

油圧式ローイングマシンを用いた漕運動の生理学的研究

Physiological study on rowing exercise using a new type of oil pressure rowing machine

八木 規夫 小林 寛道^{*1} 脇田 裕久^{*2}

Norio YAGI, Kando KOBAYASHI^{*1}, Hirohisa WAKITA^{*2}

The purpose of this study was to investigate cardio-vascular responses during rowing exercise in which rowing rhythm (pitch) and resisting work load were controlled. A oil-pressure rowing machine which was newly developed was used for this experiment. Five healthy men ages of 21 to 31 participated this study as the subjects. Each subject rowed a rowing machine for 10 minutes in 12 different conditions combined by 3 different rowing rhythm (pitch) of 20, 25 and 30 times/min and 4 different resisting work load of Light(1), Moderate(2), Heavy(3) and Very Heavy(4). Oxygen intake was measured during rowing using Douglas-bags and heart rate was monitored continuously. Maximum oxygen intake and oxygen intake during running for 10 minutes at submaximal work load were measured by treadmill running for the comparison of work intensity between rowing and treadmill exercise.

The following results were obtained from the present study.

1. Mean values of peak pressure exerted to the oil cylinder and of impulse of each rowing stroke were increased with resisting load proportionally.
2. In the rowing rhythm of 20 times/min, oxygen intake increased with resisting load proportionally. In the higher rhythm, such as 25 and 30 times/min, proportional increase in oxygen intake with resisting load was not observed.
3. Maximum value of oxygen intake during rowing was correspond with 89–95% of $V_{O_2\text{max}}$ obtained from treadmill running. In most cases, rowing exercise was carried at a work rate of 70–80% of $V_{O_2\text{max}}$.
4. Higher value of ventilatory equivalent was observed during rowing at a rhythm of 30 times/min compared with at the other rhythms.
5. In rowing exercise, there are some possibility of self control of work intensity, even though rowing rhythm and resisting load were fixed strictly.

緒 言

近来、体力の維持・増進、あるいはリハビリテーション等の場で、色々な機械を使ったトレーニング処方が多く取り入れられている。本研究で取りあげた漕運動もそのひとつとして考えられる。この運動は、下肢の筋群だけでなく、上肢や体幹

などの筋群も数多く動員して行なう運動であり、全身的なトレーニングとしては最良のものと思われる。

漕運動に関するこれまでの研究には、選手の身体能力評価などについて生理学的観点から検討した石河たち¹⁴⁾、 Hagermanたち¹³⁾、角田たち²⁵⁾、 Mickelsonたち²⁰⁾、 Mahlerたち¹⁸⁾の報告、漕

*¹三重大学教育学部

*¹名古屋大学総合保健体育科学センター

*²三重大学教育学部

Faculty of Education, Mie University

*¹Research Center of Health, Physical Fitness and Sports, Nagoya University

*²Faculty of Education, Mie University

動作について力学的観点から検討した Celentano たち⁸⁾, Ishiko¹⁶⁾, 石河たち¹⁵⁾, 植屋²⁶⁾, 福永たち¹¹⁾の報告, また漕運動を mechanical efficiency など生理学, 力学の両面から検討した Diprampero たち¹⁰⁾, Hagerman たち¹²⁾, 松尾たち¹⁹⁾, 佐野たち²²⁾, Asami たち^{2) 3)}, 山本たち²⁸⁾の報告がある。さらに, 漕運動と他の運動を行った場合の身体の生理学的反応などについて比較検討した Carey たち⁷⁾, Cunningham たち⁶⁾, Secher たち²³⁾の報告があり, たくさんの研究者が様々な観点から考察している。

しかし, これらの研究報告は, そのほとんどが漕艇競技選手を対象とした漕艇競技記録向上のための研究であり, 一般人を対象として, その健康, 体力づくりのためのトレーニング处方に漕運動を用いて検討した研究報告はみられない。

ところで, 漕運動をトレーニングの手段として用いる場合, そのトレーニング負荷条件としては, ローイングピッチ条件とオールの抵抗負荷強度条件の2つが考えられる。トレーニングする対象あるいはその内容によっては, これらの負荷条件を適切に組み合わせる必要があると思われる。しかし, このローイングピッチとオールの抵抗負荷強度の2条件は, 互いに複雑に関連し合い, それに伴って生体にかかる負担度(運動負荷強度)も複雑に変化するものと思われる。

そこで, 本研究では, 一般成人男子を対象として, 油圧式ローイングマシンを用いて, 漕運動を

行った場合に, ローイングピッチとオールの抵抗負荷強度の組み合わせの違いによって, 生体にかかる運動負荷強度がどのように変化するかについて, トレッドミル走との比較をも含めて, 運動生物学的立場から検討することを目的とした。

方 法

1) 対 象

被検者は21~31才の健康な成人男子5名。身体的特徴は表1に示した。なお, 被検者には, 本ローイングマシンに慣れさせるため, 実験の数週間前から週1~2回の練習を行わせた。

2) 漕運動

①油圧式ローイングマシン

本実験で使用したローイングマシン(アルゴジャパン社製)は, 油圧式ピストンによりオールの抵抗負荷強度を調節(18段階)するものである。オールは漕手の左側に1本のみ, シートは移動式である。1回ごとのストローク中ピストンに加わる圧力変化はデジタルで表示され, ストロークの回数もカウント表示される。図1に外観図を示した。

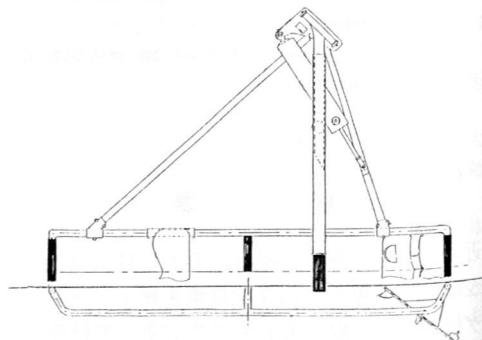


Fig 1. Schematic illustration of rowing-machine.

Table 1. Physical characteristics of subjects.

Sub.	Age (years)	Height (cm)	Weight (Kg)	Back strength (Kg)
A	30	166.0	60.0	135
B	31	172.0	59.0	161
C	22	171.0	70.0	190
D	21	172.0	68.7	173
E	21	171.2	57.5	143
Mean (S. D.)	25 (5)	170.4 (2.5)	63.0 (5.9)	160 (22)

②ローイングピッチとオールの抵抗負荷強度

ローイングピッチは20, 25, 30回/分とし, メトロノームに合わせて漕ぐようにした。

オールの抵抗負荷強度は, 本ローイングマシンで設定可能な抵抗負荷強度条件(18段階)のうち, 弱, 中, 中強, 強程度に相当する4段階(弱い方

からレベル1, 2, 3, 4とする)にピストンの圧力を調節した。

運動時間は10分間とした。漕運動中、被検者は、ストローク毎のピストンに加わる圧力変化を看視することによって、10分間を通してピーク値がほぼ一定になるような力で漕ぐように指示した。

③平均ピーク圧力

10分間の漕運動中を通して記録器に記録したピストンに加わる圧力変化曲線より、1ストローク毎のピーク圧力をすべて計測し、1分間毎の平均ピーク圧力を算出した。

④1ストローク当たりの平均力積

平均ピーク圧力同様、漕運動中に記録した圧力変化曲線より、1ストローク毎に得られる面積をプランニーメーターを用いて計測し、この値にピストンの断面積(8.94cm²)を乗じて力積を求め、1ストローク当たりの平均力積を1分間毎に算出した。

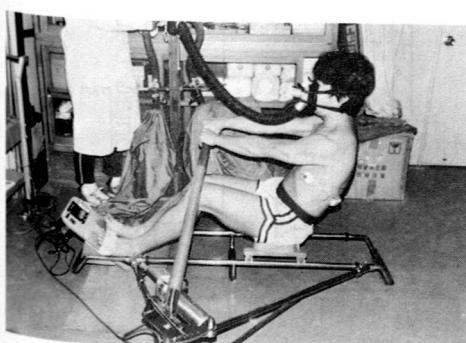
⑤心拍数

運動前・運動中及び運動後を継続して、胸部誘導法により心電図を記録(テレメーター方式)し、R-R間隔より1分間毎の心拍数を求めた。

⑥酸素摂取量

呼気ガス採集用マスクを被検者に装着し、運動中の呼気ガスを1分間単位でダグラスバッグに採集し、換気量を計測するとともに、較正ガスによって較正した呼気ガス分析器レスピライザーBM-10(フクダ産業製)を用いてO₂, CO₂%濃度を測定し、酸素摂取量を求めた。

写真は、本実験の実験風景である。



Photograph 1. View of experiment.

3) トレッドミル走

漕運動における運動負荷強度をトレッドミル走による運動負荷強度と比較するため、漕運動の場合と同じ被検者にトレッドミル走を実施した。

トレッドミル走では、最大酸素摂取量と各種速度における10分間走の運動負荷強度を測定した。

①最大酸素摂取量

最大酸素摂取量は、トレッドミル斜度を8.6%(5度)で一定とし、初期速度160m/minで2分間走行させた後、1分間毎に10m/minずつ速度を漸増させ被検者をExhaustionに導いた¹⁷⁾。

②各種速度における10分間走の運動強度

速度は、毎分120m, 160m, 200m, 240mの4種類としトレッドミル斜度は0%とした。上記4種類の速度で10分間走を行ったときの酸素摂取量及び心拍数を測定した。

なお、①、②とも酸素摂取量及び心拍数の分析方法は、漕運動の場合と同様である。

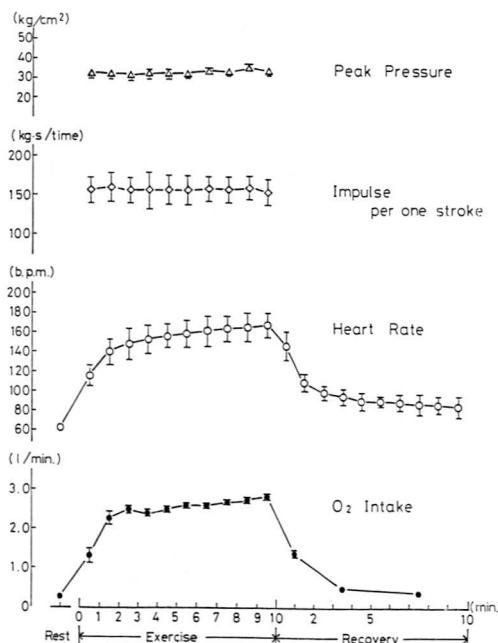


Fig. 2 Changes of peak pressure, impulse per one stroke, heart rate and oxygen intake during rowing exercise at a work load of Level 2 (moderate) on the pitch of 25 times · min⁻¹.

結 果

ローイングピッチ25回／分・レベル2の条件で漕運動を行ったときの平均ピーク圧力、1ストローク当りの平均力積、心拍数、酸素摂取量の4項目における経時的变化について、5名の平均値で示したものが図2である。

Table 2. Mean values of mean peak pressure, mean impulse per one stroke, heart rate and oxygen intake at 12 different rowing conditions.

Item	Level	Pitch (times/min.)		
		20	25	30
Mean Peak Pressure (Kg/cm ²)	1	24.1(1.7)	32.0(2.0)	27.2(4.0)
	2	33.6(3.0)	33.2(1.3)	31.6(0.9)
	3	42.0(4.7)	37.3(3.6)	36.6(4.0)
	4	46.6(5.8)	43.0(2.3)	43.2(6.2)
Mean Impulse per one stroke (Kg·s/time)	1	97.7(19.2)	118.4(6.8)	105.1(10.5)
	2	153.7(9.4)	150.6(9.3)	129.3(9.7)
	3	216.7(16.3)	192.9(8.2)	168.1(14.2)
	4	304.2(22.8)	265.7(20.6)	215.6(19.7)
Heart Rate (b.p.m.)	1	138(18)	169(11)	167(12)
	2	151(6)	162(11)	169(16)
	3	167(10)	175(12)	180(10)
	4	172(11)	178(12)	179(9)
O ₂ Intake (l/min.)	1	1.990(0.372)	2.677(0.206)	2.709(0.175)
	2	2.457(0.234)	2.704(0.152)	2.758(0.226)
	3	2.817(0.255)	2.789(0.137)	3.067(0.218)
	4	3.004(0.301)	3.054(0.157)	3.070(0.146)

M. (S. D.)

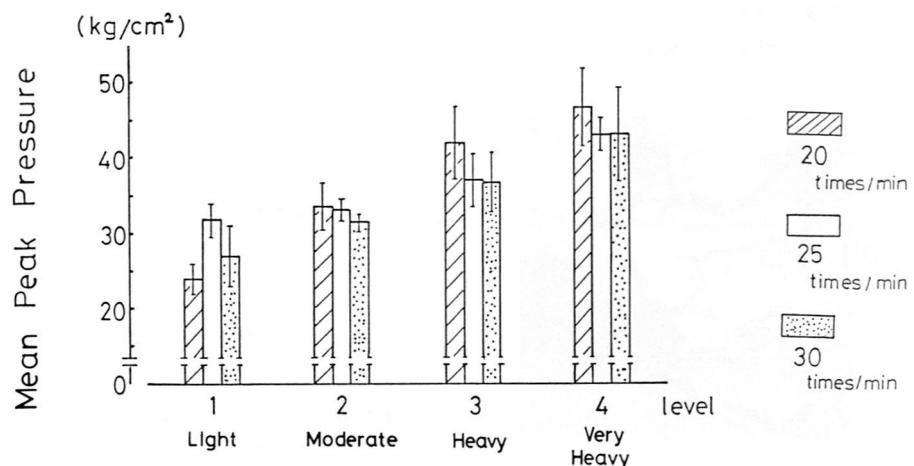


Fig 3. Comparison of mean peak pressure at 12 different rowing conditions.

各項目の測定値を条件別に5名の平均値で示した。

1) 平均ピーク圧力 (図3)

ローイングピッチ20, 25, 30回／分の漕運動とも、オールの抵抗負荷強度（レベル1（弱），2（中），3（中強），4（強））が強くなるにつれて平均ピーク圧力は増大する傾向がみられた。しかし、同じオールの抵抗負荷強度内では、ローイングピッチのはやさの違いによる一定の傾向はみられず、レベル1では $24.1\sim32.0\text{kg/cm}^2$ 、レベル2では $31.6\sim33.6\text{kg/cm}^2$ 、レベル3では $36.6\sim42.0\text{kg/cm}^2$ 、レベル4では $43.0\sim46.6\text{kg/cm}^2$ の範囲にあった。

2) 1ストローク当たりの平均力積 (図4)

いずれのローイングピッチの漕運動についても、オールの抵抗負荷強度が強くなるにつれて、1ストローク当たりの平均力積は増大する傾向がみられた。これは、平均ピーク圧力と同様の傾向であった。しかし、同じオールの抵抗負荷強度内で、ローイングピッチのはやさの違いによる傾向についてみると、オールの抵抗負荷強度が中強、強程度に相当する段階（レベル3, 4）で、ローイングピッチがはやくなるにつれて、1ストローク当たりの平均力積が小さくなる傾向がみられた。また、1ストローク当たりの平均力積にそれぞれのピッチ

数を乗じて1分間の総力積を算出し、その結果を図5に示した。

いずれのローイングピッチ条件においても、オールの抵抗負荷強度が強くなるにつれて1分間の総力積は増大する傾向がみられた。これは1ストローク当たりの平均力積と同様のことである。しかし、同じオールの抵抗負荷強度内でローイングピッチのはやさの違いによる傾向についてみると、オールの抵抗負荷強度レベル1, 2ではローイングピッチ20回／分の場合だけが著しく小さい値を示し、そしてレベル2, 3, 4とオールの抵抗負荷強度が強くなるにつれてその差が小さくなる傾向がみられた。さらに、ローイングピッチ25回／分、30回／分の漕運動の場合は、レベル1, 2, 3, 4のいずれのオールの抵抗負荷強度段階においても、1分間の総力積はほとんど同様の値を示す傾向がみられた。

3) 心拍数 (図6)

ローイングピッチ20回／分の漕運動では、オールの抵抗負荷強度が強くなるにつれて、心拍数も増加する傾向がみられた（レベル1：138拍／分、レベル2：151拍／分、レベル3：167拍／分、レベル4：172拍／分）。

ローイングピッチ25, 30回／分の漕運動では、

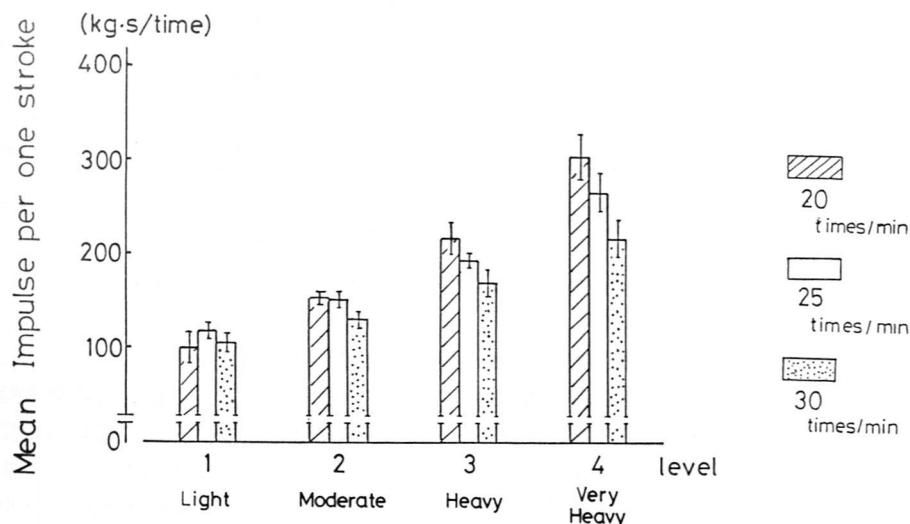


Fig 4. Comparison of mean impulse per one stroke at 12 different rowing conditions.

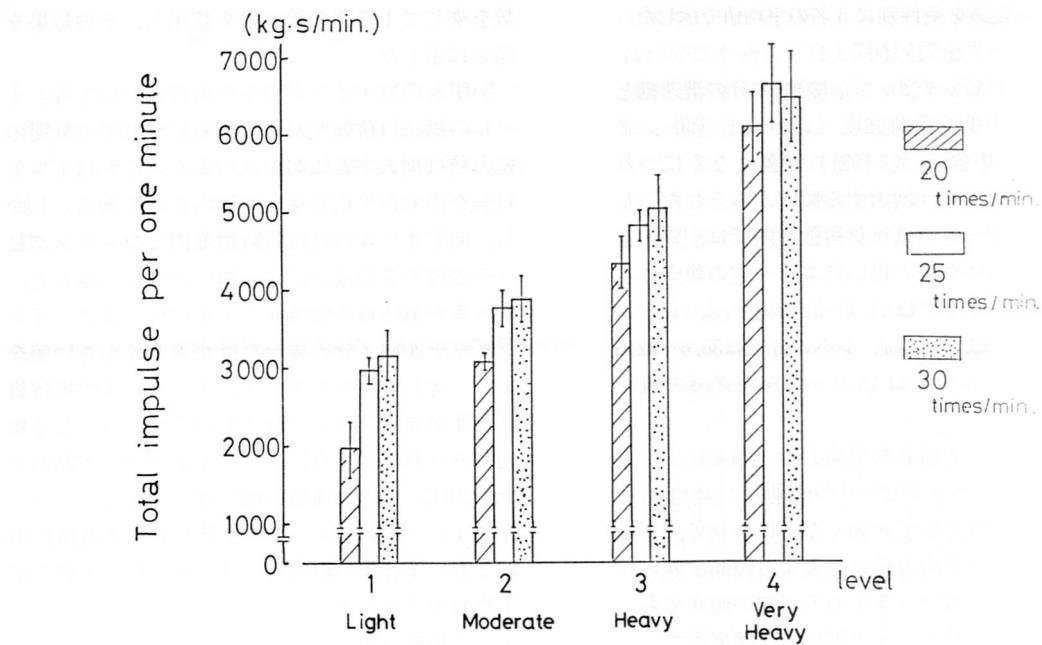


Fig. 5. Comparison of total impulse per one minute at 12 different rowing conditions.

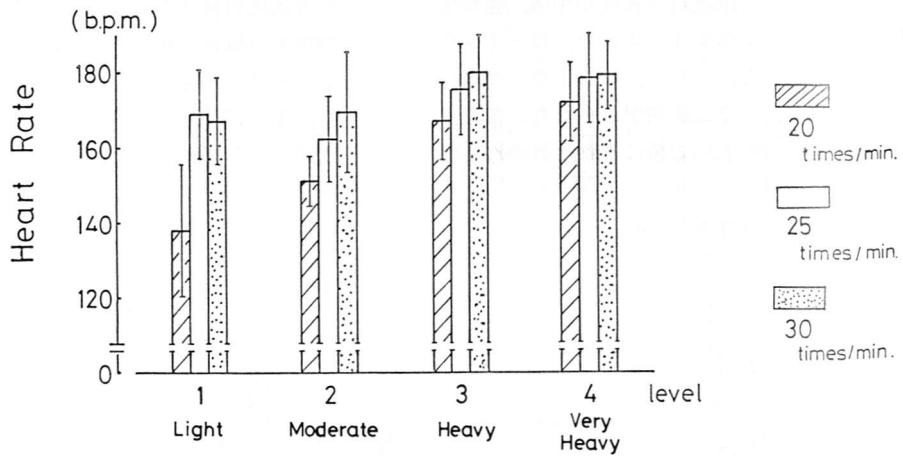


Fig. 6. Comparison of heart rate at 12 different rowing conditions.

オールの抵抗負荷強度が弱程度に相当する段階（レベル1）から、それぞれ169拍／分、167拍／分とかなり大きな値を示し、オールの抵抗負荷強度段階による一定の傾向はみられなかった。

各漕運動条件の中で、最も大きな心拍数を示したのは、ローイングピッチ30回／分・レベル3の条件で行った場合であり、180拍／分であった。

4) 酸素摂取量（図7）

ローイングピッチ20回／分の漕運動では、オールの抵抗負荷強度が強くなるにつれて酸素摂取量も増大する傾向が認められた（レベル1：1.990 l/min、レベル2：2.457 l/min、レベル3：2.817 l/min、レベル4：3.004 l/min）。

ローイングピッチ25、30回／分の漕運動では、

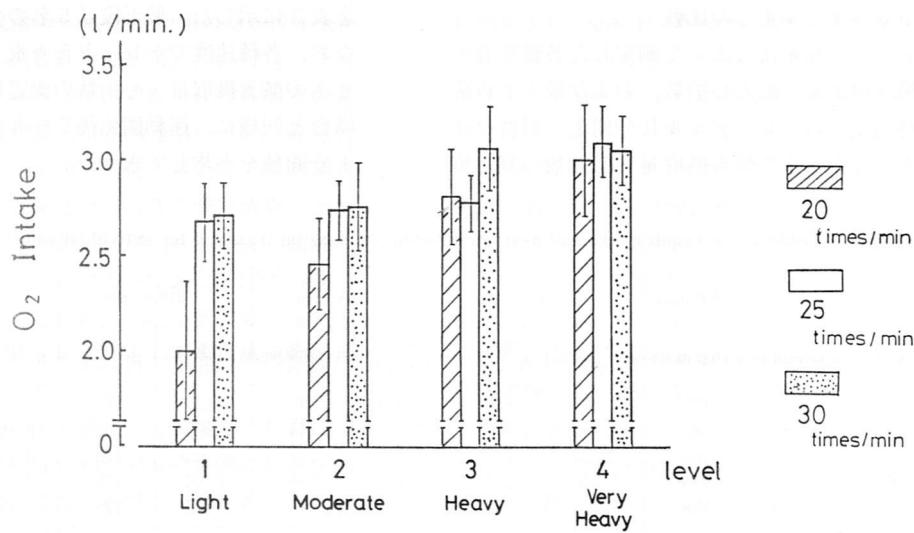


Fig 7. Comparison of oxygen intake at 12 different rowing conditions.

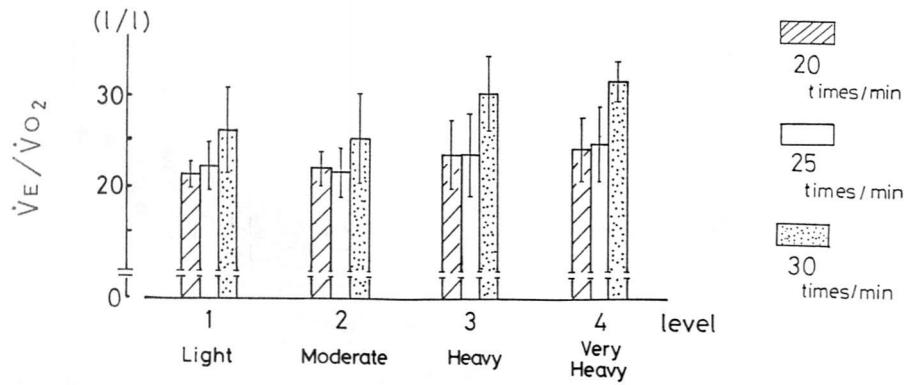


Fig 8. Comparison of ventilatory equivalent at 12 different rowing conditions.

オールの抵抗負荷強度がレベル1の段階から、それぞれ2.677 l/min, 2.709 l/min, とかなり大きい酸素摂取量の値を示し、オールの抵抗負荷強度段階による一定の傾向はみられなかった。

また、同じオールの抵抗負荷強度内でローイングピッチのはやさの違いによる傾向についてみると、オールの抵抗負荷強度レベル1, 2では20回/分の場合だけが著しく小さい値を示し、レベル3では30回/分の場合だけが著しく大きい値を示し、レベル4では3者ともほぼ同様の酸素摂取量を示した。なお、レベル3におけるローイングピ

ッチ30回/分の場合(3.067 l/min)は、レベル4におけるローイングピッチ条件の場合(3.004~3.070 l/min)とほぼ同様の値であった。

しかし、各々の漕運動条件における換気当量についてみると(図8)、いずれのオールの抵抗負荷強度段階においても、ローイングピッチ30回/分の漕運動だけが著しく大きい値を示す傾向がみられた。特にオールの抵抗負荷強度レベル3, 4におけるローイングピッチ30回/分の漕運動では、それぞれ31.0, 32.4 (l/l)と非常に大きい換気当量の値を示した。

5) トレッドミル走との比較

トレッドミル走法によって測定した各被検者の最大酸素摂取量・最大心拍数、および最大下負荷の各種速度でのトレッドミル10分間走（斜度は0%）を行ったときの酸素摂取量・心拍数の測定値

を表3に示した。最下段は5名の平均値である。なお、各種速度でトレッドミル走を10分間行ったときの酸素摂取量・心拍数の測定値は、漕運動の場合と同様に、運動開始後7～8分、9～10分の1分間値を平均して求めた。

表3・図9 **Table 3.** Oxygen intake and heart rate during running on treadmill for individual subject.

Sub.	Vo ₂ max. (l/min.)	H.R.max. (b.p.m.)	120m/min.		160m/min.		200m/min.		240m/min.	
			Vo ₂ (l/min.)	H.R. (b.p.m.)						
A	3.371	199	1.543	130	1.979	140	2.532	172	3.039	192
B	3.460	187	1.760	108	2.400	141	2.879	161	3.262	174
C	3.557	201	2.214	147	2.525	157	3.326	183	3.529	201
D	3.758	199	1.866	124	2.413	156	3.055	179	3.639	196
E	3.638	198	1.770	131	2.101	144	2.928	175	2.288	189
Mean (S.D.)	3.557 (0.151)	197 (6)	1.831 (0.245)	128 (14)	2.284 (0.232)	148 (8)	2.944 (0.288)	174 (8)	3.351 (0.237)	189 (10)

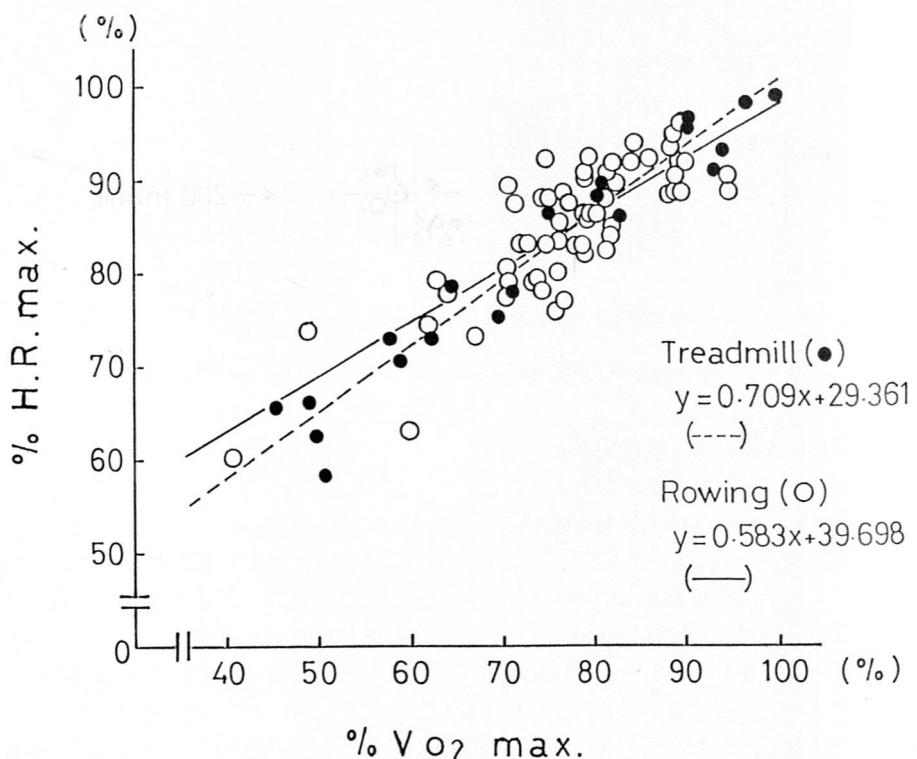


Fig 9. Relation between %H.R. max. and %Vo₂ max. during rowing exercise and treadmill running. Values of Vo₂max. and Max. Heart Rate was adapted from treadmill running.

最大酸素摂取量の5名の平均値は3.557 l/minであり、最大心拍数は197拍/分であった。

図9は、トレッドミル走で得られた各個人の最大酸素摂取量及び最大心拍数を100とし、各種速度でのトロッソードミル10分間走と各条件での漕運動における酸素摂取量及び心拍数の測定値を、それぞれ% $V_{O2\text{max}}$ (横軸) 及び% H.R. max (縦軸)に換算してプロットしたものである。図中の●印はトレッドミル10分間走、○印は漕運動の場合を示し、破線はトレッドミル走、実線は漕運動の場合の回帰直線である。

漕運動における測定値は、最大酸素摂取量の70~80%，最大心拍数の80~90%の範囲に集中する場合が多かった。また、各個人の漕運動における酸素摂取量の最高値を、% $V_{O2\text{max}}$ で示すと、Sub. A : 89.7 % (ローイングピッチ30回/分・

レベル3)， Sub. B : 95.2 % (ローイングピッチ30回/分・レベル3)， Sub. C : 90.1 % (ローイングピッチ30回/分・レベル3)， Sub. D : 89.6 % (ローイングピッチ20回/分・レベル4)， Sub. E : 89.0 % (ローイングピッチ20回/分・レベル4) であった。心拍数の最高値についても、89~96% H.R. max の範囲にみられた。

% $V_{O2\text{max}}$ と% H.R. maxとの関係については、漕運動、トレッドミル走ともほぼ同様の傾向がみられた。なお、両者とも% H.R. maxの方がやや高めの値を示し、% $V_{O2\text{max}}$ が小さくなるほどその差が顕著になる傾向がみられた。

図10は、各種速度でのトレッドミル10分間走で得られた酸素摂取量及び心拍数の平均値を○印で、各条件における漕運動で得られた酸素摂取量及び心拍数の平均値を、ローイングピッチ20回/分の

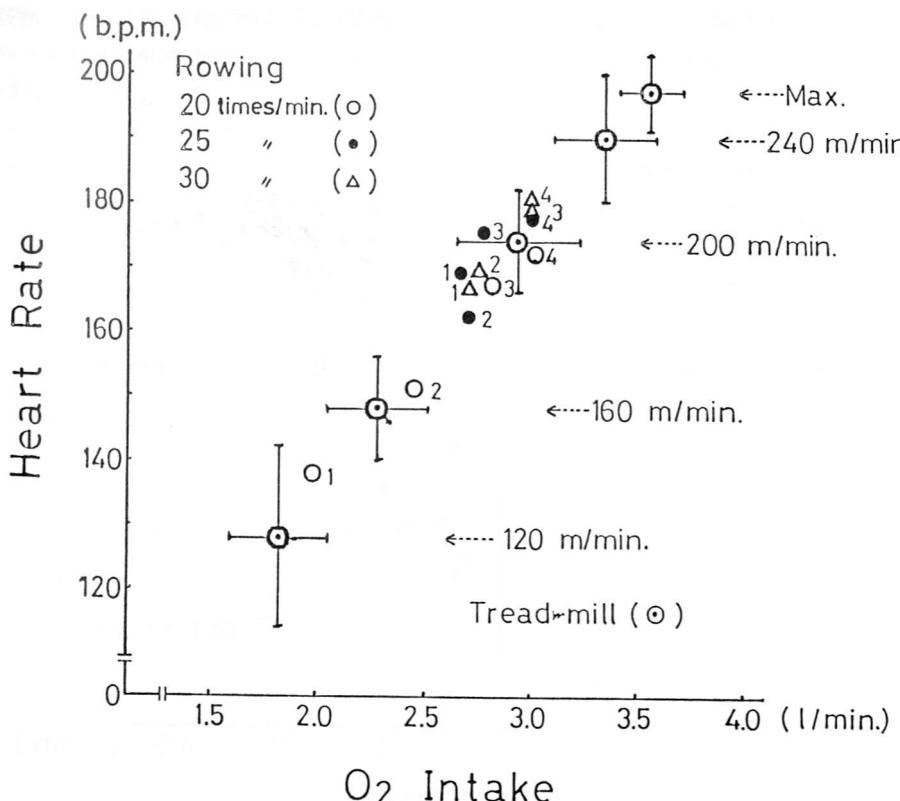


Fig 10. Relation between heart rate and oxygen intake during rowing exercise and treadmill running at different work intensity.

場合は○印で、25回／分の場合は●印で、30回／分の場合は△印で示したものである。オールの抵抗負荷強度のレベルについては、図中にそれぞれ数字で示した。

ローイングピッチ20回／分(○印)の漕運動では、オールの抵抗負荷強度の違いによってその運動負荷強度も段階的に変化し、トレッドミル10分間走と比較すると、オールの抵抗負荷強度レベル1の場合は120m/minの速度、レベル2の場合は160m/minの速度における運動負荷強度とはほぼ同等であり、レベル3、4の場合は、200m/minの速度における運動負荷強度と同等あるいはやや下回る程度のものであった。

ローイングピッチ25回／分(●印)、30回／分(△印)の漕運動の場合は、オールの抵抗負荷強度の違いにそれほど関係なく、運動負荷強度が全般的に高く、トレッドミル10分間走と比較すると、すべて200m/minの速度の場合と同等あるいはやや下回る程度の範囲に含まれた。

図11はトレッドミル走と漕運動における酸素摂取量と換気当量の関係について図11と同様の方法で示したものである。

ローイングピッチ20回／分、25回／分の漕運動では、トレッドミル10分間走の場合とほぼ同様の傾向を示したが、ローイングピッチ30回／分の漕運動は、トレッドミル10分間走と比べて、酸素摂取量に対する換気量が大きくなる傾向がみられた。

論 議

一般に漕運動に関する研究は、最大作業時についての検討が多く、最大下作業時あるいは漸増負荷テストなどについての検討は少ない。その理由としては、漕艇競技記録向上をねらいとした最大作業量によってなされること、漕運動を対象とする研究には、ローイングエルゴメーターや、ローイングタンクなど模擬装置を用いて、実験することが多いが、いずれの装置にせよ、漕運動の特性上、トレッドミルや自転車エルゴメーターのよう

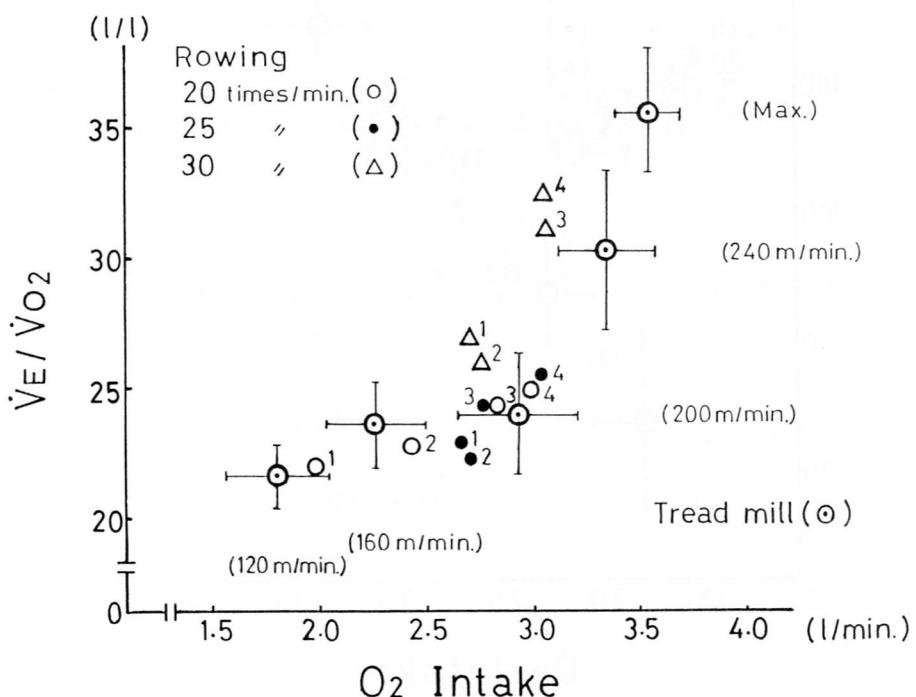


Fig 11. Relation between ventilatory equivalent and oxygen intake during rowing exercise and treadmill running at different work load.

に正確な力学的作業量を段階的に設定することが困難なことなどが考えられる。

Mickelsonたち²⁰⁾は、ローイングエルゴメーターを用いて、漕艇競技選手のA.T.の測定を行っているが、このときの漸増負荷法は、ローイングピッチを28~32回／分にして、fly wheelを常に500 r.p.m.となるように漕ぐことを被検者に指示し、その上でパワー負荷を増大させる方法を用いた。またMahlerたち¹⁸⁾も同様に、ローイングエルゴメーターを用いて漸増負荷テストを実施しているが、その方法は被検者自身がスピードメーターを看視しながら1分間に3km/hずつスピードを増大させるものであった。松尾たち¹⁹⁾は、ローイングタンクを用いた漕運動において、漕強度の変化が力学量及びエネルギー消費量における影響について検討し、漕強度の変化が被検者の主観に依存するものであったにもかかわらず、漕強度段階が増すにつれて酸素摂取量、力学量ともにはほぼ比例的に増加する傾向がみられ、ローイングの運動強度はオールに加える力とピッチの組み合わせによって生理学的に調整していたものと考察している。

本研究では、油圧式ピストンを利用したロー

イングマシンを用いて、ローイングピッチと油圧によるオールの抵抗負荷強度を規制し、それとの組み合わせによって漕強度がどのように変化するかを検討した。その結果、ピストンに加わった平均ピーク圧力及び力積は、いずれのローイングピッチ条件においてもオールの抵抗負荷強度が強くなるにつれて比例的に増大する傾向はみられた。しかし、酸素摂取量については、オールの抵抗負荷強度が強くなるにつれて比例的な増加傾向がみられたのは、比較的遅いピッチの20回／分の場合のみであった。ローイングピッチ25回／分の場合は、レベル1~3の条件で、ローイングピッチ30回／分の場合は、レベル1, 2の条件でほぼ同等の酸素摂取量(2.7~2.8 l/min)を示し、段階的な増加傾向はみられなかった。従って、ローイングピッチ25回／分、30回／分の場合は、力学量と酸素摂取量との間に比例的な関係がみられないことになる。そこで、各条件で示した酸素摂取量の値でそれぞれにおける1分間の総力積を除した値、つまり酸素摂取量1l当たりに対する力積を算出した。図12のように、オールの抵抗負荷強度が強くなるにつれて、どのローイングピッチ条件においても段階的に大きくなる傾向がみられた。しか

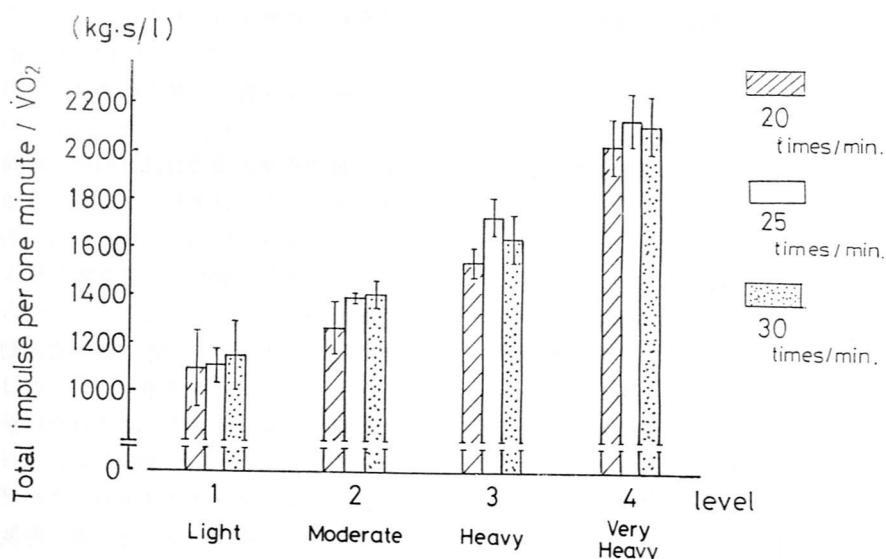


Fig 12. Comparison of impulse per oxygen intake at 12 different rowing conditions.

も同一抵抗負荷強度内におけるピッチ間の差異はそれほど大きいものではなかった。

油圧をオールの抵抗負荷に利用したローイングマシンは、その抵抗負荷強度段階によって、それぞれ異なった効率が存在しているものと思われる。また、このことを逆に考えれば、ローイングピッチ25回／分のレベル1～3の条件やローイングピッチ30回／分のレベル1、2の条件における漕運動は、被検者自身が、規制されたピッチの範囲内で、オールの引き幅や速度を微妙に変化させることによって、酸素摂取量が2.7～2.8 l/min程度の漕強度となるように力学量をコントロールすることができる段階であるとも推察できる。

漕運動とトレッドミル走との比較については、Careyたち⁷⁾、浅見たち¹⁾、Secherたち²³⁾等が漕艇競技選手を対象として、最大作業時の酸素摂取量や心拍数などの生理学的反応について検討している。

本研究は、一般人を対象として最大下作業時における漕強度の変化について検討していること、さらに、各漕運動条件について、ピッチとオールの抵抗負荷強度の規制はしたが、その範囲内で被検者が漕強度を自主コントロールすることが可能であること、あるいは、上述のように、オールの抵抗負荷強度段階によって異なった効率が存在し得ることなどの点から、上記報告のような両者の比較はできない。しかし、以上のような事柄を含んだ上で、各漕運動条件における運動強度と各種条件で得られたトレッドミル走の運動強度を比較することは、本研究の目的上必要なことであると思われる。

今回の漕運動によって各被検者が示した最も大きい酸素摂取量の値は3.025～3.366 l/minであり、これはトレッドミル走で得られた最大酸素摂取量の89～95%に相当するものであった。Carleyたち⁷⁾や浅見たち¹⁾は、漕艇競技選手を対象としたにもかかわらず、漕運動とトレッドミル走における最大酸素摂取量にはほとんど差異がないと報告している。従って、上記酸素摂取量の値は漕運動においても各被検者のほぼ最大値ではないかと思われる。そして、これらの値が測定されたのは、

ローイングピッチ20回／分・レベル4及びローイングピッチ30回／分・レベル3の漕運動条件の場合であった。

なお、漕運動とトレッドミル走における酸素摂取量と心拍数の関係は、両者ともほぼ同様の傾向を示した。両者とも%H.R. maxの方がやや大きい値を示したのは、同一負荷の運動であるにもかかわらず、その時間が10分間という比較的長いものであったためと思われる。

以上、酸素摂取量を中心に各条件における漕運動とトレッドミル走の運動強度とを比較してきたわけであるが、たとえ酸素摂取量が同じ値を示した運動であっても、その運動様式が異なっている場合には、換気量や血圧などの上昇の仕方に違いがみられる^{4) 5) 9) 21) 24)}。本実験においては、血圧の測定は行わなかったが、各漕運動条件における換気当量を算出したところ、ローイングピッチ20回／分や25回／分の漕運動に比べてローイングピッチ30回／分の漕運動の方が顕著に大きい値を示した。また、トレッドミル走の場合と比較しても、ローイングピッチ20回／分や25回／分の漕運動はトレッドミル走とほぼ同様の傾向にあったが、ローイングピッチ30回／分の漕運動だけは、トレッドミル走の場合に比べてもやはり大きい換気当量を示す傾向がみられた。

Stenbergたち²⁴⁾は、エルゴメーターを用いて腕、脚、腕+脚の3種の作業様式における生理学的反応について検討し、換気当量について、脚と腕+脚の作業の場合はほぼ同様の傾向にあるが、腕作業の場合には著しく大きくなる傾向がみられることを報告している。この他、Reybroukたち²¹⁾、Davisたち⁹⁾の類似した研究報告からも上記の様な傾向を知ることができる。したがって、本実験でローイングピッチ30回／分の漕運動の場合だけが著しく大きい換気当量を示したのは、上肢筋群の使い方に違いがあるためではないかとも考えられる。一般人にとって30回／分のローイングピッチはかなりはやいものであり、このピッチに合わせてオールを引くためには、脚の伸展動作とほとんど同時に腕の屈曲動作を加えてオールの引き速度をできるだけ大きくする必要があり、ローイン

グピッチ20回／分や25回／分の漕運動に比べて、上肢筋群の活動はきわめて激しいものとなることは容易に推察できる。

要 約

油圧式ローイングマシンを用いて、漕運動を行った場合に、ローイングピッチ（20, 25, 30回／分）とオールの抵抗負荷強度（レベル1, 2, 3, 4）の組み合わせの違いによって、生体の運動負荷強度がどのように変化するかについて生理学的に検討し、以下のような結果を得た。

- 1) 各漕運動条件における平均ピーク圧力及び1ストローク当たりの平均力積は、いずれのローイングピッチの条件においても、オールの抵抗負荷強度が強くなるにつれて増加する傾向が認められた。
- 2) 各漕運動条件における酸素摂取量は、ローイングピッチ20回／分の漕運動ではオールの抵抗負荷強度が強くなるにつれて増加する傾向が認められたが、ローイングピッチ25回／分, 30回／分の漕運動では一定の傾向が認められなかった。心拍数についても同様の結果が得られた。
- 3) 各漕運動条件における酸素摂取量1 ℥当たりに対する力積は、いずれのローイングピッチ条件においても、オールの抵抗負荷強度が強くなるにつれて大きな傾向がみられた。しかも、各オールの抵抗負荷強度段階において、ローイングピッチのはやさの違いによる差異は比較的小さなものであった。
- 4) 各漕運動条件で得られた酸素摂取量の個人最高値は、トレッドミル走で得られた最大酸素摂取量の89～95%であった。また、漕運動で得られた測定値は最大酸素摂取量の70～80%の範囲に多く含まれていた。

漕運動とトレッドミル走の、酸素摂取量と心拍数の関係はほぼ同様の傾向を示した。

- 5) 各漕運動条件における換気当量は、ローイングピッチ30回／分の漕運動だけが、いずれのオールの抵抗負荷強度条件においても顕著に大きい値を示した。また、トレッドミル走と比較しても、ローイングピッチ30回／分の漕運動には、酸素摂取量の割に換気量が大きい傾向がみられた。

6) 油圧式ローイングマシンを用いて各種条件で漕運動を行った場合、その運動負荷強度は、ほとんどが70% $V_{O2\text{max}}$ を上回るものであった。その中でも70～80% $V_{O2\text{max}}$ が半分以上を占めていることから、この範囲が漕手の自主コントロール段階の運動負荷強度であろうと考えられる。

しかし、はやいローイングピッチ条件での漕運動は比較的おそいローイングピッチ条件での漕運動とは身体の活動様式が異なっていると推察された。

文 献

- 1) 浅見俊雄, 足立長彦, 山本恵三, 生田香明：ボート選手の最大酸素摂取量と最大酸素債量について, 日本体育学会第27回大会号, P.427, 1976.
- 2) Asami, T., N. Adachi, K. Yamamoto, K. Ikuta, and K. Takahashi : Biomechanical analysis of rowing skill, Biomechanics VI -B, Ed. E. Asmussen and K. Jorgensen, University Park Press Baltimore PP.109-114, 1978.
- 3) Asami, T., N. Adachi and K. Yamamoto : Biomechanical analysis of rowing performances, Biomechanics VII-B, Ed. A. Morecki, K. Fidelus, K. Kedzior, A. Wit-B, University Park Press Baltimore, PP.442-446, 1980.
- 4) Astrand, P. O., K. Rodahl : Textbook of Work Physiology, McGraw Hill Book Company, 1970.
- 5) Bobbert, A. C. : Physiological comparison of three types of ergometry, J. Appl. Physiol., 15 (6), 1007-1014, 1960.
- 6) Cunningham, D. A., P. B. Goode and J. B. Critz. : Cardiorespiratory response to exercise on a rowing and bicycle ergometer. Med. and Sci. in Sports. 7(1), 37-43, 1975.
- 7) Carey, P., M. Stensland, and L. H. Hartley : Comparison of oxygen uptake during maximal work on the treadmill and the rowing ergometer. Med. and Sci. in Sports. 6 (2), 101-103, 1974.
- 8) Celentano, F., G. Cortili, P. E. DiPrampero and P. Cerretti : Mechanical aspects of rowing. J. Appl. Physiol., 36 (6), 642-647, 1974.
- 9) Davis, J. A., P. Vodak, J. H. Wilmore, J. Vodack, and P. Kurtz : Anaerobic threshold and maximal aerobic power for three modes of exercise, J. Appl. Physiol., 41 (4), 544-550, 1976.
- 10) DiPrampero, P. E., G. Cortili, F. Celentano and P. Cerretti : Physiological aspects of rowing. J. Appl. Physiol., 31 (6), 853-857, 1971.

- 11) 福永哲夫：ローイング運動のバイオメカニクス，
J. J. Sports Sci. 765-771, 1984.
- 12) Hagerman, F. C. and W. D. Lee, : Measurement of oxygen consumption, heart rate, and Work output during rowing. Med. and Sci. in sports. 3 (4), 155-160, 1971.
- 13) Hagerman, F. C., M. C. Connors, J. A. Gault, G. R. Hagerman, and W. J. Polinski, : Energy expenditure during simulated rowing., J. Appl. Physiol. 45 (1), 87-93, 1978.
- 14) 石河利寛：ボート選手のクルー別体力比較，体育科学研究, 9 (1), 83, 1964.
- 15) 石河利寛：テレメーターによる漕艇動作の分析，医用電子と生体工学, 3 (3), 25-30, 1965.
- 16) Ishiko, T. : Biomechanics of Rowing, Medicine and Sport, 6 : Biomechanics II, Karger, Basel, PP.249-252, 1971.
- 17) 小林寛道：日本人のエアロビックパワー，一加齢による体力推移とトレーニングの影響—杏林書院, P.10, 1982.
- 18) Mahler, D. A., B. E. Andrea, and D. C. Andresen, : Comparison of 6-min "all-out" and incremental exercise tests in elite oarsmen., Med. and Sci. in Sports Exerc. 16 (6), 567-571, 1984.
- 19) 松尾彰文, 山本恵三, 小野晃：ローイング運動における力学量及びエネルギー消費量に及ぼす強度変化の影響, 昭和57年度日本体育協会スポーツ医・科学調査研究事業報告, No. 6, 漕艇, (1) 296-301, 1983.
- 20) Mickelson, T. C. and F. C. Hagerman : Anaerobic threshold measurements of elite oarsman. Med. Sci. in Sports Exerc. 14 (6), 440-444, 1982.
- 21) Reybrouk, T., G. F. Heigenhauser, and J. A. Faulkner, : Limitation to maximum oxygen uptake in arm, leg, and combined arm-leg ergometry, J. Appl. Physiol. 38 (5), 774-779. 1975.
- 22) 佐野裕司, 浅見俊雄, 戸苅晴彦, 足立長彦, 山本恵三, 北川薰, 菊池武道：ボートのローイング技術の分析的研究, キネシオロジー研究会編, 身体運動の科学II, 杏林書院 PP.190-200, 1975.
- 23) Secher, N. M. : The physiology of rowing. J. Sports Sci., 1. 23-53, 1983.
- 24) Stenberg, J., P-O Åstrand, B. Ekblom, J. Royce, and B. Saltin, : Hemodynamic response to work with different muscle groups, Sitting and Supine., J. Appl. Physiol., 22 (1), 61-70, 1967.
- 25) 角田俊幸：6分間ローイングのエネルギー需給関係, 昭和54年度日本体育協会スポーツ医・科学調査研究事業報告, No. 6, 漕艇, (1) 107-111. 1980.
- 26) 植屋清見：エネルギー示性式からみたローイングの運動学的研究, 体育学研究, 22 (6), 363-373, 1978.
- 27) 山本恵三, 松尾彰文, 小野晃, 浅見俊雄, 福永哲夫：ローイング運動におけるエネルギー出力特性からみたボート選手の能力評価, 星川保, 豊島進太郎編, 日本バイオメカニクス学会大会論集, 走, 跳, 投, 打, 泳における“よい動き”とは, 名古屋大学出版会, PP.223-227, 1984.

(昭和61年1月24日受付)