自転車エルゴメーターを用いた 60 秒間の最大努力作業 による酸素負債量の個人内変動

中 塘 二 三 生* 生 田 香 明**

INTRAINDIVIDUAL VARIATION IN OXYGEN DEBT FOLLOWING MAXIMUM-EFFORT WORK USING A BICYCLE ERGOMETER FOR 60 SECONDS

FUMIO NAKADOMO AND KOHMEI IKUTA

Intraindividual variation in oxygen debt was determined following maximum-effort work and a near-maximum-effort work at a given rate by means of the Monark's bicycle ergometer for sixty seconds. Both experiments were carried out four times, respectively. At the same time the measurement of work done and rectal temperature at rest were taken. Every experiment was carried out once a day at the same hour (9:00) on the morning of Monday.

Intraindividual variation in oxygen debt, work done and rectal temperature was expressed in terms of a coefficient of variation (C.V. : %). The subjects were four healthy male students, aged 18-21.

The results obtained are as follows :

- 1) The C.V. value of intraindividual variation in oxygen debt following maximum-effort work was from 4.7% to 15.3% and its mean value was 9.1%.
- 2) The C.V. value of intraindividual variation of the work done following maximum-effort work was from 0.7% to 2.5% and its mean value was 1.4%.
- 3) The C.V. value of intraindividual variation in oxygen debt following a near-maximum-effort work at a given rate was from 7.0% to 12.8% and its mean value was 9.5%.
- 4) The mean value of the work done following a near-maximum-effort work at a given rate was 85.8% in contradistinction to maximum effort work. The mean value of C.V. of work done was 1.1%.

(J. Physical Fitness Japan 1982, 31 : 355~362)

研 究 目 的

作業能力は人間の体力の大きな要因であり、それは有酸素的作業能力と無酸素的作業能力に分けられ⁴⁾、研究されてきた。

有酸素的作業能力については、Robinson(1983)³⁰⁾、Åstrand (1960)⁴⁾、Anderson ら (1961)¹⁾により研究が行なわれ、その指標として最大酸素摂取量が用いられている。それ以来、有酸素的作業能力の研究には最大酸素摂取量が測定され、数え

きれないほど多くの報告²⁾³⁾⁵⁾¹¹⁾¹⁴⁾¹⁶⁾²⁴⁾³³⁾が見られている。

しかし、無酸素的作業能力については前者に比較してその数は非常に少ない。その主な研究には Margaria ら (1966)²⁸⁾、生田ら (1972)¹⁸⁾の最大無酸素的パワーの面からの研究と、Katch ら (1972)²¹⁾、黒田ら (1974)²⁶⁾、斉藤ら (1981)³²⁾、生田ら (1973)¹⁹⁾の最大酸素負債量の面からの報告がみられる。前者は約 4~6 秒間の最初から最大努力でなされる作業での最大パワーを測定して

* 大阪府立看護短期大学 〒558 大阪市住吉区帝塚山東 2-1-41
Osaka Prefectural College of Nursing, Tezukayamahigashi, Sumiyoshi, Osaka (558)

** 大阪大学健康体育部 〒560 豊中市待兼山町 1-1
Faculty of Health and Sports Sciences, Osaka University, Toyonaka, Osaka (560)

おり、この作業での主なエネルギー源は CP である。後者は約40~90秒間の最大努力でなされる作業での作業後に生成される最大酸素負債量を測定しており、この作業での主なエネルギー源はグリコーゲンの解糖による。無酸素的作業能力の研究にはこのように、非乳酸性と乳酸性のエネルギー源を異にした2種類の短時間の最大努力作業による測定（非乳酸性の無酸素的作業能力と乳酸性の無酸素的作業能力）が行なわれているが、後者についてはその測定方法が確立されておらず、最大酸素負債量を無酸素的作業能力の指標として用いることが適切かどうか論議されている。その最大の問題点は、最大酸素負債量は個人内変動がかなり大きいことにある¹⁰⁾²⁶⁾³²⁾。すなわち、最大酸素摂取量では Åstrand ら (1970)⁶⁾ が3.0%, 猪飼ら (1966)¹⁵⁾ が2.2%, 豊岡ら (1978)³⁴⁾ が2.9%の個人内変動を報告しているのに対して、最大酸素負債量では Graham (1973)¹⁰⁾ が24.3%, 黒田ら (1974)²⁶⁾ が10.8%, 斉藤ら (1981)³²⁾ が17.7%の個人内変動を報告しているためである。

そこで本研究においては、グリコーゲンの解糖によるエネルギーを主とした無酸素的作業能力を測定する適切な方法を見出す目的で、実験1を行うことにした。すなわち、どのような測定方法を用いれば主としてグリコーゲンの解糖により生成される酸素負債量の個人内変動が小さくなるかを目的とし、その方法として既に他の研究者らが報告している作業方法とは全く異なり、モナーク社製自転車エルゴメーターを最初から全力でこがせる方法を取り、更に作業時間はこれまでに約1分前後の最大努力作業で血中乳酸濃度が最高に達する¹⁹⁾²⁵⁾と報告されていることから、60秒間と規定し、各被検者が60秒間になした総作業量と作業終了後の酸素負債量を測定して、それらの個人内変動を確かめることにした。また、酸素負債量を算出する際に大きな要因となる安静時の酸素摂取量は、椅座姿勢より仰臥姿勢で測定する方が個人内変動が小さい⁹⁾³¹⁾という報告が見られるので、仰臥位姿勢で安静時および回復期中の酸素摂取量を測定することにした。更に、その測定誤差を小さくするために回復期中の酸素摂取量の測定には、比較的長い時間間隔で換気して回復期中の酸素摂取量をもとめることにした。

一方、以上の方法で測定された酸素負債量の個人内変動が小さい値であるかどうかを確かめるために同一被検者について次の実験2を行うことにした。すなわち、同じ自転車エルゴメーターを用いて、作業時間を実験1と同じ60秒とし、メトロノームに合わせる事が可能な最も速いペースで作業を行なわせ、実験1と同じ要領で酸素負債量を測定し、その個人内変動をもとめて比較することにした。

実験方法

被検者は、大学の運動部に所属する健康な男子4名（年齢：18~21歳）である。各被検者の身体的特徴は、表1に示した。なお、最大酸素摂取量は、5~10分のトレッドミル exhaustion 走からダグラスバッグ法によって測定した。

実験1 作業開始から最大努力作業による酸素負債量の測定

この測定においては、モナーク社製自転車エルゴメーターを用いて、作業開始から60秒間最大努力でこがせた（作業負荷は、あらかじめ実験を行って60秒間で exhaustion になる負荷を選び、H.K. が4Kp、他の3名が3Kpである）。測定は、各被検者にそれぞれ4回行った。

呼気ガスは、ダグラスバック法によって採気した。呼気ガス中の O_2 、 CO_2 濃度は、ショランダー微量ガス分析器を用いて分析した。

安静時の酸素摂取量は、仰臥姿勢によって30分間安静を保った後、5分間の呼気ガスから求めた⁹⁾。回復時の酸素摂取量は、仰臥姿勢によって作業直後から3分、3~15分、15~30分、30~35分の間隔でなるべく測定誤差²⁷⁾を少なくするように比較的長い時間間隔（すなわち作業直後から3分、15分、30分、35分目にそれぞれダグラスバッグのcockを切り変えた）で採気した呼気ガスから求めた。

酸素負債量の算出は、回復時の総酸素摂取量から、安静時の酸素摂取量を回復時間と同時間に乗じた値を減じて求めた。

これらの測定と同時に、各被検者の深部体温に日変動がないかどうかを確認するため、0.01℃まで判読できるように改良した芝浦電子製 MGA 3型を用いて安静時の直腸温⁷⁾を測定し、また車輪

の回転数から作業量を求めた¹⁷⁾。作業量を求めるための測定装置および公式は、図1に示した。

実験2 作業開始から一定ペースの最大努力作業に近い作業による酸素負債量の測定

この測定においては、実験1と同じ負荷を用いて、作業開始から90 rpmの一定速度で60秒間こがせた。この速度は、あらかじめ別の日に60～100 rpmの速度で作業させ、確実にメトロノームの音に合わせて60秒間作業が維持できる最も速い速度から決定した。測定は、各被検者についてそれぞれ4回行った。

安静時および回復時の酸素摂取量を求めるための方法および時間間隔、酸素負債量の算出法、直腸温および作業量の測定などは、すべて実験1と同様に行った。

実験1および実験2の各測定項目の個人内変動

$$\dot{W} = Kp \times 6 \times 14/52 \times N$$

$\dot{W}$: work done (kgm/min.)

Kp : work load (kilogram-pound)

6 : moving distance per wheel rotation (m)

14/52 : the ratio of gear of wheel to pedal

N : rotation of wheel per minute

Fig. 1. Measuring apparatus for the number of rotation of the wheel of the Monark's bicycle ergometer and formula.

値は、4回の測定の平均値に対する標準偏差の割合、すなわち変動係数 Coefficient of Variation (C.V. : %) で表わした。

すべての実験は、午前の同一時間（午前9時実験開始）同一曜日（月曜）に行った。

実験中の気温は、21.3℃±0.53であった。

実験結果

実験1 作業開始から最大努力作業による酸素負債量の測定

表2は、60秒間の最大努力作業によって酸素負債量を測定した時の安静時の酸素摂取量と直腸温、酸素負債量および仕事量の平均値、標準偏差および変動係数を示したものである。

安静時における酸素摂取量の個人内変動は、4.0%から6.0%の間にあり、4名の平均値は5.4%であった。

酸素負債量は、A. O. が78.4～98.6 ml/kg, T. T. が102.1～148.0 ml/kg, H. K. が132.9～160.5 ml/kg および T. U. が121.0～137.4 ml/kgの間にあった。各被検者における実施回数と酸素負債量の間には、有意な順位相関はみられなかった。

酸素負債量の個人内変動は、4.7%から15.3%の間にあり、4名の平均値は9.1%であった。

作業量の個人内変動は、0.7%から2.5%の間にあり、4名の平均値は1.4%であった。

実験2 作業開始から一定ペースの最大努力作業に近い作業による酸素負債量の測定

表3は、60秒間の最大努力作業に近い一定ペースの作業によって酸素負債量を測定した時の安静時の酸素摂取量と直腸温、酸素負債量および作業量の平均値、標準偏差および変動係数を示したも

Table 1. Age, physical characteristics and maximum oxygen intake of subjects.

Subj.	Age (yrs.)	Height (cm)	Weight (kg)	$\dot{V}O_2$ max.	
				(l/min.)	(ml/kg · min.)
A. O.	19	173.7	58.5	3.5	59.8
T. T.	18	168.7	52.2	3.2	61.3
H. K.	21	167.0	58.5	3.7	63.2
T. U.	20	164.0	51.5	3.0	58.3
$\bar{x}$	19.5	168.4	55.2	3.4	60.7

$\bar{x}$ is the mean.

Table 2. Oxygen intake and rectal temperature at rest, oxygen debt and the work done following maximum-effort work for 60-second.

Subj.	n	Item	Rest				
			$\dot{V}O_2$ (ml/min.)	R. T. * (°C)	O ₂ debt		W** (kgm/min.)
					(l)	(ml/kg)	
A. O.	4	$\bar{x}$	215.8	36.61	5.07	87.5	1906.6
		S. D.	8.65	0.14	0.46	7.35	19.27
		v	4.0	0.4	9.1	8.4	1.0
T. T.	4	$\bar{x}$	231.2	37.04	6.33	121.1	1965.6
		S. D.	14.11	0.09	0.96	18.50	28.90
		v	6.1	0.2	15.2	15.3	1.5
H. K.	4	$\bar{x}$	238.7	37.06	8.21	141.5	2559.0
		S. D.	15.55	0.06	0.64	11.09	17.11
		v	6.5	0.2	7.8	7.8	0.7
T. U.	4	$\bar{x}$	197.4	36.84	6.72	132.0	1974.4
		S. D.	9.77	0.21	0.34	6.18	49.03
		v	4.9	0.6	5.1	4.7	2.5
		$\bar{V}$	5.4	0.4	9.3	9.1	1.4

$\bar{x}$ is the mean, S.D. is the standard deviation, v is the coefficient of variation (%), $\bar{V}$ is the mean coefficient of variation (%), R. T.* is rectal temperature at rest, W** is the work done following maximum-effort work.

Table 3. Oxygen intake and rectal temperature at rest, oxygen debt and the work done following a near-maximum-effort work at a given rate for 60-second.

Subj.	n	Item	Rest				
			$\dot{V}O_2$ (ml/min.)	R. T. * (°C)	O ₂ debt		W** (kgm/min.)
					(l)	(ml/kg)	
A. O.	4	$\bar{x}$	219.0	36.75	4.20	71.2	1798.3
		S. D.	8.19	0.09	0.35	5.36	10.81
		v	3.7	0.2	8.3	7.5	0.6
T. T.	4	$\bar{x}$	211.4	36.96	3.41	66.1	1611.6
		S. D.	6.77	0.12	0.39	7.03	17.85
		v	3.2	0.3	11.4	10.6	1.1
H. K.	4	$\bar{x}$	233.5	36.90	4.40	76.3	2179.8
		S. D.	6.15	0.04	0.30	5.35	31.81
		v	2.6	0.1	6.8	7.0	1.5
T. U.	4	$\bar{x}$	210.2	37.01	3.59	70.3	1611.3
		S. D.	14.12	0.11	0.46	8.97	15.93
		v	6.7	0.3	12.8	12.8	1.0
		$\bar{V}$	4.1	0.2	9.8	9.5	1.1

$\bar{x}$ is the mean, S.D. is the standard deviation, v is the coefficient of variation (%), $\bar{V}$ is the mean coefficient of variation (%), R. T.* is rectal temperature at rest, W** is the work done following a near-maximum-effort work at a given rate for 60-second.

のである。

安静時における酸素摂取量の個人内変動は、2.6%から6.7%の間にあり、4名の平均値は4.1%であった。

酸素負債量は、A.O. が 65.1~79.7 ml/kg, T.T. が 60.2~78.1 ml/kg, H.K. が 67.9~81.6 ml/kg および T.U. が 54.9~77.3 ml/kg の間にあった。そして酸素負債量の個人内変動は、7.0%から12.8%の間にあり、4名の平均値は9.5%であった。

作業量は、最大努力作業に対して85.6%から94.3%の間にあり、4名の平均値は85.4%であった。そして作業量の個人内変動は、0.6%から1.5%の間にあり、4名の平均値は1.1%であった。

考 察

Margaria ら (1933)²⁹⁾ は、運動後に生成される酸素負債に、非乳酸性と乳酸性の酸素負債があることを明らかにしている。前者は主として運動初期に筋で CP (クレアチン燐酸) が分解され、筋収縮の直接のエネルギー源である ATP (アデノシン三燐酸) 再合成のためのエネルギーを供給することにより生成され、後者は CP の分解によるエネルギーでは不十分であるような強い運動の場合に、主としてグリコーゲンの解糖により ATP の再合成のためのエネルギーを供給することにより生成される¹³⁾²³⁾。

乳酸性酸素負債量の最大値、すなわち最大酸素負債量は、これまでの報告によると、黒田ら²⁶⁾、斉藤ら³²⁾ は1分前後のトレッドミル exhaustion 走後に得られると報告し、生田ら¹⁹⁾ は自転車エルゴメーターを運動開始から最大努力でこがせた場合、1分前後の運動後に得られると報告している。また河谷 (1955)²²⁾ および鎌田 (1956)²⁰⁾ はトラック走によってそれを測定し、それぞれ 230 m 全力走と 200~400 m 全力走によってそれが得られるとしている。Graham ら¹⁰⁾ は15~19分のトレッドミル exhaustion 走からそれをもとめている。このように、無酸素的作業能力や疾走能力を調べるためにこれまで最大酸素負債量が何人かの研究者によって測定されてきたが、その測定方法においても、測定のための作業時間についても、更に測定されたその値についてもかなりの差

異が見られている。

有酸素的作業能力をテストする最大酸素摂取量の測定についてもトレッドミルを用いた報告¹⁴⁾¹⁶⁾³³⁾、自転車エルゴメーターを用いた報告²⁾⁵⁾¹¹⁾、更にグラウンド走を用いた報告³⁾ が見られるが、いずれの方法においても、約5~10分前後の exhaustion 運動の最後の1分間の運動において最大酸素摂取量が測定されている。

無酸素的作業能力をテストする最大酸素負債量の測定についても、トレッドミル、自転車エルゴメーター、グラウンド走のいずれの方法で測定しても1分前後の最大努力で運動した後に得られることは、これまでの報告から明らかである¹⁹⁾²⁶⁾³²⁾。しかし、このようにしてそれぞれの方法によって測定された最大酸素負債量の値が、最大酸素摂取量の値と長距離走の Performance との関係¹¹⁾²⁴⁾³³⁾と同様に、短距離走の Performance との間に密接な関係があるとする報告は見られていない。その最大の原因は、測定方法の差異による。すなわち、最大酸素摂取量の測定は前述したように、一般的には5~10分前後の exhaustion 運動による最後の1分間の運動中の呼気ガスを採気して分析され、運動中最後の1分間(最大心拍数に達している)の値がもとめられている。これに対して、最大酸素負債量の測定は、1分前後で exhaustion になるように負荷を設定しても、必ずしも1分で exhaustion に到ることはなく、1分前後のその短縮または延長した時間の割合が、心拍数をはじめとして代謝過程に少なからぬ影響を与える。更に、最大酸素負債量は運動中に測定されるものではなく、運動終了後30~60分間の呼気ガスを採気して分析され、運動後30~60分間の回復期の酸素摂取量の値を基にしてもとめられ、このように実際に測定される時間に大きな差異がある。

最大酸素負債量は個人内変動が大きいことが報告¹⁰⁾²⁶⁾³²⁾されているが、その原因はこのような測定方法によるものと思われる。乳酸性のエネルギー供給による作業能力も無酸素的作業能力の大きな要因であることから本実験はより適切なその測定方法を考える目的で行った。すなわち、本実験は乳酸性のエネルギーがほぼ出つくされ¹⁹⁾、しかも酸素負債量の個人内変動ができるだけ小さく

なるように①作業時間を1分間に規定し、②最初から最大努力で作業ができるように自転車エルゴメーターを用いた。また、③安静代謝の測定は、変動が少ない仰臥位姿勢⁸⁾⁹⁾³¹⁾を被検者にとらせた。更に、④回復期中の酸素摂取量の測定は、誤差をできるだけ小さくするために採気の時間間隔を長くした。

このような方法によって測定された60秒間の作業量は、変動係数が1.4%と小さい値を示した。生田ら¹⁹⁾は本研究と同じ自転車エルゴメーターによる60秒間の最初から最大努力の作業によって、血中乳酸が最高値またはそれに近い値を示したことを報告している。本実験の60秒間の最初から最大努力の作業においても、血中乳酸量が最高値に近い値に達していることが推定され、この作業後に得られた酸素負債量は乳酸性のエネルギー供給によって生成されたものと思われる。したがって、この作業方法は、乳酸性のエネルギーを主とした作業能力を見る方法として適切であるように思われる。

また、この方法によって測定された酸素負債量の個人内変動は、9.1%の値を示し、Grahamら¹⁰⁾の24.3%、黒田ら²⁶⁾の10.8%、斉藤ら³²⁾の17.7%の値に比べて低い値であった。また黒田ら²⁶⁾、斉藤ら³²⁾は60～90秒の、Grahamら¹⁰⁾は15～19分のトレッドミル exhaustion 走によって酸素負債量をもとめているので、本実験とは作業方法で異なっている。そして本実験による酸素負債量は黒田ら²⁶⁾、斉藤ら³²⁾の実験による酸素負債量に比べてわずかに小さい値を示しているが、それは自転車エルゴメーターとトレッドミルによる作業方法の違いから生じたものであり、いずれの実験においても被検者は60秒前後に exhaustion の状態で作業を終了していることから、乳酸性のエネルギーを主とした作業であることは一致している。このことは、最大酸素摂取量の測定についても、トレッドミルで測定した値の方が、自転車エルゴメーターで測定した値よりも大きい値を示している¹²⁾¹⁶⁾ことから納得できる。

本実験による酸素負債量の個人内変動(9.1%)が他の報告に比べて小さい値を示したのは、実験を始めるに当たって、これまでの報告の測定方法を吟味して、前述した方法によって測定を行ったか

らであると思われる。このことは、本実験2のように、メトロノームに合わせる事が可能な最も速い一定ペースの60秒間の最大努力作業に近い、作業(作業量が一定)によって測定された酸素負債量の個人内変動(9.5%)とほとんど変わらない値を示したこともそれを裏付けている。また、酸素負債量の測定に当たって、安静時の直腸温を測定して、被検者の深部体温に変動が見られなかったことを確かめたのも酸素負債量の個人内変動を小さくする要因になったものと思われる。

従って、本実験の測定方法によって得られる乳酸性の酸素負債量は、スプリントの Performance とかなり高い相関係数が得られることが推定されるが、このことについては今後の実験によって証明したいと考えている。

結論および要約

グリコーゲンの解糖によるエネルギーを主とした無酸素的作業能力を測定する適切な方法を見出す目的で、自転車エルゴメーターを用いて、作業開始から最大努力および最大努力に近い60秒間の作業によるそれぞれの酸素負債量の個人内変動をもとめ検討を行った。両者の測定は、それぞれ4回行った。これらの測定と同時に、作業量および安静時の直腸温を測定した。いずれの測定も同一曜日の午前中の同一時間に実施した。

酸素負債量、作業量および直腸温の個人内変動は、変動係数から求めた。

被検者は、健康な男子学生4名(年齢18～21歳)である。

結果は以下ようになった。

- 1) 作業開始から最大努力の60秒間の作業による酸素負債量の個人内変動は、4.7%から15.3%の間にあり、4名の平均値は9.1%であった。また各被検者において、実施毎の回数と酸素負債量の間には、有意な順位相関はみられなかった。
- 2) 作業開始から最大努力の60秒間の作業による作業量の個人内変動は、0.7%から2.5%の間にあり、4名の平均値は1.4%であった。
- 3) 作業開始から一定ペースの最大努力に近い60秒間の作業による酸素負債量の個人内変動は、7.0%から12.8%の間にあり、4名の平均値は

9.5%であった。

- 4) 本研究の自転車エルゴメーターを用いた作業開始から最大努力の60秒間の作業による酸素負債量の個人内変動は他の報告よりかなり小さく、また作業開始から一定ペースの最大努力に近い60秒間の作業による酸素負債量の個人内変動とほぼ同じ値を示すことから、本測定による酸素負債量は、グリコーゲンの解糖によるエネルギーを主とした無酸素的作業能力を測定するよい方法であると思われる。

(受付 昭和57年1月6日)

文 献

- 1) Andersen, K.L. (1961) : Physiological working capacity, Health and fitness in the world, The athletic institute, 365-367.
- 2) Andersen, K.L. and Hermansen, L. (1965) : Aerobic capacity in middle-aged norwegian men, J. Appl. Physiol. 20, 432-436.
- 3) 朝比奈一男, 浅野勝己, 草野勝彦, 中川功哉, 道明 博, 砂本秀義 (1972) : 都市青少年の無酸素的作業能力に関する研究, 体育学研究 16, 197-213.
- 4) Åstrand, I. (1960) : Aerobic work capacity in men and women with special reference to age, Acta Physiol. Scand. 49 Suppl. 169, 1-92.
- 5) Åstrand, I., Åstrand, P.O., Hallback, I. and Kilbom, Å. (1973) : Reduction in maximal oxygen uptake with age, J. Appl. Physiol. 35, 649-654.
- 6) Åstrand, P.O. and Rodahl, K. (1970) : Textbook of work physiology, McGraw-Hill, Inc., 286.
- 7) 千葉喜彦 (1975) : 生物時計, 岩波書店, 209-212.
- 8) 藤埴規明, 齊藤 満, 宇津野年一 (1977) : 酸素負債量測定法における base line の検討, 名古屋工業大学学報 29, 597-601.
- 9) Fujitsuka, N., Saito, M., Miyamura, M. and Matsui, H. (1977) : Intraindividual variation of oxygen debt during submaximal bicycle work, J. Physiol. Soc. Japan 39, 500-502.
- 10) Graham, T.E. and Andrew, G.E. (1973) : The variability of repeated measurement of oxygen debt in man following a maximal treadmill exercise, Med. Sci. Sports 5, 73-78.
- 11) Hermansen, L. and Andersen, K.L. (1965) : Aerobic work capacity in young Norwegian men and women, J. Appl. Physiol. 20, 425-431.
- 12) Hermansen, L. and Saltin, B. (1969) : Oxygen uptake during maximal treadmill and bicycle exercise, J. Appl. Physiol. 26, 31-37.
- 13) Hultman, E., Bergström, J. and Anderson, N.M. (1967) : Breakdown and resynthesis of phosphorylcreatine and adenosine triphosphate in connection with muscular work in man, Scand. J. Clin. Lab. Invest. 19, 56-66.
- 14) 猪飼道夫 (1967) : 青少年の最大作業能の比較民族学的研究, 日本生理学雑誌 29, 517-522.
- 15) 猪飼道夫, 進藤宗洋 (1966) : 全身持久性の研究, 体育の科学 16, 734-739.
- 16) Ikai, M., Shindo, M. and Miyamura, M. (1970) : Aerobic work capacity of Japanese people, Res. J. Physical Edu. 14, 137-142.
- 17) 生田香明 (1972) : モナーク製自転車エルゴメーターによる anaerobic power の測定法, 身体運動の科学 I, Human power の研究, 杏林書院, 45-62.
- 18) 生田香明, 猪飼道夫 (1972) : 自転車エルゴメーターによる Maximum Anaerobic Power の発達の研究, 体育学研究 17, 151-157.
- 19) 生田香明, 猪飼道夫 (1973) : Mechanical power, 血液乳酸量, 酸素負債量による Anaerobic work の研究, 体力科学 22, 1-8.
- 20) 鎌田喜雄 (1956) : 最大酸素債と疾走能力について, 体力科学 5, 176-179.
- 21) Katch, V. and Henry, F.M. (1972) : Prediction of running performance from maximal oxygen debt and intake, Med. Sci. Sports 4, 187-191.
- 22) 河合正光 (1955) : 運動選手の最大酸素摂取量並びに最大酸素負債について, 体力科学 5, 67-72.
- 23) Knuttgen, H.G. (1970) : Oxygen debt after submaximal physical exercise, J. Appl. Physiol. 29, 651-657.

- 24) 黒田善雄, 加賀谷潔彦, 塚越克己, 太田裕造, 酒井淳子 (1968) : 日本人一流競技選手の最大酸素摂取量, 体協スポーツ科学研究報告, 1-8.
- 25) 黒田善雄, 加賀谷潔彦, 塚越克己, 雨宮輝也, 太田裕造, 村松允子, 酒井淳子 (1968) : トレッドミルによる最大酸素負債量の測定法—トレッドミル走とトラック走との比較—, 体協スポーツ科学研究報告, 1-22.
- 26) 黒田善雄, 塚越克己, 雨宮輝也, 鈴木洋児, 伊藤静夫 (1974) : 最大酸素負債量の測定法に関する研究—最大酸素負債量の個人内変動について—, 体協スポーツ科学研究報告, 1-9.
- 27) Lukin, L. and Ralston, J.H. (1962) : Oxygen deficit and repayment in exercise, Inc. Z. Angew. Physiol. **19**, 183-193.
- 28) Margaria, R., Aghemo, P. and Rovelli, E. (1966) : Measurement of muscular power (anaerobic) in man, J. Appl. Physiol. **21**, 1662-1664.
- 29) Margaria, R., Edwards, H. T. and Dill, D. B. (1933) : The possible mechanisms of contracting and paying the oxygen debt and the role of lactic acid in muscular contraction, Am. J. Physiol. **106**, 689-715.
- 30) Robinson, S. (1961) : Experimental studies of physical fitness in relation to age, Int. Z. Angew. Physiol. **10**, 251-323.
- 31) 齊藤 満, 藤埴規明, 宮村実晴, 松井秀治 (1978) : 個人内変動からみた酸素負債量, 体育の科学 **28**, 290-295.
- 32) 齊藤 満, 藤埴規明 (1981) : 回復期酸素摂取動態からみた超最大運動の酸素負債量変動要因の分析, 名古屋大学総合保健体育科学 **4**, 53-61.
- 33) Saltin, B. and Åstrand, P.O. (1967) : Maximal oxygen uptake in athlete, J. Appl. Physiol. **23**, 353-358.
- 34) 豊岡示朗, 金子公有 (1978) : 最大酸素摂取量の個体内変動, 大阪体育大学紀要 **10**, 17-23.