

# 主観による運動強度の選択

— RPEとの対応について —

山本 恵三 足立 長彦 浅見 俊雄

## Subjective Selection of Exercise Intensity and Its Correspondence to the RPE

by

Keizo Yamamoto, Nagahiko Adachi and Toshio Asami

### Abstract

This study aimed at clarifying the corresponding relationship between the subjectively determined exercise intensities selected by descriptive phrases and the actual objective intensities measured and the RPE Scale developed by Borg. As the subjects 13 normal healthy college students (7 males and 6 females) were asked to exercise on a treadmill and a bicycle ergometer, respectively, following the descriptive phrases indicating the intensities of exercise, i.e. "lightly", "medially" and "fairly strongly". Each selected intensity was measured objectively and compared in terms of oxygen uptake.

In both types of exercise both males and females responded fairly well to the descriptive phrases and selected each intensity in order. There was no sensual discrepancy between intensities selected by the descriptive phrases and the ratings of perceived exertion.

From above result it can be said that subjective selection of exercise intensity by the use of descriptive phrase may make possible the loading of exercise according to each individual physical ability; therefore, it may be applied to the determination of exercise intensity in consideration of individual difference.

全身持久性の運動処方では、強度・時間・頻度が各人の体力水準に応じて与えられなければならない。時間と頻度については処方された通りに機械的に与えることができる。

運動強度に関しては、現在、 $\% \dot{V}O_2 \max$  に対する  $\dot{V}O_2$  の割合 ( $\% \dot{V}O_2 \max$ )<sup>1)</sup> や心拍数によって処方がなされている。また、12分間走による走距離から  $\dot{V}O_2$  レベルに対応する走スピードを求める方法も報告されている。<sup>13)</sup> しかしながら、いずれの場合においても、最大負荷によるテストや生理学的手法による測定の実施という手順を踏まねばならないので、field test としては、ときと

して必ずしも適当でない場合も生じてくる。

実験室での生理学的測定によって運動強度を客観的に表わす代わりに、生体に対して与えられた運動負荷を、運動実施者がどの程度の強度に感じているかを数値で表現したのが、Borgら<sup>3)</sup> が提唱した Rating of Perceived Exertion (RPE) である。RPE は  $\dot{V}O_2$  や HR などの客観的に運動強度を表わす指標と直線関係が認められ<sup>11)</sup> 個人の能力に応じた運動強度をかなり正確に表現し、運動処方への応用も可能であろうと報告されている。<sup>3), 4)</sup>

一方、RPE が与えられた運動に対して、生体

がどのように感覚(知覚)しているかを表わした方法であるのに対して、浅見ら<sup>2)</sup>は4種類の簡単な言葉で運動強度を表わした方法を用いている。これは、前もって運動実施者に、運動強度を言葉で指示し、それにしたがって実施者が自由に強度を判断して運動を行なうという方法から、処方への活用を試みている。また、浅見ら<sup>2)</sup>はRPEがfeedback的な感覚として働くのに対して、この言葉による強度の選択は、運動開始後にfeedback的な修正が働くとしても、むしろfeedforward的であるとも述べている。

しかし、「軽く」という指示に対しても「きつく」感じる心拍数を示していることから、feedforward的な感覚とfeedback的な感覚の間にはずれが起こりうることも述べている<sup>2)</sup>。

本研究は、トレッドミルと自転車エルゴメーターを用いて、1)言葉の指示によって主観的に選択した運動強度を固定した形で行なうことと、2)この運動強度とRPEとの対応関係を見ることによって、前述の感覚的なずれが起こりうるかどうかを検討することを目的とした。

## 方 法

被検者は健康な男女大学生13名(男7名、女6名、年齢18~21才)である。被検者に対してトレッドミル(傾斜0%)と自転車エルゴメーター(回

転数60 rpm)による運動を、次に示す実験Iと実験IIにおいて実施した。

### 1. 実験 I

この実験では、与えられた運動強度に対するRPEと、そのときの客観的運動強度との対応関係を求めるため実施した。運動は3種類の最大下作業—トレッドミルでは男子が120, 150, 180m/min, 女子が120, 140, 160m/minを、自転車エルゴメーターでは男子が360, 720, 1080kpm/min, 女子が360, 540, 720 kpm/min—をそれぞれ4分間負荷し、それらを連続して12分間実施した。各運動の終了前1分間に、HRと $\dot{V}O_2$ の測定およびRPEを求めた。RPEのrating scaleは小野寺と宮下<sup>6)</sup>による日本語表示を用いた。

### 2. 実験 II

この実験では、被検者に対し言葉の指示によって主観的に選択した運動を行なわせ、そのときの客観的強度を求めるため実施した。主観的に強度を選択させるための言葉は、「軽く」、「中ぐらいの」、「かなり強く」の3種類とした。被検者にはこの実験を始める前に、トレッドミル・自転車エルゴメーターとも十分に慣れさせた。そののち、言葉の指示によって運動強度を、「10分間運動を続けるものとして、それぞれの言葉の強度に相当す

表1 実験Iの結果

		$\% \dot{V}O_2 \text{ max}$	RPE	$\% \dot{V}O_2 \text{ max}$	RPE	$\% \dot{V}O_2 \text{ max}$	RPE	
		120m/min		150m/min		180m/min		
Treadmill	M	Mean	58.8	8.1	72.6	12.1	85.0	
		S.D.	5.37	1.21	5.44	1.67	6.92	1.73
	F	Mean	62.2	8.3	75.5	12.3	89.9	15.3
		S.D.	6.87	6.87	6.81	1.03	8.44	0.51
		360kpm/min		720kpm/min		1080kpm/min		
Bicycle-ergometer	M	Mean	39.0	9.0	61.1	12.3	89.1	
		S.D.	4.41	1.41	8.09	0.75	7.43	1.67
	F	Mean	50.8	8.8	68.5	13.0	82.6	16.7
		S.D.	4.72	1.60	4.49	1.09	6.45	2.33

M: Male, F: Female

ると感じる強度を選んで」という条件でそれぞれ選択させた。選択した運動強度を4分間行ない、それを連続して12分間負荷した。選択した各運動強度の終了前1分間に、HRと $\dot{V}O_2$ を測定した。

本実験を行なう際に、男女の被検者を2群にわけ、1群には実験Ⅰから、他の群には実験Ⅱから実施し、測定は1日1試行とした。また、別にそれぞれの運動形態の漸増負荷法による最大負荷テストを行ない、最大酸素摂取量を求めた。

いずれの場合も酸素摂取量の測定はダグラス・バッグ法により呼気を採気し、 $CO_2$ 及び $O_2$ 濃度はあらかじめショランダー微量ガス分析器によって較正した瞬時呼気ガス分析装置(三栄測器, 1HO2)により分析し、乾式ガスメーターによって換気量を求めた。心拍数は胸部双極誘導により有線で記録した心電図から計測した。

## 結 果

表一は実験Ⅰの結果を運動形態別、男女別の

平均値と標準偏差を示した。また、図一1, 2は実験Ⅰで得られた $\% \dot{V}O_2 \max$ とRPEとの関係を各被験者について示してある。男女とも運動形態が異なっても $\% \dot{V}O_2 \max$ とRPEの間には、トレッドミル走では男子  $r=0.73$  ( $P<0.01$ ), 女子  $r=0.85$  ( $P<0.01$ ), 自転車エルゴメーター駆動では男子  $r=0.89$  ( $P<0.01$ ), 女子  $r=0.86$  ( $P<0.01$ )の高い相関が得られた。また、 $\% \dot{V}O_2 \max$ とRPEについて、トレッドミル走では

$$\text{男子 } \hat{Y}=0.19X-1.96$$

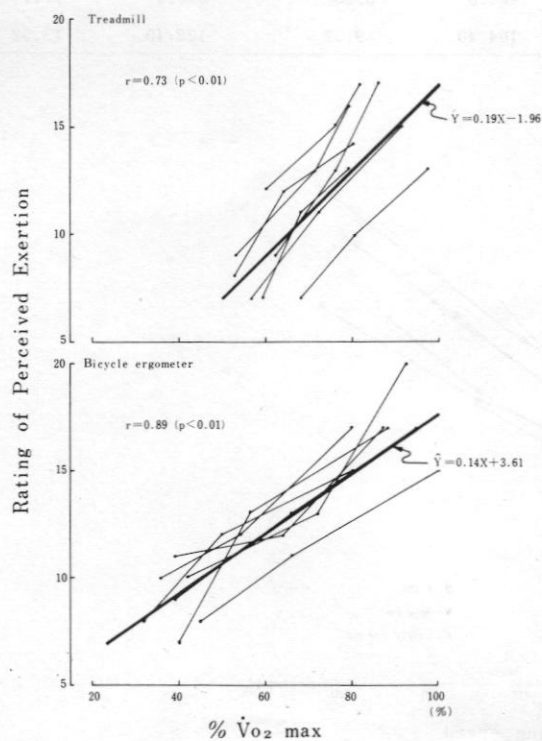
$$\text{女子 } \hat{Y}=0.19X-2.52$$

自転車エルゴメーター駆動では

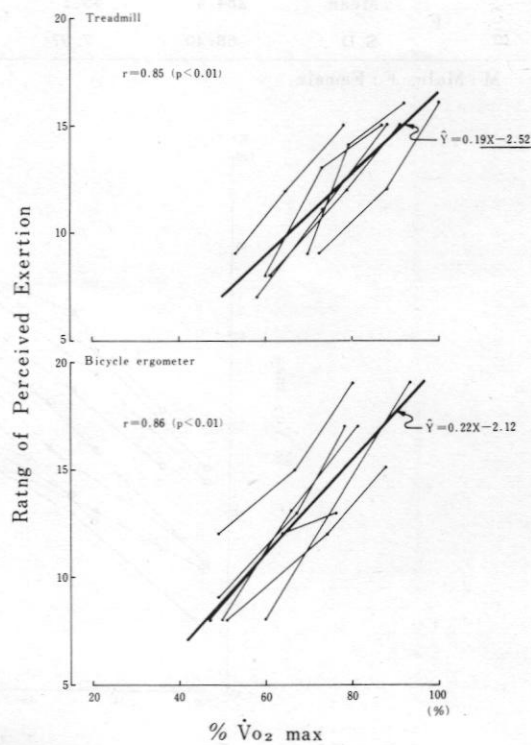
$$\text{男子 } \hat{Y}=0.14X+3.61$$

$$\text{女子 } \hat{Y}=0.22X-2.12$$

の回帰式が得られた。さらに、同一被検者についてみると、 $\% \dot{V}O_2 \max$ とRPEの間にはほぼ直線性が認められた。また、図一1, 2から、同一 $\% \dot{V}O_2 \max$ に対するRPEの感じ方は自転車エルゴメーター駆動の方がトレッドミル走のそれ



図一1  $\% \dot{V}O_2 \max$  と RPE (男子)



図一2  $\% \dot{V}O_2 \max$  と RPE (女子)

よりは高い RPE を示している。

表-2 は実験 II の結果を運動形態別・男女別に  
 平均値と標準偏差を示した。また、図-3, 4 は  
 実験 II において各被検者が選択した運動強度とそ  
 の運動を実施したときの  $\% \dot{V}O_2 \max$  との関係に  
 ついて示した。指示された強度に対して各被検者  
 が選択した強度にはかなり個人差が認められるが、

各被検者の選択傾向は、それぞれの指示強度に対  
 してほぼ直線的に選択しており、しかも男女を通  
 じて平行な間隔で選択していた。また、指示され  
 た強度の選択間隔は、表-2 に示した平均値から  
 みると、絶対的な選択強度において男子が女子に  
 比較して明らかに高い値を示した。すなわち、そ  
 れぞれの選択間隔は、トレッドミル走においては

表 2 実験 II の結果

		Light		Medium		Fairly Strong		
		Selected intensity	$\% \dot{V}O_2 \max$	Selected intensity	$\% \dot{V}O_2 \max$	Selected intensity	$\% \dot{V}O_2 \max$	
		m/min	%	m/min	%	m/min	%	
Treadmill	M	Mean	145.7	61.6	175.0	71.2	206.4	81.7
		S.D.	19.24	9.25	20.00	8.50	19.08	9.78
	F	Mean	124.2	62.6	148.3	74.0	171.7	82.9
		S.D.	4.91	6.36	4.08	6.14	6.83	3.17
Bicycle-ergometer	M	Mean	471.6	43.9	709.2	57.4	939.6	75.5
		S.D.	72.00	7.45	75.60	6.15	97.2	10.04
	F	Mean	284.4	45.1	450.0	59.6	630.0	77.1
		S.D.	68.40	7.97	104.40	9.32	122.40	13.52

M: Male, F: Female

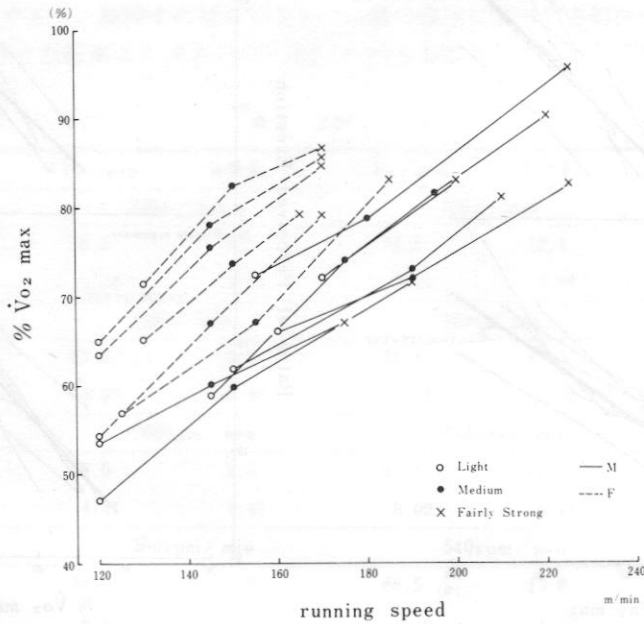


図-3  $\% \dot{V}O_2 \max$  と ranning speed (Treadmill)

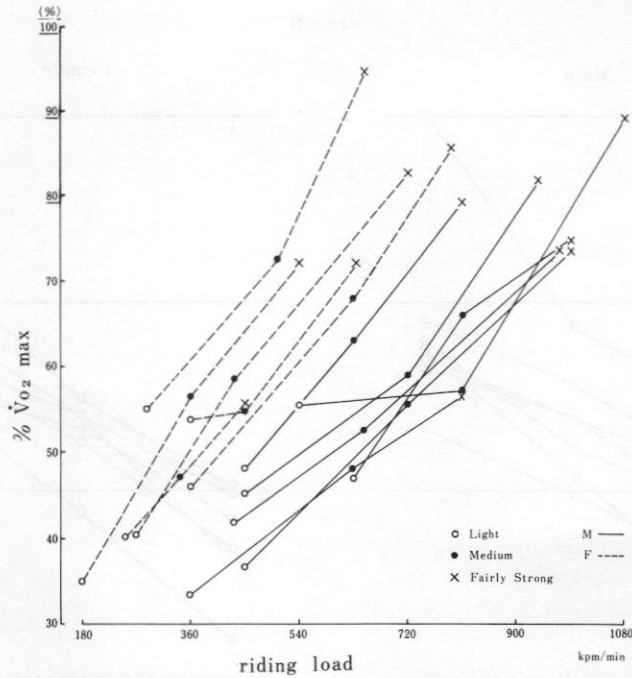


図-4 %  $\dot{V}O_2$  max と riding load (Bicycle ergometer)

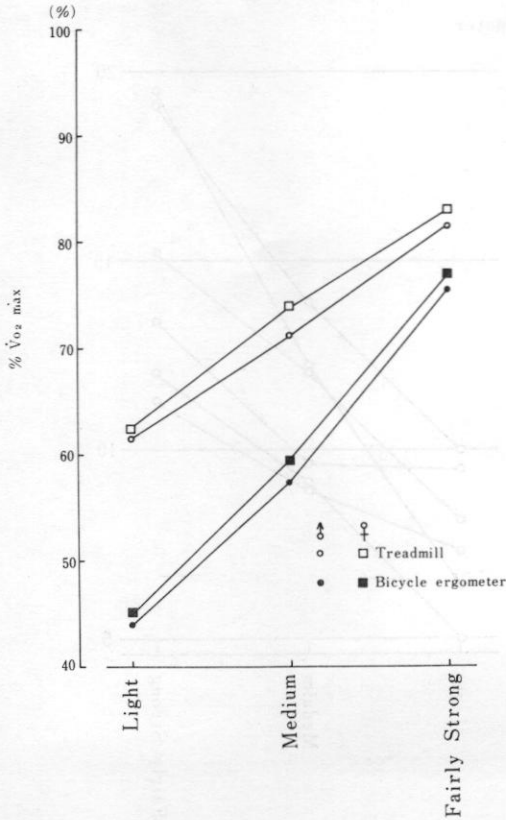


図-5 %  $\dot{V}O_2$  と指示強度

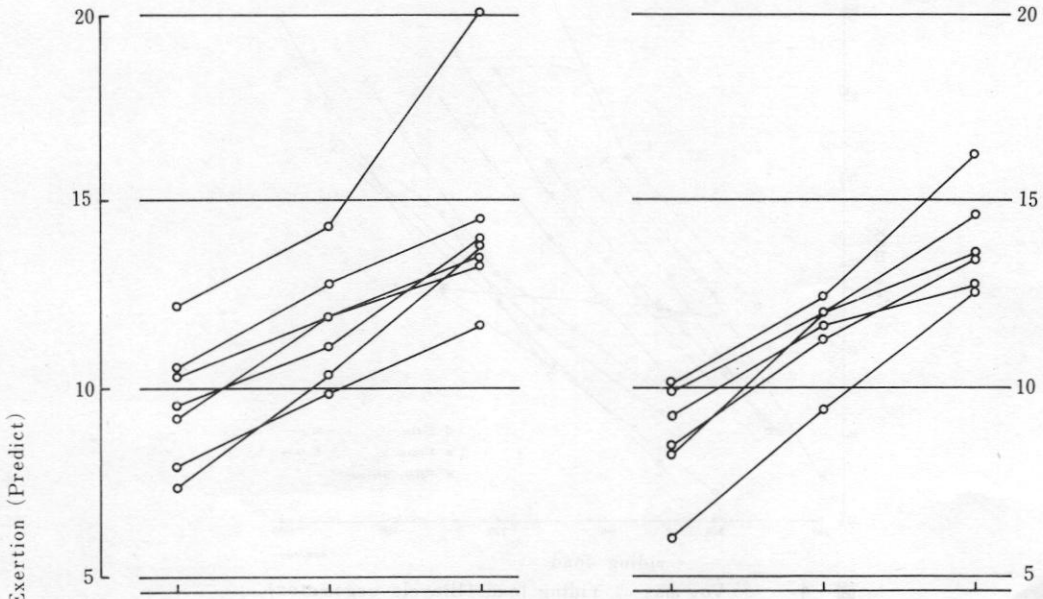
男子では約30m/min 毎に、女子で約20m/min 毎に、一方、自転車エルゴメーター駆動においては男子では約230kpm/min 毎に、女子では180kpm/min 毎にほぼ選択していた。また、%  $\dot{V}O_2$  max についてみると、表-2 に示したごとく、男女における差がなくなり、トレッドミル走では指示強度“軽く”が約62%，“中ぐらいの”が73%，“かなり強く”が82%を示した。一方、自転車エルゴメーター駆動では、それぞれ44、58、76%を示した。それぞれの選択間隔はトレッドミル走では男女とも約10%差で選択していた。一方、自転車エルゴメーター駆動では約16%差であった。さらに、トレッドミル走と自転車エルゴメーターを比較したのが図-5である。図から、両者の間に、“軽く”で17%，“中ぐらいの”で14%，“かなり強く”で6%と自転車エルゴメーター駆動の方が低い強度を選択していた。

次に、実験Iから得たRPEと%  $\dot{V}O_2$  max から各被検者について回帰式を求めた。つぎに、実験IIにおいて、指示された運動強度に対するそれぞれの%  $\dot{V}O_2$  max を前述の回帰式に代入し、言

Treadmill

Male

Female



Bicycle ergometer

Light

Meduim

Fairly Strong

Light

Meduim

Fairly Strong

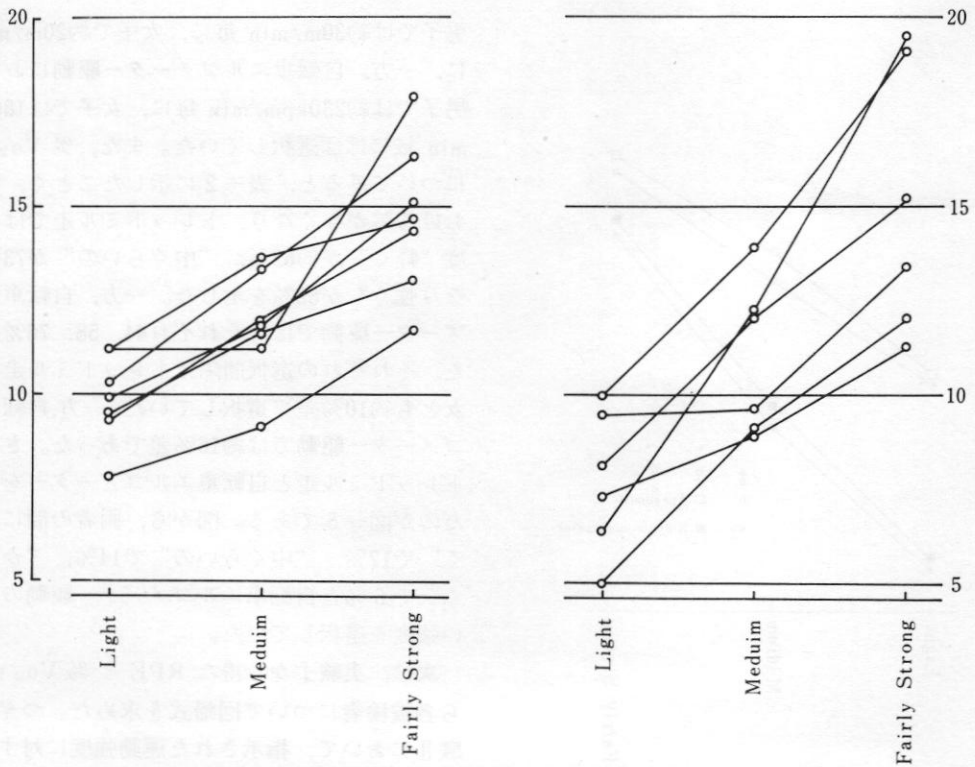


図-6 指示強度と予測 RPE

葉の指示による運動強度に対する RPE を求めた。この求めた RPE の平均値と標準偏差を表-3 に、各被検者について図-6 に示した。表-3 から、それぞれの指示強度での RPE は男女を通じて“軽く”が7.7~9.9, “中ぐらいの”が11.0~11.8, “かなり強く”が13.8~15.1であった。しかしながら、図-6 から明らかなように、“軽く”と

いう指示に対してトレッドミル走では男子7.4~12.2, 女子6.0~10.1, 自転車エルゴメーター駆動では男子7.8~11.2, 女子5.0~10.0を示していた。また、“中ぐらいの”に対してトレッドミル走では男子9.9~12.4, 女子9.4~12.4, 自転車エルゴメーター駆動では男子9.1~13.6, 女子9.0~13.9を示し、男女とも運動形態が異なっても、それぞれ類似する範囲を示していた。一方、“かなり強く”に対するトレッドミル走での RPE は、男子では、20.1を示す被検者を除けば、11.7~14.5, 女子の12.6~16.3とほぼ類似する範囲を示していた。また、自転車エルゴメーター駆動では男女とも RPE はかなりバラツキがみられ、男子では11.7~17.9, 女子では11.3~19.5を示していた。しかしながら、それぞれ指示された強度を各被検者が等間隔に選択していることから、個人における RPE もほぼ直線性を示していた。

なお、 $\dot{V}O_2 \max$  はトレッドミル走で男子が $3.50 \pm 0.34 \text{ l/min}$ , 女子が $2.25 \pm 0.21 \text{ l/min}$ , 自転車エルゴメーター駆動で男子が $2.74 \pm 0.23 \text{ l/min}$ , 女子が $1.96 \pm 0.19 \text{ l/min}$ であった。

表3 選択した運動強度に対する予測 RPE

		Light		Medium		Fairly Strong	
		Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.
Treadmill	M	9.6	1.63	11.6	1.48	14.4	2.45
	F	8.6	1.50	11.5	1.07	13.9	1.24
Bicycle-ergometer	M	9.9	1.11	11.8	1.37	16.9	1.89
	F	7.7	1.72	11.0	1.85	15.1	3.22

M: Male, F: Female

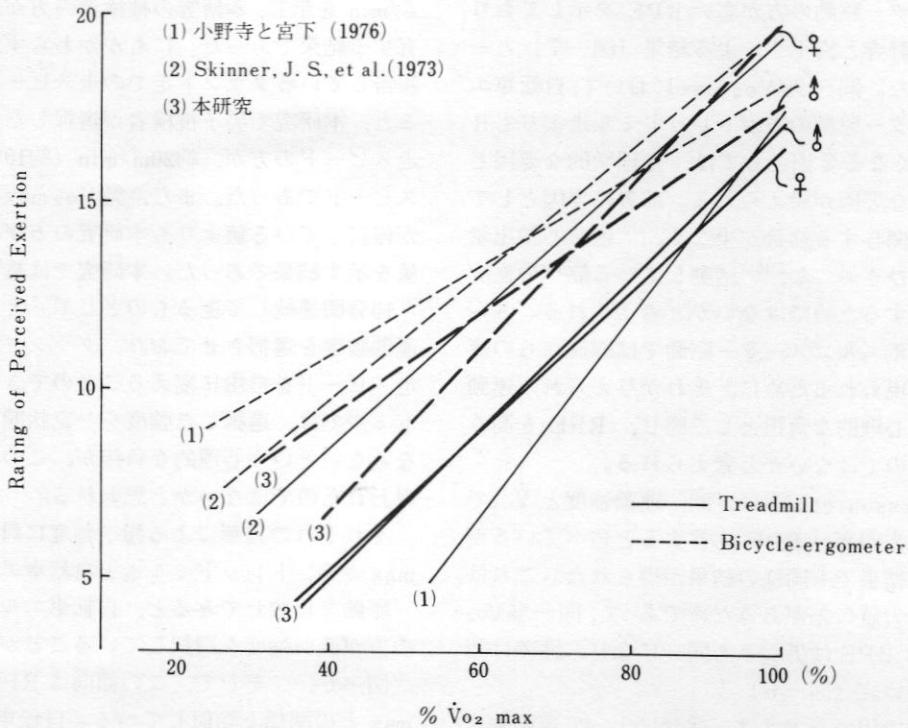


図-7 RPE と  $\% \dot{V}O_2 \max$  (回帰直線)

## 考 察

RPE は  $\dot{V}O_2$  や HR などの客観的に運動強度を表わす指標との間に相関が認められているが、最大に対する割合 ( $\% \dot{V}O_2 \max$ ) との関係の方が、さらに高い相関を示す報告<sup>11)12)</sup> がなされている。本研究の実験 I の結果 (図-1, 2) から、運動形態が異なっても RPE と  $\% \dot{V}O_2 \max$  との間には  $r=0.73\sim 0.89$  の高い相関が得られ、これまでの報告と一致していた。しかしながら、図-1, 2 に示した回帰直線をまとめた図-7 からみると、実施する運動形態によって  $\% \dot{V}O_2 \max$  と RPE との間に相違が認められる。Skinner ら<sup>12)</sup> はトレッドミルと自転車エルゴメーターを用いて、体格の異なる被検者16名による実験を行なっている。その結果、同一の  $\dot{V}O_2$  レベルでは自転車エルゴメーター駆動の方が RPE が高くなり、 $\% \dot{V}O_2 \max$  からみれば RPE は同一になると報告している。また、Ekholm and Goldberg<sup>5)</sup> は Skinner ら<sup>12)</sup> と同様の報告をしている。しかしながら、本研究の結果では、同一の  $\% \dot{V}O_2 \max$  レベルで自転車エルゴメーター駆動の方が高い RPE を示しており、これは小野寺と宮下<sup>11)</sup> による結果 (図-7) と一致していた。同一  $\% \dot{V}O_2 \max$  において、自転車エルゴメーター駆動の方がトレッドミル走よりも RPE が高くなる要因としては、生理学的な要因と心理学的な要因が考えられる。前者の要因としては運動に関与する筋量が少なく、<sup>6)7)10)</sup> 毎分心拍出量の低下をひきおこし、<sup>7)10)</sup> 活動している筋への血流量が低下するためではないかと考えられる。さらに、自転車エルゴメーター駆動では脚筋からの疲労が早く現われるために、<sup>9)</sup> それを与えられた運動に対して心理的な負担として感じ、RPE を高くしているのではないかと考えられる。

Henriksson, et al.<sup>8)</sup> は、同一運動強度と  $\dot{V}O_2$  では女性の方が高い RPE 応答すると述べているが、本研究の結果でも同様の結果が得られた。これは、男女の最大値に差があるためであって、同一  $\% \dot{V}O_2 \max$  では RPE は男女とも同一になり、性差は認められない。(図-6)

本研究で用いた方法は、言葉によって運動強度を指示し、運動実施者が主観的な判断により強度

を選択している。この選択した強度に関して、浅見ら<sup>2)</sup> は男子学生155名に対して行なったグランド走での平均走スピードは“軽く”が166m/min(全力走に対して72%)、“中ぐらいの”が196m (85%) “かなり強く”が225m (97%) になったことを報告している。また、グランド走を行なった155名から13名に対し、それぞれの平均走スピードでトレッドミル走を行なわせている。その結果では  $\% \dot{V}O_2 \max$  は“軽く”が74.5%、“中ぐらいの”が82.3%、“かなり強く”が92.2%になったと報告している。そして、グランド走での平均走スピード及びトレッドミル走での  $\% \dot{V}O_2 \max$  ともほぼ等間隔で選択し、また、両者ともほぼ類似した強度であったと述べている。本研究の結果において、表-2からも明らかなように、それぞれの言葉によって指示された強度に対して、被検者はトレッドミル走及び自転車エルゴメーター駆動の両者で、物理的運動強度と  $\% \dot{V}O_2 \max$  ともほぼ等間隔で選択しており、浅見らの報告と一致していた。しかし、浅見ら<sup>2)</sup> が用いた被検者の  $\dot{V}O_2 \max$  3.17 l/min と比較すると、本研究の被検者では 3.5 l/min を示し、本研究の被検者の方が高い能力を有する結果であった。にもかかわらず、浅見らが報告しているグランド走での走スピードと比較すると、本研究で男子被検者が選択したそれぞれの走スピードの方が、約20m/min (約10%) 低い走スピードであった。また、 $\% \dot{V}O_2 \max$  でも浅見らが報告している値よりも本研究の方が約10%低い値を示す結果であった。本研究では被検者に対し「10分間連続して走るものとして」という条件で、運動強度を選択させており、グランド走のように走スピードを自由に変えることのできないトレッドミルでは、選択した強度を一定状態で走らねばならないという心理的な負担が、この差となって現われたのではないかとと思われる。

それぞれの言葉による指示強度に対する  $\% \dot{V}O_2 \max$  から、トレッドミル走と自転車エルゴメーター駆動を比較してみると、自転車エルゴメーターの方が低い強度を選択していることが認められた。(図-6) そして、この傾向は RPE と  $\% \dot{V}O_2 \max$  との関係と類似している。自転車エルゴメーター駆動では、トレッドミル走と同一強度を選択



しようとするならば、一定スピードで長時間維持（本研究では10分間続けるという条件がある）しなければならない。それ故、指示強度に対して十分維持できる強度を脚筋からの感覚、および、それを10分間継続するという心理的な負担によってこのような結果を示したものではないかと思われる。

運動強度を示すそれぞれの“言葉”を、小野寺と宮下<sup>11)</sup>によるRPEの日本語表示と対比させた。浅見ら<sup>2)</sup>が行なったグランド走の結果では、指示した“言葉”に対してRPEの表語で「きつい(15)」以上を示し、両者の間に感覚的なずれが生じていることを述べている。しかし、本研究では、“軽く”に対してRPEは7.7~9.8を示し、これを表語で表わすと「非常に楽である(7)」から「楽である(11)」の間であった。また、“中ぐらい”では11.0~11.8で「楽である(11)」から「ややきつい(13)」の間であった。さらに、“かなり強く”では13.8~15.1で「ややきつい(13)」から「きつい(15)」の間であった。BorgのRPE<sup>3)</sup>は、HRの $\frac{1}{10}$ になるような尺度として考えられている。浅見ら<sup>2)</sup>はトレッドミル走実験のHRから相応するRPEを求めているので、言葉の指示による強度とRPEとの間にずれが生じている。それに対して、本研究のように $\% \dot{V}O_2 \max$ からRPEを求めてみると、両者の間には表現に違いこそあれ、強度ではほぼ一致した結果を示したものと考えられる。

今回の実験から、“言葉”の指示によって運動強度を選択することは、グランド走と比較すればトレッドミル走では低い強度を示しているが、運動形態が異なっても、その運動に対して男女ともかなりうまく選択していた。また、言葉の指示によって主観的に運動強度を選択することとRPEとの間には、感覚的なずれはなく、ほぼ一致する強度であることが明らかになった。

## 要 約

本研究は、トレッドミルと自転車エルゴメーターを用いて、1)言葉の指示によって主観的に選択した運動強度を固定した形で行なうことと、2)この運動強度とRPEとの対応関係を見ることによ

って、感覚的なずれが起こりうるかどうかを検討することを目的とした。

被検者は大学生男子7名、女子6名を対象とした。運動強度を指示する言葉は“軽く”“中ぐらい”“かなり強く”の3種類である。被検者は、それぞれの言葉に応じた強度を、トレッドミルと自転車エルゴメーターで主観的に選択して運動を行なわせた。客観的運動強度の指標としてHR、 $\dot{V}O_2$ を測定した。

$\% \dot{V}O_2 \max$ から、それぞれの言葉による指示強度に対し、男女とも両者においてかなりうまく反応して運動強度を選択していた。

運動強度を指示する言葉で選択した強度とRPEの表語で表わされた強度との間には、感覚的なずれはなく、ほぼ一致する強度であった。

これらの結果から、運動強度を言葉の指示によって主観的に選択させる方法は、運動実施者の能力に応じて運動を負荷させることができる。それ故、個人差を考慮した上で運動処方強度を決定することに適用しうるのであると思われる。

## 参 考 文 献

- 1) 浅見俊雄, 山本恵三, 広田公一: 全身持久性のトレーニング処方に関する研究(1)  
一頻度の違いによるトレーニング効果について  
体育科学, 1: 35~40, 1973.
- 2) 浅見俊雄, 足立長彦, 山本恵三, 北川薫, 広田公一: 主観による運動強度の選択について  
—10分間走の場合  
体育科学, 4: 1~5, 1976.
- 3) Borg, G.: Perceived exertion: a note on “history” and methods.  
Med. Sci. Sports, 5(2): 90-93, 1973.
- 4) Borg, G. and H. Linderholm: Perceived exertion and pulse rate during graded exercise in various age groups.  
Acta Med. Scand. Suppl., 472: 194-206, 1967.
- 5) Ekblom, B. and A.N. Goldbarg: The influence of physical training and other factors on the subjective rating of perceived exertion.  
Acta Physiol. Scand. 83: 399-406, 1971.
- 6) Hermansen, L. and B. Saltin: Oxygen uptake during maximal treadmill and bicycle

- exercise.  
*J. Appl. Physiol.*, 26(1): 31-37, 1969.
- 7) Hermansen, L., B. Ekblom, and B. Saltin: Cardiac output during submaximal and maximal treadmill and bicycle exercise. *J. Appl. Physiol.*, 29(1): 82-86, 1970.
- 8) Henriksson, J., H.G. Knutgen and F.B. Peterson: Perceived exertion during exercise with concentric and eccentric muscle contractions. *Ergonomics*, 15(5): 537-544, 1972.
- 9) 猪飼道夫, 他: 酸素摂取量と酸素負債. 身体運動の生理学, p.p.171-210  
 杏林書院(東京), 1973.
- 10) Miyamura, M. and Y. Honda: Oxygen intake and cardiac output during maximal treadmill and bicycle exercise. *J. Appl. Physiol.*, 32(2): 185-188, 1972.
- 11) 小野寺孝一, 宮下充正: 全身持久性運動における主観的強度と客観的強度の対応性  
 体育学研究, 21(4): 191-203, 1976.
- 12) Skinner, J. S. et al.: The validity and reliability of a rating scale of perceived exertion. *Med. Sci. Sports*, 5(2): 110-115, 1973.
- 13) 体育科学センター編: 健康づくり運動カルテ. p.p. 33-61. 講談社(東京), 1976.