

サーキット式トレーニングの検討

—Submaximal な強度での実施が身体に及ぼす影響について(1)—

小 原 史 朗

A study of Training on the Circuit Type

—On the Effect of the Body on Method under Submaximal Intensity (1)—

Shirō OHARA

The purpose of this study is to investigate how the circuit-training method under sub-maximal exertion has an effect on the body. The circuit-training consists of 18 items and the time of the training was set up to be lengthened 1.5 fold times of the total-time required. Average values of training time (N=6) was 1647 ± 36 seconds and average values of heart rate in training (N=4) was 148.4 ± 15.3 beats per minute. Six male students aged 18-22 years were served as a training subjects and the other two male students aged 22 years were served as a control subjects. The training were had for 3 times per a week during 6 weeks. The results obtained were as follows. In measurements of the agility, stepping (R. and L.) and side steps improved significantly by 3.3%, 3.9% and 4.5% respectively, while the change in tapping (R. and L.) did not change significantly. As for measurements of muscle strength, back strength, grip strength (R. and L.), elbow flexion strength (R. and L.) and pectoralis major strength (R. and L.) improved significantly by 3.7%, 4.6%, 6.4%, 4.2%, 3.4%, 11.8% and 13.0% respectively. In measurements of anaerobic power, maximum power staircase and maximum power staircase per weight improved significantly by 6.9% and 5.1% respectively. Average values of aerobic work capacity i.e. $\dot{V}O_2$ max., $\dot{V}O_2$ max./wt, $\dot{V}E$ max., O_2 pulse max. increased significantly by 5.3%, 3.8%, 5.1% and 5.6% respectively. H.R. max. and O_2 removal did not change significantly. Anthropometric measure showed significant increase in girth of upper arm on flexion (R), girth of fore arm (R. and L.) and girth of thigh (R).

緒 言

長年、我々は身体作業を簡略化し、運動様式を単純化し、身体運動量や強度の減少あるいは軽減をもたらす機械文明の中で生活を営んできた。その結果、生物学的な退化に相似した現象や個体の生存能力の減退を示す現象が現われるようになった。それは、身体運動に係る体力要素の諸機能が低下の傾向にあることから示唆されるとともに、さらには、運動不足症としての腰痛、循環器疾患、神経痛および関節痛などの発生が上昇傾向にあるところからも示唆される¹⁾。この事態は、最近、青少年期の若年令層にも発生する傾向がみられ、日本民族の将来にとって重大な問題であるものと考えられる。

青少年期は身心の発達・充実に助長する為にも、人体を構成するあらゆる組織細胞に様々な刺激を与えなければならぬ重要な時期である²⁾。この大切な青少年期に

様々な動きを伴う身体運動を意識的にトレーニング化し、これを日頃の生活で積極的に習慣化することは、機械文明化した生活様態の一時的転換、身体的・精神的な活動能力の改善あるいはより高い文化的生活の営みに深い意義があるものと思う。

人が基礎体力作りの一貫としてトレーニングを行なう時、各人に適した運動処方を用いるとともに、トレーニングの安全性、継続性、興味性、苦痛性および動作の正確性などの諸条件を念頭に置いて、トレーニングの経験度と体力水準に応じて運動プログラムを進めていくことが重要である³⁾⁴⁾。幸いに、最近では運動処方に関する研究が多くみられ⁵⁾⁶⁾⁷⁾⁸⁾⁹⁾、様々な研究を手がかりに組織的に運動手段を構成することも出来るようになった。しかし、一般の青少年で「体力の劣者」や「日頃、運動を実施してない者」に適した体力作りの為の合目的な運動手段や

表1 被検者の身体的特徴と通学方法

	Subj.	Age (years)	Height (cm)	Weight (kg)	VO ₂ max. (l/min)	VO ₂ max./wt. (ml/kg/min.)	H.R. max. (beats/min.)	主な通学方法 (片道)
Training group	K.M.	18	170.0	61.0	3.242	53.1	196.7	徒歩(10分)→バス(10分) →地下鉄(10分)→バス(20分)
	R.T.	18	169.5	72.5	3.441	47.5	194.6	自転車(15分)→電車(60分) →バス(20分)
	K.Y.	18	171.6	59.5	3.351	56.3	193.5	徒歩(15分)
	T.K.	18	168.8	60.5	2.899	47.9	186.5	バイク=片道14km/ 約25分
	M.O.	21	164.8	76.9	2.455	31.9	195.7	徒歩(5分)→電車(40分)→ バス(20分)
	M.K.	21	163.7	53.0	2.769	52.2	187.5	車=(片道35km/約50分)
	MEAN (S.D.)	19.0 (1.5)	168.1 (3.1)	63.9 (8.9)	3.026 (0.38)	48.2 (8.6)	192.4 (4.3)	
C. group	A.I.	21	171.0	52.5	2.576	49.3	190.5	徒歩(15分)→電車(50分) →バス(20分)
	Y.S.	21	169.4	62.5	2.681	42.9	192.5	徒歩(5分)→電車(30分) →バス(20分)
	MEAN (S.D.)	21.0 (0.0)	170.2 (1.1)	57.5 (7.0)	2.629 (0.07)	46.1 (4.5)	191.5 (1.4)	

C. group=Control group

表2 Training 種目と動作の概要

要素	運動順序	運動種目名	運動動作の概要	要素	運動順序	運動種目名	運動動作の概要
敏捷性	1	全速力自転車踏み	モナーク社製自転車エルゴメーターの負荷を2kpに合わせ、(10秒間・全速力ペダリング、50秒間・休息)×6回の繰り返し。	バ ワ イ	10	膝かかえ・ジャンプ	立位姿勢からできるだけ高くとび上がって、膝を曲げて胸につけるようにする。
	2	反復横とび	中央線の両サイドに1.2mのラインを引き、そのラインを必ずまたぐようにして往復反復する。		11	バービー・ジャンプ	①立位姿勢から両手をついてうずくまる。②後方に脚をはねて腕立て伏臥姿勢になる。③再びうずくまった姿勢にもどる。④立ちあがりつつジャンプする。
	3	スプリンター	クラウチング・スタートの姿勢をとり、左右の脚を交互に前後させる。		12	腕立て・ジャンプ	伏臥腕立て屈伸時の腕を引き伸ばす動作とともに床から両手を離して手をたたく。
全	4	ランニング	200mの距離をジョギング程度の速度で走る。	全	13	ランニング	200mの距離をジョギング程度の速度で走る。
筋力	5	スクワット・バーベル	バーベルを両肩の上にかついで立ち、膝・腰を曲げて中腰になってから再び立ちあがる。	筋 持 久 力	14	伏臥上体起し	伏臥姿勢で身体を伸ばして寝、両手を首の後ろに組み、胸と脚とを床から上げて身体を弓なりにそらす。
	6	カール	立った姿勢で両手でバーベルを持ち、肘を曲げて胸につける。		15	仰臥膝かかえ	仰臥姿勢で両脚を伸ばし、床から10~20cm離して上げる。この姿勢から膝を胸まで曲げては伸ばす動作を繰り返す。
	7	デッド・リフト	立位姿勢で膝と腰を曲げて床のバーベルを両手で腰が伸びるまで持ちあげる。		16	踏台昇降運動	高さ45cmの踏台を昇ったり降りたりする。
全	8	ラテラル・レイズ	ベンチの上で仰臥姿勢をとり、両手にダンベルを持って真横に十字型に開き、胸上まで持ちあげる。	全	17	斜め腕立て伏臥	壁から身長2/3の距離をへだてて立ち、壁に肩の高さで両手をつき、腕立て屈伸をする。
	9	ランニング	200mの距離をジョギング程度の速度で走る。		18	ランニング	200mの距離をジョギング程度の速度で走る。

その進め方についての処方研究はまだ十分でないと考え

る。
本研究は青少年期の者で、特に「体力の劣者」あるいは「日頃、運動を実施してない者」が合目的に体力作りを行ないつつ、身体運動の生活化が得やすくする為の「運動手段」および「運動の進め方」を考案することを目指すものである。

第1ステップでは¹⁰⁾運動手段として種々の運動種目を

一連の運動プログラムとして組み、それをサーキット式にトレーニングする形式を準用して、呼吸・循環器系にかかる生体への負担度から有酸素性作業能力が改善されると推察される「運動の進め方」について検討した。

その結果、時間的尺度では構成した運動プログラムを個人の最大能力に対して約1.5倍の時間をかけながらSubmaximalな強度で運動を実行しても、有酸素性作業に係る生体の一部には十分負担のかかっていることが解

表3 運動種目ごとのトレーニング負荷決定法および強度

要素	運動種目名	トレーニングの反復回数, 負荷量の決定	最大値 Mean (S.D.)	トレーニング負荷 Mean (S.D.)	相対強度 Mean (S.D.) (%)
敏捷性	全速力自転車踏み	Loadは, 一律2kpとした。10秒間の全速力ペダリング, 50秒間の椅座位休息を1セットとした。	6セット (0.0)	6セット (0.0)	100.0 (0.0)
	反復横とび	20秒間の最大反復回数に対して2/3回数	47.2回 (4.4)	31.2回 (2.7)	66.1 (0.6)
	スプリンター	30秒間の最大反復回数に対して2/3回数	44.5回 (9.4)	29.5回 (6.2)	65.2 (2.8)
筋力	スクワット・バーベル	最大・大腿伸展力〔(右+左)/2〕の50%に相当する重量。反復回数は, 一律に10回。	71.1kg (13.6)	34.2kg (3.7)	48.8 (4.8)
	カール	最大・上腕屈曲力〔(右+左)〕の60%に相当する重量。反復回数は, 一律に10回。	35.6kg (4.9)	23.8kg (3.1)	66.9 (3.3)
	デッド・リフト	最大・背筋力の30%に相当する重量。反復回数は, 一律に10回。	156.8kg (13.3)	47.5kg (4.1)	30.3 (1.2)
	ラテラル・レイズ	最大・大胸筋力の50%に相当する重量。反復回数は, 一律に10回。	13.2kg (2.8)	6.0kg (1.1)	45.9 (4.9)
パワー	膝かかえ・ジャンプ	30秒間の最大・反復回数に対して1/2回数	37.8回 (3.8)	19.0回 (1.9)	50.2 (0.6)
	バービー・ジャンプ	30秒間の最大・反復回数に対して1/2回数	12.8回 (2.0)	6.8回 (1.2)	53.1 (1.6)
	腕立て・ジャンプ	2秒に1回のテンポによる最大・反復回数に対して1/2回数。	17.3回 (4.2)	8.6回 (1.9)	50.3 (2.8)
持久力	伏臥上体起し	1秒に1回のテンポによる最大・反復回数に対して1/2回数。	52.0回 (10.5)	26.2回 (5.0)	50.4 (0.6)
	仰臥膝かかえ	2秒に1回のテンポによる最大・反復回数に対して1/2回数。	43.5回 (11.6)	22.3回 (6.5)	51.1 (1.6)
	踏台昇降運動	60秒間の最大・昇降回数。	38.5回 (2.7)	38.5回 (2.7)	100.0 (0.0)
	斜め腕立て伏臥	1秒に1回のテンポによる最大・反復回数に対して1/2回数。	71.0回 (21.3)	35.8回 (10.5)	50.6 (0.5)

った。

今回は第1ステップで構成した運動とトレーニング方法が体力の構成要素に及ぼした影響から, トレーニング強度と時間, あるいはトレーニングの生理的意義について検討した。

実験方法

a) 被検者

被検者は18~22才の健康な大学生男子8名を選び,のうち6名をトレーニング群, 残り2名を対照群とした。トレーニング群の6名中, 3名は1カ月に1~3回, 定期的に1日当り70~100kmのサイクリングを楽しんでいた。

しかし, いずれの被検者も日常生活で規則的な激しい身体活動は実施していなかった。

実験に参加した被検者の身体的特性と日頃の通学方法

は表1に示した。

b) トレーニングの内容

① トレーニング・プログラム

トレーニングは体力構成要素のうち敏捷性(反復速度), 筋力, パワー, 筋持久力の各要素に類すると考えられる運動種目を14種目準備し, 各要素毎の次に200mのランニングを加えて絶対数18種目の1サーキット単位のプログラムを構成した。なお, 運動種目間には約5mの移動距離を取った。1サーキット単位の採用した運動種目名と動作の解説およびサーキット順序を表2に示した。

② 運動種目の反復回数, 負荷量の決定

各運動種目の反復回数および負荷量の決定の為の条件と相対的強度は表3に示した。

最大能力の測定にあたっては1つの運動種目が終わったら十分な休憩(3~5分間)を取り, 疲労回復の後に次

の運動種目の最大能力を測定した。測定順序はトレーニング順序と同順序で行なった。

③トレーニング目標時間の設定と運動の進め方

トレーニングの目標時間は次のような経過で設定した。あらかじめ、被検者に「第1の運動種目から最後の運動種目まで、できるだけ休息しないで全力で運動を進めるように」と徹底指導したのち、総所要時間の測定をおこなった。総所要時間の測定中は各種目の開始と終了の計時を記録していき、この記録から運動種目ごとの実行時間(以下、実働時間という)と運動種目間の休憩(含・移動)に要した時間(以下、休息时间という)をそれぞれ求め、1.5倍乗じて秒単位で加算し、種目ごとに開始・終了の目標時間および最終種目の終了時間を示す目標・総所要時間を設定した。ただし、敏捷性要素の運動種目についてはトレーニングの際に運動を全速力で実施することを条件設定したので、休息时间を30~60秒間とすることで目標・総所要時間がテスト時の総所要時間の1.5倍となるように調整した。

運動の進め方はサーキット方式を採用し、上述の方法で求めた目標時間に沿って運動を実施した。なお、運動の順序、各種目の反復回数および種目ごとの開始、終了時間が把握できるように諸条件を記したトレーニング・カードを作製し、被検者はこのカードを見つつトレーニングを実施するように指導した。

④トレーニング頻度と期間

トレーニング頻度は1日おき、週3回とし、1回のトレーニングでは1サーキット単位を与えた。トレーニング期間は1980年11月上旬~同年12月下旬の6週間で、トレーニング回数は計18回であった。

実験場所は本学測定室およびトレーニング室であった。

c) トレーニング効果の検討

トレーニング効果の判定に用いた測度は次の通りであった。

①神経機能に関する測度の変化

急速反復速度であるタッピングとステッピングを採用した。

②筋力に関する測度の変化

筋力の測度として背筋力、握力、上腕屈曲力、大胸筋力、大腿伸展力を採用した。

③ anaerobic power の測度の変化

無酸素性作業能力の1指標である Margaria ら¹¹⁾の階段駆け昇り時の最大無酸素的パワーと垂直とびを採用した。

④酸素摂取能力の変化

有酸素性最大作業の指標である最大酸素摂取量 ($\dot{V}O_2$

表4 サークット式・トレーニングでの時間条件

Subj.	Total time (sec.)	Training time (18th. mean)(sec)		To. time Tr. time (Times)
		Mean	S.D.	
K.M.	1098	1599	16.7	1.45
R.T.	1122	1641	32.6	1.46
K.Y.	1105	1632	18.3	1.47
T.K.	1198	1653	29.9	1.38
M.O.	1226	1711	10.2	1.40
M.K.	1126	1645	44.7	1.46
Mean (S.D.)	1146 (53)	1647 (36)	25.4 (12.7)	1.44 (0.04)

To. time . . . Total time, Tr. time . . . Training time.

max., $\dot{V}O_2$ max./wt.)を採用した。その他に、最大酸素摂取量の発現時に測定した最大心拍数(H.R. max.), 分時最大換気量($\dot{V}E$ max.), 最大酸素脈(O_2 pulse max.)⁶⁾, 酸素摂取率(O_2 removal)⁹⁾の比較もおこなった。

以上の測定方法は以前に報告した方法¹⁰⁾¹²⁾を採用した。

⑤トレーニング時間の変化

トレーニングに用いた一連のサーキット・プログラムを全力で実施させ、その総所要時間を測定してトレーニング前後で比較した。

⑥形態に関する変化

体重、身長、胸囲、腹囲、伸展位上腕最大囲、屈曲位上腕最大囲、前腕最大囲、大腿最大囲、下腿最大囲、皮下脂肪厚(肩甲骨背部、上腕背部、腹部、膝部)を採用した。皮下脂肪厚の測定は労研式皮脂厚計を用いて計測した。

結 果

①トレーニング運動の特性

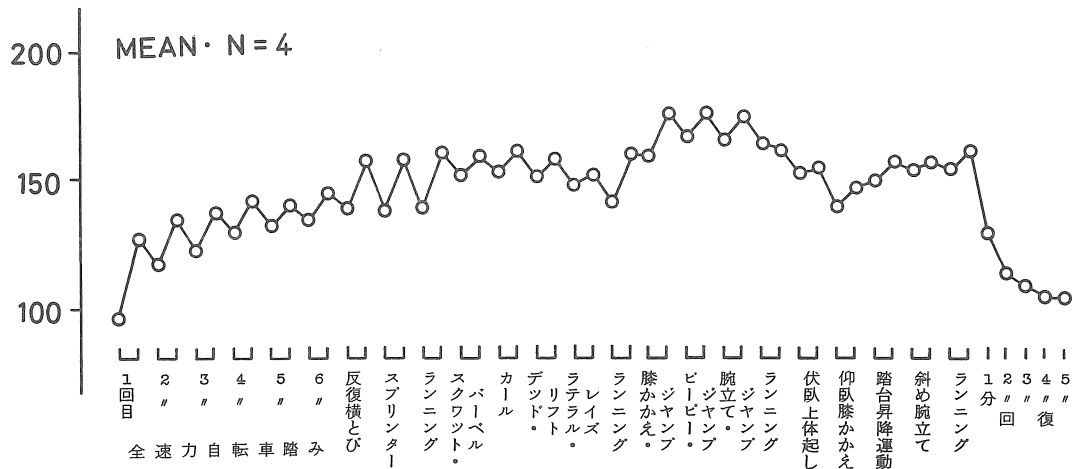
1サーキット単位に費やした時間は表4に示した。実際にトレーニングで費やした時間(N=6, Training 18th.の平均)は1647秒であり、これはトレーニング前の総所要時間を1.44±0.04倍乗じた時間設定であった。種目ごとの相対的強度は表3に示した通りであった。(表3参照)

なお、ランニングについては「中等度を感じる速度で走るように」という指示のみで強度はさだかでない。

表3、表4に示した強度および時間を用いてトレーニングを実施した時の生理的負担度を心拍数で表現したものが図1である。心拍数は心電テレメーター(医用27型・三栄測器K.K.)を用いてレクテグラフ(8S型・三栄測器K.K.)にて連続記録した。図は運動種目ごとの運動開始直後と運動終了直前の心拍数の変化をグラフ化したも

H.R.
(beats/min.)

図 1. サークット・トレーニング時の心拍数の変化



ので、被検者4名の平均値で示した。

その結果、最低心拍数は「全速力自転車踏み時の1回目」の運動開始直後の96.8±7.7拍/分であり、最高心拍数は「バービー・Jump」の運動終了直前の173.2±4.2拍/分であった。トレーニング中の平均心拍数は148.4±15.3拍/分であった。これを% H.R.max., および% $\dot{V}O_2$ max. 値で見るとそれぞれ77.5±2.6% H.R.max.および64.4±2.8% $\dot{V}O_2$ max. であった。トレーニング時の心拍数の変動範囲は主に130.0~170.0拍/分の範囲にあり、この傾向は以前の報告¹⁰⁾と同様の傾向を示すものであった。

以上のようなトレーニング負荷で週3回ずつ、計18回のトレーニングを実施した。18回のトレーニングが及ぼした身体的変化を見る為に表5~7に示した。

②神経機能からみた効果

トレーニング前後の変化はステップング右側(増加率, 有意水準)(3.9%, $P < 0.025$)と同左側(3.3%, $P < 0.05$)に有意な向上が認められた。しかし、タッピングはトレーニング効果が認められなかった。コントロール群は両側とも変化が認められなかった。また、両群間の増加率に有意な差が認められなかった。(表5参照)

③筋力からみた効果

筋力の測度では背筋力(3.7%, $P < 0.025$), 握力の右側(6.4%, $P < 0.025$), 同左側(4.6%, $P < 0.05$), 上腕屈曲力の右側(3.4%, $P < 0.05$), 同左側(4.2%, $P < 0.05$), 大胸筋力の右側(13.0%, $P < 0.005$), および同左側(11.8%, $P < 0.005$)に有意な向上が認められた。他の測度には有意な向上は認められなかった。コントロール群についてはどの測度にも有意な変化が認められなかった。両群間の増加率では大胸筋力の右・左側(共に

$P < 0.005$)に有意な差が認められたものの、他の測度には有意な差が認められなかった。(表5参照)

④無酸素的パワーからみた効果

無酸素的パワーの測度では階段パワー(6.9%, $P < 0.005$)および階段パワー/wt.(5.1%, $P < 0.025$)に有意な向上を示した。コントロール群は両側とも変化が認められなかった。両群間の増加率は有意な差が認められなかった。(表5参照)

⑤酸素摂取能力からみた効果

トレーニング群における $\dot{V}O_2$ max.の平均値はトレーニング前の3.026l/min.からトレーニング後の3.515l/min.へと5.3% ($P < 0.005$)の有意な向上が認められた。 $\dot{V}O_2$ max./wt.は48.2ml/kg/min.から49.7ml/kg/min.へと3.8% ($P < 0.025$)の有意な向上が認められた。 $\dot{V}E$ max.と O_2 pulse max.はそれぞれ5.1% ($P < 0.025$), 5.6% ($P < 0.005$)と有意な向上が認められた。H.R. max.と O_2 removalには変化が認められなかった。

コントロール群についてみると、 $\dot{V}O_2$ max.に-1.9% ($P < 0.005$)の有意な減少が認められたが、他の測度には変化が認められなかった。

両群間のトレーニング前後における増加率の比較では $\dot{V}O_2$ max. ($P < 0.005$)と O_2 pulse max. ($P < 0.01$)に有意な差が認められたものの、他の測度には変化が認められなかった。(表6参照)

⑥総所要時間への効果

1サーキット単位にかかった総所要時間の平均値はトレーニング前の1145秒からトレーニング後の1003秒へと12.5% ($P < 0.005$)の有意な短縮が認められた。(表6参照)

表5 トレーニング前後の神経系, 筋力および無酸素的パワーへの効果

測 度	(1) Training Group, mean (S.D.)						(2) Control Group, mean (S.D.)						(1)-(2) P
	N	Before	After	Change		P	N	Before	After	Change		P	
				S.E.	%					S.E.	%		
タ ッ ピ ン グ R. (回/10秒)	6	75.0 (7.5)	76.0 (8.8)	0.8 (2.9)	1.0 (3.9)	—	2	83.7 (0.4)	86.7 (5.2)	3.0 (4.6)	3.5 (5.5)	—	—
	L.	6	66.0 (9.2)	68.0 (9.0)	1.0 (2.5)	2.1 (4.1)	—	2	80.2 (11.1)	81.0 (6.0)	-3.5 (1.2)	-4.4 (1.8)	—
ス テ ッ ピ ン グ R. (回/10秒)	6	56.8 (8.4)	59.0 (8.3)	2.2 (1.6)	3.9 (2.9)	**	2	64.9 (5.8)	64.7 (0.9)	-0.2 (4.9)	0.1 (7.6)	—	—
	L.	6	55.2 (8.4)	57.2 (7.2)	1.7 (1.6)	3.3 (3.5)	*	2	63.0 (1.4)	63.5 (0.7)	0.5 (0.7)	0.8 (1.1)	—
反 復 横 と び (回/20秒)	6	47.2 (4.3)	49.3 (4.9)	2.2 (0.7)	4.5 (1.4)	*****	2	49.0 (0.0)	45.5 (0.7)	-3.5 (0.7)	-7.1 (1.4)	—	*****
背 筋 力 (kg)	6	157.3 (15.4)	163.1 (16.3)	5.8 (3.7)	3.7 (2.5)	**	2	134.3 (17.3)	136.5 (9.2)	2.2 (8.1)	2.1 (6.3)	—	—
背 筋 力 /wt.	6	2.50 (0.38)	2.54 (0.35)	0.04 (0.05)	1.94 (2.18)	—	2	2.33 (0.01)	2.36 (0.17)	0.03 (0.21)	1.32 (9.11)	—	—
握 力 R. (kg)	6	52.0 (6.1)	55.3 (6.2)	3.3 (2.1)	6.4 (4.1)	**	2	42.7 (10.8)	44.3 (2.0)	1.6 (8.8)	6.5 (22.4)	—	—
	L.	6	50.9 (6.9)	53.0 (5.7)	2.1 (1.8)	4.6 (4.9)	*	2	39.1 (10.4)	38.4 (3.7)	-0.7 (6.6)	0.5 (17.1)	—
上 腕 屈 曲 力 R. (kg)	6	35.7 (5.5)	36.8 (5.3)	1.2 (0.9)	3.4 (2.8)	*	2	23.5 (3.5)	25.5 (0.7)	2.0 (2.8)	9.5 (13.4)	—	—
	L.	6	35.5 (4.7)	37.0 (5.1)	1.5 (1.4)	4.2 (4.1)	*	2	19.0 (1.4)	20.5 (0.7)	1.5 (2.1)	8.3 (11.8)	—
上 腕 屈 曲 力 /wt. R.	6	0.56 (0.07)	0.57 (0.06)	0.01 (0.03)	2.05 (4.64)	—	2	0.41 (0.01)	0.44 (0.06)	0.03 (0.07)	8.56 (16.53)	—	—
	L.	6	0.56 (0.07)	0.57 (0.07)	0.01 (0.03)	2.70 (4.45)	—	2	0.33 (0.02)	0.35 (0.07)	0.02 (0.05)	7.32 (14.78)	—
大 胸 筋 力 R. (kg)	6	13.5 (2.7)	15.3 (3.0)	1.8 (0.5)	13.0 (3.4)	*****	2	14.6 (1.6)	14.5 (2.1)	-0.1 (0.4)	-1.2 (3.5)	—	*****
	L.	6	12.8 (3.0)	14.3 (3.3)	1.5 (0.5)	11.8 (4.2)	*****	2	11.7 (1.7)	11.0 (1.4)	-0.7 (0.3)	-6.2 (2.0)	—
大 腿 伸 展 力 R. (kg)	6	70.7 (11.6)	73.7 (11.0)	3.0 (4.1)	4.7 (6.4)	—	2	61.3 (6.7)	63.0 (11.3)	1.7 (4.6)	2.4 (7.2)	—	—
	L.	6	69.8 (11.6)	72.7 (10.9)	2.8 (3.2)	4.5 (5.2)	—	2	60.3 (4.6)	61.5 (4.9)	1.2 (0.3)	2.0 (0.4)	—
大 腿 伸 展 力 /wt. R.	6	1.11 (0.14)	1.14 (0.11)	0.03 (0.07)	3.01 (6.84)	—	2	1.07 (0.01)	1.08 (0.03)	0.01 (0.04)	1.30 (4.19)	—	—
	L.	6	1.10 (0.11)	1.12 (0.08)	0.02 (0.06)	2.44 (5.54)	—	2	1.05 (0.05)	1.06 (0.08)	0.01 (0.03)	0.94 (2.45)	—
階 段 かけ 上 り パ ワ ー (kgm/秒)	6	104.3 (15.8)	111.2 (14.1)	6.9 (3.4)	6.9 (3.3)	*****	2	89.2 (7.2)	95.9 (11.6)	6.6 (4.4)	7.2 (4.4)	—	—
階 段 かけ 上 り パ ワ ー /wt. (kgm/kg/秒)	6	1.64 (0.13)	1.72 (0.10)	0.08 (0.06)	5.1 (4.0)	**	2	1.48 (0.1)	1.58 (0.03)	0.1 (0.1)	6.8 (5.0)	—	—

(-) : P > 0.05 (*) : P < 0.05 (**): P < 0.025 (****): P < 0.01 (*****): P < 0.005.

⑦形態への変化

トレーニング群において有意な変化を示したものは伸展位・上腕最大囲の右側 (1.7%, P < 0.05), 前腕最大囲の右側と左側 [(0.8%, P < 0.05), (0.7%, P < 0.05)] および大腿最大囲の左側 (0.8%, P < 0.05) であった。皮脂厚はどの部位も有意な減少が認められなかった。コントロール群については全て形態的变化が認められなかった。(表7参照)

表6 トレーニング前後の酸素摂取能力と総所要時間への効果

Variables	(1) Training Group, mean (S.D.)						(2) Control Group, mean (S.D.)						(1)-(2) P
	N	Before	After	Change		P	N	Before	After	Change		P	
				C.E.	%					C.E.	%		
$\dot{V}O_2$ max. (l/min.)	6	3.026 (0.38)	3.515 (0.28)	0.156 (0.03)	5.33 (1.93)	※※※※	2	2.629 (0.07)	2.579 (0.07)	-0.05 (0.0)	-1.89 (0.08)	※※※	※※※※
$\dot{V}O_2$ max. /kg (ml/min./kg)	6	48.2 (8.6)	49.7 (7.6)	1.6 (1.1)	3.8 (3.9)	※※	2	46.1 (4.5)	44.7 (5.5)	-1.4 (1.0)	-3.2 (2.4)	—	—
H.R. max. (beats/min.)	6	192.4 (4.3)	191.6 (3.6)	-0.9 (1.6)	-0.4 (0.8)	—	2	191.5 (1.4)	191.4 (1.4)	-0.1 (2.9)	-0.02 (1.5)	—	—
$\dot{V}E$ max. (l/min.)	6	111.8 (15.3)	117.9 (19.0)	6.1 (3.9)	5.1 (3.3)	※※	2	102.4 (9.9)	103.0 (8.1)	0.6 (1.8)	0.7 (1.8)	—	—
O ₂ pulse max. (ml/beats)	6	15.7 (1.9)	16.5 (1.7)	0.8 (0.2)	5.6 (2.4)	※※※※	2	13.7 (0.2)	13.5 (0.4)	-0.2 (0.2)	-1.8 (1.5)	—	※※※
O ₂ removal (ml/l)	6	32.2 (1.9)	31.9 (1.0)	-0.3 (1.6)	-0.6 (5.3)	—	2	31.5 (2.1)	30.6 (1.5)	-0.9 (0.6)	-2.1 (3.0)	—	—
Total time (sec.)	6	1146 (53.0)	1004 (75.0)	-142 (30.0)	-12.4 (2.9)	※※※※	/	/	/	/	/	/	/

(-): P > 0.05 (*): P < 0.05 (**): P < 0.025 (***): P < 0.01 (****): P < 0.005

表7 トレーニング前後の形態的变化

Variables		(1) Training Group, mean (S.D.)						(2) Control Group, mean (S.D.)						(1)-(2) P
		N	Before	After	Change		P	N	Before	After	Change		P	
					S.E.	%					S.E.	%		
Weight (kg)		6	63.9 (8.9)	64.9 (7.8)	1.0 (1.5)	1.8 (2.4)	—	2	57.5 (7.0)	58.3 (8.8)	0.8 (1.8)	1.2 (2.9)	—	—
Chest girth (cm)		6	90.4 (7.9)	91.0 (6.3)	1.5 (2.5)	2.5 (2.7)	—	2	84.7 (0.7)	84.8 (1.2)	0.1 (1.9)	0.1 (2.1)	—	—
Girth of abdominal (cm)		6	76.6 (11.8)	75.5 (10.9)	-1.1 (1.2)	-1.3 (1.4)	—	2	71.4 (8.9)	69.7 (6.8)	-1.7 (2.1)	-2.2 (2.6)	—	—
Girth of upper arm <ext.> (cm)	R.	6	27.6 (2.1)	28.6 (2.2)	1.0 (1.8)	4.1 (6.7)	—	2	25.9 (4.3)	25.0 (4.8)	-1.0 (0.4)	-3.9 (2.5)	—	—
	L.	6	27.2 (2.4)	28.1 (2.3)	0.9 (1.7)	3.1 (6.2)	—	2	25.0 (4.2)	24.5 (4.4)	-0.5 (0.2)	-2.3 (1.2)	—	—
Girth of upper arm <flex.> (cm)	R.	6	30.7 (2.9)	31.2 (2.6)	0.5 (0.4)	1.7 (1.5)	※	2	27.5 (3.5)	27.4 (4.0)	-0.1 (0.4)	-0.7 (1.9)	—	—
	L.	6	30.4 (2.9)	30.7 (2.6)	0.2 (0.5)	0.8 (1.8)	—	2	26.7 (3.2)	26.6 (3.9)	-0.1 (0.7)	-0.6 (2.7)	—	—
Girth of fore arm (cm)	R.	6	26.4 (1.1)	26.6 (1.1)	0.2 (0.1)	0.8 (0.6)	※	2	24.2 (1.9)	24.2 (2.3)	0.0 (0.4)	-0.0 (1.7)	—	—
	L.	6	26.2 (1.2)	26.4 (1.2)	0.2 (0.1)	0.7 (0.5)	※	2	23.2 (1.2)	23.0 (1.1)	-0.2 (0.1)	-0.6 (0.2)	—	※
Girth of thigh (cm)	R.	6	53.6 (4.4)	54.1 (4.5)	0.5 (0.5)	0.9 (0.9)	—	2	50.7 (6.1)	51.0 (6.3)	0.4 (0.2)	0.7 (0.3)	—	—
	L.	6	53.2 (4.3)	53.7 (4.3)	0.4 (0.3)	0.8 (0.6)	※	2	50.0 (5.3)	50.1 (5.0)	0.1 (0.2)	0.1 (0.4)	—	—
Girth of calf (cm)	R.	6	37.2 (3.2)	37.4 (3.3)	0.2 (0.2)	0.5 (0.6)	—	2	35.1 (3.3)	35.2 (3.9)	0.2 (0.6)	0.4 (1.7)	—	—
	L.	6	37.2 (2.6)	37.4 (2.7)	0.2 (0.2)	0.5 (0.6)	—	2	35.4 (3.6)	35.2 (3.9)	-0.2 (0.3)	-0.5 (1.0)	—	—
Skinfold	Upper arm (mm)	6	8.3 (3.5)	7.9 (3.3)	-0.4 (0.4)	-3.2 (9.6)	—	2	8.2 (1.1)	9.2 (2.4)	1.0 (1.4)	11.1 (15.7)	—	—
	Scapula (mm)	6	12.1 (6.1)	12.2 (5.7)	0.1 (0.5)	1.1 (4.4)	—	2	7.5 (4.2)	9.2 (6.7)	-1.7 (2.4)	-12.5 (17.6)	—	—
	Abdominal (mm)	6	17.1 (15.3)	14.9 (12.0)	-2.2 (8.3)	-3.8 (10.7)	—	2	14.3 (9.5)	14.0 (9.9)	-0.2 (0.3)	-3.3 (4.7)	—	—
	Knee (mm)	6	11.5 (5.6)	9.2 (3.4)	-2.3 (2.8)	-17.0 (13.4)	—	2	9.5 (2.8)	8.6 (1.9)	-0.9 (0.8)	-8.5 (0.3)	—	—

(-): P > 0.05 (*): P < 0.05 (**): P < 0.025 (***): P < 0.01 (****): P < 0.005

考 察

青年が自分自身で身体の充実・発達の為に意識的に身体運動を行なうことは、将来の社会生活にとって極めて大切なことと考える。本研究は青年期に身体機能の発達が助長され得る適切な運動を処方することを狙いとしたものである。運動手段はサーキット式・トレーニングを採用した。それは、身体の様々な部位を動かすことで部分的あるいは全身的に神経、筋および呼吸・循環器系の機能に万遍無く刺激を加え、身体的行動能力の総合発達と身体の充実を助長するものと考えたからである。

本研究はMorganら¹³⁾の考察したサーキット・トレーニングに準拠した方法から、Submaximalな強度で実施するサーキット式・トレーニングを考え、このトレーニング方法が体力の構成要素あるいは形態へ及ぼした影響からトレーニングの生理的内容、トレーニング強度と時間および身体に及ぼした生理的要因について考察した。

神経機能の測度は脚部の急速反復速度であるステッピングに有意な向上が認められた(表5参照)。本実験のトレーニング法とは異なるが同じ脚部の急速反復速度に向上を認めたいくつかの研究から本研究で向上が認められた要因について考察してみる。

水原ら¹⁴⁾は大学生を対象に自転車エルゴメーターを用い、最大踏力の6.5%(1 kpの負荷)、最大ペダリングスピードの97.9%に相当する負荷で1回10秒間のペダリングを5分間のインターバルをはさみ、10回反復するトレーニングで脚部の反復速度に改善を認めている。著者ら¹⁵⁾は大学生を対象に自転車エルゴメーターを用い、最大踏力の36.2%、最大ペダリングスピードの64.7%に相当する負荷で1回10秒間のペダリングを2分間のインターバルをはさみ10回反復するトレーニングで脚部の反復速度に改善を認めた。進藤ら¹⁶⁾は中学生を対象に自転車による最大無酸素性パワーの28.3%、最大ペダリングスピードの27.5%に相当する負荷で15分間の持続トレーニングを自転車エルゴメーターで行なわせ、脚部の反復速度に改善を認めている。また、進藤ら¹⁷⁾は中高年男子および成年女子を対象にそれぞれ最大踏力の6.3%および6.2%、最大ペダリングスピードの32.1%および37.0%に相当する負荷で60分間の持続トレーニングを自転車エルゴメーターで行なわせ、脚部の反復速度に改善を認めている。これらの研究結果から、急速反復速度の改善に有効と思われるトレーニングについて考察してみると、反復速度が最高反復速度の60%以上であれば超短時間運動の繰り返し、あるいは最高反復速度の約30%程度であれば運動時間を長くした持続トレーニングが十分条件であるものと考えられる。以上のことと、各種目の実施方

法(表2参照)とから下肢の急速反復速度の能力を高め得る種目を推察するとスピード性、反復性に富んだ全速力自転車踏み、反復横とび、スプリンターが該当する種目と思われる。すなわち、全速力自転車踏みは運動実施数が水原ら¹⁴⁾、著者ら¹⁵⁾のものより少なかったが、トレーニング内容は酷似していた。また、反復横とびとスプリンターは運動様態は異なるものの運動方式は急速反復による運動である。したがって、全速力自転車踏みの回数不足を補うものであったと思われる。さらに、トレーニングの構成に200mのランニングを4度挿入したこと、一過性の反復を伴った運動種目を挿入していたことが下肢の急速反復速度であるステッピングの改善に関与したものと考えられる。

反復速度の調整力に係る生理的要因は主働筋に集中的に神経衝撃を送る能力あるいは拮抗筋への神経衝撃の急速な切り替え能力が関係する¹⁹⁾²⁰⁾。また、大筋動作の場合は神経系の調協的な作用に加えて筋力のあるいは無酸素的エネルギーの動員能力が大きく関与する²¹⁾。

本実験で用いたステッピングの測度は10秒間の総反復回数で反復能力を見ており、上述の生理的要因が改善されることでステッピングのPerformanceが向上するものと考えられる。

本結果を見ると、大腿伸展力は右・左とも向上していない。階段かけ上りパワー¹¹⁾は向上が認められた。このことから、脚部の反復速度に影響を及ぼした生理的要因として、脚部の拮抗筋への神経衝撃の切り替え能力の改善とともに、無酸素的エネルギー発生量の増大と持続性にも影響を及ぼしたものと考えられる。以上のことから、本トレーニングの内容は動作の反復性あるいはスピード性にトレーニング効果をもたらす閾値以上のものであったものと考えられる。

筋力についてみると背部、腕部の筋力にトレーニング効果が認められた(表5参照)。しかし、脚部はその効果が認められなかった。

ヘティンガーら⁹⁾は「筋力トレーニングに用いる負荷強度のトレーニング閾値は最大筋力の30%であり、トレーニングの最適強度は生理的の意味において最大筋力の40~50%である」としている。また、「筋力トレーニングの為に可能な筋の緊張強度(最大筋力に対する相対強度)に対応した筋緊張維持時間を40~50%強度では15~20秒間、60~70%強度では6~10秒間が必要条件であるとしている。

H. Mellerowiczら²³⁾は「動的な運動の場合には、最大の張力発生が短時間的な静的収縮の場合の張力発生の持続時間とほとんど等しくなるように反復することが必要である」と述べている。本実験の運動を振り返ると、重

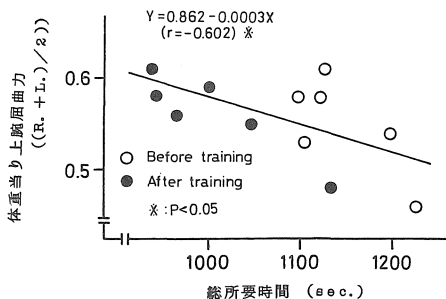
量を用いた種目（スクワット・バーベル、カール、デッド・リフト、ラテラル・レイズ）では最大筋力の30～60%の負荷を用いており、ヘティンガーらの指摘するトレーニング閾値以上の強度範囲であったものと思われる。

（表3参照）

筋収縮時間は重量を用いた種目では一動作につき1.5～3.0秒であり、一種目当りの総筋収縮時間はおよそ10～20秒間の内容であった。また、他の種目では姿勢の保持時間が10～50秒間と長時間であったため、筋力トレーニングでの時間的條件が満たされていたものと考えられる。しかし、脚部に効果が認められなかったことは運動種目の構成上に問題があったものと考えられる。

筋力の Performance に与える生理的要因は運動単位の大きさ²¹⁾、神経衝撃の集中性と頻度の増大²²⁾²⁴⁾²⁵⁾、筋肉の量²⁰⁾が関与する。本実験では、どの因子が関与して筋力の向上が認められたか断定することはむずかしい。しかし、形態の変化と対応してみると、皮下脂肪厚の変化を認めないで（表7参照）上腕部および前腕部の周径囲が有意に大きく変化している。このことから、生理的な変化として筋肉の量が増したものと推察される。しかし、体重当りの筋力指数でみた場合、有意な向上が認められずにみかけの向上であったと考えられる。図2は総所要タイムと体重当りの上腕屈曲力との相関関係を見たものである。両者の関係は有意（ $\gamma = -0.602$ ）であった。この関係を上腕屈曲力の絶対値でみた場合は相関関係が認められなかった。したがって、実質の筋力向上を伴うトレーニング・プログラムでなかったことが判明した。

図2. トレーニング群（ $n = 6$ ）の総所要時間と体重当り上腕屈曲力の関係



無酸素的能力の測度である階段パワーに変化が認められた（表5参照）。金子²⁶⁾はパワートレーニングを行なう場合に力だけ、あるいはスピードだけの一要素に片寄せた負荷のかけかたより、むしろ最大筋力の30～60%といった中間的負荷を用いることがパワーを高める為により効果的であることを明らかにしている。

また、金原²⁷⁾はパワートレーニングの実施方法として

「それぞれの運動を最大あるいはそれに近い状態で行なうことを原則とするものである」と述べている。本実験で荷重を用いた種目はその負荷を最大等尺性筋力に対する相対的負荷から求めたものであるが、金子²⁶⁾の指摘した最大筋力の30～60%の範囲内での荷重負荷であった（表3参照）。また、トレーニングの構成には身体を負荷とする運動を含めていた。さらに、運動実施上の要点として、1つ1つの動作は「全力に近い状態で実施するように」と指導していた。したがって、階段パワーにトレーニング効果を認めたことは、パワートレーニングに欠かせない荷重とスピードの条件が効果を生ずる範囲内のものであったものと考えられる。

無酸素的パワーは短時間に大きな力を発揮するところから筋に存在するエネルギー源の大きさが主な生理的要因として影響する²⁸⁾。また、非乳酸性機構のエネルギー発現の大きさあるいは非乳酸性酸素負債の大きさが影響する²⁹⁾。

R. Margaria ら¹¹⁾は階段かけ上りパワーを筋に存在する高リン酸化合物の分解による作業能力の指標として測定している。本結果で階段かけ上りパワーに有意な向上が認められたことは、最大下努力でのサーキット・トレーニングが筋中の高リン酸化合物のエネルギー発生に関する諸要因に好影響を与えたものと思われる。

また、非乳酸性酸素負債の増大も助長されたものと推察される。

猪飼ら⁷⁾は「全身持久性を高める為のトレーニングとしては、身体の諸器官が参加できるように全身的、有気的な身体活動でなければならない」としている。つまり、Submaximal な強度でサーキット式にトレーニングを行なった場合でも、呼吸循環器系を十分刺激し、有気的な運動として成立していれば方法上では有効であるものと思われる。

走運動、自転車運動および走行運動によって酸素摂取能力を向上させ得る強度と時間についての研究はこれまでに数多く報告されている⁸⁾¹⁷⁾³⁰⁾³²⁾。最近のいくつかの報告によれば、強度を70% $\dot{V}O_2$ max.以上で定めた研究者は5～20分間で酸素摂取能力に改善を見ており、強度を60～40% $\dot{V}O_2$ max.に定めた研究者は20～90分間でそれに改善をみている。これらは、本実験に用いた運動形態と異なるものがあるが、有酸素性作業に係る生理的要因には双方で相違がないものと考え、本研究の強度と時間に類似した研究と比較してみた。

加賀谷は³⁰⁾青年を対象に82% $\dot{V}O_2$ max.（心拍数にして172拍/分）の強度で1回5分、週3回、6週間のトレッドミル走によるトレーニングを行なわせた。その結果、 $\dot{V}O_2$ max./wt.は4.1%増加した。また、最大換気量は増

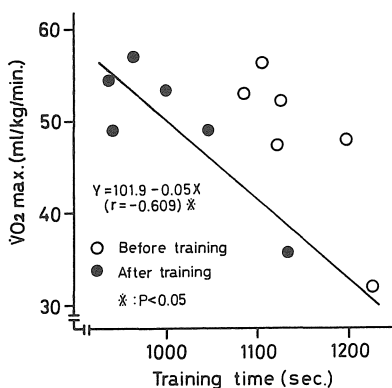
加が認められたものの酸素摂取率には改善が認められなかった。伊藤ら³¹⁾は中高年男子に60% $\dot{V}O_2$ max.に相当する強度で1日1回、20分間、週6日、6週間の自転車エルゴメーターによるトレーニングを行なわせた。その結果、 $\dot{V}O_2$ max./wt.は6.3%の増加を認め、H.R. max.および O_2 removal は変化を認めていない。本研究での強度は前者より軽く、後者と同程度であった。すなわち、平均心拍数 (N=4) にして148.4拍/分 (77.5% H.R. max., 64.4% $\dot{V}O_2$ max.) で、トレーニング中の心拍数変動範囲は主に130.0~170.0拍/分であった。時間は両者のものより長く平均 (N=6) にして27分27秒であった。この条件で週3回、6週間、計18回のトレーニングを行なわせたところ、 $\dot{V}O_2$ max., $\dot{V}O_2$ max./wt., $\dot{V}E$ max., および O_2 pulse max.に効果を認めた。しかし、H.R. max.と O_2 removal には効果が認められなかった (表6参照)。これらの結果は前述した両者の研究と近似した結果を示している。

体育科学センター³²⁾では60% $\dot{V}O_2$ max.に相当する強度で30分間のトレーニングは中等度のトレーニングであり、全身持久性のトレーニング効果が期待できる範囲として提示している。

本研究で採用したサーキット式・トレーニング法は上述の結果から中等度の強度に類し、呼吸・循環器系へ十分に刺激を加えていたものと考えられる。

図3は $\dot{V}O_2$ max./wt.と総所要時間の相関図である。 $\dot{V}O_2$ max./wt.と総所要時間との相関関係が認められ ($\gamma = -0.609$, $P < 0.05$)、サーキット運動が終了するまでには有気的運動として成り立っているものと考えられる。したがって、トレーニング前後で総所要時間に短縮が認められたのは呼吸・循環器系の改善も大きく関与していたものと考えられる。

図3. トレーニング群 (n=6) の総所要時間と体重当り最大酸素摂取量の関係



次に有酸素性作業能力の代表的な指標である $\dot{V}O_2$ max.の影響に係る要因³³⁾からトレーニングが呼吸・循環機能にもたらした生理的意義を考えてみる。

本実験による Submaximal な強度でのサーキット式・トレーニング法は $\dot{V}O_2$ max.の増加を認めた。 $\dot{V}O_2$ max.の増加の要因には呼吸機能と循環機能の改善が源となることは誰しもが知るところである。本実験を前者の機能からみた場合、呼吸の効率を示す酸素摂取率には変化が認められず、最大換気量の増大が認められることから、 $\dot{V}O_2$ max.の増加は呼吸機能の効率の改善というよりも換気量の増大によるものと考えられる。すなわち、肺における組織的变化というよりも、呼吸に関与する筋の強化による肺の容積の増加を示唆していると考えられる。

素脈は心臓が1回の拍動でどれだけの酸素量を拍出したかを示すもので心臓の効率の一面を見たものである⁶⁾。本実験において酸素脈に向上が認められたことはトレーニングによって心臓の働きが促進され、その効率が改善されたことを示唆するものであろう。以上、呼吸・循環器系に係る生理的要因の一部に好影響を及ぼしたことは総体的な効率の向上にも影響を及ぼしたものと思われる。

形態の変化をみると、屈曲位上腕最大囲(右)、前腕最大囲(右と左)および大腿最大囲(左)に有意な増加を認めた。これらを筋力に有意に向上した部位との関係で見ると、筋力は腕部に向上が認められていることから、腕部の形態へトレーニングの影響があらわれたのであろう。大腿最大囲(左)についてはさだかでない。

体重と皮脂厚のすべての測定に有意な減少が認められなかった。神村ら³⁴⁾は50% $\dot{V}O_2$ max.の負荷で運動開始から約40分以後に血液中に FFA が増大し始めることを認めて、脂肪がエネルギー源として導入される段階であることをうかがわせている。本実験の運動時間が約30分間であったことからみると、脂肪をエネルギー源として導入するまでには至らず、皮脂厚の減少に影響を及ぼさなかったのであろう。すなわち、糖質が運動エネルギーの中心的エネルギー源として働いていたものと推察されよう。

以上の結果と考察からトレーニング内容のエネルギー発現様式について検討してみる。

先述した水原ら¹⁴⁾の研究では、運動の終了までにて得心拍数の水準は115~166拍/分であり、血液乳酸濃度は運動開始とともに上昇しはじめ運動3回目の休息時に69.7 mg/100mlを認めている。また、著者ら¹⁵⁾の研究では心拍数の水準が120~154拍/分であり、血液乳酸濃度は8回目の運動後に161mg/100mlを認めている。この双方の研究

は有酸素性パワーの指標である最大酸素摂取量に顕著な向上を認め、1回1回の運動は無酸素性であるもののトレーニング・プログラムが終了する時には有酸素性運動として成り立っていることを示唆している。本実験でも酸素摂取能力に向上の痕跡が認められている。また、総所要時間と体重当り $\dot{V}O_2$ max.との相関が認められた(図3参照)。サーキット種目には水原ら¹⁴⁾、著者ら¹⁵⁾が行なったインターバル様式の自転車運動に酷似した運動を組み入れている。また、1つ1つの種目における運動時間はランニングを除いて10~50秒間であり、休息時間は10~60秒の間であった。

前述の結果からみて、本実験で行ったサーキット方式の運動事例は乳酸を蓄積しつつ行なう無酸素性運動から乳酸の分解によってエネルギーを供給する有酸素性運動へと移行したトレーニング内容であったものと推察される。

まとめ

本研究はMorganら¹³⁾の創案したサーキット・トレーニングから概念的に拡大した考えのもとにトレーニング・プログラムを構成し、それを個人に応じたSubmaximalな強度でサーキット式にトレーニングを行なった。すなわち、1サーキット単位のプログラムを絶対数18種目で構成し、各種目の反復回数あるいは負荷強度を個人ごとに相対的に与え、個人ごとに応じたトレーニング目標時間を設定して運動を行なわせた。1サーキットに設定したトレーニング目標時間は1サーキットを全力で実施した時の1.44倍(6名平均)であった。トレーニングは週3回、1日当たり1サーキット単位で6週、計18回のトレーニングを行なった。

その結果は次のようであった。

1) 本実験に用いたトレーニングの強度を生理的負担度でみると、平均心拍数(N=4)は 148.4 ± 15.3 拍/分であった。相対的にみるとH.R. max.に対し $77.5\% \pm 2.6$ 、 $\dot{V}O_2$ max.に対する強度では $64.4\% \pm 2.8$ であった。総合的にみると中等度の運動強度であり、酸素摂取能力への効果が期待できるものと考えられた。

2) 神経機能の測度では下肢の急速反復速度であるステップング右側と左側にそれぞれ 3.9% ($P < 0.025$)、 3.3% ($P < 0.05$)に有意な向上が認められた。

3) 筋力の測度では背筋力、握力(右, 左)、上腕屈曲力(右, 左)および大胸筋力(右, 左)に有意な向上が認められた。しかし、背筋力、上腕屈曲力および大腿伸展力の単位体重当り指数でみるとトレーニング効果は認められず、実質の筋力向上を伴うトレーニング・プログラムになっていなかったものと考えられた。

4) 階段パワーと体重当り階段パワーにそれぞれ 6.9% ($P < 0.05$)、 5.1% ($P < 0.025$)の有意な向上が認められた。

5) 酸素摂取能力への効果をみると $\dot{V}O_2$ max., $\dot{V}O_2$ max./wt., $\dot{V}E$ max., O_2 pulseにそれぞれ 5.33% ($P < 0.005$)、 3.8% ($P < 0.025$)、 5.1% ($P < 0.025$)、 5.6% ($P < 0.005$)の向上が認められた。H.R. max.と O_2 removalには変化が認められなかった。

6) 形態は屈曲位上腕最大囲の右側、前腕最大囲の右側、左側および大腿最大囲の右側に有意な変化が認められた。

引用および参考文献

- 1) 池上晴夫：ひどいあなたの運動不足度自己判定法、別冊壮快「運動健康法事典」、マイヘルス社、講談社：202-210, 1978.
- 2) 小野三嗣：健康をもとめて一青年期一、不昧堂新書：164-166, 1974.
- 3) 舟橋明男：高校正課体育内に採り入れたサーキット・トレーニングの効果に関する研究、体育学研究14(4)：239-246, 1969.
- 4) 本間崇：大学正課体育の運動教材としての「体力づくり」、新体育48(11)：93-95, 1978.
- 5) 猪飼道夫、江橋慎四郎、加賀谷熙彦：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1報一最大持久走時間の測定とトレッドミル効果についての一考察一、体育学研究7(3)：99-106, 1963.
- 6) 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報一持久性の限界因子の究明一、体育学研究8(3,4)：61-71, 1965.
- 7) 猪飼道夫、江橋慎四郎、加賀谷熙彦：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3報一最大負荷によるトレーニングの効果と2/3の負荷によるトレーニングの効果との比較一、体育学研究12(1)：35-46, 1967.
- 8) 鈴木慎次郎：運動処方専門委員会初年度研究概要、体育科学1：1-4, 1973.
- 9) Th.ヘティンガー：アイソメトリック・トレーニング一筋力トレーニングの理論と実際一、大修館書店、東京：105, 1974.
- 10) 小原史朗：サーキット・トレーニング方法における身体的運動負荷について一有酸素性作業能力の向上を主目的とした相対的時間条件と生理的強度の関係について一、愛知工業大学「研究報告」17(A)：49-58, 1982.
- 11) Margaria, R., P. Aghemo and E. Rovelli :

- Measurement of muscular power (anaerobic) in man. *J. Appl. physiol.* 21(5) : 1662—1664, 1966.
- 12) 川村仁視, 神代古典, 大山慈徳, 石垣尚男, 山田岳志, 小原史朗: 本学々生の体力・運動能力に関する調査研究, 愛知工業大学“研究報告”14(A) : 45—55, 1979.
 - 13) R. E. モーガン, G. T. アダムソン著, 加藤橋夫, 窪田登訳: サーキット・トレーニング, ベースボール・マガジン社: 1978.
 - 14) 水原博而, 進藤宗洋, 田中宏暁: 自転車運動による敏捷性トレーニングが身体におよぼす影響, 日本体育学会24回大会号: 174, 1973.
 - 15) 小原史朗, 進藤宗洋, 田中宏暁, 徳山郁夫: 自転車による無酸素性運動の身体におよぼす影響, 日本体育学会24回大会号: 142, 1973.
 - 16) 進藤宗洋, 田中宏暁: 自転車によるトレーニング—90% $\dot{V}O_2$ max.15分間3回/週一, 体育科学1 : 5—13, 1973.
 - 17) 進藤宗洋, 田中宏暁, 小原史朗, 徳山郁夫: 中高年の自転車エルゴメーターによる50% $\dot{V}O_2$ max.強度の60分間トレーニング, 体育科学2 : 139—152, 1974.
 - 18) 進藤宗洋, 田中宏暁, 小原繁: 自転車運動による50% $\dot{V}O_2$ max., 60分間トレーニングが成人女子におよぼす影響, 体育科学3 : 58—67, 1975.
 - 19) 猪飼道夫編: 身体運動の生理学, 杏林書院, 東京: 91, 1976.
 - 20) 猪飼道夫編: 身体運動の生理学, 杏林書院, 東京: 330, 1976.
 - 21) 猪飼道夫編: 身体運動の生理学, 杏林書院, 東京: 14, 1976.
 - 22) 猪飼道夫編: 身体運動の生理学, 杏林書院, 東京: 23, 1976.
 - 23) H. Mellerowicz and W. Meller 著, 石川且, 青山昌二共訳, 広田公一監修: トレーニング—生物学的, 医学的基礎と原理一, ベースボール・マガジン社, 東京: 75, 1977.
 - 24) 猪飼道夫, 矢部京之助: 筋肉と疲労の研究(I), (II), 体育科学17 : 108—113, 166—172, 1967.
 - 25) 猪飼道夫, 石井喜八: 筋力の生理的限界と心理的限界の筋電図学的研究, 体育学研究5(4) : 154—165, 1961.
 - 26) 金子公有: 瞬発的パワーからみた人体筋のダイナミックス, 杏林書院, 東京: 1974.
 - 27) 金原勇: パワーのトレーニング 身体運動の科学 I Human power の研究, 杏林書院, 東京: 1973.
 - 28) 三浦望慶: 瞬発力と神経; 筋, 新体育 vol.45No. 9 : 26—29, 1975.
 - 29) R.マルガリア著, 金子公有訳: 身体運動のエネルギー, ベースボール・マガジン社, 東京: 1978.
 - 30) 加賀谷熙彦: 持久性トレーニングの至適強度選定に関する研究(1)—80% $\dot{V}O_2$ max.負荷のトレーニング効果一, 体育科学1 : 58—66, 1973.
 - 31) 伊藤朗, 鈴木政登, 金刺喜美子, 井川幸雄: 中高年者の60% $\dot{V}O_2$ max.トレーニングの生化学的研究, 体育科学3 : 96—111, 1975.
 - 32) 体育科学センター編: 健康づくり運動カルテ, 講談社, 東京: 1976.
 - 33) 沢田芳男: 呼吸循環器系の成長・発達と身体運動, 新体育 vol.46No. 8 : 20—26, 1976.
 - 34) 神村育男, 進藤宗洋, 田中宏暁: 自転車による有酸素性運動の身体におよぼす影響, 日本体育学会第24回大会号: 112, 1973.

(受理 昭和58年1月16日)