

最大酸素摂取量による負荷重量の検討

——自転車エルゴメーターにおけるルックサック重量の影響について

吉 田 勝 志*

Study of Load in Terms of Maximal Oxygen Intake

——Influences upon Living Bodies by Rucksack Load
with Bicycle Ergometer

Katsushi YOSHIDA*

(Received September 9, 1974)

1 緒 言

一般に登山行動を規制する要因としては、歩行のスピード、傾斜勾配およびルックサックの負荷重量等が考えられ、これらの要因が生体におよぼす影響については、従来からトレッドミルによる多くの研究がなされている。中原¹⁾は速度変化と生体反応の関係について、Henry²⁾は傾斜勾配にともなう歩と走について、Goldman たち³⁾は負荷重量にともなう歩行動作について各々報告している。また、芝山⁴⁾はトレッドミルの歩行速度、走行時間および傾斜角(勾配)を函数とする心拍数特性について、小川たち⁵⁾は歩行速度と負荷重量の関係から至適負荷重量について、Bobbert⁶⁾は水平および傾斜歩行でのエネルギー消費量について、筆者たち^{7,8)}は傾斜角、負荷重量、歩行継続時間および休息時間に関する至適条件について各々報告している。

しかし、ルックサック(重量物)を背負っての運搬という負荷方法とは別に、立位あるいは座位等の一定の姿勢における、特に垂直下方向への負荷重量が生体にどのような影響をおよぼすかについては、ほとんど明らかにされていない。

本実験では、自転車エルゴメーターにより、ペダリングのみの負荷(Load A)とルックサックを背負ってペダリングする負荷(Load B)との2つの負荷方法を同一被検者に行なわせ、負荷方法の違い、すなわちルックサックの重量条件が生体に対していかなる影響をおよぼすかについて、最大酸素摂取量の面から追求し検討を試みた。

2 研究方法

* 保健体育系列 (Department of Liberal Arts and Sciences
—Health and Physical Education)

(1) 被 検 者

中京大学体育学部学生11名を無作為に抽出し、被検者として採用した。これらの被検者は、過去3年以上運動部活動の経験を有するが、特定のスポーツ種目における継続在籍年数が少ないため、ここでは体育学部学生とする。

第1表 被検者の身体特性

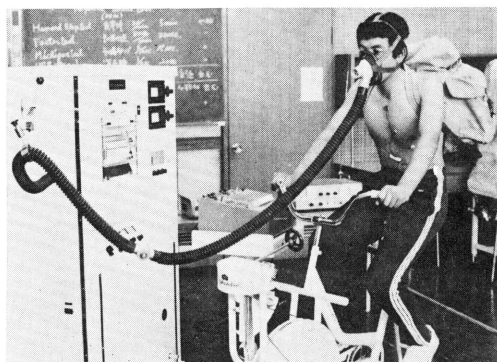
被 検 者	年 令 (歳)	身 長 (cm)	体 重 (kg)	体表面積 (m ²)
T.E.	19	175	68	1.82
H.G.	18	170	60	1.70
K.T.	18	166	65	1.72
A.K.	19	170	65	1.75
T.G.	18	170	64	1.70
H.G.	20	170	59	1.68
N.M.	19	166	65	1.72
S.S.	19	174	67	1.80
S.I.	18	176	58	1.72
T.N.	19	170	65	1.75
O.S.	20	165	59	1.64
$\bar{X}$	18.8	170.2	63.2	1.73
S.D.	0.7	3.5	3.4	0.05

その身体特性は、平均で示すと年令 18.8 ± 0.7 歳、身長 170.2 ± 3.5 cm、体重 63.2 ± 3.4 kg、体表面積 1.73 ± 0.05 m²であり、いずれも心電図、血圧等に異常のない健康な学生であった(第1表)。

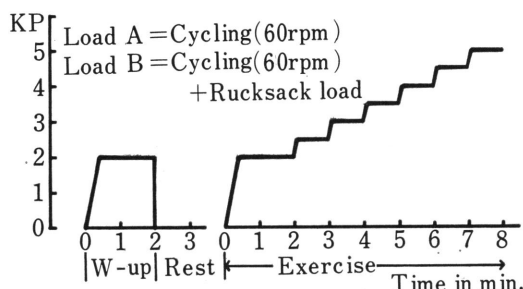
(2) 負荷方法

負荷方法は、第1図に示したようにスウェーデンMornark 社製の自転車エルゴメーターを用い、ペダルの回転数を60rpm(360m/分)と一定にして、最初の2分間を2kpから始め、以後1分間ごとに0.5kp(180kpm/分)づつ負荷を増していく漸増負荷法を採用した(第

2 図)。



第1図 実験方法



第2図 自転車エルゴメーターの負荷方法

上記の漸増負荷法で、自転車エルゴメーターのペダリングのみを負荷とする方法を Load A とし、ペダリング＋リュックサック荷重（体重の1/4重量のリュックサックを背負った条件）を負荷とする方法を Load B として設定し、同一被検者を各々の方法によってオールアウトまで追い込んだ。以下、負荷方法は Load A と Load B との略称で区別して用いることにする。

なお、リュックサック負荷重量の決定については、小川たち⁵⁾は至適負荷重量の許容限界を30kgとしており、また筆者たち^{7,8)}のトレッドミルを用いた実験では、体重の1/3重量の負荷で腰痛を訴える者が多く、1/4～1/5重量が至適であることを報告したので、今回は1/4重量を採用した。

(3) 測定方法および測定項目

(a) 呼吸機能測定

呼吸機能は、フクダ医理化研究所製のエレクトロメタボラーBMS—600により、安静時(3分)、W-up(2分)、休息(3分)、運動(オールアウトまで)、回復の全経過にわたって測定された。この測定器は、 O_2 ガス濃度と CO_2 ガス濃度および換気量と呼吸数の連続記録が

なされ、これらの記録をもとにして他の呼吸機能測定項目の算出をした。なお、本測定器の特性および信頼性等に関しては、先の研究⁹⁾で報告したので今回は省略する。

(b) 循環機能測定

安静時から回復過程までの全経過にわたる心電図(胸部誘導によるテレメータリング)を継続的に記録し、そのR—R間隔から毎分心拍数が算出された。

心拍数は、オールアウトの判定基準として負荷中特に4分目当りから連続的に観察され、原則的には180～200拍/分の範囲でペダリングのリズムにのれなくなった時点オールアウトと判断し、負荷を中止するようにした。

(c) 筋電図記録

リュックサック荷重での筋電図を日本光電製ポリグラフによって補足的に記録観察した。筋電図の導出部位は、上腕二頭筋、大胸筋、腹直筋、大腿二頭筋、脛骨筋、腓骨筋および浅指屈筋の7部位である。

(4) 測定期間および場所

測定は、昭和48年5～9月の4ヶ月にわたって、中京大学運動生理研究室にて実施された。

3 結 果

第2表に Load A と Load B による負荷方法別の測定値を示した。すなわち、最大酸素摂取量($\dot{V}O_{2max.}$)、体重当りの最大酸素摂取量($max.\dot{V}O_{2/kg}$)、最大換気量($\dot{V}_{Emax.}$)、最高呼吸数(R.R.max.)、1回換気量(Tidal volume)、最高心拍数(H.R.max.)、酸素摂取率(O_2 -removal)および酸素脈(O_2 -pulse)の8項目であるが、各々平均値($\bar{X}$)と標準偏差(S.D.)を示した。なお、最高心拍数と酸素脈の値はオールアウト時点のものであった。また、Load A と Load B の平均値の差とその検定結果を、Load (B—A)として第2表の右側に示した。この検定方法は、いずれも観測値が対をなす場合のt検定によった。

(1) Load A と Load B との比較

測定した項目のうち、Load A と Load B の平均値の差が有意であるのは、 $\dot{V}O_{2max.}$ 、 $max.\dot{V}O_{2/kg}$ 、 $\dot{V}_{Emax.}$ 、 O_2 -removal および O_2 -pulse の5項目であった。

まず $\dot{V}O_{2max.}$ についてみると、Load A によって得られた値は3.279l/分であり、Load B では3.614l/分となり、その差は0.335l/分で、約10% Load B の方が大きな値を示した。この差をt検定してみると5%水準で有意となった。また $max.\dot{V}O_{2/kg}$ についても、Load A が52.0ml/kg/分で、Load B が57.1ml/kg/分

第2表 各測定項目の統計値

	Load A	Load B	Load (B-A)
最大酸素摂取量 (l/min)	$\bar{X}$ 3.279 S.D. 0.350	3.614 0.487	差 0.335* t 2.450
体重当りの最大酸素摂取量 (ml/kg/min)	$\bar{X}$ 52.0 S.D. 4.73	57.1 6.31	差 5.1 * t 2.732
最大換気量 (l/min)	$\bar{X}$ 90.1 S.D. 12.15	96.3 10.36	差 6.2 * t 2.298
最高呼吸数 (breaths/min)	$\bar{X}$ 53.5 S.D. 5.2	56.5 7.1	差 3.0 t 1.375
1回換気量 (l)	$\bar{X}$ 1.87 S.D. 0.19	1.86 0.25	差 0.01 t 0.143
最高心拍数 (beats/min)	$\bar{X}$ 180.5 S.D. 7.3	182.5 8.7	差 2.0 t 1.242
酸素摂取率 (ml)	$\bar{X}$ 35.1 S.D. 4.18	36.9 4.65	差 1.8 * t 2.309
酸素脈 (ml)	$\bar{X}$ 17.0 S.D. 2.37	19.5 3.07	差 2.5 ** t 3.199

* $P < 0.05$ ** $P < 0.01$

となり、その差は 5.1ml/kg/分 で、約10% Load B の方が大きく、t 検定の結果も 5%水準で有意となった。

このように最大酸素摂取量については、 $\dot{V}_{O_2 \max}$, $\max.\dot{V}_{O_2}/\text{kg}$ とも有意に Load B の方が大きな値を示している。

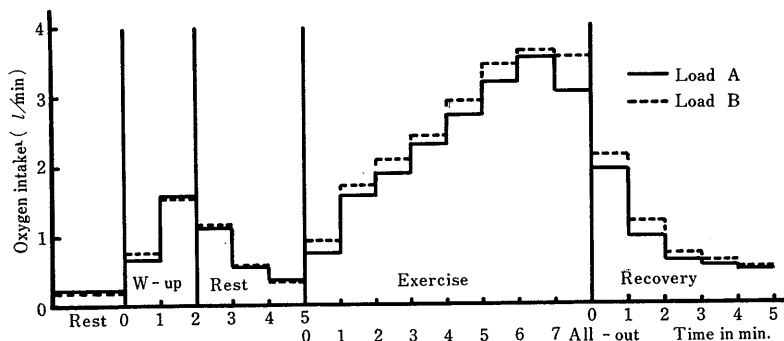
$\dot{V}_{E\max}$ は、Load A と Load B の差が 6.2l/分 と Load B の方が大きく、その差は 5%水準で有意となった。O₂-removal についても同様に Load B の方が 1.8ml 大きく、その差は 5%水準で有意となった。また O₂-pulse については、Load A より Load B の値の方が 2.5ml 大きく、その差は 1%水準で有意となっている。

その他の測定項目で有意な差を認められるものはなかったが、R.R.max. で 3.0回/分、Tidal volume で 0.01l、H.R.max. で 2.0拍/分、各々 Load A より Load B の平均値が大きかった。

(2) 酸素摂取量と最大酸素摂取量の発現時点

との関係

先に $\dot{V}_{O_2\max}$ の平均値は、Load A より Load B の方が有意に大きいという結果を得た。そこで、酸素摂取量 ($\dot{V}_{O_2}$) の平均値を継続的にみた場合、負荷中の $\dot{V}_{O_2}$ 変動が $\dot{V}_{O_2\max}$ の場合と同様な傾向を示すかどうかについて調査してみた (第3図)。



第3図 酸素摂取量の変化

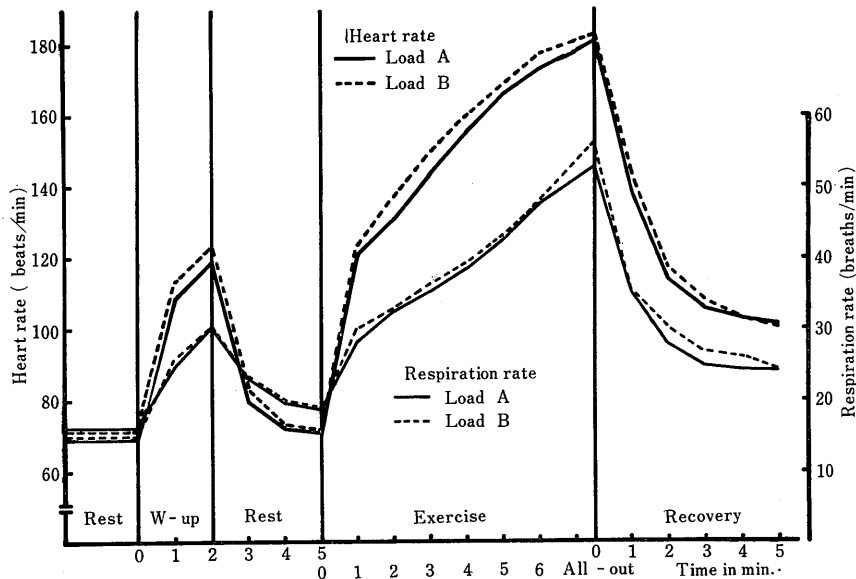
負荷中の $\dot{V}_{O_2}$ についてみると、負荷開始後1分目からすでに Load A より Load B の値の方が大きく、この差はオールアウト時点まで終始同様な傾向として認められた。増加の傾向は、負荷開始1分後から1分ごとに規則的な上昇を示し、Load A、Load B とも6~7分で最大値に達し、オールアウトに至っている。

この間での $\dot{V}_{O_2 \max}$ の発現時点を時間的に個々の場合について観察すると、Load A では5分~5分30秒が2名、5分30秒~6分が4名、6分~6分30秒が3

名、6分30秒~7分が2名となり、Load B では5分~5分30秒が4名、5分30秒~6分が2名、6分~6分30秒が3名、6分30秒~7分が1名、7分~7分30秒が1名となった。この結果、負荷方法の違いが $\dot{V}_{O_2 \max}$ の発現時点におよぼす影響は、特に認められなかった。

(3) 心拍数および呼吸数の変化

H.R. max. と R.R. max. については、第2表にみた通り、Load A と Load B との間に有意の差は認められなかったが、特に心拍数はオールアウトや $\dot{V}_{O_2\max}$.



第4図 心拍数および呼吸数の変化

を得るための決定条件として重要な測定項目となっているので、呼吸数と併せてその変化様相を観察してみた(第4図)。

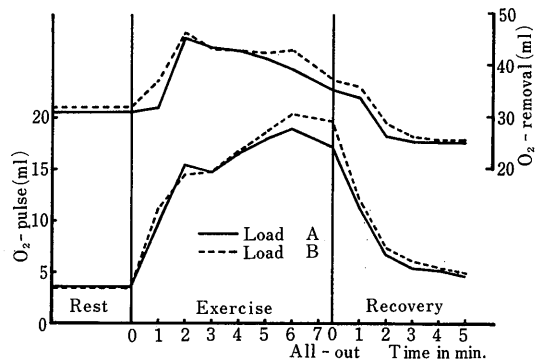
心拍数は、 $\dot{V}_{O_2}$ の場合と同様に負荷開始1分後から6分まではほぼ直線的に増加しているが、オールアウト近辺では増加の傾向がゆるみ、180拍/分以上の値でオールアウトに到達している。Load A と Load B との間に大きな差は認められないが、負荷中幾分 Load B の方が上位を示して、双方の差は平行に増加している。

呼吸数もまた同様に、1分目から5～6分まで1分ごとに規則的に増加するが、オールアウト時点では急激な増加を示した。負荷方法別にみた場合、双方の間にほとんど差は認められないが、オールアウト時点では Load A より Load B の方が明らかに大きな値を示した。この点から、第2表にみた Load A と Load B の $\dot{V}_E \max$ の差が、Tidal volume によるものではなく、R.R. max. の増加によって生じたものであることがわかる。

(4) 酸素摂取率および酸素脈の変化

毎分酸素摂取量と毎分換気量との比で表わされる O_2 -removal および 毎分酸素摂取量と 毎分心拍数との比で表わされる O_2 -pulse は、持久性の限界因子¹⁰⁾の1つと考えられており、 $\dot{V}_{O_2} \max$ や $\dot{V}_{O_2}$ と合わせて観察することが重要であると考え、第5図に示した。

まず O_2 -removal の平均値は、運動開始後2分で最



第5図 酸素脈および酸素摂取率の変化

大値を示すが、その後運動の経過とともに漸次低下してきてオールアウトに至っている。負荷方法別にみると、最初の1分から2分にかけては Load B の方が大きな値を示すが、3分から4分にかけては Load A と Load B とがほぼ同程度の値となり、5分以後にはまた Load B の値が大きくなってオールアウトに至っている。

O_2 -pulse の平均値は、運動開始後2～3分で停滞がみられるが、全体的には放物線状に増加し、オールアウトの時点では低下が認められた。負荷方法別にみた場合、4分目までは双方の間に差が認められなかったが、5分目から Load B が Load A を上まわる値を示している。

(5) オールアウト時間と作業量の比較

以上のように最大酸素摂取量, 酸素摂取量, 心拍数, 呼吸数, 酸素摂取率 および 酸素脈のいずれも運動中に Load B の方が Load A より大きな値を示したという事は, Load B による負荷方法が Load A の場合より負荷の強度が大きいといえよう。そこで, 第3表に負荷方法別のオールアウト時間と作業量の平均値を示した。

第3表 All-out 時間と作業量

		All-out時間 分 秒	Load (A-B)	作業量 kpm	Load (A-B)
Load A	$\bar{X}$	6 40	差 21.0* t 2.984	7256.7	差 595.9* t 2.261
	S.D.	33.0		910.9	
Load B	$\bar{X}$	6 19		6660.8	
	S.D.	38.6		993.7	

* $P < 0.05$

オールアウト時間の平均値については, Load A が6分40秒, Load B が6分19秒で, この差は21.0秒となり, t 検定の結果5%水準で有意であった。全体の作業量についても, Load A が7256.7kpm, Load B が6660.8kpm となり, この差595.9kpm は, t 検定の結果5%水準で有意となった。この結果は, オールアウト時間の長さや作業量の関係が比例的関係にあるため当然のことだが, ルックサックの重量条件が生体, 特に呼吸循環系への負担を増して, オールアウトを早めたのだといえる。

4 考 察

(1) 最大酸素摂取量と体重当りの最大酸素摂取量について

本実験で得られた $\dot{V}_{O_2} \max.$ の平均値は, Load A が3.279l/分, Load B が3.614l/分であり, $\max. \dot{V}_{O_2}/kg$ の平均値は, Load A が52.0ml/kg/分, Load B が57.1ml/kg/分であった。まず $\dot{V}_{O_2} \max.$ の値に関しては, 小川たち¹¹⁾ は, 柔道選手の脚のみのペダリングと脚+腕のペダリングが各々3.4と3.8であり, 長距離選手については各々3.3と3.6であったとしている。Hermansen たち¹²⁾ は, 6名の非鍛練学生(平均25.2歳)について3.17という値を示しており, 猪飼たち¹³⁾ は, トレッドミルによる17名の日本人青年(19~25歳)について2.86という値を示している。また阿久津¹⁴⁾ は, 21~24歳の学生5名を用いて, Treadmill, Bicycle および Stepping ergometer の3種の労作計による比較を行ない, 各々の $\dot{V}_{O_2} \max.$ が3.5, 3.0, 3.3であったとしている。

次に, $\max. \dot{V}_{O_2}/kg$ に関しても各々前記の実験で, 小川たちは44.7, 49.8, 57.2, 62.6を示し, Hermansen たちは44(筆者が表より換算した値), 猪飼たちは49.1, 阿久津は64.4, 59.5, 57.0という値を示している。

これらの結果と本実験の結果とを比較した場合, $\dot{V}_{O_2} \max.$ と $\max. \dot{V}_{O_2}/kg$ は, 双方とも小川たちによる脚のみのペダリングの値とほぼ同程度であった。Hermansen たちの $\max. \dot{V}_{O_2}/kg$ の値が他と比較して特に小さいのは, この値が体重の大小に影響され, 我々の被検者の平均体重より約9kgも大きかったためであろう。

このように, 本実験で得られた $\dot{V}_{O_2} \max.$ および $\max. \dot{V}_{O_2}/kg$ の値は, 他の研究者によって得られたほぼ同年代の被検者における測定結果と比べてみてもそれほど低いものではなかった。したがって, $\dot{V}_{O_2} \max.$ と $\max. \dot{V}_{O_2}/kg$ から今回の Load A と Load B とによる負荷条件の問題を検討することに意義があるといえよう。

(2) 他の測定項目からみた最大酸素摂取量の検討

前項で, 本実験による $\dot{V}_{O_2} \max.$ の値が, 他の研究者によって得られた測定結果と比較した場合にも満足できることを確認したが, この値が真の意味での $\dot{V}_{O_2} \max.$ と考えられるか否かについては, 他の測定項目との関連で判断しなければならない。

まず心拍数は, 有酸素的作業能力を測定する場合の負荷の生理的指標として, また $\dot{V}_{O_2} \max.$ の決定条件として多く用いられている。すなわち, $\dot{V}_{O_2} \max.$ を得るためには, 心拍数が一定の水準以上に増加することが条件とされる。猪飼¹⁵⁾ によれば, 「これを Balke らは180拍/分 のときとし, Åstrand は190拍/分以上とし, Wyndham らは180拍/分に達しなかった」としている。勝田たち¹⁶⁾ は, 一般に成人よりも心拍数の上限が高い児童の $\dot{V}_{O_2} \max.$ 決定の際にも, やはり180拍/分以上を条件としている。また猪飼たち¹⁷⁾ は, 一般人では180~200拍/分を示してオールアウトになると指摘している。これらの結果から, オールアウト時の心拍数が180拍/分以上であれば, 一応 $\dot{V}_{O_2} \max.$ が得られる条件だと考えられる。その点, 本実験におけるオールアウト時の心拍数は, Load A が180.5拍/分, Load B が182.5拍/分であって, $\dot{V}_{O_2} \max.$ が得られたといえよう。しかし, これらの値は比較的低い値であって, これだけで呼吸循環機能の動員ができたか否かについては疑問である。

そこで, O_2 -Pulse からみた場合, オールアウト時点の低下現象が認められた。このことは, オールアウト時

点での心拍出量の低下を意味し、循環機能に疲労が現われてきたことを示すものである。

また O_2 -removal については、多くの場合 30~36 でオールアウトになる¹⁰⁾といわれるが、本実験の結果は Load A が 35.1ml, Load B が 36.9ml であった。したがって、呼吸機能の動員という点からみても、ほぼ満足のできるものであった。

さらに、運動を通して呼吸循環機能が十分に発揮されたか否かの判断は、オールアウト時間と負荷強度によってなされることがある。多くの研究者^{18) 19) 20)}は、5分間前後でオールアウトになる運動を負荷条件として用いており、本実験でも Load A が 6分40秒, Load B が 6分19秒であった。猪飼¹⁵⁾は、Load A と同様の方法で得たオールアウト時間が平均 6分06秒であったとしており、この点に関しても問題はなかった。

このように、心拍数、酸素脈、酸素摂取率およびオールアウト時間等から、運動に対する呼吸循環機能の参加状態をみた場合、本実験で得られた $\dot{V}_{O_2 \max}$ の値は、十分に意味のあるものだと考えられる。今回の負荷方法では、 $\dot{V}_{O_2 \max}$ は Load A より Load B の方が約 10% 大きかった。したがって、同じように自転車エルゴメーターのペダリングをした場合には、一定の重量物(リュックサック)を背負って行なう方が、生体に及ぼす影響が大きいといえよう。

(3) 筋電図によるリュックサック荷重の検討

自転車エルゴメーターにおける垂直下方向へのリュックサック荷重の影響について、筋電図による補足実験を行った。まず、立位姿勢でリュックサックを背負った状態での筋電図は、大胸筋と腹直筋の放電量が大きく、時間の経過とともに放電量の増大が認められた。また、Load B での筋電図は、大胸筋、腹直筋、浅指屈筋等の放電量が大きく、立位姿勢の場合と同様に時間の経過とともに放電量の増大がみられた。

Åstrand たち¹⁹⁾は、 $\dot{V}_{O_2 \max}$ を得るための主要な要因として、運動に参加する筋量をあげている。また小川たち¹¹⁾は、自転車エルゴメーターによる脚のみのペダリングと脚と腕を同時にペダリングさせた時の $\dot{V}_{O_2 \max}$ は、後者の方が有意に大きかったとしている。

このことから、Load A と Load B における $\dot{V}_{O_2 \max}$ の差は、運動に参加する上半身の筋量の差によるものと考えられる。

(4) 漸増負荷法による負荷方法の検討

本実験における負荷方法は、いわゆる東大体育方式¹⁵⁾と称するもので、同様な方法を用いたものに朝比奈たち²¹⁾の研究がみられる。すなわち、自転車エルゴメー

ターによる負荷は、回転数を 60rpm/分 と一定にして、最初の 2分間を 2kp で行ない、2分目から 1分ごとに 0.5kp づつ漸増してオールアウトに追い込む方法である。

この方法で得られた $\dot{V}_{O_2}$ の変化様相(第3図)は、5~6分の時点まで規則的に増加し、Åstrand²²⁾の指摘する酸素摂取量の平衡(levelling off)、すなわち定常状態を認めることができなかった。このことは、 $\dot{V}_{O_2 \max}$ 決定の際に常に問題となる点であり、呼吸循環機能の疲労より先に、脚筋の疲労とか脚力がペダリングの物理的負荷抵抗に追いつかないためではないかという疑問が残るところである。今回の場合には、 $\dot{V}_{O_2 \max}$ 以外の測定項目からみて、この点の問題はなかったと思われる。しかし、 $\dot{V}_{O_2 \max}$ 決定の条件として $\dot{V}_{O_2}$ が定常状態を示すことであるとすれば、自転車エルゴメーターによる負荷方法の検討が必要であろう。つまり、被検者によってはオールアウトの現われる5分目以降の負荷は、ペダルの重さに対する脚の筋疲労によるのではなく、時間をかけて十分に呼吸循環系を動員し、徐々にオールアウトに追い込む方法が必要である。したがって、5分目からの負荷は、0.5kp で2分ごとに漸増していくような方法がよいと思われる。

なお、リュックサックの負荷重量に関しては、今回は体重の1/4重量と一定の条件下で実験を行なったが、トレッドミル歩行とか平地歩行の場合と同様、自転車エルゴメーターによって、重量変化に対する生体の反応様式についても検討する必要があると考える。

5 総 括

自転車エルゴメーターにおけるペダリングのみの負荷方法とペダリング+リュックサック荷重(体重の1/4重量)での負荷方法とによって、最大酸素摂取量の面から呼吸循環機能についての比較検討を行ない、リュックサックの負荷重量が生体におよぼす影響について2, 3の知見を得ることができた。

(1) 本実験で得られた最大酸素摂取量は、Load A が平均 3.279l/分であり、Load B が平均 3.614l/分であった。この結果、今回設定したリュックサックの負荷条件は、約10%の $\dot{V}_{O_2 \max}$ の増大をもたらした。

(2) 心拍数、酸素脈、酸素摂取率およびオールアウト時間等からみた場合、呼吸循環機能の運動に対する参加の状態は十分であった。したがって、 $\dot{V}_{O_2 \max}$ の値からリュックサックの負荷重量の影響について検討することは意義のあるものであったといえよう。

(3) リュックサック荷重の影響を筋電図によって補足調査した結果、Load A より Load B の $\dot{V}_{O_2 \max}$ の値

が大きいのは、上半身大筋肉群の運動に対する参加状態の違いによることがわかった。

(4) なお、 $\dot{V}O_2 \max$ を得るための自転車エルゴメーターによる漸増負荷法は、今回のように4～5分までは「 $0.5 \text{ kp} \times 1 \text{ 分}$ 」でよいが、5分目以降からは「 $0.5 \text{ kp} \times 2 \text{ 分}$ 」で漸増するような方法がよいと思われる。

附記。本研究は、日本体育学会第24回大会にて発表した実験的デモンストレーションによる「荷重条件下における酸素摂取量変動についての研究」⁹⁾に関する資料をもとに、自転車エルゴメーターにおけるルックサック荷重が、特に最大酸素摂取量の面から生体におよぼす影響について検討を加えたものである。本稿をまとめるにあたって、筆者にその機会を与えて下さった共同研究者である藤松博（中京大学）、岩見恒典（南山大学）、森喜正（中京大学）、青木徹二（フクダ医理化）の各氏に対して心から謝意を表します。

引用文献

- 1) 中原凱文：トレッドミル走における速度変化と生体反応の関係について：国土館大学体育学部紀要，1，27—33，1970。
- 2) Henry, F.M.: The O_2 requirement of walking and running: Research Quarterly, 24, 169—175, 1953.
- 3) Goldman, R.F., et al: Energy cost of load carriage: J. Appl. Physiol., 17, 675—676, 1962.
- 4) 芝山秀太郎：運動時心拍数の特性：体力研究，18，27—41，1970。
- 5) 小川新吉他：登山行動と至適負荷重量：東京教育大学体育学部スポーツ研究所報，8，13—25，1970。
- 6) Bobbert, A.C.: Energy expenditure in level and grade walking: J. Appl. Physiol., 15(6), 1015—1021, 1960.
- 7) 吉田勝志他：登歩行時の休息効果について（そのI）：体育学研究，12(5)，127，1968。
- 8) 吉田勝志：持久性からみた過負荷条件の設定に関する研究：中部工業大学紀要，4，243—250，1968。
- 9) 藤松博他：荷重条件下における酸素摂取量変動についての研究

（エレクトロメタボラー使用による検討）：日本体育学会第24回大会・実験的デモンストレーションによる研究発表論文集，1—14，1973。

- 10) 猪飼道夫他：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：体育学研究，8(3・4)，61—71，1965。
- 11) 小川新吉他：自転車エルゴメーターによる二種類の筋活動にみられる最大酸素摂取量について：体力科学，21(2)，107—117，1972。
- 12) Hermansen, L. and B. Saltin: Oxygen uptake during maximal treadmill and bicycle exercise: J. Appl. Physiol., 26(1), 31—37, 1969.
- 13) Ikai, M., et al.: Aerobic work capacity of Japanese people: Research Journal of Physical Education, 14(3), 137—142, 1970.
- 14) 阿久津邦男：Ergometerの比較研究—— $\dot{V}O_2 \max$ 発生条件を中心として：専修大学体育研究紀要，1，3—22，1971。
- 15) 猪飼道夫：エルゴメーターの比較検討：日本体育協会スポーツ科学委員会報告，1—5，1967。
- 16) 勝田茂他：児童の身体作業能力に関する研究：体育学研究，16(1)，17—23，1971。
- 17) 猪飼道夫編著：身体運動の生理学：130，1973，杏林書院。
- 18) Taylor, H.L., et al.: Maximal oxygen intake as an objective measure of cardio-respiratory performance: J. Appl. Physiol., 8, 73—80, 1955.
- 19) Åstrand, P.O. and B. Saltin: Maximal oxygen uptake and heart rate in various types of muscular activity: J. Appl. Physiol., 16(6), 977—981, 1961.
- 20) Issekutz, B, Jr. and K. Rodahl: Respiratory quotient during exercise: J. Appl. Physiol., 16(4), 606—610, 1961.
- 21) 朝比奈一男他：作業強度の生理的基準について：体力科学，20(4)，190—194，1971。
- 22) Åstrand, P.O.: Experimental studies of physical working capacity in relation to sex and age: Copenhagen, Munksgaard, 1952. [猪飼道夫編著：身体運動の生理学：363，1973，杏林書院より引用]