

Active Rest手段の開発に関する基礎研究

古 藤 高 良・畑 誠之介*・池 田 充 宏*

A study of the development of the Active Rest Method

Takayoshi KOTOH, Seinosuke HATA* and Mitsuhiro IKEDA*

Our task in this study is to examine the exercises of the interval type, in which exercises alternate with rests, and to try to make explicit the influence of the several types of rests to the subsequent exercises. More specifically, this study is an attempt to get some idea about the most approved load strength of exercises, the most approved time interval of exercises, and the most approved starting point of exercises. These are the crucial factors in planning trainings.

In this study, the main exercise (75% maximal kp, 5min., ergometer) alternates with the 10 minutes' interval four times. Three models of load strength (3/5, 2/5, 1/5 of main exercises) and four models of starting time (0', 1', 3', 7' after main exercises) are used.

From this study, we get three results:

1. Judging from the increase of mechanical efficiency, the maximal level of efficiency from the active rest is obtained when the light exercise is started one minute after the main exercise is done.
2. Judging from the increase of mechanical efficiency, the maximal level of efficiency of the active rest is obtained when the light exercise is done with one fifth strength of the main exercise.
3. The active rest which incorporates light exercise under optimal conditions can rid the examinees of exhaustion most effectively and influence the subsequent exercises favorably.

I 緒 言

1962年、ラインデル (Reindell)¹⁾は、Interval Trainingによる心臓拡張は、負荷期ではなく個々の休息期に存在する刺激によりもたらされると報告し、この休息を“黄金の休息”と呼んだ。同年、ゲルシュラー (Gerschler)²⁾は、Interval Trainingの Variablesを、① Intensity, ② Duration, ③ Frequency, ④ Active Restの4条件であると規定し、トレーニングとは、生体の中にはっきりと規定し得る諸反応を呼び起こす運動刺激を規則的に与えることにより、生体の部分ならびに全体の能力を高めることであるとし、機能の経済性を高め

ることにより、生体の活動余裕力と活動能力が高められると示唆した。すなわち、トレーニング効果を高めるために決定的なことは、負荷を与えられた生体が常にその場の状況を支配することであり、必要とするエネルギーの発現、様々な物質の供給、諸機能の進行、さらに蓄えの引き出し等を過不足なく適正に、しかも経済的に遂行することであるとしている。つまり、要求された運動を浪費によるのではなく、最小限の支出によりまかなうことである。したがって、休息期の過し方が先述の経済性の条件に大きく影響するものと考え、積極的休息法の開発が示唆されるのである。

積極的休息は、1903年、セチェーノフ (Sechenov)³⁾が、「セチェーノフ現象」を報告して以来、

* 筑波大学体育学科学研究科

いくつかの研究が報告されている。1933年には、マーシャック (Marschak)⁵⁾が、被検者に手運動を負荷し、そのときに生じた疲労は、消極的休息法よりも積極的休息法の方が早く回復されると報告している。また、全身疲労の回復に効果のあることを示したのものとしては、ニューマン (Newman 1937)⁷⁾、ギソルフィ (Gisolfi 1966)⁴⁾、マシューズ・フォックス (Mathews・Fox 1971)⁶⁾、青木 (1975)¹⁾らの研究があげられる。彼らは、トレッドミル走などの全身運動を負荷し、主として乳酸の測定から積極的休息法が、全身疲労の回復に役立つことを明らかにしている。さらに、古藤・湯浅⁹⁾らは1975年に、「実験による積極的休息法とその特性の検討」と題した報告をしている。それは、軽運動を運動直後に行なっても、運動終了後1分経過して実施しても同様に回復は促進されたが、特に運動終了後1分経過時から軽運動を実施した時が、回復促進効果は最も顕著であるというものであった。また、休息期間中に実施する軽運動の強度としては、432kpm/minの軽運動の方が、648kpm/minの軽運動よりも回復促進効果が良かったと報告している。

以上のように、積極的休息法による回復促進効果は、休息中に取り入れられる軽運動処方の条件によって大きく影響されることがわかる。さらに

これらの先行研究は、積極的休息法により前回の運動疲労の回復を促進し、次回の運動効率向上をはかるためには、Active Restとしての軽運動を運動終了後のどの時期に、どの程度の強度を、どのような方法で負荷していくかという質的・量的条件、時間的条件を設定することの必要性を示唆するものである。本研究では、次の3つの実験仮説をたて、その検証を行なった。

- 1) 疲労を効果的に取り除くことが、次に行なわれる運動場面での酸素摂取能力の経済性 (活動の余裕力) に良い影響を与える。
- 2) 軽運動の負荷強度を、本運動の $\frac{3}{5}$, $\frac{2}{5}$, $\frac{1}{5}$ と設定した場合、軽度の負荷強度の方が休息期における回復促進効果が大きく、かつ、運動期における酸素摂取能力の経済性 (活動の余裕力) も良い。
- 3) 軽運動の開始時期を、本運動終了後0分、1分、3分、7分と設定した場合、1分後に軽運動を開始した場合が、休息期における回復促進効果が大きく、また、負荷運動期における酸素摂取能力の経済性 (活動の余裕力) も良い。

II 実験方法

図1は、実験モデルを示したものである。第Iモデルは、消極的休息法を示すモデルのパターン

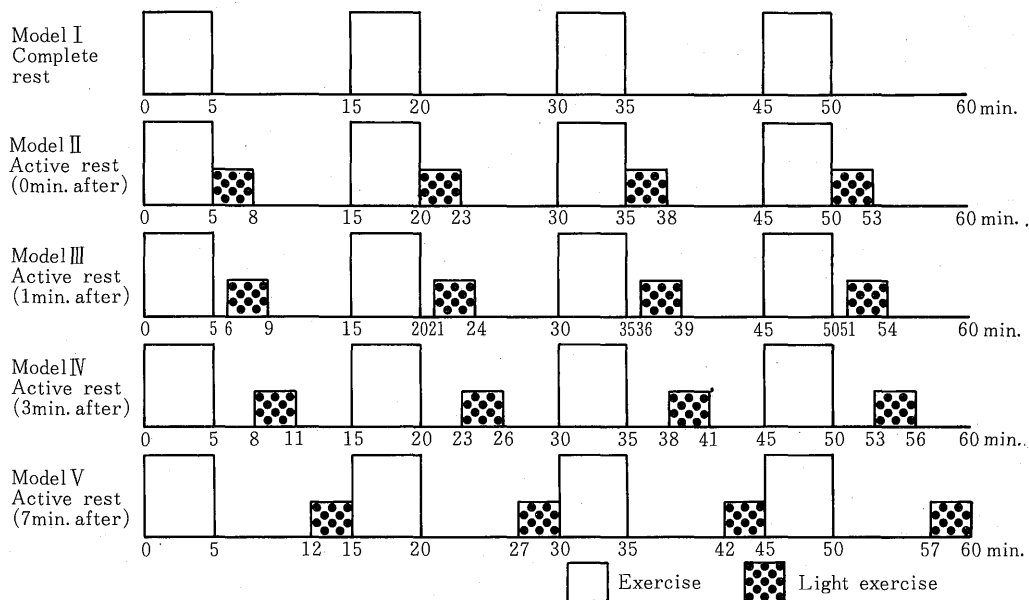


Fig. 1 5 patterns of starting point in Active rest

である。5分間の運動期に続いて10分間の休息期が設定され、休息期にはまったく運動を行なわない条件である。図中の数字は時間経過を示している。第IIモデルは、積極的休息法の一つのパターンで、5分間の運動期に続いて10分間の休息期が設定されている。休息期においては、運動終了直後（0分後）から軽運動を3分間実施し、残り時間（7分間）は完全休息という条件である。第IIIモデルも同様に積極的休息法の一つのパターンを示し、休息期においては運動終了1分後から軽運動を3分間行ない、実施後は完全に休息する条件である。第IVモデルもまた積極的休息法の一つのパターンで、休息期においては運動終了3分後から軽運動を開始し、3分間実施した後は完全に休息をとるという条件である。なお、軽運動の負荷は、強度条件1として本運動の $\frac{3}{5}$ 、強度条件2として本運動の $\frac{2}{5}$ 、そして強度条件3としては本運動の $\frac{1}{5}$ の3条件を設け、各モデルごとに実験を実施した。図2は、各実験パターンにおける測定項目の時間配置を示したものである。第Iモデルは、完

全休息（消極的休息法）のパターンを示し、5分間の運動期と10分間の休息期が反復し4回設定されている。図中の数字は時間経過を示したものである。呼気ガスの採気時間は、図中の小さな四角で示されている。運動期では1分間隔で採気を実施し、休息期では2分ごとに採気を行なった。採気時間はいずれも1分間である。また、運動期と休息期の境界では連続して採気を行なった。本論文では、採気時間17～18分、19～20分を運動期A条件とし、32～33分、34～35分を運動期B条件、ついで47～48分、49～50分を運動期C条件とした。ついで、休息期の採気条件として、11～12分、14～15分をそれぞれa, b条件、26～27分、29～30分をそれぞれc, d条件、ついで41～42分、44～45分をe, f条件とし、最後の56～57分、59～60分をg, h条件としている。採血は、運動開始後5～6分、14～15分、20～21分、29～30分、35～36分、44～45分の間にそれぞれ行ない、休息期間を3か所、休息期と運動期をはさんで1回採血した。

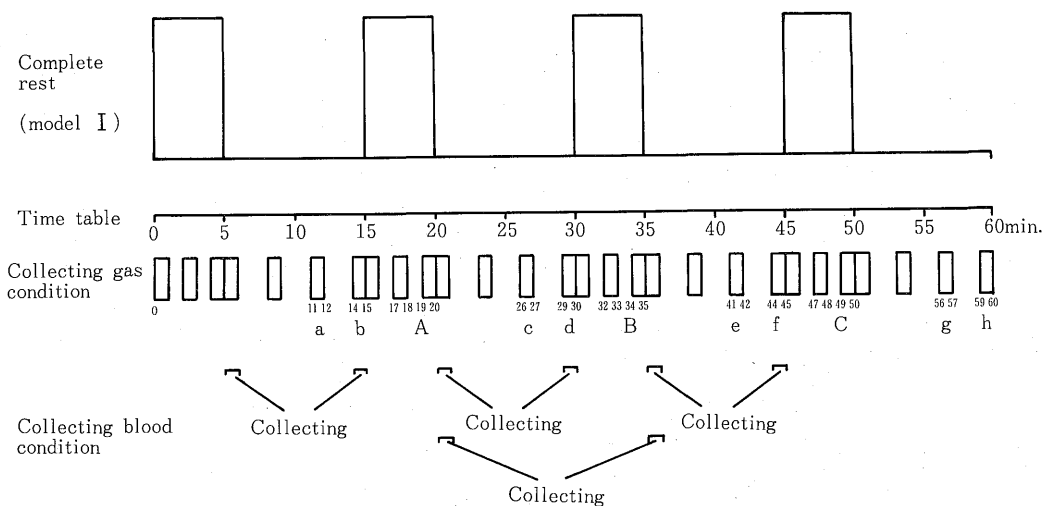


Fig. 2 Condition of Experiment

被検者は、筑波大学陸上競技部員、バスケットボール部員、サッカー部員の各12名ずつ計36名を用いた。その形態的特性は次に示す通りである。

身長：179.9±5.9cm

体重：68.9±6.5kg

また、被検者の運動能力特性を確認する目的で、モナーク社製自動車エルゴメータを用いて、毎分50回の回転数を、2kpから3分毎に1kpずつ負荷強度を高め、心拍数が分時160拍到達後毎分 $\frac{1}{4}$ kpの割合で負荷強度を増加し、オールアウトに至

らしめ、その時点での負荷強度を最大負荷強度とした。被検者の運動能力特性は次に示す通りである。

- オールアウトタイム：14分41秒±2分20秒
- 最大酸素摂取量：4.16±0.48 l/min
- 最大酸素摂取量（相対値）：60.6±5.4ml/kg/min
- 最大負荷強度：5.6±0.5kp

III 結 果

1. 酸素摂取量($\dot{V}O_2$)における軽運動の開始時期の検討

1) 強度条件1（本運動の $\frac{3}{5}$ 強度）の場合

軽運動負荷強度 $\frac{3}{5}$ で運動終了直後（0分後）から開始した第IIモデル強度条件1における運動期採気A, B, Cの各条件における分時体重当り $\dot{V}O_2$ は、それぞれ41.54±1.19ml/kg/min, 44.61±2.79ml/kg/min, 42.38±2.38ml/kg/min, 43.45±2.22ml/kg/min, 44.09±1.64ml/kg/min, 45.82±2.53ml/kg/minであり、第Iモデルすなわち消極的休息法における各分時体重当たり $\dot{V}O_2$ を100%としたとき、本条件における各検査時の $\dot{V}O_2$ の増減は、2.7%, 0.1%, 0.8%, 2.7%の減少ならびに2.6%, 2.2%の増加を示したが、第Iモデル、第IIモデルの $\dot{V}O_2$ 間には有意差は認められなかった。一方、休息期における各採気条件ごとの $\dot{V}O_2$ は、それぞれ7.19±0.26ml/kg/min, 6.86±1.38ml/kg/min, 6.97±0.98ml/kg/min, 7.40±0.65ml/kg/min, 7.95±0.74ml/kg/min, 7.22±0.80ml/kg/min, 7.22±0.83ml/kg/min, 6.03±0.83ml/kg/minを示し、第Iモデルの各休息期 $\dot{V}O_2$ 値を100%とした場合、13.6%, 10.6%, 2.3%, 3.8%, 16.9%, 8.2%, 1.8%の増加ならびに6.2%の減少を示し、採気条件hでの $\dot{V}O_2$ に関しては、危険率10%で有意差が認められた。軽運動負荷強度 $\frac{3}{5}$ で運動終了1分後から軽運動を開始した第IIIモデルにおける強度条件1の運動期採気時間A条件下では、37.43±3.14ml/kg/min, 40.51±1.18ml/kg/min, 運動期採気時間B条件下では、39.46±2.56ml/kg/min, 38.78±5.66ml/kg/min, そして運動期採気時間C条件下では、38.51±3.05ml/kg/min, 39.80±2.77ml/kg/minの値を得た。第Iモデルの各条件下における $\dot{V}O_2$ を100%としたとき、A条件では11.5%, 9.3%, B条件では7.7%,

13.2%, そしてC条件では10.4%, 11.3%の減少を示した。32~33分, 34~35分のB条件, 47~48分のC条件下における $\dot{V}O_2$ に関しては、危険率2%で有意差が認められた。一方、休息期a条件（11~12分）, b条件（14~15分）, c条件（26~27分）, d条件（29~30分）, e条件（41~42分）, f条件（44~45分）, g条件（56~57分）, h条件（59~60分）における $\dot{V}O_2$ は、6.64±1.77ml/kg/min, 6.75±0.92ml/kg/min, 6.64±0.43ml/kg/min, 7.42±0.56ml/kg/min, 6.35±0.78ml/kg/min, 6.95±1.23ml/kg/min, 6.13±1.18ml/kg/minであり、第Iモデルの $\dot{V}O_2$ 値100%に対しa条件では4.9%, b条件では8.9%の増加、そしてc条件では0.25%の減少、d条件では4.1%, e条件では3.2%の増加を示し、さらにf条件では4.8%, g条件では2%, h条件では4.7%の減少を示した。44~45分のf条件における $\dot{V}O_2$ については、危険率10%で第Iモデルとの間に有意差が認められた。軽運動負荷強度 $\frac{3}{5}$ で運動終了3分後から軽運動を開始した第IVモデル強度条件1では、運動期における $\dot{V}O_2$ は、A条件下で42.03±4.65ml/kg/min, 44.59±7.47ml/kg/min, B条件では40.28±7.06ml/kg/min, 44.36±5.29ml/kg/min, C条件では44.35±5.38ml/kg/min, 44.30±6.35ml/kg/minであった。第Iモデルの $\dot{V}O_2$ 値100%に対して、A条件0.6%, 0.2%, B条件5.8%, 0.7%の減少、C条件3.2%の増加、1.2%の減少を示した。採気時間B条件（32~33分）の $\dot{V}O_2$ に関しては、危険率10%で第Iモデルとの間に有意差が認められた。一方、休息期における $\dot{V}O_2$ は、b条件7.27±1.51ml/kg/min, d条件7.10±1.79ml/kg/min, f条件7.30±1.49ml/kg/min, h条件6.87±1.32ml/kg/minを示し、第Iモデルの休息期b, d, f, hの $\dot{V}O_2$ 値を100%としたとき、b条件では17.3%の増加、d条件では0.4%の減少、f条件では9.4%, そしてh条件では6.8%の増加を示し、第Iモデルとの間には有意差は認められなかった。軽運動負荷強度 $\frac{3}{5}$ で運動終了7分後から軽運動を開始した第Vモデルでは、強度条件1における運動期 $\dot{V}O_2$ は、A条件では39.10±4.37ml/kg/min, 41.91±5.03ml/kg/min, B条件では40.45±4.19ml/kg/min, 42.37±6.01ml/kg/min, C条件では43.49±4.91ml/kg/min, 43.32±3.55ml/kg/minを示した。第Iモデルの各運動期における $\dot{V}O_2$ 値を

100%とすれば、A条件では7.5%、6.2%、B条件では5.4%、5.1%の減少、そしてC条件では1.2%の増加を示し、A条件（17～18分）、（19～20分）の $\dot{V}O_2$ に関しては、危険率2%および10%で有意差が認められた。休息期における $\dot{V}O_2$ は、c条件は $7.27 \pm 1.25 \text{ ml/kg/min}$ 、e条件では $7.58 \pm 1.44 \text{ ml/kg/min}$ 、g条件 $7.62 \pm 1.37 \text{ ml/kg/min}$ を示し、第Iモデルにおける休息期c、e、g条件下 $\dot{V}O_2$ 値を100%としたとき、c条件は6.9%、e条件では4.3%、g条件は2.7%の減少を示し、有意差は認められなかった。

2) 強度条件2（本運動の $\frac{2}{5}$ 強度）の場合

軽運動負荷強度 $\frac{2}{5}$ で運動終了直後（0分後）から軽運動を開始した第IIモデル強度条件2の運動期における $\dot{V}O_2$ は、A条件では $42.47 \pm 5.37 \text{ ml/kg/min}$ 、 $44.05 \pm 3.21 \text{ ml/kg/min}$ 、B条件では $45.39 \pm 4.53 \text{ ml/kg/min}$ 、 $45.46 \pm 3.53 \text{ ml/kg/min}$ 、C条件では $44.12 \pm 3.88 \text{ ml/kg/min}$ 、 $44.33 \pm 4.35 \text{ ml/kg/min}$ であり、第Iモデルの条件A、B、Cにおける $\dot{V}O_2$ 値を100%としたとき、A条件では0.5%の増加、1.4%の減少、B条件では6.2%、1.8%、C条件下では2.7%の増加、1.2%の減少を示しており、第Iモデルとの間には有意差は認められなかった。休息期における $\dot{V}O_2$ は、a条件では $6.19 \pm 0.80 \text{ ml/kg/min}$ 、b条件で $6.38 \pm 1.20 \text{ ml/kg/min}$ 、c条件で $6.58 \pm 0.79 \text{ ml/kg/min}$ 、d条件で $6.69 \pm 0.74 \text{ ml/kg/min}$ 、e条件で $6.88 \pm 1.02 \text{ ml/kg/min}$ 、f条件で $7.29 \pm 0.94 \text{ ml/kg/min}$ 、g条件では $7.13 \pm 0.93 \text{ ml/kg/min}$ 、h条件では $5.75 \pm 1.26 \text{ ml/kg/min}$ の値を得た。第Iモデルの各条件の $\dot{V}O_2$ 値を100%とすると、a条件では2.2%の減少、b条件では2.9%の増加、c条件で3.4%、d条件では6.2%の減少、e条件1.2%、f条件9.3%、g条件では0.6%の増加、そしてh条件では10.6%の減少を示し、59～60分というh条件の $\dot{V}O_2$ に関しては危険率2%で有意差が認められた。軽運動負荷強度 $\frac{2}{5}$ で運動終了1分後から軽運動を開始した第IIIモデル強度条件2の運動期における $\dot{V}O_2$ は、A条件で $40.74 \pm 1.77 \text{ ml/kg/min}$ 、 $41.85 \pm 1.99 \text{ ml/kg/min}$ 、B条件で $39.88 \pm 4.04 \text{ ml/kg/min}$ 、 $41.01 \pm 2.58 \text{ ml/kg/min}$ 、C条件では $42.10 \pm 2.85 \text{ ml/kg/min}$ 、 $41.81 \pm 2.64 \text{ ml/kg/min}$ を示した。第IモデルのA、B、C条件下における $\dot{V}O_2$ 値を100%とすれば、A条件で3.6%、6.3%、B条件で6.7%、8.2%、C条件で

2.0%、6.8%の減少を示し、A条件の19～20分時およびB条件の32～33分、34～35分時、そしてC条件の49～50分時の $\dot{V}O_2$ に関しては、危険率2%で有意差が認められた。休息期における $\dot{V}O_2$ は、a条件で $5.85 \pm 0.45 \text{ ml/kg/min}$ 、b条件で $6.02 \pm 0.97 \text{ ml/kg/min}$ 、c条件で $5.85 \pm 0.35 \text{ ml/kg/min}$ 、d条件で $6.56 \pm 1.01 \text{ ml/kg/min}$ 、e条件で $6.15 \pm 0.49 \text{ ml/kg/min}$ 、f条件で $6.55 \pm 0.62 \text{ ml/kg/min}$ 、h条件では $5.32 \pm 0.43 \text{ ml/kg/min}$ で、第Iモデルにおける各条件下の $\dot{V}O_2$ 値を100%とすれば、a条件で7.6%、b条件で2.9%、c条件で14.1%、d条件で8.0%、e条件で9.6%、f条件で1.8%、g条件で7.6%、h条件で17.3%の減少を示した。11～12分のa条件、26～27分のc条件、29～30分のd条件、41～42分のe条件、56～57分のg条件の $\dot{V}O_2$ に関しては、危険率2%から10%の間で有意差が認められた。軽運動負荷強度 $\frac{2}{5}$ で運動終了3分後から軽運動を開始した第IVモデル強度条件2の運動期における $\dot{V}O_2$ は、A条件で $42.33 \pm 6.21 \text{ ml/kg/min}$ 、 $45.82 \pm 3.11 \text{ ml/kg/min}$ 、B条件では $44.82 \pm 3.48 \text{ ml/kg/min}$ 、 $44.20 \pm 2.70 \text{ ml/kg/min}$ 、C条件においては $45.34 \pm 4.34 \text{ ml/kg/min}$ 、 $46.81 \pm 4.94 \text{ ml/kg/min}$ という値を得た。第Iモデルのそれぞれの値を100%と置くと、A条件で2.6%、4.9%、B条件で4.9%の増加および1.0%の減少、そしてC条件では5.5%、4.4%の増加を示し、有意差は認められなかった。休息期における $\dot{V}O_2$ は、b条件で $7.12 \pm 1.15 \text{ ml/kg/min}$ 、d条件で $7.98 \pm 1.47 \text{ ml/kg/min}$ 、f条件で $7.19 \pm 1.00 \text{ ml/kg/min}$ 、h条件では $5.76 \pm 0.81 \text{ ml/kg/min}$ を示し、第Iモデルのそれぞれの検査値を100%とすると、b条件では14.8%、d条件では11.9%、f条件では7.8%の増加、そしてh条件では10.4%の減少を示した。59～60分のh条件における $\dot{V}O_2$ に関しては、危険率2%で有意差が認められた。軽運動負荷強度 $\frac{2}{5}$ で運動終了7分後から軽運動を開始した第Vモデル強度条件2の運動期における $\dot{V}O_2$ は、A条件で $41.22 \pm 2.67 \text{ ml/kg/min}$ 、 $42.44 \pm 2.33 \text{ ml/kg/min}$ 、B条件で $41.38 \pm 2.37 \text{ ml/kg/min}$ 、 $42.49 \pm 2.66 \text{ ml/kg/min}$ 、C条件で $42.78 \pm 1.83 \text{ ml/kg/min}$ 、 $43.33 \pm 1.71 \text{ ml/kg/min}$ を示し、第Iモデルの各値を100%としたとき、A条件で2.5%、5%、B条件で3.2%、4.9%、C条件で0.4%、3.4%の減少を示し、A条件の19～20分、B条件の34～35分、

C条件の49～50分の $\dot{V}O_2$ に関しては、危険率2%および10%で有意差が認められた。休息期における $\dot{V}O_2$ は、23～24分間では $7.18 \pm 0.76 \text{ ml/kg/min}$ 、38～39分間で $7.23 \pm 0.74 \text{ ml/kg/min}$ 、53～54分間で $6.89 \pm 0.72 \text{ ml/kg/min}$ を示し、第Iモデルの値を100%とするとそれぞれ8.1%、5.5%、2.2%の減少を示し、有意差は認められなかった。

3) 強度条件3 (本運動の $\frac{1}{5}$ 強度) の場合

軽運動負荷強度 $\frac{1}{5}$ で運動終了直後(0分後)から軽運動を開始した第IIモデル強度条件3の運動期における $\dot{V}O_2$ は、A条件では $43.26 \pm 3.05 \text{ ml/kg/min}$ 、 $43.33 \pm 3.01 \text{ ml/kg/min}$ 、B条件では $43.71 \pm 3.52 \text{ ml/kg/min}$ 、 $44.00 \pm 4.35 \text{ ml/kg/min}$ 、C条件では $43.38 \pm 2.73 \text{ ml/kg/min}$ 、 $43.38 \pm 2.73 \text{ ml/kg/min}$ であり、第Iモデルの100%値に対し、A条件で2.3%の増加と3.0%の減少、B条件では2.3%の増加と3.0%の減少、C条件では2.3%の増加と

1.5%の減少を示し、有意差は認められなかった。休息期における $\dot{V}O_2$ は、a条件で $6.10 \pm 1.45 \text{ ml/kg/min}$ 、b条件では 6.40 ± 0.74 、c条件では $5.66 \pm 0.64 \text{ ml/kg/min}$ 、d条件で $7.21 \pm 1.59 \text{ ml/kg/min}$ 、e条件で $7.11 \pm 0.92 \text{ ml/kg/min}$ 、f条件で $6.58 \pm 0.66 \text{ ml/kg/min}$ 、g条件では $5.96 \pm 0.82 \text{ ml/kg/min}$ 、h条件では $6.06 \pm 0.39 \text{ ml/kg/min}$ を示し、第Iモデルの消極的休息法の値を100%とすれば、a条件で3.6%の減少、bでは3.2%の増加、cでは16.9%の減少、d、eでは1.1%、4.6%の増加、f、g、hでは1.3%、15.9%、5.8%の減少を示しており、26～27分のc条件、56～57分のg条件そして59～60分のh条件の $\dot{V}O_2$ に関しては、それぞれ危険率2%、10%、5%で有意差が認められた。図3は軽運動負荷強度 $\frac{1}{5}$ で運動終了1分後から軽運動を開始した第IIIモデル強度条件3の $\dot{V}O_2$ の変化と、第Iモデルの $\dot{V}O_2$ の変化を示した

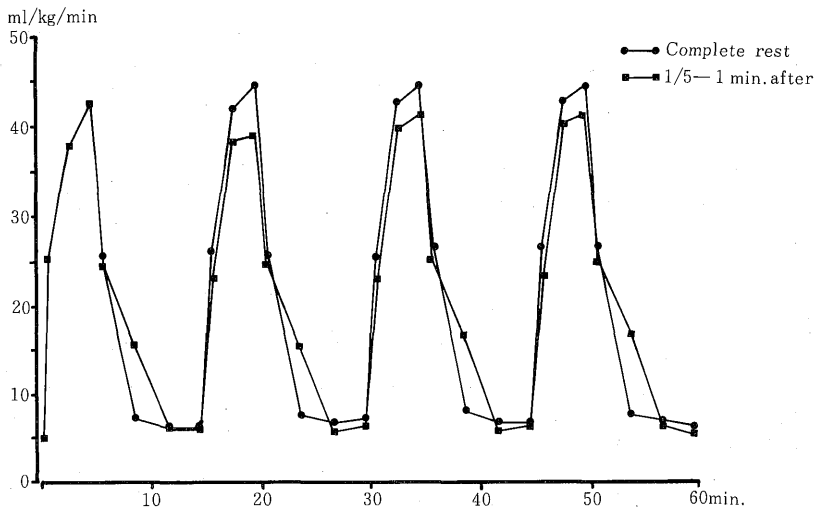


Fig. 3 Oxygen intake 1/5 load strength, 1 min. after

ものである。運動期における $\dot{V}O_2$ は、A条件で $38.72 \pm 2.33 \text{ ml/kg/min}$ 、 $39.51 \pm 1.89 \text{ ml/kg/min}$ 、B条件で $39.98 \pm 2.50 \text{ ml/kg/min}$ 、 $41.59 \pm 2.81 \text{ ml/kg/min}$ 、C条件では $40.66 \pm 2.23 \text{ ml/kg/min}$ 、 $41.48 \pm 1.74 \text{ ml/kg/min}$ を示した。第Iモデルの各運動期の値を100%と置けば、A条件は8.4%、15.3%、B条件では6.5%、6.9%、C条件では

5.8%、7.5%の減少を示し、17～18分のA条件、32～33分、34～35分のB条件、47～48分、49～50分のC条件の $\dot{V}O_2$ に危険率2%で有意差が認められた。休息期における $\dot{V}O_2$ は、a条件で $6.01 \pm 1.18 \text{ ml/kg/min}$ 、b条件で $5.99 \pm 0.83 \text{ ml/kg/min}$ 、c条件で $5.66 \pm 0.85 \text{ ml/kg/min}$ 、d条件で $6.53 \pm 1.14 \text{ ml/kg/min}$ 、e条件で $5.82 \pm 0.61 \text{ ml/kg/min}$ 、f条

件で $6.33 \pm 1.36 \text{ ml/kg/min}$, g 条件で $6.25 \pm 0.98 \text{ ml/kg/min}$, h 条件で $5.14 \pm 0.39 \text{ ml/kg/min}$ を示し, 第 I モデルの値を100%とすると, a, b, c, d, e, f, g, h の各条件で, 3.6%, 3.4%, 16.9%, 8.4%, 14.4%, 5.1%, 11.8%, 29.1%の減少を示し, 26~27分のc条件, 29~30分のd条件, 41~42分のe条件, 59~60分のh条件での $\dot{V}O_2$ に関しては, 危険率2~10%の間で有意差が認められた。軽運動負荷強度 $\frac{1}{5}$ で運動終了3分後から軽運動を開始した第IVモデル強度条件3の運動期における $\dot{V}O_2$ は, A条件で $39.87 \pm 2.60 \text{ ml/kg/min}$, $42.90 \pm 3.44 \text{ ml/kg/min}$, B条件では $40.38 \pm 3.95 \text{ ml/kg/min}$, $43.50 \pm 2.56 \text{ ml/kg/min}$, C条件では $44.01 \pm 3.16 \text{ ml/kg/min}$, $43.64 \pm 3.68 \text{ ml/kg/min}$ を示し, 第 I モデルの各測定値100%に対しA条件では5.7%, 3.9%, B条件では5.5%, 2.6%の減少, C条件では2.4%の増加と2.7%の減少を示した。17~18分, 19~20分のA条件, 32~33分のB条件の $\dot{V}O_2$ に関しては, 危険率2%, 10%, 5%で有意差が認められた。休息期における $\dot{V}O_2$ は, b条件で $6.83 \pm 1.80 \text{ ml/kg/min}$, d条件では $7.72 \pm 1.49 \text{ ml/kg/min}$, f条件では $7.66 \pm 1.67 \text{ ml/kg/min}$, h条件では $5.85 \pm 0.85 \text{ ml/kg/min}$ で, 第 I モデルの値100%に対し, bでは10.2%, dでは8.3%, fでは14.8%の増加, hでは9.0%の減少を示し, 59~60分のh条件時 $\dot{V}O_2$ に関しては, 危険率2%で有意差が認められた。軽運動負荷強度 $\frac{1}{5}$ で運動終了7分後から軽運動を開始した第Vモデル強度条件3の運動期における $\dot{V}O_2$ は, A条件で $37.24 \pm 4.40 \text{ ml/kg/min}$, $40.30 \pm 2.50 \text{ ml/kg/min}$, B条件で $38.12 \pm 3.15 \text{ ml/kg/min}$, $40.67 \pm 3.47 \text{ ml/kg/min}$, C条件で $39.58 \pm 2.82 \text{ ml/kg/min}$, $41.19 \pm 2.53 \text{ ml/kg/min}$ を示し, 第 I モデルの条件A, B, C時における $\dot{V}O_2$ 値を100%としたとき, Aでは11.9%, 9.8%, Bでは10.9%, 8.9%, Cでは7.9%, 8.2%の減少を示した。ついで, 17~18分のA条件, 32~33分, 34~35分のB条件, 47~48分, 49~50分のC条件の $\dot{V}O_2$ に関しては, 危険率2%で有意差が認められた。休息期における $\dot{V}O_2$ は, a条件で $5.54 \pm 1.01 \text{ ml/kg/min}$, c条件で $6.22 \pm 0.97 \text{ ml/kg/min}$, e条件で $5.89 \pm 0.84 \text{ ml/kg/min}$, g条件では $5.82 \pm 0.85 \text{ ml/kg/min}$ を示し, 第 I モデルの値を100%としたとき, aでは12.5%, c. 8.7%, e. 13.4%, g. 17.9%の減

少を示した。11~12分のa条件, 26~27分のc条件, 41~42分のe条件, 56~57分のg条件の $\dot{V}O_2$ に関しては, 危険率5%, 2%, 2%, 10%で有意差が認められた。

2. 心拍数変化率における軽運動の至適開始時期の検討

A条件(17~20分), B条件(32~35分), C条件(47~50分)の運動期における心拍数変化率は, 第IIモデル強度条件1の場合, 2.37 ± 0.130 , 2.45 ± 0.167 , 2.50 ± 0.17 であり, 危険率2%で有意差が認められた。第IIモデル, 強度条件1の場合, 2.37 ± 0.357 , 2.44 ± 0.373 , 2.48 ± 0.397 であり, 危険率2%で有意差が認められた。第IVモデル, 強度条件1の場合, 2.49 ± 0.319 , 2.49 ± 0.328 , 2.56 ± 0.272 であり, 危険率5%で有意差が認められた。第Vモデル, 強度条件1の場合, 2.30 ± 0.250 , 2.35 ± 0.030 , 2.35 ± 0.310 であり, 危険率2%で有意差が認められた。第IIモデル強度条件2の場合, 2.55 ± 0.283 , 2.63 ± 0.317 , 2.63 ± 0.303 であり, 有意差は認められなかった。第IIIモデル, 強度条件2の場合, 2.51 ± 0.367 , 2.54 ± 0.420 , 2.59 ± 0.385 であり, 危険率10%で有意差が認められた。第IVモデル, 強度条件2の場合, 2.50 ± 0.280 , 2.54 ± 0.237 , 2.58 ± 0.3 であり, 危険率10%および5%で有意差が認められた。第Vモデル, 強度条件2の場合 2.5 ± 0.33 , 2.6 ± 0.387 , 2.66 ± 0.397 であり, 危険率10%で有意差が認められた。第IIモデル強度条件3では, 2.55 ± 0.283 , 2.63 ± 0.317 , 2.63 ± 0.303 と危険率10%で有意差が認められた。同じく第IVモデル, 強度条件3では, 2.59 ± 0.307 , 2.61 ± 0.30 , 2.68 ± 0.342 と有意差は認められなかった。第Vモデル, 強度条件3では, 2.44 ± 0.313 , 2.48 ± 0.327 , 2.52 ± 0.336 と, 危険率5%で有意差が認められた。

3. 乳酸の変化率³⁾からの検討

表1は, 条件別による乳酸の変化率を示したものである。第Iモデルの消極的休息法の各休息期間における乳酸の変化率を1とした。Mは軽運動負荷強度を示し, M_1 , M_2 , M_3 の負荷強度は, それぞれ本運動の $\frac{3}{5}$, $\frac{2}{5}$, $\frac{1}{5}$ の強度に対応させている。Tは軽運動開始時期を示し, T_1 , T_2 , T_3 , T_4 の開始時間は, それぞれ運動終了直後(0分後),

Table 1 The proportion of change of Lactic acid in each condition
— proportion to the complete rest (model I) —

	T ₁			T ₂			T ₃			T ₄		
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
M ₁	0.85	0.94	0.94	0.89	0.91	0.93	0.96	0.97	0.97	0.87	0.92	0.93
M ₂	0.62	0.70	0.74	0.99	0.99	0.99	0.89	0.92	0.94	0.79	0.82	0.84
M ₃	0.90	0.92	0.91	0.80	0.84	0.90	0.87	0.91	0.92	0.90	0.91	0.94

T₁ : 0 min. after

T₂ : 1 min. after

T₃ : 3 min. after

T₄ : 7 min. after

M₁ : 3/5 load strength M₂ : 2/5 load strength M₃ : 1/5 load strength

X : During 5 min. to 15 min. in rest

Y : During 20 min. to 30 min. in rest

Z : During 35 min. to 45 min. in rest

1分後, 3分後, 7分後である。また, Xは5分経過時から15分経過時までの第1回休息期, Yは20分経過時から30分経過時までの第2回休息期, Zは35分経過時から45分経過時までの第3回休息期を指している。M₁ (軽運動負荷強度条件1) の場合に関しては, T₁ (第IIモデル) の条件下ではX (第1回休息期) において0.85と第2, 3の休息期X, Yに比べ最も低い値を示している。ついで, T₄ (第Vモデル) の条件下ではX (第1回の休息期) の場合に0.87とY, Zと比較して低い値を示し, 続いてT₂ (第IIIモデル) の条件下のXの休息期においても0.89と低い値を示した。M₂ (軽運動負荷強度条件2) の場合に関しては, T₁ の条件下ではXの休息期において0.62と最も低い値を

示し, 次にYの休息期において0.70と低い値を示し, 続いてZの休息期にも0.74と低い値を示している。M₃ (軽運動負荷強度条件3) の場合に関しては, T₂ の条件下ではXの休息期に0.80と最も低い値を示し, 次にYの休息期に0.84と低い値を示し, 続いてT₃ の条件下のXの休息期に0.87と低い値を示した。

注) 乳酸変化率 = $\frac{\text{各モデルの休息開始時の乳酸値} - \text{各モデルの休息終了時の乳酸値}}{\text{第Iモデルの休息開始時の乳酸値} - \text{第Iモデルの休息終了時の乳酸値}}$

IV 考 察

表2-1から表2-3は, 軽運動負荷強度 $\frac{3}{5}$ から $\frac{1}{5}$ における運動中の $\dot{V}O_2$ の平均を, 軽運動開始時期別に表わしたものである。Oは消極的休息法,

Table 2-1 Oxygen intake in condition with 3/5 load strength

	N	\bar{X} ml/kg/min.	SD
O	36	37.25	8.11
P	36	37.33	7.95
Q	36	34.49	7.00
R	36	37.33	7.74
S	36	38.62	4.93

Table2-2 Oxygen intake in condition with 2/5 load strength

	N	\bar{X} ml/kg/min.	SD
O	36	37.25	8.11
P	36	37.57	8.37
Q	36	35.70	7.47
R	36	38.20	8.01
S	36	37.74	6.00

Table 2-3 Oxygen intake in
condition with 1/5 load
strength

	N	\bar{X} ml/kg/min.	SD
O	36	37.25	8.11
P	36	37.15	8.15
Q	36	34.72	7.81
R	36	36.40	7.91
S	36	35.40	6.28

O : Complete rest
P : 0 min. after
Q : 1 min. after
R : 3 min. after.
S : 7 min. after

Pは0分後軽運動開始, Qは1分後軽運動開始, Rは3分後軽運動開始, Sは7分後軽運動開始を示している。表2-1の1分後から軽運動を開始した場合(第IIIモデル), 消極的休息法の $37.25 \pm 8.11 \text{ ml/kg/min}$ に対して, $34.49 \pm 7.00 \text{ ml/kg/min}$ と最も低い値を示しており, 消極的休息法の値を100%とした場合, 7.4%の減少を示した。他の条件については, 2.1%から3.7%の増加が認められた。これは, 積極的休息法としての軽運動の負荷強度が $\frac{3}{5}$ の場合に, 運動終了1分後から軽運動を開始すれば, 来るべき次の運動期の $\dot{V}O_2$ 能力に良い影響を与えることを示唆していると考えられる。表2-2の1分後から軽運動を開始した場合(第IIIモデル), 消極的休息法(第Iモデル)の $37.25 \pm 8.11 \text{ ml/kg/min}$ に対して $35.70 \pm 7.47 \text{ ml/kg/min}$ と最も低い値を示した。このことは, 消極的休息法の値を100%としたときに対して, 4.2%の減少を示し, 他の条件の場合は, 0.9%から2.6%の増加を示した。これは, 積極的休息法として, 軽運動の負荷強度が $\frac{2}{5}$ の場合には, 運動終了1分後から軽運動を開始することにより, 次の運動期における $\dot{V}O_2$ 能力に対して良い影響を与えることを示唆するものと考えられる。表2-3の1分後から軽運動強度 $\frac{1}{5}$ の運動を行なうと, 消極的休息法の $37.25 \pm 8.11 \text{ ml/kg/min}$ に対して, $34.72 \pm 7.8 \text{ ml/kg/min}$ と最も低い値を示し, 消極的休息法の値を100%とした場合に, 6.8%の減少を示した。運動終了直後, 3分後, 7分後から軽運動を開始した場合, それぞれ0.3%, 2.3%, 5%と1分後からの軽運動開始に比べ少ない減少を示している。

これは, 積極的休息法として, 軽運動負荷強度 $\frac{1}{5}$ の場合には, 運動終了1分後から軽運動を開始することにより, 運動期の $\dot{V}O_2$ 能力に何等かの良い影響を与えていることを示している。軽運動負荷強度別にその開始時期の検討を行なったが, いずれの場合にも, 運動終了後1分間を完全休息の状態で過ごし, 漸進的に軽運動を開始すれば, 運動期の $\dot{V}O_2$ 能力の経済性に対する何等かの貢献が得られるものと推察することができよう。

表3-1は, 運動終了直後(0分後)から軽運動を開始した場合において, 乳酸の消失に対する休息期ならびに負荷強度の影響の有無を検定したものである。表の不偏分散比が示すように, 休息期の因子が5.3043であるのに対し, 負荷強度の因子が55.7639であり, 危険率5%で有意差が認められた。これは, 運動終了直後(0分後)から軽運動を開始した場合における乳酸の消失に対しては, 負荷強度が強く関係していることを意味している。表3-2は, 運動終了1分後から軽運動を開始した場合において, 乳酸の消失に対する休息期ならびに負荷強度の影響の有無を検定したものである。表の不偏分散比が示すように, 休息期の因子が2.5517であるのに対し, 負荷強度の因子が24.0174であり, 危険率5%で有意差が認められた。これは, 運動終了1分後から軽運動を開始した場合における乳酸の消失に対しては, 負荷強度が強く影響していることを意味する。表3-3は, 運動終了3分後から軽運動を開始した場合において, 乳酸の消失に対する休息期ならびに負荷強度の影響の有無を検定したものである。表の不偏分散比が

示すように、休息期の因子が7.4615であるのに対し、負荷強度の因子が25.0000であり、危険率5%で有意差が認められた。これは、運動終了3分後から軽運動を開始した場合の乳酸の消失に対しては、負荷強度が強く関係していることを意味する。表3-4は、負荷運動終了7分後から軽運動を開始した場合、乳酸の消失に対する休息期ならびに負荷強度の影響の有無を検定したものである。表

Table 3-1 Lactic acid on condition with 0' after

Source	SS	DF	MS	FO
Rest time	0.0095	2	0.0047	5.3043
Load strength	0.0997	2	0.0049	55.7639**
Residual	0.0036	4	0.0009	
Total	0.1128	8		

Table 3-2 Lactic acid on condition with 1' after

Source	SS	DF	MS	FO
Rest time	0.0033	2	0.0016	2.5517
Load strength	0.0310	2	0.0155	24.0174*
Residual	0.0026	4	0.0006	
Total	0.0369	8		

Table 3-3 Lactic acid on condition with 3' after

Source	SS	DF	MS	FO
Rest time	0.0022	2	0.0011	7.4615
Load strength	0.0072	2	0.0036	25.0000*
Residual	0.0006	4	0.0001	
Total	0.0100	8		

Table 3-4 Lactic acid on condition with 7' after

Source	SS	DF	MS	FO
Rest time	0.0038	2	0.0019	19.0000*
Load strength	0.0018	2	0.0009	91.0000**
Residual	0.0004	4	0.0001	
Total	0.0060	8		

* : 2.5% ** : 5%

の不偏分散比が示すように、休息期の因子が19に対し、負荷強度の因子が91であり、それぞれ危険率5%および2.5%で有意差が認められた。これ

は、運動終了7分後に軽運動を開始した場合の乳酸の消失に対しては、休息期ならびに負荷強度が強く関係していることを意味する。すなわち軽運動開始時期別に、乳酸の消失に対する休息期と負荷強度の影響の有無については、軽運動開始時期のすべての条件に関して、軽運動の負荷強度が強く影響していることが判明した。特に運動終了7分後から軽運動を開始した場合では、休息期と負荷強度の両因子が強く関係していることが判明した。次に、軽運動負荷強度 $\frac{2}{5}$ における乳酸の消失に対して、軽運動開始時期ならびに休息期の影響の有無を検定した場合、開始時期の因子が81.8026であるのに対し、休息期が4.8947であり、危険率2.5%で有意差が認められた。これは、軽運動負荷強度 $\frac{2}{5}$ における乳酸の消失に対しては、軽運動の開始時期が強く関係していることを意味する。軽運動負荷強度別に、乳酸の消失に対する軽運動開始時期ならびに休息期の影響の有無に関しては、 $\frac{2}{5}$ の負荷強度の場合において、軽運動開始時期が強く関係していることが判明した。また、各休息期における乳酸の消失に対する軽運動負荷強度ならびに軽運動開始時期の影響の有無に関しては、確認することができなかった。

身体運動を行なうに際しては、外部になした仕事をそれに消費したエネルギーで除した率を、mechanical efficiency³⁾と呼んでいる。本研究における心拍数の低下現象は、いくつかの原因により説明できるが、その一つとして、積極的休息法の実施により機械的効率が向上した時、一定負荷に対する酸素摂取量は減少し、心拍数は減少すると考えられる。軽運動負荷強度条件 $\frac{3}{5}$ で運動終了1分後から軽運動を開始した場合、32~33分、34~35分、47~48分における機械的効率は、消極的休息の21.71%に対して積極的休息では23.80%、消極的休息の効率20.66%に対して積極的休息では24.28%、そして消極的休息の効率21.59%に対して積極的休息の効率24.48%と、それぞれ9.63%、17.52%、13.39%の大幅な機械的効率の向上を示した。しかも、これらの運動期に関しては、前述のように心拍数の著しい低下も認められており、積極的休息による運動期の機械的効率の上昇を確認することができる。軽運動負荷強度 $\frac{3}{5}$ で運動終了3分後から軽運動を開始したとき、32~33分における機械的効率は、消極的休息法の21.71%

に対し22.88%であり、5.34%の増加を示している。運動期に関しては、心拍数の低下も認められ、積極的休息法による運動期の機械的効率の上昇は明らかである。軽運動負荷強度条件 $\frac{3}{5}$ で運動終了7分後から軽運動を開始した場合、17～18分、19～20分の機械的効率は、消極的休息法の21.99%に対して24.27%、20.66%に対して23.34%を示し、それぞれ10.37%、8.13%と増加した。これらの運動期については、心拍数の低下現象とともに、積極的休息法による運動期の機械的効率の上昇を認めることができた。軽運動負荷強度条件 $\frac{2}{5}$ で運動終了1分後から軽運動を開始した場合、19～20分、32～33分、34～35分、49～50分の機械的効率は、消極的休息法の20.66%に対して21.96%、消極的休息法の21.71%に対して23.19%、また、消極的休息法の20.66%に対し22.47%、消極的休息法の20.56%に対して21.99%を示し、それぞれ6.29%、6.82%、8.76%、6.96%と大幅な効率の増加が認められる。軽運動負荷強度条件 $\frac{2}{5}$ で運動終了7分後より軽運動を実施した場合、19～20分、34～35分、49～50分における機械的効率は、消極的休息法の20.66%に対して21.76%、消極的休息法の20.66%に対して21.67%、消極的休息法の20.56%に対して21.20%であり、それぞれ5.03%、4.89%、3.11%と効率の増加を示している。軽運動負荷強度条件 $\frac{1}{5}$ で運動終了1分後から軽運動を行なった場合、17～18分、32～33分、34～35分、47～48分、49～50分における機械的効率は、消極的休息法の21.99%に対し23.99%、21.71%に対し23.18%、20.66%に対し22.12%、21.59%に対し22.82%、20.56%に対し22.38%であり、それぞれ9.10%、6.77%、7.07%、5.7%、8.85%と比較的大きな機械的効率の増加を見ることが出来る。軽運動負荷強度条件 $\frac{1}{5}$ で運動終了3分後から軽運動を開始した場合、17～18分、19～20分、32～33分における機械的効率は、消極的休息法の21.99%に対し23.06%、20.66%に対し21.24%、21.71%に対し22.73%で、それぞれ4.87%、2.81%、4.70%とわずかな増加を見たが、この運動期に関しては、心拍数の明らかな低下が認められず、積極的休息法による運動期の機械的効率の上昇を確認するまでには至らなかった。軽運動負荷強度条件 $\frac{1}{5}$ で運動終了7分後から軽運動を行なったとき、17～18分、32～33分、34～35分、47～48分、49～50分で

の機械的効率は、消極的休息法の21.99%に対し24.91%、21.71%に対し24.31%、20.66%に対して22.59%、21.59%に対し23.29%、20.56%に対し22.27%であり、それぞれ13.28%、11.98%、9.34%、7.87%、8.32%と大幅な効率の増加を示した。以上のことから、機械的効率の上昇要因を、軽運動負荷強度条件と軽運動開始時期から検討すると、負荷強度条件については本運動の $\frac{1}{5}$ の強度、開始時期については、運動終了1分後がその至適条件として示唆される。

$$\begin{aligned} \text{注) 機械的効率} &= \frac{\text{外部になした機械的仕事量}}{\text{運動に要したエネルギー}} \\ &= \frac{(\quad) \text{kpm} \times 0.00234 (\text{Cal/kpm})}{\{\dot{V}\text{O}_2 \ell / \text{min}\} \times 5 (\text{Cal})} \times 100 \end{aligned}$$

V ま と め

疲労を効果的に取り除くことが、次に行なわれる運動場面に良い影響を与えるだろうという仮説に基づき、実験モデルを設定した。このモデルに関しては、軽運動の負荷強度を本運動の $\frac{3}{5}$ 、 $\frac{2}{5}$ 、 $\frac{1}{5}$ と三段階に分けて検討した。機械的効率の増加という側面からは、積極的休息法の効果が最も顕著に表われたのは、強度条件3の本運動の $\frac{1}{5}$ 強度の場合であった。本研究では、運動期の強度を最大負荷強度の75%としていることから、軽運動の負荷強度は、最大負荷強度の15%程度の軽運動が良いことが判明した。また、軽運動の至適開始時期については、運動終了1分後から始めるのが、積極的休息法の効果が最も大きいことが明らかにされた。つまり、運動と運動の間に完全な休息を置くよりは、最良の条件下での軽運動という積極的休息法を、運動間にはさんで実施することが、来るべき次の運動場面に良い効果を与えることが明らかにされた。

参 考 文 献

- 1) 青木純一郎他：クーリング・ダウンと乳酸，第2回東京体育学会口演，(1975)
- 2) ビノグラードフ・M・N：積極的休息とは何か「体育とスポーツ」(10) 27～31 (1959)
- 3) ゲルシュラー・W：インターバル・トレーニング，「OLYMPIA」(11) 24～34 (1962)
- 4) Gisolfi, C., et al.: Effects of aerobic work performed during recovery from exhaustive work., Journal of applied physiology., 21. 1767～1772 (1966)

- 5) Marschak, M.E.: Experimentelle Untersuchungen uberden Einfluss der Arbeitsfahigkeit des Menschen., Arbtsphysiologie, 6. 664 (1933)
- 6) Mathews, D.K., et al.: The physiological Basis of physical Education and Athletics., W.B. Saunders Company, (1971)
- 7) Newman, E.V.: The rate of lactic acid removal in exercise American Journal of physiology, 118. 457~462 (1937)
- 8) ラインデル・H, ロスカム・H: インターバル・トレーニング——その生理的基礎, 運動量の処方, 実験的応用, 並びに傷害の可能性について——「OLYMPIA」(11) 11~23 (1962)
- 9) 湯浅景元・古藤高良: 二・三の実験による積極的休息法とその特性の検討「新体育」45(5) 370~3 (1975)