

持久性運動中の主観的強度について

中 谷 昭

(奈良教育大学生理学及び衛生学教室)

(昭和56年4月30日受理)

Rating of Perceived Exertion during Prolonged Exercise

Akira NAKATANI

(Laboratory of Physiology and Hygiene, Nara University of Education, Nara, Japan)

(Received April 30, 1981)

Summary

The present study was undertaken to examine the correspondence of Onodera and Miyashita's Japanese RPE to heart rate and $\% \dot{V}O_2 \text{max}$ during exhaustive exercise with stepwise increasing load and various submaximal exercises on bicycle ergometer. In this study, 10 healthy male and 7 female students were used as subjects. Results obtained were as follows:

- 1) There was significant correlation between RPE and heart rate during exhaustive exercise both in male ($r=0.899, P<0.01$) and female subjects ($r=0.871, P<0.01$).
- 2) There was significant correlation between RPE and $\% \dot{V}O_2 \text{max}$ during exhaustive exercise both in male ($r=0.943, P<0.01$) and female subjects ($r=0.895, P<0.01$).
- 3) There was significant correlation between RPE and heart rate ($r=0.782, P<0.01$) during submaximal exercise.
- 4) There was significant correlation between RPE and $\% \dot{V}O_2 \text{max}$ ($r=0.830, P<0.01$) during submaximal exercise.

緒 言

全身持久性の運動処方条件として、運動の強度、時間、頻度及び期間の4つがあげられるが、このうち運動の強度の指標として心拍数、酸素摂取量($\dot{V}O_2$)、最大酸素摂取量に対する比率($\% \dot{V}O_2 \text{max}$)^{4,10)}、RMR、走行速度^{1,5,6,8)}等が用いられてきた。しかし、心拍数や酸素摂取量の測定には特殊な機器を必要とし、また処方としての走行速度を決定するための最大走行能力の測定は危険を伴うものである。

Borg³⁾は運動実施者が運動強度をどの程度に感じているかを6(安静時)から20(最大運動時)までの15段階からなる scale で表現することを試み、さらにこの数字に対して強度を具体的に表わす言葉をつけ、この主観的な強度(Rating of perceived exertion: RPE)が心拍数と対応することを示した。小野寺と宮下⁹⁾はこの感覚を表わす言葉に日本語訳を付け、RPEと心拍数や $\% \dot{V}O_2 \text{max}$ との間に相関のあることを報告した。また浅見ら²⁾は持久走における強度を選択する

ための4つの言葉を被検者に与え、10分間走を行なわせたところ、被検者がその言葉に応じた強度（走行速度）を選択することを認め、主観的な強度が運動強度の指標となりうることを示唆した。

しかし、これらはいずれも一定負荷の持続した運動における測定であり、運動中負荷が変化した場合の RPE と運動強度との関係についての検討はなされていない。そこで、本研究では小野寺と宮下による Borg の RPE scale の日本語表示⁹⁾を用い、漸増負荷法により exhaustion まで運動した時と、最大下運動中に負荷をいろいろと変化させた場合の、RPE と心拍数及び $\% \dot{V}O_2 \max$ の関係について検討した。

実験方法

実験 I: 漸増負荷法による Exhaustive exercise

被検者は健康な男子大学生（20～23才）10名と、女子大学生（21才）7名を用いた。被検者の身体特性は表1に示した。

運動は自転車エルゴメーターを用い、メトロノームにあわせ毎分60回転でペダリングを行ない、最初の12分間は4分毎に負荷を漸増し、以後 exhaustion に到るまで1分毎に負荷を漸増した。

心拍数及び酸素摂取量は、最初の12分間では3～4分、7～8分、11～12分の各負荷最後の1分間、以後 exhaustion に到るまで連続して1分毎に測定した。心拍数はテレメーター（三栄

Table 1. Physical characteristics of subjects

Sex	No. of sub.	Age (yr)		Height (cm)		Weight (kg)		HRmax (beats/min)		$\dot{V}O_2 \max$ (ℓ/min)	
		M	SD	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD
Male	10	21.5	±0.8	169.9	±4.3	64.3	±3.1	183	±10	2.647	±0.274
Female	7	21		159.0	±2.8	52.6	±4.1	178	±14	2.025	±0.209

Table 2. Japanese scale* for rating of perceived exertion and Borg's original scale⁹⁾

20		
19	Very very hard	非常にきつい
18		
17	Very hard	かなりきつい
16		
15	Hard	きつい
14		
13	Somewhat hard	ややきつい
12		
11	Fairly light	楽である
10		
9	Very light	かなり楽である
8		
7	Very very light	非常に楽である
6		

* Onodera K. and M. Miyashita⁹⁾

測器)を用い胸部誘導により測定し、また酸素摂取量はダグラスバッグに呼気ガスを採集し、Electro Metabolor Type BMS-600 (フクダ医理化)で分析し求めた。RPE は小野寺と宮下による日本語の rating scale (表2)を用い、負荷を漸増する直前に被検者の前に提示した RPE の言葉と数字を指示させ、2つの言葉のどちらとも判断できない時は中間の数字をとった。

実験II: 負荷を任意に変えた Submaximal exercise

被検者は実験Iと同じ男子大学生10名を用いた。運動は自転車エルゴメーターを用い、メトロノームにあわせて毎分60回転で20分間の最大下運動を行なわせ、4分毎に5回負荷を任意に変えた。心拍数、酸素摂取量及びRPEを各負荷最後の1分間、実験Iと同様に測定し分析した。

結果と考察

図1は実験Iにおける男子及び女子被検者の自転車エルゴメーターの負荷強度(kp)と心拍数(HR)の関係を示したものである。図に示すように負荷強度の増大にともない心拍数の増加がみられ、両者の間には男子被検者において $r=0.899$ ($P<0.01$) の有意な相関が認められ、 $Y=18.20X+81.73$ の回帰直線が得られた。また、女子被検者についても、 $r=0.841$ ($P<0.01$) の有意な相関が認められ、 $Y=18.96X+100.20$ の回帰直線が得られたが、同一負荷での心拍数は女子が男子よりやや高い値を示した。

図2は実験Iにおける男子及び女子被検者の負荷強度と酸素摂取量($\dot{V}O_2$)の関係を示したものである。図に示すように、負荷強度の増大にともない $\dot{V}O_2$ の増大がみられ、両者の間に男子

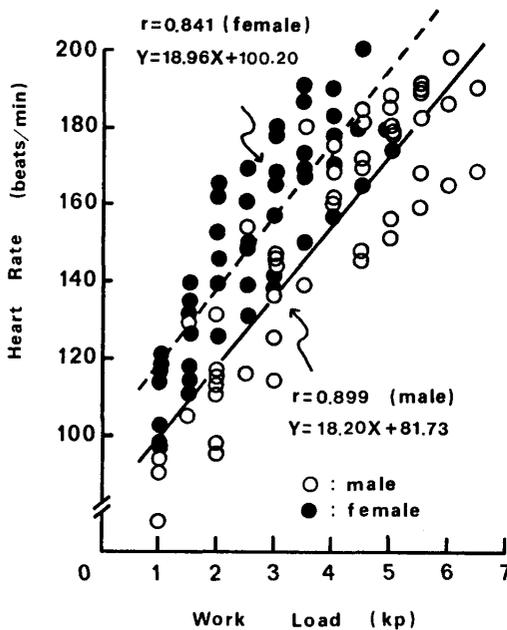


Fig.1. Relationship between work load and heart rate during progressive exercise

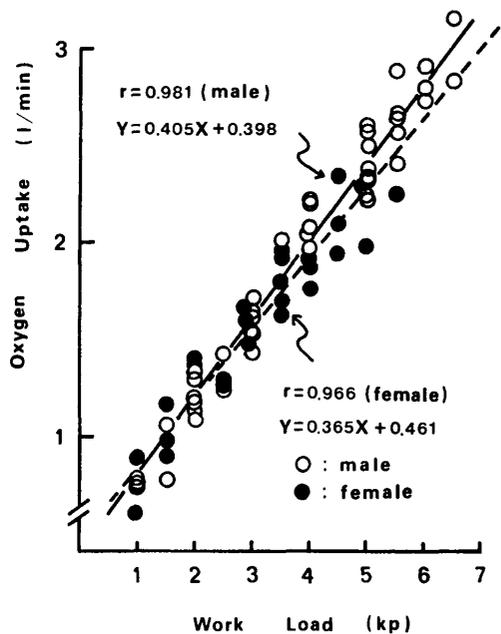


Fig.2. Relationship between work load and oxygen uptake during progressive exercise

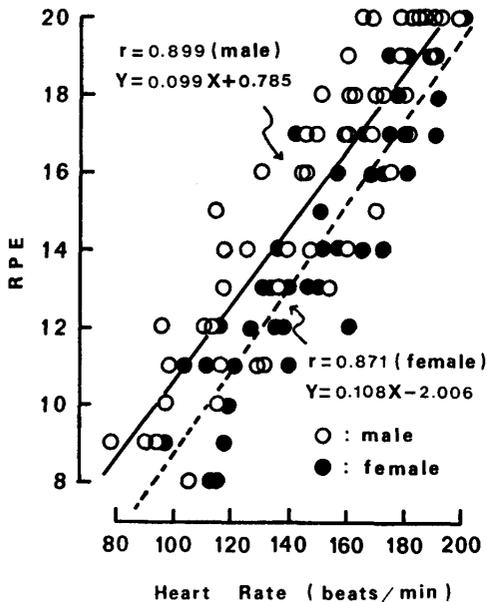


Fig. 3. Relationship between heart rate and rating of perceived exertion during progressive exercise

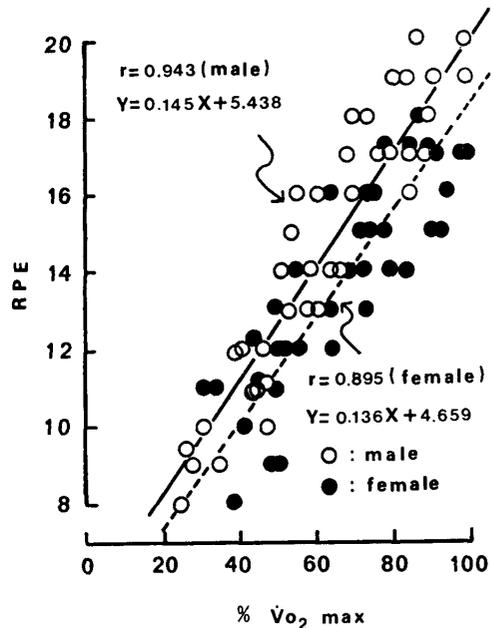


Fig. 4. Relationship between $\% \dot{V}O_2 \max$ and rating of perceived exertion during progressive exercise

被検者において $r=0.981$ ($P<0.01$) と非常に高い相関が認められ、 $Y=0.405X+0.398$ の回帰直線が得られた。また女子被検者についても、 $r=0.966$ ($P<0.01$) の有意な相関が認められ、 $Y=0.365X+0.461$ の回帰直線が得られ、同一負荷での $\dot{V}O_2$ は男子とほぼ同様な値を示した。

図3は実験Iにおける男子及び女子被検者の心拍数と主観的強度 (RPE) との関係を示したものであり、RPEは6から20の数字によって示した (以下同様)。図に示すように、両者の間には男子被検者において $r=0.899$ ($P<0.01$) の有意な相関が認められ、 $Y=0.099X+0.785$ の回帰直線が得られた。また、女子被検者についても $r=0.871$ ($P<0.01$) の有意な相関が認められ、 $Y=0.108X-2.006$ の回帰直線が得られたが、同一心拍数での RPE を男子と比較すると、RPE は女子の方がやや低い値を示した。

図4は男子及び女子被検者の $\% \dot{V}O_2 \max$ と RPE との関係を示したものである。図に示すように、 $\% \dot{V}O_2 \max$ の増大にともない RPE の上昇がみられ、両者の間には男子被検者において、 $r=0.943$ ($P<0.01$) の有意な相関が認められ、 $Y=0.145X+5.438$ の回帰直線が得られた。また、女子被検者についても $r=0.895$ ($P<0.01$) の有意な相関が認められ、 $Y=0.136X+4.659$ の回帰直線が得られたが、同一 $\% \dot{V}O_2 \max$ での RPE を男子と比較すると、心拍数の場合と同様 RPE は女子の方がやや低い値を示した。

図5(A), (B)は実験IIにおける負荷強度、心拍数、 $\dot{V}O_2$ 及び RPE の時間経過にともなう変化を示したものである。図5(A)は負荷を4, 3, 2kpと連続的に低下した後、逆に3, 4kpと順次増大した被検者 T.M. の結果を示している。図に示すように、負荷の連続的な低下や増大にともない、心拍数及び $\dot{V}O_2$ は低下増大し、また、これに平行して RPE も変化している。

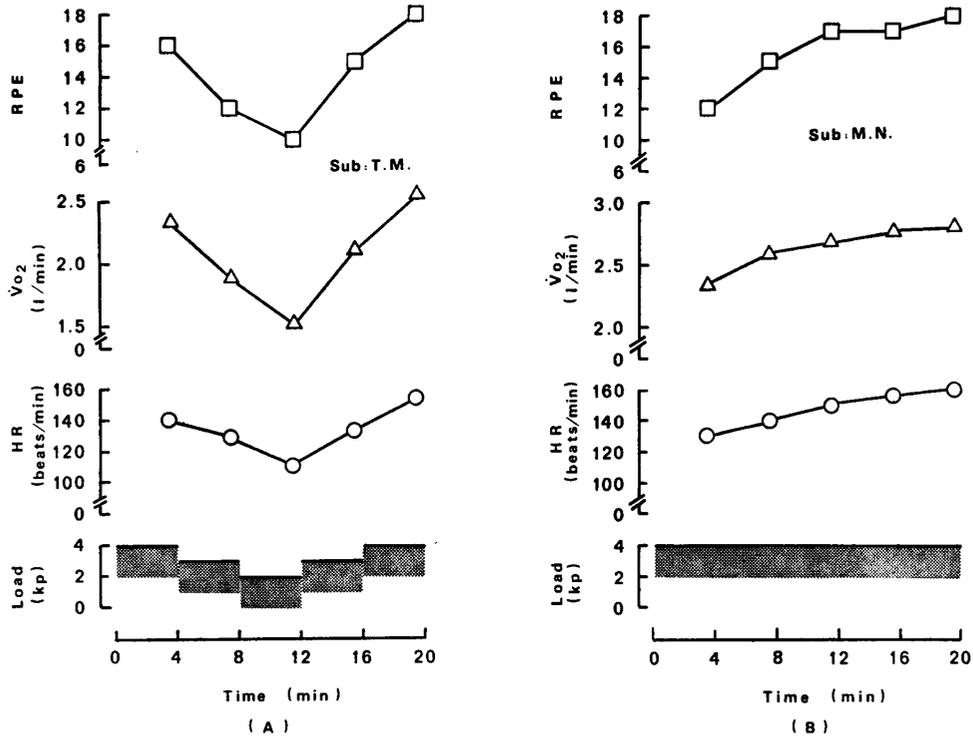


Fig. 5. Changes in work load, heart rate, oxygen uptake and rating of perceived exertion during submaximal exercise

しかし、同じ 3kp や 4kp でも後半の方の心拍数や $\dot{V}O_2$ は高く、例えば 4kp では心拍数は140から154拍/分へ、 $\dot{V}O_2$ は2.332から2.559 l/minと0～4分より16～20分の方が高い値を示し、RPEも0～4分では“かなりきつい(16)”と判断したのに対し、16～20分では“非常にきつい(18)”と答えている。図5(B)は4kpの負荷を20分間連続した被検者 M. N. の結果を示している。図に示すように、同一負荷であるが、時間の経過とともに心拍数と $\dot{V}O_2$ は次第に増加し、それに平行して RPE は0～4分の“ややきつい(12)”から運動終了時には“非常にきつい(18)”へと上昇した。

次に、これら最大下運動における心拍数及び $\% \dot{V}O_2 \max$ と RPE の関係を検討した。その結果、図6に示すように心拍数と RPE 間には有意な相関 ($r=0.782, P<0.01$) が認められた。また回帰直線 $Y=0.090X+1.210$ は、同一被検者につき運動方法が異なる図3に得た結果(破線で図6に示した)とほぼ一致した。他方、 $\% \dot{V}O_2 \max$ と RPE 間にも $r=0.830(P<0.01)$ の有意な相関が認められ、 $Y=0.136X+4.431$ の回帰直線を得た(図7)。しかし、同一被検者で運動方法を変えて得た図4の結果(破線で図7に示した)と比較して、RPE は低かった。

Borg³⁾ は運動強度を示す6から20までの15段階の scale を作成し、これに感覚を表わす言葉を付けた(表2)。Skinnerら¹¹⁾はこのRPEを用い大学生を対象に自転車エルゴメーターによる運動を行なわせたところ、RPEと心拍数との相関が高く、また漸増負荷テストにおいても両者の間に有意な相関があることを報告している。また小野寺と宮下⁹⁾はBorgのscaleにいくつかの日本語訳試案を作成し、心拍数や $\% \dot{V}O_2 \max$ とに最も相関の高いRPEの日本語訳を示し

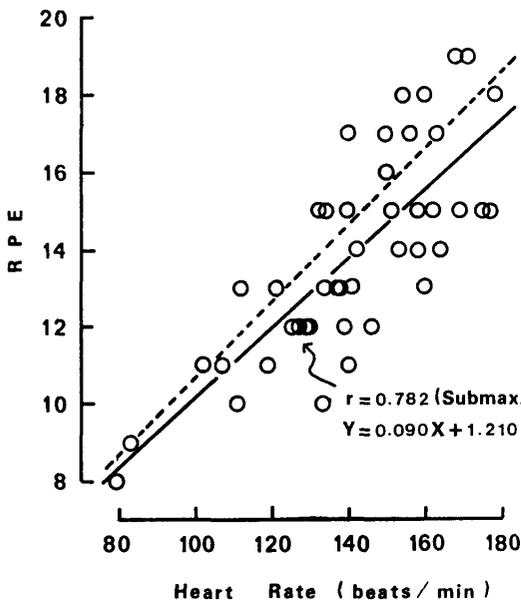


Fig. 6. Relationship between heart rate and rating of perceived exertion during submaximal exercise
(----: shown in text)

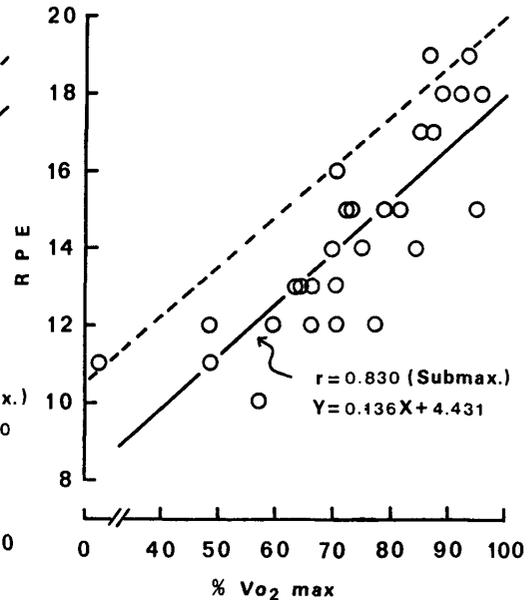


Fig. 7. Relationship between $\% \dot{V}O_2 \text{ max}$ and rating of perceived exertion during submaximal exercise
(----: shown in text)

た. この日本語訳 RPE を用いた本実験の漸増負荷法による自転車エルゴメーター運動においても, RPE と心拍数及び $\% \dot{V}O_2 \text{ max}$ との間に高い相関が認められ, 前述した報告と一致する結果が得られた (図 3 及び図 4). ところで, 宮下⁷⁾ は同一強度の運動を長時間行なわせた時の RPE について検討し, RPE が時間の経過に従って上昇することを報告している. 同様に, 本実験においても, 図 5 (B) に示すように, 同一負荷での 20 分間の運動中, 4 分毎に測定した RPE は時間経過とともに上昇するのがみられた. このような時間経過にともなう RPE の上昇は, 負荷を変えない持続運動だけでなく, 20 分間の運動中 4 分毎に任意に負荷を変化させた図 5 (A) の場合においてもみられるが, 運動前半と運動後半における同一負荷での RPE は後者の方が高い値を示すことが分った. この時の心拍数と $\dot{V}O_2$ についてみると, 負荷を固定した運動あるいは負荷を任意に変えた運動のいずれの運動においても, 同一負荷での心拍数と $\dot{V}O_2$ は RPE と平行して変化し, 時間経過に従って上昇することが認められた (図 5). また宮下⁷⁾ や田中と森¹²⁾ はトレーニングによる全身持久性の改善にともない, 同一強度の運動に対する $\% \dot{V}O_2 \text{ max}$ が低下し, 同時に RPE も低下することを報告している. 以上のことから, RPE は仕事量で示される絶対強度より, 心拍数や $\% \dot{V}O_2 \text{ max}$ などで示される相対強度と対応関係をもつものと考えられ, 運動中の相対強度を知る 1 つの方法として用いることができると思われる.

これに対し, 浅見²⁾ は強度を選択するための 4 つの言葉 (軽く, 中ぐらいの強さで, かなり強く, 全力で) を作成し, それぞれの言葉の強度に相当する速さを各自選んで 10 分間走を行なわせた時, 被検者が言葉に応じた速度を選択し, また再現性が高かったことを報告している. このことから, RPE は運動中の強度を簡単に知る手段としてだけでなく, 強度を指示する方法としても用いることができると考えられる.

しかし、図3及び図4に示すように、同一心拍数や同一 $\% \dot{V}O_2 \max$ に対応するRPEには、わずかながらも男女の差がみられることや、図7に示すように運動方法が異なると同一 $\% \dot{V}O_2 \max$ と対応するRPEに差がみられることから、運動強度の指標としてRPEを用いる場合には、性差や運動方法等を十分考慮に入れる必要があると思われる。

摘 要

自転車エルゴメーターを用い、漸増負荷法によるExhaustive exercise中と、4分毎に負荷を変えた20分間のSubmaximal exercise中における心拍数及び $\% \dot{V}O_2 \max$ と、小野寺と宮下による日本語の主観的強度(RPE)との関係について検討した。被検者として、Exhaustive exerciseには健康な男子学生10名(20~23才)と女子学生7名(21才)を用い、Submaximal exerciseには男子学生10名を用いた。

1) Exhaustive exerciseにおいて、心拍数とRPEの間には男子 $r=0.899$ 、女子 $r=0.871$ の有意($P<0.01$)な相関が得られたが、同一心拍数におけるRPEは男子の方がやや高い値を示した。

2) Exhaustive exerciseにおいて、 $\% \dot{V}O_2 \max$ とRPEの間には男子 $r=0.943$ 、女子 $r=0.895$ の有意($P<0.01$)な相関が得られたが、同一 $\% \dot{V}O_2 \max$ でのRPEは男子の方がやや高い値を示した。

3) Submaximal exerciseにおいて、心拍数とRPEの間には $r=0.782$ の有意($P<0.01$)な相関が得られ、Exhaustive exerciseと同一心拍数でのRPEはほぼ同じ値を示した。

4) Submaximal exerciseにおいて、 $\% \dot{V}O_2 \max$ とRPEの間には $r=0.830$ の有意($P<0.01$)な相関が得られたが、Exhaustive exerciseと同一 $\% \dot{V}O_2 \max$ でのRPEは低い値を示した。

最後に、御指導ならびに御校閲いただきました中牟田正幸教授、種々御指導いただきました保健管理センター所長井上哲夫教授に深く感謝の意を表します。

文 献

- 1) 浅見俊雄：“Aerobics”を日本人に適用する場合の2, 3の問題点. 体育科学 2: 101-108, 1974.
- 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) 星川 保, 豊島進太郎, 松井秀治: 中年者における体育科学センター方式運動処方の実践と効果に関する研究. 体育科学 5: 1-16, 1977.
- 5) 加賀谷淳子: 30分走トレーニングが女子大学生の有酸素的作業能におよぼす効果. 体育科学 5: 50-58, 1977.
- 6) 金子公有, 豊岡示朗, 宮側敏明: 運動処方の作成(II) ——フィールド走による負荷強度の設定——体育の科学 23: 157-159, 1973.
- 7) 宮下充正, 小野寺孝一, 跡見順子: 長時間運動における Rating of Perceived Exertion と生理的反応と

- の対応関係およびそのトレーニングに伴う変化. 体育科学 5: 83-88, 1977.
- 8) 小川新吉, 古田善伯, 小原達郎, 大神八太郎, 勝村龍一: 走行トレーニングの中高年者の有酸素的作業能におよぼす影響. 体育科学 5: 59-70, 1977.
 - 9) 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. 体育学研究 21(4): 191-203, 1976.
 - 10) Shindo, M., H. Tanaka and Y. Yoshitake: Effects of Training at 50% $\dot{V}O_2$ max for 60min in Healthy College Men. Rep. Res. Cent. Phy. Ed. 5: 39-49, 1977.
 - 11) Skinner, J. S., R. Hutsler, V. Bergsteinova and E. R. Buskirk: Perception of effort during different types of exercise and under different environmental conditions. Med. Sci. Sports 5(2): 110-115, 1973.
 - 12) 田中秀一, 森喜太郎: 体力水準のちがいからみた主観的強度と客観的強度. 体育の科学 29(4): 290-294, 1974.