うような激しい作業は好ましくないと考えることができよう。

本実験においても、ウォーミングアップによる血中乳酸量の増大はほとんどみられなかった(0.92→1.30mmol/l, 1.11→1.27mmol/l)。このことは、ウォーミングアップの作業強度が適当であることを意味するものと考えられることができる。

一方、4人の被検者に、二つの条件下でオールアウト走を行なった後の心理的身体的な“えらさ”を申告させたところ、全員がウォーミングアップを行なわなかった方が苦痛を感じたことを報告している。そしてその具体的内容としては、息苦しさや大腿筋の膨張感としてとらえていた。これらのことは、ウォーミングアップによって、呼吸の効率や末梢循環が改善されることを示唆するものと言える。

本実験では、この呼吸の効率がウォーミングアップに与える影響を見るために呼吸商を求めたが、いずれの被検者も作業後の呼吸商において、ウォーミングアップを行なわなかった場合の方が高い値を示した。これまでウォーミングアップと呼吸商との関係の報告は少なく、わずかにIngjerら<sup>8)</sup>がウォーミングアップによって作業中の呼吸商が有意に低下したことを報告しているに過ぎない。呼吸商の低下を即呼吸効率の上昇と見ることは危険であるが、ウォーミングアップの呼吸機能

に及ぼす影響を検討する上で、糸口になると思われる。

ウォーミングアップによる生体の生理的变化の最も大きなものは、体温の上昇である。Asmussenら<sup>1)</sup>により、体温の上昇がパフォーマンスを高めていることが報告されて以来、ウォーミングアップを考える時、体温の上昇は最も重要な生理学的ファクターと考えられてきた。

Berghら<sup>2)</sup>は、いろいろな体温レベルにおいて最大作業を行なわせたところ、食道温の37.5°C以下では、体温と作業成績の間に密接な関係が存在したことを報告している。むしろ、体温の上昇がウォーミングアップの唯一の目的でないことは、ウォーミングアップとして、風呂や蒸気浴によって体温を上げた場合(これをPassive warming-upとよんでいる)には、従来のウォーミングアップに比べて十分な効果が得られなかった(Ingjerら<sup>8)</sup>、Sedgwickら<sup>15)</sup>、Asmussenら<sup>1)</sup>)ことから推察できよう。

本実験においても、ウォーミングアップにより直腸温の0.6~1.0°Cの上昇をみたが、このことが明らかなパフォーマンスにおける効果を招いたのかもしれない。

しかし、酸素摂取量や血中乳酸量においては、ウォーミングアップをした場合としなかった場合の明らかな差を認めることはできなかった。このことから、最大作業前の高い体温が、人体のどの機能に顕著な効果をもたらすかについては難しい問題であろう。

さらに、どの体温レベルが運動に適したレベルなのかについても、これまでほとんど検討されてはいないことから、ウォーミングアップに関する研究は、これらの点も含めさらに検討して行く必要があると考えられる。

最後に、御指導いただいた名古屋大学総合保健体育科学センター、宮村実晴助教授並びに、名古

屋工業大学, 大桑哲男講師に心から感謝いたします。

### 文 献

- 1) Asmussen, E., and O. Boje; Body temperature and capacity for work. *Acta Physiol. Scand.* **10** : 1—22 (1945)
- 2) Bergh, U., and E. Ekblom; Physical performance and peak aerobic power at different body temperature. *J. Appl. Physiol.: Respirat. Environ. Exercise Physiol.*, **46** (5) : 885—889 (1979)
- 3) Busutill, C.P., and R.O. Ruhling; Warming-up circulo-respiratory adaptations. *J. Sports Med.*, **17** : 69—74 (1977)
- 4) DeBruyn-Prevost, P.; The effects of various warming up intensities and durations upon some physiological variables during an exercise corresponding to the  $WC_{170}$ . *Eur. J. Appl. Physiol.*, **43** : 93—100 (1980)
- 5) Genovely, H., and B.A. Stamford; Effects of prolonged warm up exercise above and below anaerobic threshold on maximal exercise. *Eur. J. Appl. Physiol.*, **48** : 323—330 (1982)
- 6) Grodjinovsky, A., and J.R. Magel; Effect of warm-up on running performance. *Res. Quart.*, **41** (1) : 116—119 (1970)
- 7) Gutin, B., K. Stewart, S. Lewis, and J. Kruper; Oxygen consumption of strenuous work as a function of prior exercise. *J. Sports Med.*, **16** : 60—65 (1976)
- 8) Ingjer, F., and S.B. Strømme; Effects of active, passive or no warm-up on the physiological response to heavy exercise. *Eur. J. Appl. Physiol.*, **40** : 273—282 (1979)
- 9) 猪飼道夫, 杉本良一, 石河利寛著; 「スポーツの生理学」, 東京同文書院, pp. 248—262 (1960)
- 10) Karlsson, J., E. Bonde-Petersen, J. Henriksen, and H.G. Knuttgen; Effects of previous exercise with arms or legs on metabolism and performance in exhaustive exercise. *J. Appl. Physiol.*, **38** (5) : 763—767 (1975)
- 11) Klausen, K., H.G. Knuttgen, and H.V. Forster; Effect of pre-existing high blood lactate concentration on maximal exercise performance. *Scand. J. Clin. Lab. Invest.*, **30** : 415—419 (1972)
- 12) Knowlton, R.G., D.S.M. Iles, and M.N. Sawka. Metabolic responses of untrained individuals to warmup. *Eur. J. Appl. Physiol.*, **40** : 1—5 (1978)
- 13) Martin, B.J., S. Robinson, D. Wiegman, and L.H. Aulick; Effect of warm-up on metabolic responses to strenuous exercise. *Med. Sci. Sports*, **7** (2) : 146—149 (1975)
- 14) Muido, L.; The influence of body temperature on performance in swimming. *Acta Physiol. Scand.*, **12** : 102—109 (1946)
- 15) Sedgwick, A.W., and H.R. Whalen; Effect of passive warm-up on muscular strength and endurance. *Res. Quart.*, **35** : 45—59 (1964)
- 16) Stamford, B.A., R. Rowland, and R.J. Moffatt; Effects of severe prior exercise on assessment of maximal oxygen uptake. *J. Appl. Physiol.: Respirat. Environ. Exercise Physiol.*, **44** (4) : 559—563 (1978)
- 17) Watt, E.W., and J.L. Hodgson; The effect of warm up on total oxygen cost of a short treadmill run to exhaustion. *Ergonomics*, **18** (4) : 397—401 (1975)