

昭和46年度 日本体育協会スポーツ科学研究報告

No. VII 酸素摂取水準の維持能力に関する研究

財団法人 日本体育協会

スポーツ科学委員会

酸素摂取水準の維持能力に関する研究

(財)日本体育協会スポーツ科学研究所
黒田善雄¹⁾ 加賀谷潤彦²⁾ 塚越克己¹⁾
雨宮輝也¹⁾ 太田裕造¹⁾ 成沢三雄³⁾

I はじめに

われわれは多くの人々がこれまでに述¹⁾²⁾³⁾べていると同様、最大酸素摂取量は有酸素的作業能力の優れた指標であると考える者であり、また陸上競技・長距離走の記録など有酸素的作業の成果と最大酸素摂取量との間に高い相関関係を見よとの報告を支持⁴⁾するものである。しかしながら、同じ最大酸素摂取量を示す被検者同志であるにもかかわらず、両者に異なる有酸素的作業の成績を見る場面にしばしば遭遇するのである。もちろん、有酸素的な作業の成績といえども、酸素摂取能力のみがその成績を決定する因子ではなく、作業効率の問題も重要な因子として関係するであろうし、またその他にも関係する因子は多々あると思う。しかしながら、われわれは酸素摂取能力を詳細に検討しようとの意図を背景とし、たとえ最大酸素摂取量は同じでもあっても、最大酸素摂取量では表現しえない、最大酸素摂取量ないしはそれ以下の酸素摂取量を摂取しつづける生理的な機能が考えられ、この機能も有酸素的な作業成績に関係するであろうとの発想から行なったものである。

本実験は、陸上競技・長距離選手6名、一般成人男子5名を被検者とし、トレッドミルを使用して、最大酸素摂取量を発現させるような負荷と、それ以下の酸素摂取量にて走行する数種の負荷を荷し、各負荷条件にて走行しつづけることの出来る時間 (All-out-time) を有酸素的作業の成績として、高いレベルの酸素摂取量が発現・持続され

る相様と成績との関係、あるいは最大酸素摂取量との関係、そしてその生理的な機能についての示唆を得る目的にて行なった。

II 実験方法

1. 実験の実施期日 本実験は、1970年7月20日より9月11日の間に行なわれた。この間、戸外は東京における夏季の一般的気温・30°C前後であったが、実験室内は概略温度調節され、22~25°Cであった。

2. 被検者 被検者の年齢、身長、体重等を表1に示した。本実験の被検者は、東京の某大学陸上競技部に所属する長距離選手6名と一般成人男子5名の計11名である。

3. 最大酸素摂取量の測定方法 本実験に採用した最大酸素摂取量の測定方法は、傾斜5度(8.7%)のトレッドミル走による速度漸増法と速度一定法の二通りである。

速度漸増法の場合は、スタートより走行3分間は長距離選手・220m/min、一般成人・180~200m/min、走行3分より5分は長距離選手・240m/min、一般成人・200~220m/min、以後2分ごとに20m/min ずつ走行スピードを増してゆき、オールアウトに至らしめる負荷のかけかたであり、速度一定法の場合は、長距離選手・260m/min、一般成人・180~220m/min の一定スピードにてオールアウトまで走行させる方法である。

表1に示す各被検者の最大酸素摂取量は、上記二通りの方法によって得られたうちの大きい方の値である。なお、採気はダグラスバック法、ガス

所属 1): (財)日本体育協会スポーツ科学研究所 2): 埼玉大学教育学部体育 3): 東京慈恵会医科大学
第二生理

表 1 被検者の身体的特性

氏名 (男)	年齢	体重 kg	身長 cm	最大酸素摂取量		5000m走の最高記録
				l/min.	ml/min./kg	
(運動選手)						min. sec
K. Sakemi	21	54.4	166.0	4.04	74	14'20"8
S. Sato	21	54.6	165.5	4.30	79	14'31"0
K. Tanaka	21	55.5	164.5	4.00	72	14'50"4
S. Oda	19	52.9	166.2	3.91	74	14'48"8
Y. Iwagami	20	53.2	159.5	4.00	75	15'00"0
H. Sakai	19	55.4	166.9	4.37	79	15'40"0
(一般人)						
M. Narusawa	24	64.1	172.0	3.51	55	
T. Amemiya	28	68.9	164.0	3.97	58	
Y. Ota	29	58.4	165.0	3.72	64	
K. Tsukagoshi	34	76.0	177.0	3.37	44	
H. Kagaya	34	57.1	161.0	3.03	53	

分析は労研式大型ガス分析器によって行なった。

4. 各種酸素摂取水準の作成方法 各被検者の最大酸素摂取量を手掛りとし、以下の各種条件によるトレッドミル走を行なわせ、最大ないしはそれ以下の各種酸素摂取水準にて運動を継続させる状態を作ることをねらった。

VO₂Max・ 44ml/kg・minの被検者はSpeed
180m/min
" 53~58ml/kg・min " 200m/min
" 64ml/kg・min " 220m/min
" 72~79ml/kg・min " 260m/min

以上の走行スピード条件にて、長距離選手は傾斜 5°, 4°, 3°, 2° の 4 通り、一般成人男子は傾斜 5°, 4°, 3°, 2°, 1°, 0° の 6 通り、いずれもオールアウトに至るまで走行させた。なお、トレッドミルの正面にテレビを備え、イヤホンにて音を聞かせて長時間の走行にあきがこないよう配慮した。

5. 測定項目とその方法

イ. 心拍数, 呼吸数 胸部双極誘導法により心電図を誘導し、トレッドミル走行中連続記録することにより心拍数を求め、呼吸数は、採気用マスク内にサーミスターを装瞥し、温度変化による呼吸曲線を心電図と同時に走行中連続記録することにより求めた。

ロ. 換気量, 酸素摂取量 トレッドミル走行中の呼気を、走行開始より 5 分ごとに 1 分間ダグ

ラスバックに採気した。採気した呼気は、乾式ガスマーターを通して換気量を求め、一部を労研式大型ガス分析器にて分析し酸素摂取量を求めた。

ハ. 血中乳酸量 安静時ならびにトレッドミル走行後 8 分, 10 分, 12 分に被検者の前腕肘静脈より約 3 cc の採血を行ない、Boehringer Mannheim 社製のラクテート・テストを使用した酵素的測定法により測定した。

III 実験結果

1. 持久走時間 横軸にトレッドミル走行面の傾斜をとり、縦軸に持久走時間 (All-out time) をとって、各被検者が前記のスピード条件にて走行しえた持久走時間をプロットすると、図 1 の通りであった。当然のことのように各被検者とも傾斜 5 度の際の走行時間が最も短かく、傾斜がなだらかになるに従って走行時間は延長した。被検者を一般成人男子と長距離選手に分けて、各傾斜条件における走行時間の平均値を算してみると、傾斜 5 度 (8.7%) の際は一般成人 5 分 17 秒、長距離選手 8 分 29 秒、傾斜 4 度 (7.0%) では一般成人 8 分 48 秒、選手 15 分 13 秒、以下、3 度 (5.2%) では一般成人 21 分 26 秒、選手 37 分 02 秒、2 度 (3.5%) では一般成人 31 分 27 秒、選手 81 分 49 秒であった。傾斜 1 度 (1.8%) と 0 度 (水平) については一般成人についての資料だけで、それぞれ平均 56 分 16 秒と 64 分 44 秒であった。

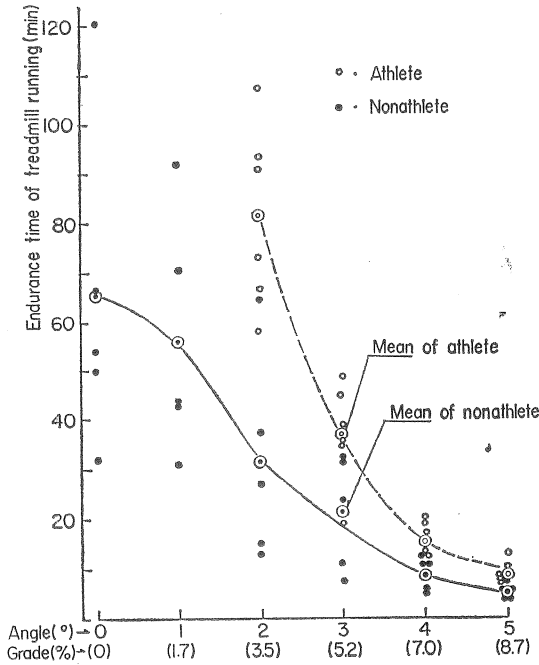


図1 トレッドミルの各角度における持久走時間
ランニングスピード 運動選手：260m/分
一般人：160~220m/分

図1に見る通り、被検者・一般成人と長距離選手、さらに両グループの中でもかなり個々に持久走時間の差はあるが、本実験の運動負荷は、 $\dot{V}O_2 \text{Max} \cdot 72 \sim 79 \text{ml/kg} \cdot \text{min}$ 、の長距離選手については短かくて約6分から、長くて約110分にてオールアウトに至る数種の走負荷であり、 $\dot{V}O_2 \text{Max} \cdot 44 \sim 64 \text{ml/kg} \cdot \text{min}$ の一般成人については、約3分から65分にてオールアウトに至る数種の負荷であった。

なお、図1に見る通りトレッドミル走行面傾斜がなだらかになるに従い、相乗的に持久走時間 (All-out time) が延長していったので、図1の縦軸を傾斜5度 (8.7%) の際の持久走時間を100として、他の傾斜条件の際の持久走時間をパーセントに換算して対数尺度に置きかえて作図すると、図2の通りであった。

2. 酸素摂取量と酸素摂取水準 ($\% \dot{V}O_2 \text{Max}$)

われわれは本実験にて、最大ないしはそれ以下の酸素摂取水準 ($\% \dot{V}O_2 \text{Max}$) にて運動を継続させる状態を、前記の通り被検者ごとに走行ス

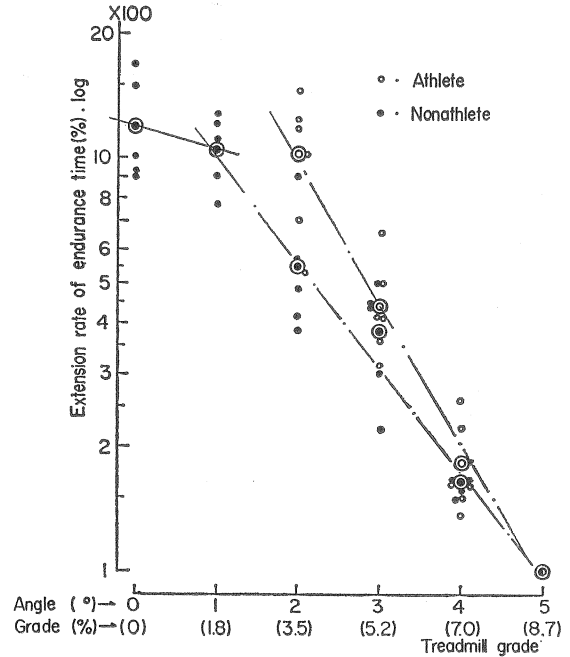


図2 トレッドミルの角度減少に伴う持久走時間
の変化
増加率は5度 (8.7%) の持久走時間を基準にする

ードを一定に保ち、走行面の傾斜を変えることにより得ようとした。結果は図3、4の通りであった。図3は、縦軸に走行時の酸素摂取量を取り、横軸にトレッドミルの傾斜をとって、各被検者が各傾斜条件の走行時に示した酸素摂取量をプロットしたものである。なお、この図に使用した酸素摂取量は、走行開始時の立ちあがりを除き、前記の採気方法にて測定した酸素摂取量の変化をみて、ほぼ Steady な状態になってからの平均値を求め、また Steady な状態が構成されず、走行時間の経過とともに酸素摂取量が増加していった場合は、走行時酸素摂取量の最高値を使用した。図4は、図3の縦軸を酸素摂取水準 ($\% \dot{V}O_2 \text{Max}$) に置きかえたものである。

すなわち、われわれが与えたトレッドミル走負荷により、被検者長距離選手は $55 \text{ml/kg} \cdot \text{min}$ を若干上まわるところから $80 \text{ml/kg} \cdot \text{min}$ をわずかに下まわる酸素摂取量を示し、これを酸素摂取水準からみると、約 $75\% \dot{V}O_2 \text{Max}$ から $100\% \dot{V}O_2 \text{Max}$ までであった。被検者・一般成人男子については

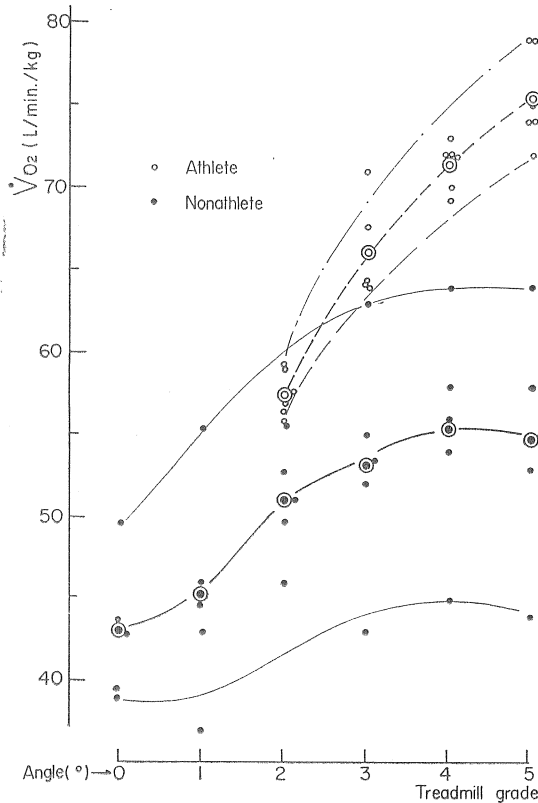


図3 トレッドミルの角度と酸素摂取量

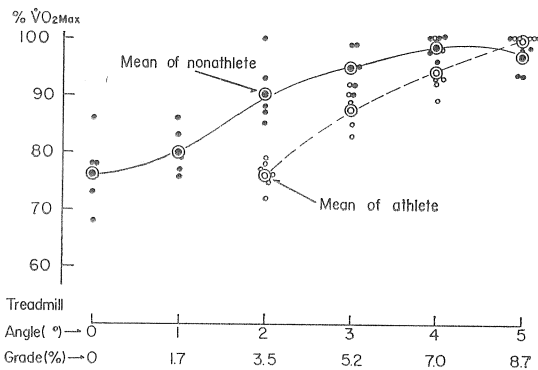


図4 トレッドミルの角度と酸素摂取水準の関係

40ml/kg・min 前後の酸素摂取量から60ml/kg・min 前後の酸素摂取量がみられ、これを酸素摂取水準にしてみると、約75% $\dot{V}O_2\text{Max}$ 以上のものであった。

3. 酸素摂取量、酸素摂取水準と持久走時間

本実験によって得られたトレッドミル走行の酸素摂取量、酸素摂取水準を、持久走時間との関係

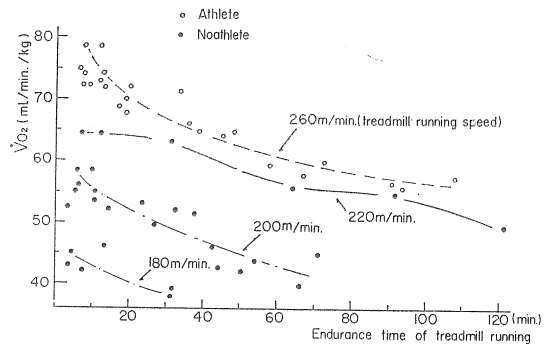


図5 トレッドミルの持久走時間と酸素摂取量の関係

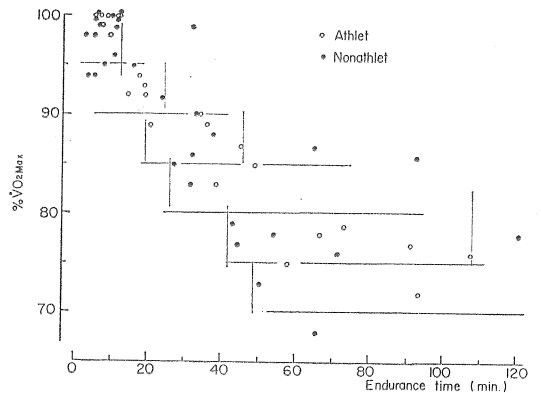


図6 持久走時間と酸素摂取水準との関係

からみると、図5、6の通りであった。なお、図5中に使用している酸素摂取量は、前記・実験結果の2の項で記した方法により決定したものであり、図6は、図5の縦軸を酸素摂取水準($\% \dot{V}O_2\text{Max}$)に置きかえたものである。

酸素摂取量と持久走時間との関係からみれば、被検者・長距離選手については、約55ml/kg・minから80ml/kg・minを若干下まわる各種酸素摂取量が、約6分から約110分に至る数種の持久走時間との関係で得られ、一般成人については、40ml/kg・min前後から60ml/kg・min前後の各種酸素摂取量が約3分から約120分に至る持久走時間との関係で得られたのである。そして、走行中の各酸素摂取量をそれぞれ酸素摂取水準($\% \dot{V}O_2\text{Max}$)に置きかえ、また持久走時間をその酸素摂取水準が維持された時間とするならば、図6に見る通り、95%以上の酸素摂取水準が10分前後を中

心として維持された例が24, 90~95%の酸素摂取水準については13分28秒~26分57秒間維持された例が5, 85~90%の酸素摂取水準については約31分~54分維持された例が5, 75~80%の酸素摂取水準については50分30秒~121分間維持された例が7例えられた。

4. 酸素摂取水準と心拍数レベル 前記・トレッドミル走行中の酸素摂取量を決定したと同様, 走行開始直後の立ちあがり部分をのぞき, ほぼ Steady になったとみられる時点より走行が継続された時点までの平均心拍数を求め, それぞれの酸素摂取水準にて走行した際の心拍数とした。

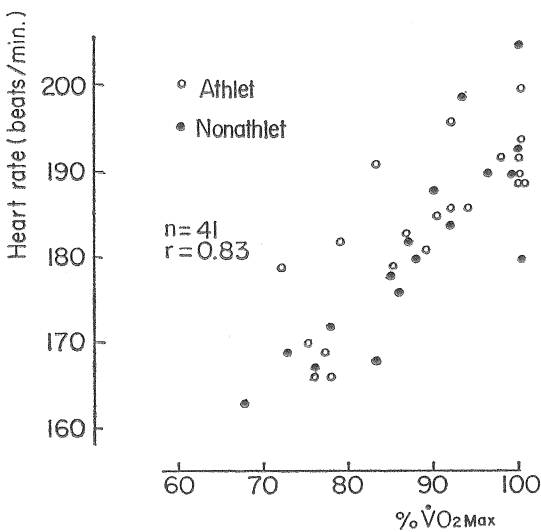


図7 酸素摂取水準と心拍数の関係

図7は, 横軸に酸素摂取水準, 縦軸に心拍数を取り, 各被検者が各酸素摂取水準にて走行している際の心拍レベル(平均心拍数)をプロットしたものである。酸素摂取水準と心拍数については, すでにいくつかの報告⁵⁾⁶⁾がなされ, Åstrand によれば両者はほぼ比例関係にあるという。また最近では山地が選手, 非選手の区別なくほぼ直線的な関係にあるとの報告している。本実験結果においては図7に示す通り, 各酸素摂取水準につき1分当たり20拍前後のばらつきがみられるものの, 前報告者と同様 $r = 0.83$ の高い相関関係が得られた。

5. 酸素摂取水準と運動後血中乳酸量 前記の通り各種トレッドミル走のオールアウト後, 8分, 10分, 12分と3回の採血を行ない, それぞれ

の血中乳酸量を測定したが, その回の血中乳酸量の中で最も高い値を, そのトレッドミル走後の血中乳酸量とした。すなわち, その酸素摂取水準にて運動が継続出来なくなった際の運動後最高血中乳酸量と仮定した。図8は, 横軸に酸素摂取水準・ $\% \dot{V}O_2\text{Max}$, 縦軸に血中乳酸量を取り両者の関係をみたものである。図8に見る通り, 運動中の酸素摂取水準が低下するに従い運動後の血中乳酸量も減少し, ばらつきは大きい, $100\% \dot{V}O_2\text{Max}$ の際の血中乳酸量は $80 \sim 120 \text{mg/dl}$, $90\% \dot{V}O_2\text{Max}$ の際は $40 \sim 70 \text{mg/dl}$, $80\% \dot{V}O_2\text{Max}$ では $20 \sim 30 \text{mg/dl}$ であった。すなわち, 酸素摂取水準が $90\% \dot{V}O_2\text{Max}$ を割ると, 血中乳酸量は急激に減少する傾向を示し, またこの傾向は被検者・長距離選手により顕著に見られた。

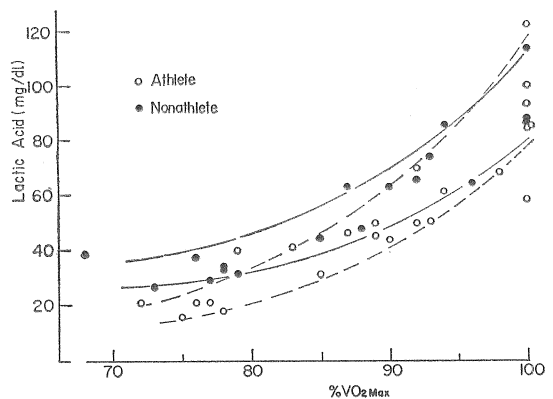


図8 酸素摂取水準と運動後の最高血中乳酸量

IV 考 察

1. トレッドミルの傾斜について

トレッドミルの傾斜に関する論議とすることが本研究の主旨ではないが, 本研究は, 各種の酸素摂取水準にて運動を継続させる状態を作り出す方法として, 走行スピードは変えずに, 走行面の傾斜条件を少しずつ変える方法を採用した関係もあり, 若干この傾斜条件についての考察も試みたい。

まず, 傾斜条件の標示方法についてであるが, 欧米の文献⁷⁾⁸⁾にはパーセントにて標示した例が多く見られ, わが国においては, 角度標示³⁾, パーセント標示⁹⁾のいずれもがあり, また両者の並

記¹⁰⁾¹¹⁾もある。

なお、両者並記の例で、傾斜 8.6%、約 5 度、あるいは 5 度 (8.6%) と報告されている文献もあるが、前者は必ずしもあやまりでないにしろ、後者はあやまりでなかろうか。Marcel Boll¹²⁾の万能数値表中の「メートル勾配と傾斜角」によれば、メートル勾配は、1メートル水平に移動するごとに何メートル上るかによって測られるとあり、これは傾斜角の正接であると定義づけられている。傾斜角・5度の正接は0.08749であるから、8.6%を約5度とするのは必ずしもあやまりではないにしろ、5度を8.6%とするのはあやまりであろう。

パーセント標示、角度標示いずれでもよいと思うが、いずれが一般的であり、わかり易いかといえば、これらに関する教育を背景としたその国、社会によって異なると思うが、わが国においては傾斜をパーセントに標示することは、どちらかといえば専門的であり、角度標示の方がわかり易いかもしれない。しかしながら、傾斜条件を測定し設定する立場に立つと、角度を正確に測定することは意外にむずかしく、この点に関してはパーセントの方が計測も容易であり、正確さを出す点においても優れているかもしれない。すなわち、長さが決まっているトレッドミル走行面の先端を、フラットな状態時より何センチ上昇させるかを計測することは、比較的容易であり、また相当正確に設定できるものと思う。さて、本研究においては、傾斜5度、一定スピードのトレッドミル走行条件で、走行時間5~10分にてオールアウトに至らせる、すなわち $\dot{V}O_2\text{Max}$ を発現させることをねらい、そして $\dot{V}O_2\text{Max}$ 以下の各種酸素摂取水準にて走行する状態を作り出すことをねらって、傾斜5度の際の走行速度条件は変えずに、傾斜5角度を1度づつ(1.7~1.8%づつ)降下させた。

結果は、図1~4に示す通り、当然のことではあるが酸素摂取水準は低下し、持久走時間は延長した。そしてこの傾斜角度の降下に伴う酸素摂取水準の低下、持久走時間延長の傾向は、酸素摂取能力のすぐれた被検者・長距離選手により顕著であった。

登り勾配の傾斜面を走行するということは、平地を走行するときよりは、よけいに位置のエネル

ギーを生産するための仕事を行なうということであるから、その作業負担の度合い、酸素摂取能力の優劣には関係なく、むしろ体重と関係を持つと考えられる。しかしながら、被検者・長距離選手と一般成人男子の体重を比較してみると、前者は平均54.3kg、後者は平均64.9kgで約10kg後の方が大きく、むしろ被検者・一般成人男子の方に、より顕著な傾斜角度の降下による影響を受けてもよいはずである。しかしながら、その逆の結果が得られたということは、やはり効率を背景とした走行技術の面で、被検者・長距離選手に大きな特徴があるということなのであろうか。すなわち、走行面がフラットな状態に近づくに従い、効率のよいすぐれた走行技術を身につけているであろう長距離選手の被検者と、一般成人男子の被検者とに差が生じてくることに起因していると考えられるのである。Margaria¹³⁾は、被検者・Athletes (middle-distance runners) と Nonathletes を使用して、同じく走行面の傾斜を変えた実験を行ない、その Energy cost についての報告を行なっているが、彼の報告している資料を見ると、Athletes, Nonathletes, の両者は、傾斜角度の変化に伴ない、平行的に Energy cost が変化している。もちろん、彼が報告しているものと、本実験で採用した作業負荷の程度、被検者の違い等はあるが、本実験の結果からすれば、両者の平行的な Energy cost の変化は頷けないものであった。

2. 最大酸素摂取量と酸素摂取水準の維持能力について

イ. 最大酸素摂取量が異なる被検者の同一酸素摂取水準の維持について 本実験は長距離選手の被検者6名に4種、一般成人男子5名の被検者に6種のトレッドミル走を荷し、延54回のトレッドミル走を行なったが、その中から、明らかに $\dot{V}O_2\text{Max}$ が異なる被検者で、しかも同一% $\dot{V}O_2\text{Max}$ にて走行した例を取り出し、両者の持久走時間(維持能力)を比較してみると、図9、10の通りであった。すなわち、 $\dot{V}O_2\text{Max}74\text{ml/kg}\cdot\text{min}$ の被検者 K. S と $55\text{ml/kg}\cdot\text{min}$ の被検者が共に85% $\dot{V}O_2\text{Max}$ のトレッドミル走を行なった際(図9)、 $\dot{V}O_2\text{Max}74\text{ml/kg}\cdot\text{min}$ の K.S と

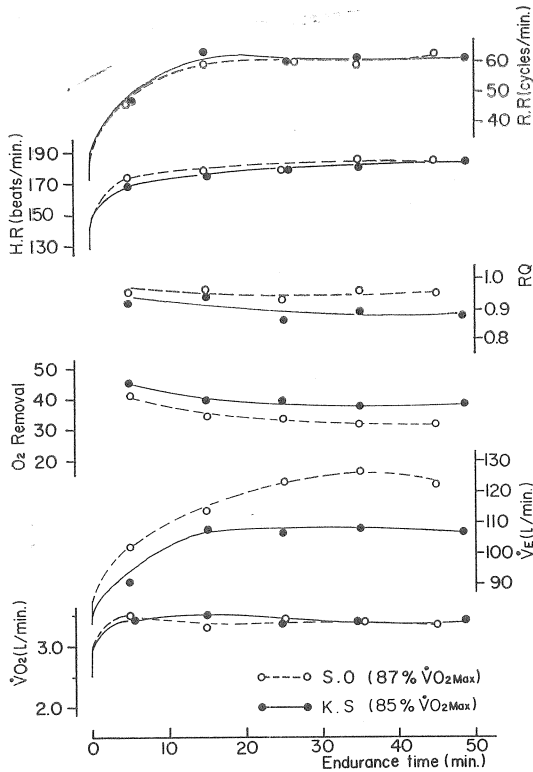


図9 最大酸素摂取量のことなる被検者の同一酸素摂取水準の作業維持における、酸素摂取量、換気量、酸素摂取率、R.Q.、心拍数、呼吸数の変化

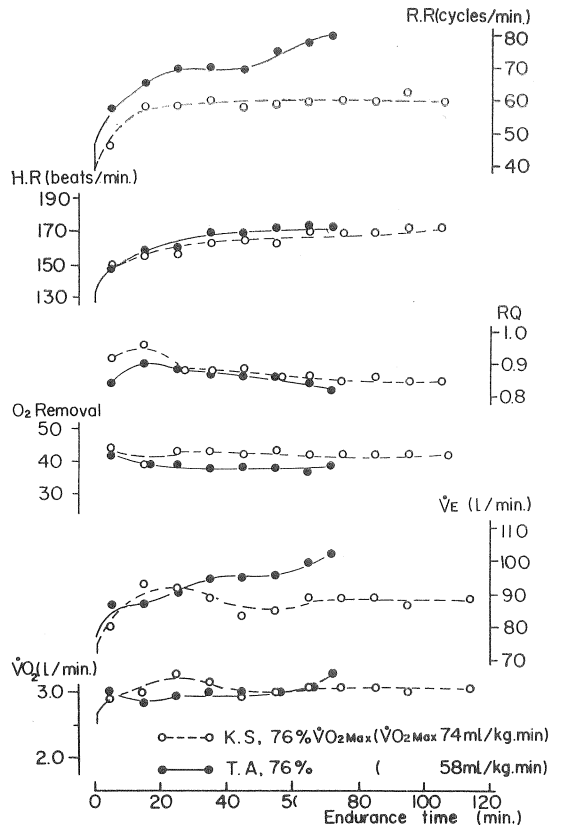


図10 最大酸素摂取量のことなる被検者の同一酸素摂取水準(76%VO₂Max)の作業維持における、酸素摂取量、換気量、酸素摂取率R.Q.、心拍数、呼吸数の変化

58ml/kg・min の T. A が共に 76% $\dot{V}O_2\text{Max}$ 走を行なった例(図10), いずれの場合も $\dot{V}O_2\text{Max}$ の大なる被検者の方が優れた持久走時間を示した。

同一の% $\dot{V}O_2\text{Max}$ の作業を行なわせるということは、筋持久力のテストによく利用¹⁴⁾される負荷法と同じで、被検者の能力に相応した同一割合の負荷することなのであろうから、たとえ $\dot{V}O_2\text{Max}$ が異なる両者においても、両者に類似した作業成績が得られるのではないかと考えられたが、結果は、前記の通り明らかに異なるものであった。そしてこのような結果が持たされた原因を追究する見地より図9, 10をみれば、図9の被検者K.SとM.Nの85% $\dot{V}O_2\text{Max}$ 走については、被検者のM.N換気量の急増が眼に付く。被検者K.Sの換気量、酸素摂取量が共に定常状態を構成しているのに比し、被検者M.Nについては、酸素摂取量は準定常状態といえても、換気量については

全く定常状態を構成せず、持久走時間の経過とともに増加を示した。この換気量増加の現象は、図10・被検者K.SとT.Aが共に76% $\dot{V}O_2\text{Max}$ 走を行なった際のT.Aについても見られ、T.Aの場合は、加えて呼吸数の増加も見られた。換気量増加のひとつの原因として、局所にて生産された乳酸が血中に移行し、血中の炭酸水素塩によって中和されてCO₂を遊離し、この血中CO₂のが中枢を刺激して呼吸を促進させるということがあるので、彼等の運動血中乳酸量をみてみると、表2の通りであった。すなわち、図9, 10いずれの場合も、 $\dot{V}O_2\text{Max}$ が大なる被検者の方が低値の血中乳酸量を示したのである。

$\dot{V}O_2\text{Max}$ が大なる被検者にしろ小なる被検者にしろ、たとえそれが $\dot{V}O_2\text{Max}$ 以下の% $\dot{V}O_2\text{Max}$

の作業であっても、 $\dot{V}O_2\text{Max}$ の level down が許されないならば、いずれは破綻をきたし、その作業を停止せざるを得なくなるのであるが、本実験の場合は、その理由を前記血中乳酸の資料からも、やはり有酸素的なメカニズムの上に乗めたい

表 2 酸素摂取水準の維持能力の比較

氏名	最大酸素摂取量 分/kg	酸素摂取水準 %	持久走時間 min. sec	乳酸 mg/dl
K. S	74	85	48'34"	31.2
M. N	55	85	26'57"	44.0
K. S	74	76	107'45"	20.8
U. A	58	76	94'18"	37.6

のである。たとえ全体的に見て $\dot{V}O_2\text{Max}$ 以下の作業をしているとはいえ、75% $\dot{V}O_2\text{Max}$ 以上の作業ともなれば、全身の局所における筋作業のいずれもが $\dot{V}O_2\text{Max}$ 以下で行なわれているとは限らず、酸素の消費と供給のバランスが保たれているとも考えられない。すなわち、 $\dot{V}O_2\text{Max}$ の大なる

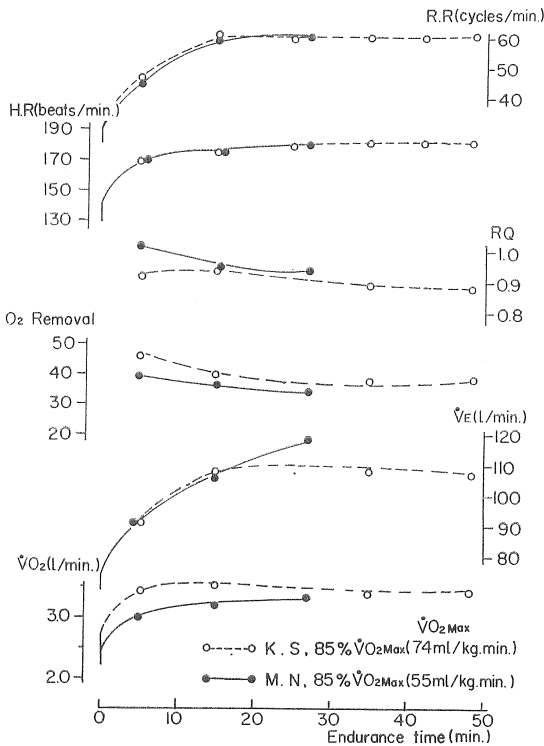


図 11 最大酸素摂取量が同じ被検者 (74ml/分/kg) の同一酸素摂取水準の作業維持における、酸素摂取量、換気量、酸素摂取率、R. Q.、心拍数、呼吸数の変化

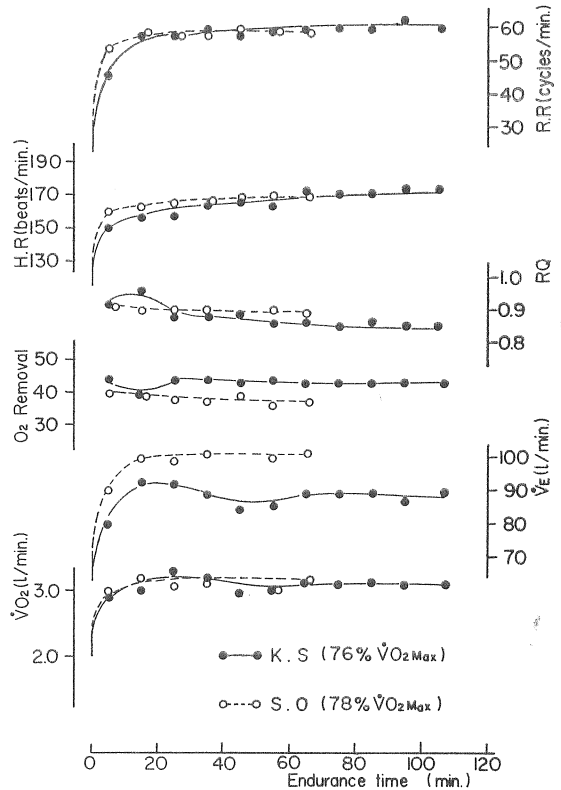


図 12 最大酸素摂取量が同じ被検者 (74ml/分/kg) の同一酸素摂取水準の作業維持における、酸素摂取量、換気量、酸素摂取率、R. Q.、心拍数、呼吸数の変化

被検者は、酸素の消費と供給のよく保つことの出来る局所をより多く全身の内に占めて持ち、乳酸の発生を低値におさえ、長時間破綻をきたさずに行走できるのであろう。そしてこの局所における破綻を主因とする考え方は、被検者が訴える、胸は苦しくないが脚がきかなくなって走行を中止した、との自覚症状とも相応するのである。

ロ. 最大酸素摂取量が同じ被検者の同一酸素摂取水準の維持について われわれが本実験にて観察したかったのは、 $\dot{V}O_2\text{Max}$ からみた酸素摂取能力の等しい被検者が、同一% $\dot{V}O_2\text{Max}$ の走行を行ない、なお、かつ両者に異なる持久走時間(維持能力)を示す現象であった。そしてわれわれが求める上記の条件に最も近い実験例を取り出してみると、図11, 12に示す例であった。すなわち、被検者 K. S は $\dot{V}O_2\text{Max}$ 4.04 l/min (74ml/kg·min) 被検者 S. O は 3.91 l/min (74ml/kg·min)

ではほぼ同一の酸素摂取能力を持つと考えられる両者が、85と87% $\dot{V}O_2\text{Max}$ (図11)、76と78% $\dot{V}O_2\text{Max}$ (図12)とほぼ同一水準の走行を行ない、しかも両者に異なる持久走時間(85% $\dot{V}O_2\text{Max}$ のK. S.・48分34秒、87% $\dot{V}O_2\text{Max}$ のS. O.・45分11秒、76% $\dot{V}O_2\text{Max}$ のK. S.・107分45秒、78% $\dot{V}O_2\text{Max}$ のS. O.・66分42秒)を示したのである。確かに数字的には、 $\dot{V}O_2\text{Max}$ についてもまた% $\dot{V}O_2\text{Max}$ についても僅かではあるが両者に差を見るが、この僅かな差が持久走に見る差に結び付くものとも思えなかった。図11、12をみれば、両者は確かに同じレベルの酸素摂取量にて定常状態を示し、また心拍数、呼吸数についても両者は同様の様相を呈しているが、換気量、 O_2 Removal、R. Q.については差が見られ、特に換気量については顕著な差が見られる。図11の被検者S. O.が87% $\dot{V}O_2\text{Max}$ 走を行なった際に示した換気量は、図9、10に見る $\dot{V}O_2\text{Max}$ が明らかに異なる場合の例に類似し、漸増しながらAll-outに至った。すなわち、 $\dot{V}O_2\text{Max}$ が同等と考えられる被検者同志が同一%の $\dot{V}O_2\text{Max}$ 走を行なった際、走行中の換気量がより低く、 O_2 Removalはより高く、R. Q.がより低値を示した被検者により長い持久走時間を見たのである。

いうまでもなく酸素摂取量は換気量と酸素摂取率からなるものであるが、酸素摂取量が同量であるからといって、換気量、摂取率までが等しいとは限らず、その組合せは任意ではあるが、呼吸の効率という面から見れば、換気量は低く摂取率が高いことが望ましいといえる。猪飼¹⁵⁾¹⁶⁾らは、持久性と呼吸効率に関して興味ある報告をしているが、本実験にて得られた図11、12の結果をして、 $\dot{V}O_2\text{Max}$ が同一ならば、呼吸効率(O_2 Removal)の高い方がより優れた持久性を示すと考えられるのではなかろうか。なお、 $\dot{V}O_2\text{Max}$ を発現した際の呼吸効率(O_2 Removal)と或る% $\dot{V}O_2\text{Max}$ の際の呼吸効率を結び付けるのは早計かとは思いますが、参考までに被検者K. S.、S. O.の両者が $\dot{V}O_2\text{Max}$ を発現した際の O_2 Removalを記すと、K. Sは35.4でS. Oは33.1であった。

V 要 約

1. 長距離選手6名、一般成人男子5名を被検者とし、トレッドミルを使用して $\dot{V}O_2\text{Max}$ を測定するとともに、75% $\dot{V}O_2\text{Max}$ 以上の各種トレッドミル・オールアウト走を行なわせた。
2. 傾斜5度のトレッドミル走にて $\dot{V}O_2\text{Max}$ を測定したが、その際に使用した走行スピードは変えずに、トレッドミルの傾斜を5度より、順次1度づつ降下させた条件にてオールアウト走を行なわせ、各種の% $\dot{V}O_2\text{Max}$ を得た。
3. 各種% $\dot{V}O_2\text{Max}$ 走の持久走時間(All-out time)を計測するとともに、走行中の心拍数、呼吸数、換気量、酸素摂取量、R. Q.、 O_2 Removalならびに運動後(8分、10分、12分)の血中乳酸量を測定した。
4. $\dot{V}O_2\text{Max}$ が明らかに異なる被検者が、同一% $\dot{V}O_2\text{Max}$ 走を行なった際の持久走時間を比較すると($\dot{V}O_2\text{Max}$ 74ml/kg・minと55ml/kg・minの被検者が共に85% $\dot{V}O_2\text{Max}$ 走を行なった場合、 $\dot{V}O_2\text{Max}$ 74ml/kg・minと58ml/kg・minの被検者が共に76% $\dot{V}O_2\text{Max}$ 走を行なった場合)、いずれの場合も $\dot{V}O_2\text{Max}$ の大なる被検者の方が優れた持久走時間を示した。そして、 $\dot{V}O_2\text{Max}$ の大なる被検者の方に運動後血中乳酸量の低値なる傾向を見、 $\dot{V}O_2\text{Max}$ の小なる被検者に、走行中換気量の定常状態の構成されがたい傾向をみた。
5. $\dot{V}O_2\text{Max}$ がほぼ同一と思われる被検者($\dot{V}O_2\text{Max}$ 4.04 l/min・74ml/kg・minと3.91 l/min・74ml/kg・min)が、ほぼ同一の% $\dot{V}O_2\text{Max}$ 走(85と87%、76と78%)を行なった際の持久走時間を比較した。両者の走行中心拍数、呼吸数はほとんど同じ様相を呈したが、換気量が大きく O_2 Removalの低い、すなわち呼吸効率の低いと思われる被検者の方が早くAll-outに至った。また、優れた持久走時間を示した被検者の方が、低いR. Q.を示してAll-outに至っていた。

参考文献

1. Saltin, B and Åstrand P.O.: Maximal Oxygen uptake in Athletes. J. Appl. Physiol. 23 (3)

- 353~358, 1967.
2. Robinson, S H. T. Edwards and D. B Dill :
New records in human power. *Science*, 85, 409
~410, 1973.
 3. 黒田善雄他 : 日本一流競技選手の最大酸素量 第1
報 日本体育協会スポーツ科学委員会研究報告1968
 4. 三浦望慶外 5 名 : 走運動における身体資源
(physical resources) と運動成果 (physical per-
formance) の関係について. *体育の科学* 21 (2)
114~119, 1971.
 5. Åstrand, P. O. T. E. Cuddy, B. Saltin and J.
Stenberg. : Cardiac output during submaximal
and maximal work. *J. Appl. Physiol.* 19 ; 268~
274, 1964.
 - 6 猪飼道夫, 山地啓司 : 心拍数からみた運動強度.
体育の科学, 16 (9) 589~593, 1971.
 7. Johnson, R, E, L. Brouha and R. C. Darling :
A test of physical fitness for strenuous exert-
ion. *Res. Quart. Rev. Can. Biol.* 1 : 491~503.
1942.
 8. Taylor, H. L. E, Buskink, and A. Henschel :
Maximal oxygen intake an objective measure
of cardio~respiratory performance. *J. Appl,
physiol.* 8, 73~80, 1955.
 9. 宮下充正他 : 日本人水泳選手の最大酸素摂取量.
体育学研究 253~257, 16, No. 5, 1972.
 10. 小川新吉他 3 名 : 陸上競技 (走) 選手の呼吸循環
機能に関する研究. *東京教育大学体育学部スポーツ
研究報告*6, 17~23, 1968.
 11. 猪飼道夫他 : トレッドミル法による青少年の運村
処方に関する研究. *体育学研究* 7. No. 3 1963.
 12. マルセル・ボル : 弥永昌吉他訳 : 万能数値表. 766
白水社
 13. R. Margaria, et, al : Energy cost of running.
J. Appl. physiol. 18, (2) 367~370, 1963.
 14. Muller, E. A : The Regulation of Muscular
Strength. *Journal of Association for physical
and Mental Rehabilitation*, 1957, March-April.
 15. 猪飼道夫, 吉沢茂弘他 : トレッドミル法による全
身持久性の評価について. *体力科学* 10, (4) 227~
238, 1962.
 16. 猪飼道夫, 他12名 : トレッドミル法による青少年
の運動処方に関する研究, 第 2 報 持久性の限界因
子の究明. *体育学研究* 8. (3~4) 61~71, 1965.

