

自己選択した運動強度に対応する呼吸循環器系反応 および心理的反応に与える運動習慣の影響

大蔵倫博¹⁾ 林 容 市²⁾ 和田 実 千²⁾ 田中喜代次^{3,4)}

Effect of exercise habit on the cardiorespiratory and psychological responses to self-prescribed intensities

Tomohiro Okura¹, Yoichi Hayashi², Michi Wada² and Kiyoji Tanaka^{3,4}

Abstract

Classical methods for the regulation of exercise intensity, based on objective physiological indices, e.g. heart rate or oxygen uptake, have been indicated to be inadequate for maintaining subjective motivation contributing to exercise adherence. Rating of perceived exertion (RPE) developed by Borg has also been utilized in the setting of exercise prescription. However, a number of problems with this approach have been pointed out by some investigators. Therefore, we have proposed another method for self-prescription of exercise intensity through evaluation of psychological and physiological validity. The purpose of this study was to compare cardiorespiratory and psychological responses at self-prescribed power outputs during 20-min cycling before (Pre) and after (Post) a 3-month supervised aerobic exercise program. Fourteen healthy middle-aged women (mean age 46 ± 5 years) who had not taken regular exercise during the previous 5 years volunteered to participate in the study. Although the percentage lactate threshold ($\%VO_2LT$) during the 20 min of cycling at Pre ($108\%VO_2LT$) was significantly higher than that at Post ($98\%VO_2LT$), the intensities selected by the subjects at Pre were also considered safe and effective. Furthermore, the subjects reported comfortable experiences and improvement of mood, which were recognized to have positive effects on exercise adherence, after 20-min cycling under both conditions. Thus, it is suggested that use of self-prescribed intensity for exercise prescription can be one of the ways of solving problems related to exercise adherence.

Key words: Perceived exertion, Lactate threshold, Exercise adherence, Exertional symptoms

(Japan J. Phys. Educ. 45: 201-212, March, 2000)

- 1) 筑波大学体育科学研究科
〒305-8574 つくば市天王台 1-1-1
- 2) 筑波大学体育研究科
〒305-8574 つくば市天王台 1-1-1
- 3) 筑波大学体育科学系
〒305-8574 つくば市天王台 1-1-1
- 4) 筑波大学先端学際領域研究センター
〒305-8577 つくば市天王台 1-1-1

1. Doctoral Program in Health and Sport Sciences, University of Tsukuba, 1-1-1 Tennohdai, Tsukuba, Ibaraki, 305-8574
2. Master's Program in Health and Physical Education, University of Tsukuba, 1-1-1 Tennohdai, Tsukuba, Ibaraki, 305-8574
3. Institute of Health and Sport Sciences, University of Tsukuba, 1-1-1 Tennohdai, Tsukuba, Ibaraki, 305-8574
4. Center for TARA#, University of Tsukuba, 1-1-1 Tennohdai, Tsukuba, Ibaraki, 305-8577
#Tsukuba Advanced Research Alliance, (TARA principal researcher for Tanaka Project)

キーワード：自覚的運動強度，乳酸閾値，運動の継続性，自覚症状

緒 言

運動処方で重視すべき基本的原則は，強度，継続時間，頻度，漸増性，様式などを考慮することである．なかでも安全性や効果といった視点からは，特に適切な運動強度の処方が重要である (American College of Sports Medicine, 1995)．ゆえに，従来，漸増負荷運動中に得られた生理学的指標（酸素摂取量，心拍数，換気量など）や医学的指標（心電図異常所見，呼吸困難感，血圧の異常な上昇など）といった客観的指標が強度設定の柱とされてきた．

一方，近年では，処方された運動強度が遵守 (compliance) されなかったり，運動そのものが継続 (adherence) されないという，処方内容に関する問題が議論されてきている (Dishman, 1994; Dishman et al., 1994; 橋本ら, 1994; 中村, 1996)．つまり，従来の客観的指標に基づく強度設定法では，運動の継続に強く貢献するといわれる内発的動機づけを喚起する要因として不十分といえる．内発的動機づけを高めるためには，目的と目標を明確にして (目標設定)，快適さを味わい (快適経験)，達成感を味わう (成功体験) が必要とされている (橋本, 1998)．このような観点から運動者の心理面を重視した至適運動強度として，Dishman et al. (1994) は好みの強度 (preferred intensity) でおこなう運動を，また，橋本ら (1991) はもっとも快適と感じるペースで行なう運動 (快適自己ペース走または歩行) を提唱している．これらの運動を実践することで快適感や達成感を得ることが可能であり (橋本ら, 1991; 橋本ら, 1992; 橋本ら, 1994)，ゆえに運動に対する内発的動機づけを高めることにも有効であると考えられる．

ところが，「好みの強度」で運動を行なわせた場合，運動習慣をほとんど有していなかった者は，数年間以上運動を継続してきた者に比べて有意に高い相対的運動強度 (最大酸素摂取量に対する相対値) を選択すること，また運動後に得られ

る快適感が有意に低下することが明らかにされている (Dishman et al., 1994)．アメリカで行われた疫学的調査では，実施される相対的運動強度が高いほど運動の継続率は低下し (Pollock et al., 1991; Sallis et al., 1986)，障害発生率は高まる (Dishman and Sallis, 1994; Pollock et al., 1991) ことが報告されている．このことは，運動習慣を有していない者が適切な説明や指導なしに「好みの強度」で運動を実施すると，当初の目的に反して，「好みの強度」が運動の習慣化を阻害する要因にもなりうることを示唆している．体力の維持増進を促進する立場からは，特に運動習慣のない者に対して運動継続につながる施策 (配慮) を必要とすることから，「好みの強度」による方法には何らかの修正を加える必要があるといえる．つまり，このような問題点を解消するためには，運動習慣のない者に対して，運動の継続を阻害するほどの不当に高い強度を身体に負荷しないような配慮がなされるべきである．一方，「快適自己ペース」では，心理面に対しては好影響をもたらすことが証明されているものの，生理学的見地から十分な検討がなされているとは言い難い．

そこで，本研究では，運動実施に関する簡単な説明の後に自己選択的に強度設定を行なわせる方法，すなわち「自己選択強度 (self-prescribed intensity: SPI)」による運動の実践方法 (SPI 法) を提案する (Table 1 参照)．SPI 法は，心理面

Table 1 Notes on deciding the self-prescribed intensity

Please perform cycling based on the intensity selected by yourself according to the following 4 notes at if you were participating in a fitness program.

- 1) This should be an intensity that you would be able to continue for a 20-min workout.
- 2) The intensity should not be rather high so that you would feel too much panting and aches in your thigh.
- 3) The intensity should not be rather low so that you would be dull.
- 4) The intensity should be enough so that you would get higher cardiorespiratory fitness.

を重視した「好みの強度」や「快適自己ペース」の利点を生かしながら、生理学的見地からも妥当な強度設定法となるよう工夫されている点がユニークと言える。また、健康や体力の維持・増進をより必要とするのは体力面で顕著な低下が現れ始める中年期以降の者といえることから、本研究では、中年女性を対象とした有酸素性運動中心の運動教室の実施前後で、SPI法による自転車エルゴメータ運動中の呼吸循環器系反応および運動前後の感情がどのように変化するかについて検討することとした。なお、本研究では運動習慣をもたない教室への参加前をPre、また、3ヵ月間の運動プログラムをすべて終了した段階をPostと表記することにした。したがって、本研究の仮説として次の2点が挙げられる。

- 1) SPI法によって選択される相対的強度は、Pre, Post間で有意な差を示さない。
- 2) SPI法による運動は、PreとPostのいずれの感情に対しても好影響(改善)を与える。

方 法

A. 被検者

過去5年間以上、規則的な運動習慣を有したことの無い健康な中年女性14名(平均年齢 46 ± 5 歳)を被検者とした。これらの被検者は、全員が自らの意志で筆者らが主催した健康の維持増進を目標とした3ヵ月間の運動教室に参加した者であった。運動教室参加に先立って、医師によるメディカルチェックおよび心電図などの検査を受け、すべての被検者が「異常なし」と判定された。Pre, Postにおける被検者の身体的特徴はTable 2に示した。身体組成の評価はTanaka et al. (1992)の方法に基づき、積水化学工業製のインピーダンス測定機器(Bio impedance SS-103)を使用した。すべての被検者に対して、本研究の目的および内容を十分に説明した上で、研究協力の承諾を得た。

B. 運動教室のプログラム内容

提供したプログラムは、有酸素性運動を中心とした2種類の運動である。一方は、40-50分間の

Table 2 Physical characteristics of the subjects

	Pre	Post
	Mean \pm SD	Mean \pm SD
Age, yr		46 \pm 5
Height, cm	156.5 \pm 4.8	156.4 \pm 4.9
Weight, kg	59.0 \pm 4.7	56.7 \pm 3.9*
BMI, kg/m ²	24.1 \pm 2.1	23.1 \pm 1.9*
%fat, %	29.1 \pm 3.1	27.2 \pm 2.8*

* $P < 0.05$

Pre: before the 3-month supervised aerobic exercise program

Post: after the 3-month supervised aerobic exercise program

BMI: body mass index

%fat: percent body fat

ローインパクト主体の全身運動となるベンチステップエクササイズ(Hayakawa et al., 1997)、他方は、47分間の有酸素性運動と油圧抵抗を用いたレジスタンス運動を交互に行なうProgrammed Aerobic/Aerobic/Accommodating Circuit Exercise (PACE) トレーニング(田中・野田, 1998)であった。全身持久性体力の向上を主たる目的としたステップエクササイズを週2回、また、全身の筋力や筋持久力の向上を主たる目的としたPACE トレーニングは週1回実施された。参加者の出席率は81%~100%の範囲にあり、平均は91%であった。これら2つの主運動の前後には、ウォーミングアップやクーリングダウンとして5-10分間の徒手体操、柔軟性運動またはストレッチングなどが指導された。呼気ガス等の分析から、1回の運動プログラムの消費エネルギーは約240-300 kcalと推測された。運動指導中は、2名以上の専門指導員を配置し、随時、心拍数(HR)の測定および確認を行なうことで安全性の高い個別処方にも努めた。

なお、教室期間中に運動強度の設定に関する学問的な知識の教授は一切おこなわれなかった。これは、Postにおいて、被検者が専門的な知識によって強度設定を操作しないようにするためであ

る。ただし、運動プログラム実施中に、被検者に対して「無理をせずに、マイペースで」などの声かけはなされた。

C. 最大運動負荷テストによる呼吸循環諸量の測定

運動負荷テストに先立って、20分間以上の座位安静状態の後、安静時心拍数を測定した。最大酸素摂取量 ($\dot{V}O_{2max}$) および最高心拍数 (HR_{max}) は、モナーク (Monark) 社製の自転車エルゴメータ (818E) を用いて直接測定した。テスト開始から2分をウォーミングアップとし、その後、1分ごとに負荷を0.25 kp ずつ高める多段階漸増負荷法を採用した。ペダルの回転数は60 rpm で一定としたことから、1分ごとに増加する仕事率は約15 watts であった。フクダ産業製の代謝測定装置 (IS-6000) を用いて mixing chamber 法により15秒間隔で換気量 ($\dot{V}E$)、呼吸交換比 (RER)、酸素摂取量 ($\dot{V}O_2$)、二酸化炭素排泄量 ($\dot{V}CO_2$) を測定し、コンピュータに接続したモニタ上に表示した。また、フクダ電子製のテレメトリ方式の患者監視装置 (Dinascop 501) により心電図とHRを記録した。さらに、1分ごとに正中肘皮静脈より約1 ml ずつ血液を採取し、YSI 製乳酸分析器 (1500L) により血中乳酸濃度を分析した。最大運動の判定は、1) $\dot{V}O_2$ のレベルオフ、2) $RER \geq 1.05$, 3) 予測最高心拍数 (220-年齢) の95%以上の3条件を設定し、2つ以上の条件を満たした場合とした (田中, 1990)。また、運動中の血中乳酸濃度が安静時水準 (またはウォームアップの水準) から急激に立ち上がる時点を乳酸閾値 (lactate threshold: LT) と定義し、log-log transformation 法 (Beaver et al., 1985) によって決定した。

D. 自己選択強度法による運動の実践方法および呼吸循環諸量の測定

SPI 法による運動は、最大運動負荷テストから数日以上の間隔を空け、疲労による影響がでないよう配慮した。実施に当たっては、スポーツ施設などにおける実際の運動場面を想定させ、20分

間の自転車エルゴメータ運動とした (Dishman et al., 1994)。ウォーミングアップとして、負荷を0 kp に設定した自転車運動を2分間おこない、これは主運動時間 (20分間) に含めなかった。被検者に対して開始 (0分) から5分ごと (0分, 5分, 10分, 15分の合計4回) に自由意志で負荷を決定するよう指示をおこない、Table 1 に示した留意点に従って運動強度を自己選択させた。上下する負荷の最小目盛りは0.25 kp とし被検者の意志にしたがって検者が目盛りを調節した。なお、ペダルの回転数は概ね50 rpm から70 rpm の範囲内に収まっており、具体的には、検者は自転車エルゴメータのハンドル基部に付属する回転数表示板に示される平均的な回転数を15秒ごとに記録することで求めた。また、仕事率 (watt) は回転数と負荷 (kp) の積として算出した。

主運動中は、20分間連続して最大運動負荷テストと同様の機器にて同様の項目を測定し、呼気ガス分析の結果をコンピュータに接続したモニタ上にリアルタイムで表示した。また、心電図の監視も併せて、被検者の安全性に十分注意した。主運動の開始後5分から運動終了 (20分) まで5分ごとに合計4回 (5分, 10分, 15分, 20分)、負荷が変更される直前にボルグスケール (rating of perceived exertion: RPE) (Borg, 1973) を日本語訳した判定表 (小野寺ら, 1976) を用いて身体全体のRPE (RPE-overall)、呼吸に関するRPE (RPE-chest) および脚部のRPE (RPE-legs) を聴取し記録した^{註)}。血中乳酸濃度の測定は、開始後5分から運動終了 (20分) まで5分ごとに合計4回 (5分, 10分, 15分, 20分) おこない、血液サンプル採取の後、別室にて即座に分析した。

E. 自己選択強度法による運動実施前後の感情および自覚症状の評価

運動前後の感情の変化を評価するために、橋本ら (1992) が作成した感情尺度を利用した。感情尺度は「快感」「リラックス感」「満足感」の3つの下位尺度、23項目の対形容詞句で構成され

ている。回答カテゴリは「非常に」「かなり」「やや」「どちらともいえない」を用いた7段階評定尺度法であり、もっとも好意的感情に3点、もっとも非好意的感情に-3点を付与することで得点化し、各尺度ごとに尺度得点を算出した。したがって、得点が高いほどよい感情を抱いていることを意味する。運動の直前と直後それぞれ5分以内に、質問紙にて自己評価させることで感情を測定した。

運動後の自覚症状の評価には Weiser et al. (1973) の提唱する評価尺度を利用した。この尺度は、運動者の「運動実施に対する嫌悪感」、「全身的な疲労感」、「脚部の疲労感」および「心肺系の症状」を自己評価することが可能とされており、感情尺度の測定に引き続いて質問紙にて自己評価させた。

F. データ処理

Pre, Post における身体的特徴、運動負荷テストの結果および運動前後の感情変化の比較には、対応のある *t* 検定を実施した。群間要因および経過時間要因を考慮した2元配置の分散分析 (independent mixed-model ANOVA's) によって、 $\dot{V}O_{2max}$ に対する運動時酸素摂取量の相対値 ($\% \dot{V}O_{2max}$)、LT 水準の酸素摂取量 ($\dot{V}O_{2LT}$) に対する運動時酸素摂取量の相対値 ($\% \dot{V}O_{2LT}$)、HR、血中乳酸濃度、仕事率、酸素摂取量からみた換気当量 ($\dot{V}E/\dot{V}O_2$)、RPE-overall, RPE-chest, RPE-legs のデータを分析した。統計的有意水準はすべて5%未満とした。ただし、2元配置の分散分析では、第1種の誤りの可能性 (統計的有意水準) を5%未満に維持するために、Bonferroni の調整に従って $P < 0.00625$ ($0.05/8$) とした。各要因に対応する主効果が検出された場合のみ、Tukey HSD post-hoc tests をおこなった。なお、表中の数値はすべて平均値±標準偏差で表し、図中の数値は平均値±標準誤差で表した。

結 果

被検者の身体的特徴は Table 2 に示した。また、運動教室の前後で実施された運動負荷テスト

Table 3 Results of the graded exercise tests at Pre and Post

	Pre	Post
	Mean±SD	Mean±SD
$\dot{V}O_{2max}$, ml/min	1759±251	1812±328
$\dot{V}O_{2LT}$, ml/min	1067±183	1141±241*
HR _{max} , beat/min	171.4±9.6	169.7±6.9
HR _{LT} , beat/min	128.5±11.4	131.8±9.9
W _{max} , watt	135.0±18.6	146.8±20.5*
W _{LT} , watt	65.4±13.9	85.7±14.9*
maximal RPE-overall	17.5±1.5	17.6±1.5
maximal RPE-chest	17.5±1.6	18.0±1.6
maximal RPE-legs	18.0±1.8	18.3±1.4
RPE-overall at LT	12.3±0.9	12.4±1.2
RPE-chest at LT	12.2±1.0	12.4±1.0
RPE-legs at LT	12.6±1.0	12.8±1.1

* $P < 0.05$

$\dot{V}O_{2max}$: maximal oxygen uptake

$\dot{V}O_{2LT}$: oxygen uptake at lactate threshold

HR_{max}: maximal heart rate

HR_{LT}: heart rate at lactate threshold

W_{max}: maximal workload

W_{LT}: workload at lactate threshold

の結果は Table 3 に示した。対応のある *t* 検定によって、Pre, Post 間で体重, BMI, 体脂肪率, $\dot{V}O_{2LT}$, 最大運動時の仕事率, LT 時の仕事率に有意差が認められた。

Independent mixed-model ANOVA's の結果、交互作用ありと認められたのは $\dot{V}E/\dot{V}O_2$ (Fig. 1) だけであった。運動開始5分の時点では Pre が Post に比べて有意に低値を示したが、10分以降、Post と同水準にまで上昇した。

また、 $\dot{V}E/\dot{V}O_2$ を除くすべての変数で経過時間要因に対応する主効果が認められた (Fig. 1~3)。これらの変数はすべて、運動開始5分から20分まで増加し続ける傾向を示した。一方、群間要因 (Pre vs. Post) に対応する主効果は、仕事率 (Fig. 1), $\% \dot{V}O_{2LT}$, HR (以上, Fig. 2), RPE-overall, RPE-legs (以上, Fig. 3) に認められた。仕事率では、運動開始後15分まで、Post が Pre に比べて有意に高値を示したが、20分後には同水準となった。 $\% \dot{V}O_{2LT}$ では、運動中つ

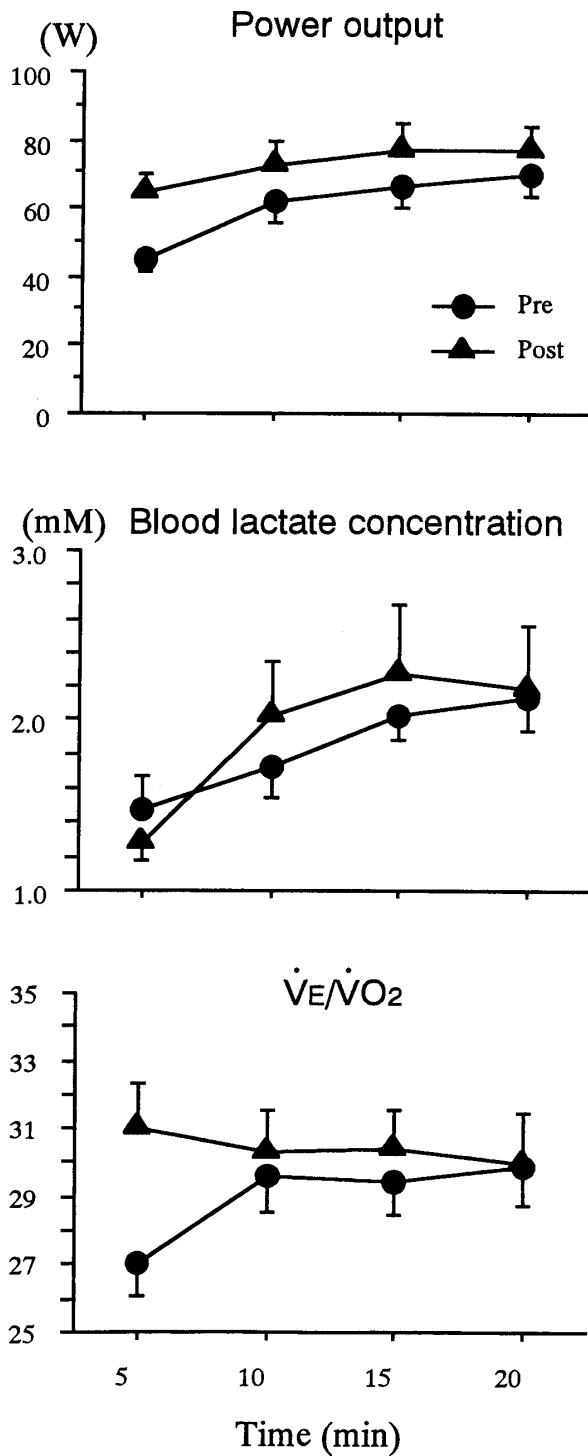


Fig. 1 Power output, blood lactate concentration and ventilatory equivalent for oxygen ($\dot{V}_E/\dot{V}O_2$) responses at self-prescribed power outputs during 20 min of cycling at Pre and Post. Values are means \pm SEM.
 Pre: before the 3-month supervised aerobic exercise program
 Post: after the 3-month supervised aerobic exercise program

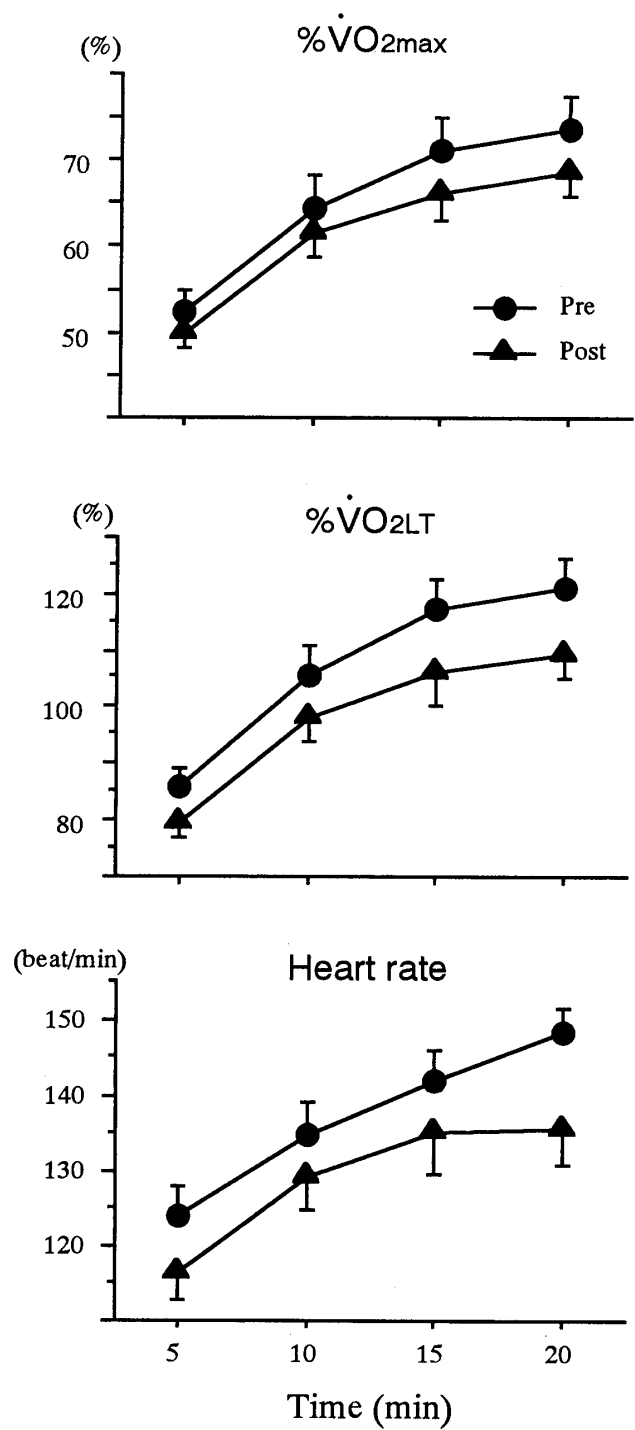


Fig. 2 Relative oxygen uptake ($\% \dot{V}O_{2max}$), relative lactate threshold ($\% \dot{V}O_{2LT}$) and heart rate responses at self-prescribed power outputs during 20 min of cycling at Pre and Post. Values are means \pm SEM.

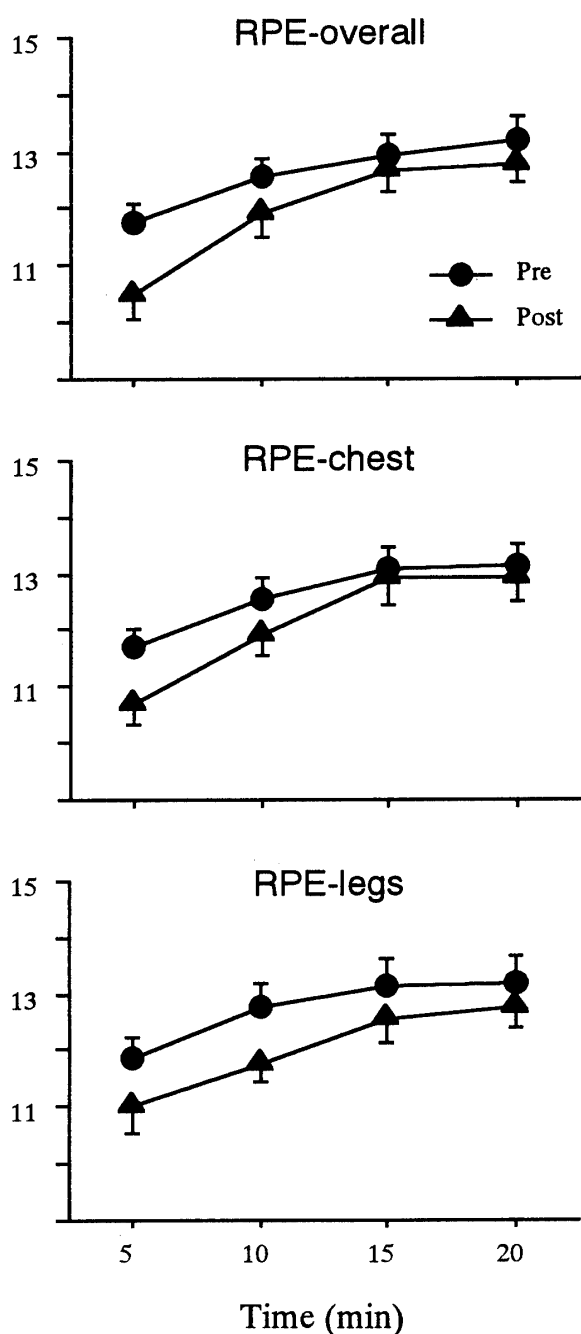


Fig. 3 Category ratings of perceived exertion (RPE) for overall, chest and legs responses at self-prescribed power outputs during 20 min of cycling at Pre and Post. Values are means \pm SEM.

ねに Post が Pre に比べて低値を示した。HR に関しては、運動開始から 5 分後に Post が Pre に比べて低値を示したが、10~15 分で有意差がなくなり、20 分後には再び Post が有意に低値とな

った。RPE-overall では 5 分後に、RPE-legs では 10 分後に、いずれも Post が Pre に比べて低値を示したが、それ以外では有意差はみられなかった。

20 分間の自転車運動の実施前後でおこなわれた感情尺度評価の結果は Fig. 4 に示した。Pre では「快感情」と「満足感」においても改善傾向 ($P < 0.1$) を示したものの、有意な改善には至らなかった。一方、Post では「快感情」「リラックス感」「満足感」のすべてで有意な改善を示した。また、運動後の自覚症状の自己評価の結果を Table 4 に示した。「運動実施に対する嫌悪感」において、運動を途中で中断しなかったと答えた者が Pre では 3 名存在したのに対して、Post では皆無であった。「脚部の疲労感」では、脚部の痛み、痙攣、震えを運動後に感じた者が Pre 群に各々 1 名ずつみられた。「全身的な疲労感」では、「疲れている」と答えた者が Pre に 4 名みられたが、Post では皆無であった。一方、「心肺系の症状」の中の「息が荒い」や「鼓動が感じられる」は、Pre に比べて Post でより多くの被検者が「Yes」と答えた。

考 察

「SPI 法を実施する際の留意点」(Table 1) の作成にあたっては、先行研究 (Dishman, 1994; Dishman et al., 1994; 橋本ら, 1995) の利点を継承しつつも、さらに改善案を加えることで安全性や効果を高めることに努めた。そこで、運動者本人の意識を身体の詳細にまで行き届かせるために、あえて 2) のような具体的な身体症状の記述をおこなった。また、運動処方においては、体脂肪の燃焼のみならず脂質代謝および糖代謝能の改善や全身持久性体力の向上も念頭においておこなうべきと考えられる。ゆえに、そのような機能が十分に動員されるためには、ある一定時間 (一般には、15~20 分以上) の継続運動が必要であろう。このような観点から 1) と 4) のような表現を加えた。ただし、低すぎる強度では上記の効果が得られにくいことから、ある一定以上の強度を喚起する必要性も忘れてはならない。筆者らは、こ

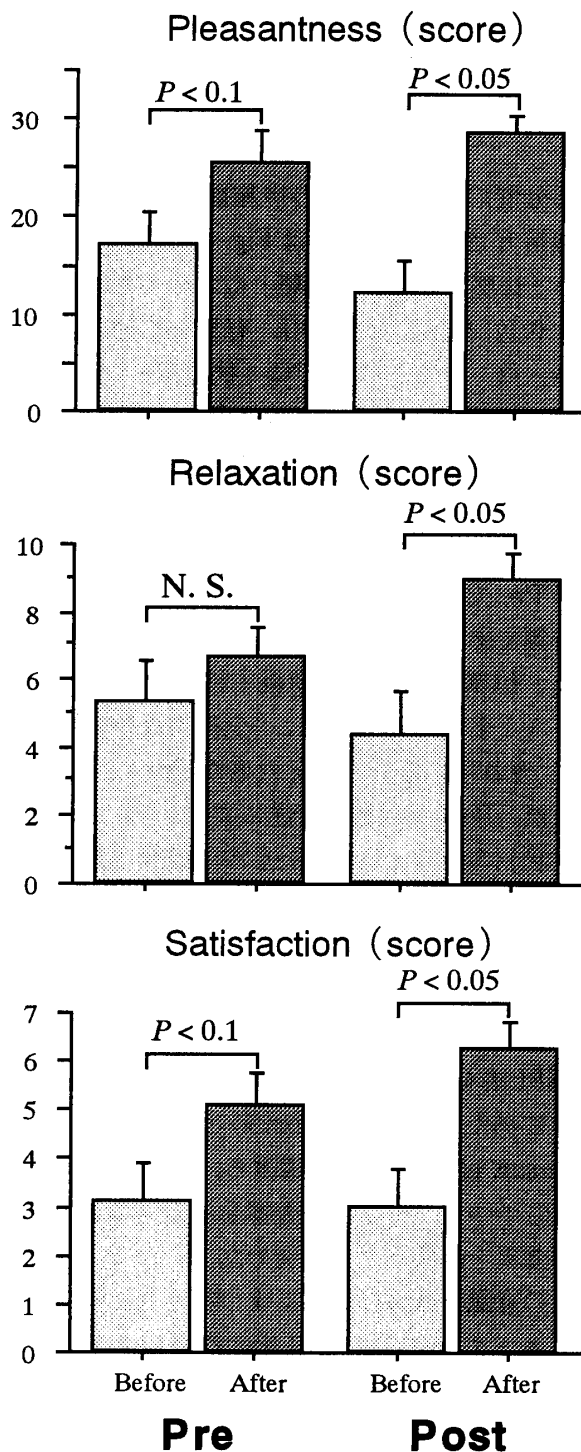


Fig. 4 Results of Mood Check List (pleasantness, relaxation and satisfaction) before and after 20 min of cycling at self-prescribed outputs at Pre and Post. Values are means \pm SEM.

Before: before 20 min of cycling at self-prescribed outputs

After: after 20 min of cycling at self-prescribed outputs

Table 4 Number of the subjects answering "Yes" to following questions after 20 min of cycling at self-prescribed power outputs at Pre and Post

	Pre	Post
Task Aversion		
sweating	14	14
perspiring	12	11
rather quit	3	0
comfortable	12	13
Leg Fatigue		
leg aches	1	0
leg cramps	1	0
muscle aches	0	0
muscle tremors	1	0
leg twitch	0	0
heavy legs	4	3
shaky legs	1	1
General Fatigue		
worn out	0	0
tired	4	0
weary	0	0
out of gas	0	0
Cardiopulmonary symptoms		
short of breath	3	4
panting	0	1
difficult to breath	0	0
heart pounding	3	7

の点に留意して3)の文章を加えた。つまり、Table 1全体から読み取れる内容は、運動者本人が自身の体力水準を十分考慮した上で、高すぎることもなく、低すぎもしない適切な強度を自己選択しやすくなるよう、具体的な実施方法が示されているといえる。

運動者の主観を重視した強度設定と言え、従来よりRPEによる方法(Eston et al., 1987; Eston and Williams, 1988; Potteiger et al., 1994; Stoudemire et al., 1996)が頻繁に利用されてきた。しかしながら、RPEによる方法は選択範囲の狭いことが指摘されており(橋本, 1998)、これに比べると、SPI法はより具体的かつ選択しうる強度の自由度が高められているといえる。SPI法によってなされた20分間の自転車運動中の平

均仕事率は, Preが約61 watts, Postは約73 wattsとなり, independent mixed-model ANOVA'sの結果, PreはPostに比べて有意に低い仕事率を選択したことが明らかとなった(Fig. 1). 逆に, $\% \dot{V}O_{2LT}$ やHR (Fig. 2) では, PreはPostに比べて有意に高い相対的強度を身体に負荷していたことが伺える. 特に, $\% \dot{V}O_{2LT}$ についてみると, Preの平均値は約108%であり, $\dot{V}O_{2LT}$ を10%近く上回っていたことがわかる. 一方, Postでは約98%であったことから, 平均的には概ねLT水準の強度で20分間の自転車運動を継続していたことがわかる. Dishman et al. (1994) は, 週あたりの運動消費エネルギーによって, 若年男性を高活動群と低活動群に分別した横断的研究の成果を報告している. それによると, 20分間の自転車運動中, 高活動群は低活動群に比べて低い相対的強度 ($\% \dot{V}O_{2peak}$, $\% \dot{V}O_{2LT}$) を選択したことが明らかにされている. 特に, 前半の10分間において統計的に有意差がみられることから, 高活動群はみずから, 運動の導入としてウォーミングアップをおこなったのではないかと推測されている. 高活動群をPostに, 低活動群をPreに置き換えて考えてみると, 本研究についても同様の推論が成立するといえる. さらに, Postでは, 20分間を通じて常にPreより有意に低い $\% \dot{V}O_{2LT}$ となる仕事率を選択していたことから, ウォーミングアップのみならず, 適切な強度を持続させる能力が身に付いたとも考えられよう.

SPI法によって選択された相対的強度はPre, Post間で有意な差を示したことから, 当初に掲げた「両群間に有意差を認めない」との作業仮説は棄却されたことになる. それでは, Preが20分間の自転車運動中に選択した平均相対的強度 ($\% \dot{V}O_{2max}$ は約65%, $\% \dot{V}O_{2LT}$ は約108%) は, 安全性, 効果, さらに運動継続の面からみて障害となりうるであろうか. 血中乳酸濃度や $\dot{V}E/\dot{V}O_2$ の面からみれば, Pre, Post間で主効果は検出されず, 20分間を通じて同水準であったといえる. つまり, 血液中や筋内のpHが同水準であること, また, 換気効率に差がないことから, 過

度の代謝性アシドーシスや呼吸困難感が生起していないものと推察される. また, アメリカスポーツ医学会が発行した運動処方指針 (American College of Sports Medicine, 1995) によると, 50~85% $\dot{V}O_{2max}$ が健常者に処方すべき適切な強度として推奨されている. 処方される相対的強度は, 体力水準の高低や運動習慣の有無などによって調整すべきであることは言うまでもないが, Preの平均的な $\% \dot{V}O_{2max}$ はこの範囲内に収まっていることから, 少なくとも危険性は低いと考えられる. さらに, 近年では, 強度設定の指標としてRPEの有用性が認められつつあると同時に, RPE 13に相当する運動強度は概ねLT水準にあることが報告されている (Gutmann et al., 1981; Eston et al., 1987; Eston and Williams, 1988; Hetzler et al., 1991; Haskvitz et al., 1992; Potteiger et al., 1994; Stoudemire et al., 1996). Eston et al. (1987) は, 平均年齢23歳の女性に対して, トレッドミル上でのランニング中に「ややきつい」に相当するRPE 13を維持するよう指示したところ, 運動中の $\% \dot{V}O_{2max}$ は平均71%であったことを報告している. 自転車とトレッドミルという運動様式の差異はあるものの, 本被検者であるPreの運動中にみられる相対的強度は, RPE 13によって規定された相対的強度 ($\dot{V}O_{2max}$ の71%) と同等かむしろ低値を示していることがわかる. 以上のようなことから, PreであってもSPI法に基づく運動の安全性や効果は確保されうるといえよう.

PreとPostの運動の継続性に関する問題は, 運動中のRPEを含めた心理的側面から以下に考察をおこなった. ただし, 感情の改善には, いかにも多くの不安感が払拭されたかによっても強く影響されることから, 測定にあたっては, 過去に経験した運動様式 (すなわち, 自転車かトレッドミルかなど) に注意を払う必要がある. つまり, 本研究では自転車エルゴメータをテストに用いたことから, テスト場面以外で自転車によるトレーニングを受けると, 自転車運動に対する慣れからテスト中の不安感を不当に薄めてしまう恐れがある. このような理由から, 本研究における運動教

室のプログラムには自転車運動を一切含めず、ベンチステップエクササイズや PACE トレーニングを採用した。運動の前後における感情変化の比較では、Post にのみ、3つのカテゴリすべてで有意な改善がみられた (Fig. 4)。一方、Pre では有意な改善はみられず、「快感情」と「満足感」に改善傾向 ($P < 0.1$) が検出されたにとどまった。このような結果は、先行研究 (Dishman et al., 1994; Boutcher and Landers, 1988) で述べられているように、運動によって状態不安が低下したという報告と軌を一にするものであった。本研究のデータでは、 $\% \dot{V}O_{2LT}$ において Pre, Post 間で有意差がみられたことから、有意に高い $\% \dot{V}O_{2LT}$ による運動の実施が身体各部の疲労感や痛みを引き起こし、Pre の感情改善過程において僅かではあるが障害となった可能性が推察される。しかし、Pre においても、感情の悪化はなく、むしろ改善傾向であったことを注目すべきであろう。また、身体各部の疲労感を包括的にアウトプットする RPE でみると、20分間の運動中、Pre は RPE-overall, RPE-chest, RPE-legs のいずれでも 12~13 の“ややきつい”に相当する強度を示した (Fig. 3)。一方、Post では 11~13 の“楽である”から“ややきつい”を示し、運動前半の一部で両群間に統計的な有意差が認められた。ここでも、「Pre の RPE > Post の RPE」の図式が成り立つといえるが、多くの研究で LT 水準の RPE は 11~15 (平均的には 13) であり (Gutmann et al., 1981; Hetzler et al., 1991; Haskvitz et al., 1992)、強度設定場面でも RPE 13 あたりを推奨していることから (Eston et al., 1987; Eston and Williams, 1988; Potteiger et al., 1994; Stoudemire et al., 1996)、Pre の RPE は不当に高いわけではない。これらの主観的な疲労感 (RPE) に対応する自覚症状の評価尺度として、本研究では、Weiser et al. (1973) の提唱する尺度を利用した (Table 4)。この尺度を 4つのカテゴリに分類した場合、そのうちの 3つのカテゴリについて、それぞれ、RPE-overall を「全身的な疲労感」に、RPE-chest を「心肺系の症状」に RPE-legs を「脚部の疲労感」に対応させるこ

とができる。Pre 群では、「脚部の疲労感」において痛みや座撃を感じた者が 1名ずついたが、重篤な症状ではなく、運動経験の少なさに由来する不安感がこのような回答につながったと被検者本人が述懐している。「全身的な疲労感」では、Pre 群にのみ疲労を感じた者が 4名いたが、これは、ある一定強度の運動をおこなった場合、ふつうにみられる症状といえる。むしろ Post で皆無であったことは、運動強度の調整能力といった視点からは注目に値するといえよう。唯一、「心肺系の症状」において Post の人数が Pre 群を上回っていた。この結果は、一見これまでの常識に反するように感じられる。しかし、例えば「鼓動が感じられる」の増加は、運動経験を積むことで自己の身体的な変化に対してよく注意を向けられるようになったことを示しているのではなかろうか。測定値からみれば、呼吸数や HR は Pre より Post で減少傾向にあることから、このような結果は心肺系の苦痛感の増大を表しているというより、むしろ、身体内部への注意力が向上したことを示唆するものと考えられる。以上より、SPI 法に基づく運動は実施者本人に快適感を与えると同時に、感情の改善効果をももたらすことが明らかにされた。さらに、重篤な自覚症状は惹起されなかったことから、SPI 法は運動の継続に貢献する可能性が高いといえよう。ただし、本検討では RPE による処方との直接比較はなされていない。運動の継続に有益という観点から、RPE 法と SPI 法のいずれが心理面に好影響を与えるかに関する検討は今後の課題としたい。

結 語

Pre と Post 群の間で、SPI 法に基づく自転車運動中の $\% \dot{V}O_{2LT}$ に主効果が検出された (Pre > Post 群) ことから、本研究で掲げた作業仮説 1) は棄却された。しかし、種々の変数について検討した結果、Pre の選択した強度であっても、安全性や効果は確保されるといえる。また、運動終了後には、両群で感情の改善傾向または有意な改善が認められたことから、作業仮説 2) を棄却するには至らないと判断された。以上のことから、

SPI法に基づいた自転車運動では、運動経験の有無にかかわらず、安全性を確保しながら効果を得ることが可能といえる。また、運動の継続性に影響するといわれる快適経験や感情の改善または改善傾向が両群にみられたことから、運動処方内容の遵守や運動の継続性に関する問題を解決するための糸口として、SPI法の有用性が示唆されたといえよう。加えて、運動強度の調整能力といった視点からは、適切な運動経験（習慣）を有すること（Post）がより望ましいといえる。

注）RPEは元来、身体全体の疲労感（RPE-overall）を生理学的指標と関連づけて評価するために開発されたものであり、厳密には、RPE-chestおよびRPE-legsに関する妥当性の検討が十分になされているとは言い難い。

文 献

- American College of Sports Medicine (1995) ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription, 5th edition, Williams & Wilkins, Philadelphia.
- Beaver, W. L., Wasserman, K., and Whipp, B. J. (1985) Improved detection of lactate threshold during exercise using a log-log transformation. *J. Appl. Physiol.* 59: 1936-1940.
- Borg, G. (1973) Perceived exertion: a note on "history" and methods. *Med. Sci. Sports* 5: 90-93.
- Bouthcer, S. H. and Landers, D. M. (1988) The effects of vigorous exercise on anxiety, heart rate, and alpha activity of runners and nonrunners. *Psychophysiology* 23: 696-702.
- Dishman, R. K. (1994) Prescribing exercise intensity for healthy adults using perceived exertion. *Med. Sci. Sports Exerc.* 26: 1087-1094.
- Dishman, R. K., Farquhar, R. P., and Cureton, K. J. (1994) Responses to preferred intensities of exertion in men differing in activity levels. *Med. Sci. Sports Exerc.* 26: 783-790.
- Dishman, R. K. and Sallis, J. F. (1994) Determinants and interventions for physical activity and exercise. In: *Physical Activity, Fitness, and Health*, C. Bouchard (Ed.). Champaign, IL: Human Kinetics Publishers, pp. 214-238.
- Eston, R. G., Davies, B. L., and Williams, J. G. (1987) Use of perceived effort ratings to control exercise intensity in young healthy adults. *Eur. J. Appl. Physiol.* 56: 222-224.
- Eston, R. G. and Williams, J. G. (1988) Reliability of ratings of perceived effort regulation of exercise intensity. *Brit. J. Sports Med.* 22: 153-155.
- Gutmann, M. C., Squires, R. W., Pollock, M. L., Foster, C., and Anholm, J. (1981) Perceived exertion-heart rate relationship during exercise testing and training in cardiac patients. *J. Cardiac Rehab.* 1: 52-59.
- 橋本公雄 (1998) 快感情を求める身体運動. 竹中晃二編, 健康スポーツの心理学. 大修館書店. pp. 32-39.
- 橋本公雄・斉藤篤司・徳永幹雄・磯貝浩久・高柳茂美 (1991) 運動によるストレス低減効果に関する研究(2) —過性の快適自己ペース走による感情の変化—. *健康科学* 13: 1-7.
- 橋本公雄・斉藤篤司・徳永幹雄・高柳茂美・瀧 豊樹 (1994) 快適自己ペース走の再現性の検討. *健康科学* 16: 57-63.
- 橋本公雄・高柳茂美・徳永幹雄・斉藤篤司・磯貝浩久 (1992) 一過性の運動による感情の変化と体力との関係. *健康科学* 14: 1-7.
- Haskvitz, E. M., Seip, R. L., Weltman, J. Y., Rogol, A. D., and Weltman, A. (1992) The effect of training intensity on ratings of perceived exertion. *Int. J. Sports Med.* 13: 377-383.
- Hayakawa, Y., Isono, K., Tanaka, K., and Asano, K. (1996) Metabolic responses during bench stepping exercise. *J. Educ. Health Sci.* 41: 351-358.
- Hetzler, R. K., Seip, R. L., Boutcher, S. H., Pierce, E., Snead, D., and Weltman, A. (1991) Effect of exercise modality on ratings of perceived exertion at various lactate concentrations. *Med. Sci. Sports Exerc.* 23: 88-92.
- 中村好男 (1996) 運動処方における「快適強度」の意味. *早稲田大学人間科学研究* 9: 31-45.
- 小野寺孝一・宮下充正 (1976) 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—Rating of perceived exertionの観点から—. *体育学研究* 21: 191-203.
- Pollock, M. J., Carroll, J. F., and Graves J. E. (1991) Injuries and adherence to walk/jog and resistance program in the elderly. *Med. Sci. Sports Exerc.* 23: 1194-1200.
- Potteiger, J. A. and Weber, S. F. (1994) Rating of perceived exertion and heart rate as indicators of exercise intensity in different environmental temperatures. *Med. Sci. Sports Exerc.* 26: 791-796.
- Sallis, J. F., Haskell, W. L., Fortmann, S. P., Vranizan, K. M., Taylor, C. B., and Solomon, D. S. (1986)

- Predictors of adoption and maintenance of physical activity in a community sample. *Prev. Med.* 15: 331-346.
- Stoudemire, N. M., Wideman, L., Pass, K. A., McGinnes, C. L., Gaesser, G. A., and Weltman, A. (1996) The validity of regulating blood lactate concentration during running by ratings of perceived exertion. *Med. Sci. Sports Exerc.* 28: 490-495.
- 田中喜代次 (1990) 高齢者に対する運動処方とその注意事項. *体育の科学* 40: 940-948.
- Tanaka, K., Nakadomo, F., Watanabe K, Inagaki, A., Kim, H. K., and Matsuura, Y. (1992) Body composition prediction equations based on bioelectrical impedance and anthropometric variables for Japanese obese women. *Am. J. Hum. Biol.* 4: 739-745.
- 田中喜代次・野田洋平編 (1998) ペーストレニングのすべて. ミズノ株式会社.
- Weiser, P. C., Kinsman, R. A., and Stamper, D. A. (1973) Task-specific symptomatology changes resulting from prolonged submaximal bicycle riding. *Med. Sci. Sports* 5: 79-85.

(平成11年4月20日受付)
(平成11年10月23日受理)