

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(2)—

小 原 史 朗

A study of Training on the Circuit Type

—On the Effect of the Body on Method
under Submaximal Intensity (2)—

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 31 items and the time of the training was set up to be lengthened 1.6 fold times of the total time required. Average values of training time (N=6) was 2130 ± 283 seconds and average values of heart rate in training was 138.4 ± 16.0 beats per minute (subj. T. K.), 138.4 ± 14.5 beats per minute (subj. S. S.).

Six male students aged 18-19 years were served as a training subjects and the other three male students aged 18-22 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 (L.) and side steps improved significantly by 3.4% and 2.6% respectively, while the change in tapping (R. and L.) and stepping (R.) did not change significantly. As for measurements of muscle strength, back strength, grip strength (R. and L.), knee extantion strength (R. and L.) and knee extantion strength per weight (R.) improved significantly by 1.7%, 4.8%, 3.6%, 3.8%, 3.0%, and 3.1% respectively. In measurements of anaerobic power, maximum power staircase, maximum power staircase per weight and vertical jump improved significantly by 4.6%, 4.5%, and 4.4% respectively. Average values of aerobic work capacity i.e. $\dot{V}O_2 \text{ max.}$, $\dot{V}E \text{ max.}$ and $O_2 \text{ pulse max.}$ increased significantly by 3.1%, 2.8% and 3.0% respectively. $\dot{V}O_2 \text{ max./wt.}$, H.R.max. and $O_2 \text{ removal}$ did not change significantly. Anthropometric measure showed significant increase in chest girth, girth of upper arm on flexion (L.) and girth of fore arm (L.).

緒 言

小野¹⁾は、「青少年者の身心の発達・充実を助長する為にも、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ない重要な時期である」としている。ところが、現代社会は自動車の普及、職場や家庭における機械化、省力化によって運動様式は単純化し、恒常的に大筋群活動の量や強度を減少あるいは軽減している現況である。

このような現代社会において、池上²⁾は、運動不足症としての呼吸・循環器系の疾患、腰痛、神経痛、関節痛および肥満症など様々な文明病なるものの発生が高まっていることを報告している。この様な事態が青少年層にまで頻繁に出現するようになれば、身体的、精神的な活動

能力の減退を起し、活力に満ちた、たくましい生き方に影響を及ぼすとともに、より高い文化的生活の営みを阻害することになり、日本民族の将来に大きな損失を招くことになるものと考ええる。

したがって、個々の青少年が身体的かつ精神的な発達・充実を助長し、その活動能力を改善し得る運動処方に興味を持ち、積極的かつ、習慣的に実施可能な身体運動の手段や運動実施方法を準備することは将来を担う、たくましい青少年の育成に不可欠なものと考ええる。特に、一般の青少年者で「体力の劣る者」や「日頃、運動を実施していない者」への対策は重要課題であると考ええる。

我が国ではトレーニング処方に関する研究は1964年の東京オリンピックを契機にさかんになり、最近では、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が

可能となった。

Morgan ら³⁾は、総合的体力トレーニングの方法として、サーキット・トレーニングを考案した。

このトレーニングは種々の動作を取り入れることができ、実施者に興味を持たせ、短時間で合理的に総合体力を発達させ得るところに魅力があり、よく利用されている⁴⁾⁵⁾⁶⁾⁷⁾。ところがサーキット・トレーニングは一連の運動プログラムの各種の運動を休息をおかないで「全力」或いは「ほぼ全力」でスピーディーに実施していくもので、一般の青少年に対する運動の実施方法としては安全性あるいはトレーニングの興味、継続性などの諸条件においてまだ不十分であると思われる。

本研究の目的は、サーキット・トレーニングの運動手段を基として、トレーニング処方に関する様々な諸研究³⁾⁸⁾⁹⁾¹⁰⁾¹¹⁾¹²⁾¹³⁾を参考にサーキット式に行なう一連のトレーニングを組み、一定期間のトレーニング後に身体に及ぼした影響と、それに関係したと思われる生理的要因から、一般の青少年者に適するサーキット式トレーニングの実施方法、運動強度、時間等の処方について検討することである。

実験方法

a) 被検者

被検者は18才～22才の健康な男子大学生9名を選び、うち6名をトレーニング群、残り3名を対象群とした。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

トレーニングに用いた運動種目は体力構成要素のうちから、A=筋力系種目(4種目)、B=パワー系種目(3種目)、C=筋持久力系種目(3種目)を準備した。サーキットの構成は各系の終りに200mのランニングを加えて1サーキットとし、トレーニングは下記の順に2½サーキットを実施した。

$$\left[\begin{array}{l} A \rightarrow \text{Run} \rightarrow B \rightarrow \text{Run} \rightarrow C \rightarrow \text{Run} \rightarrow A \rightarrow \text{Run} \\ \rightarrow B \rightarrow \text{Run} \rightarrow C \rightarrow \text{Run} \rightarrow A \rightarrow \text{Run} \end{array} \right]$$

なお、各運動種目の間には約5～7mの移動距離をとって運動を巡回するようにした。

トレーニングに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

各運動種目におけるトレーニング時の反復回数および運動負荷量(重量)の決定方法と相対的条件について表3に示した。

各運動ごとの一定時間内における最大能力発揮の測定にあたっては、一つの運動種目のテスト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テストを実施した。測定順序はトーン

表1 被検者の身体的特徴

	Subj.	Age (years)	Height (cm)	Weight (kg)	$\dot{V}O_2 \text{ max.}$ (l/min)	$\dot{V}O_2 \text{ max./wt.}$ (ml/kg/min.)	H.R. max. (beats/min.)
Training group	R. T.	19	168.8	61.5	3.290	53.1	195.7
	K. Y.	19	171.0	58.5	3.280	54.8	186.8
	T. K.	19	169.2	61.0	2.950	48.1	186.0
	A. S.	18	168.0	78.0	2.775	35.1	189.4
	M. S.	18	173.4	64.0	2.495	39.9	194.6
	S. S.	18	168.7	61.0	2.660	42.9	197.8
	Mean (S. D.)	18.5 (0.5)	169.9 (2.2)	64.0 (7.1)	2.829 (0.380)	44.8 (8.8)	191.7 (5.0)
C. group	M. M.	22	160.1	54.0	2.329	43.1	191.4
	O. O.	18	166.7	75.0	2.629	35.1	190.2
	H. N.	18	170.2	78.0	2.712	34.8	191.4
	Mean (S. D.)	19.3 (2.3)	165.7 (5.1)	69.0 (13.1)	2.556 (0.202)	37.7 (4.7)	191.0 (0.7)

C. group=Control group

グ順序と同一順序で実施した。

③ トーニング目標時間の設定と運動の進め方

トーニングの目標時間の設定は次のような経過で行なった。

1. 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、第1の運動種目から最後の運動種目までの総所要時間の測定を行なった。

2. 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に要した時間（以下、実働時間という）と運動種目の休憩（含・移動）に要した時間（以下・休息时间という）をそれぞれ求めた。

3. 前記で求めた実働時間と休息時間をそれぞれ1.6倍乗じて秒単位で加算していき、種目ごとの開始・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。

運動の進め方はサーキット方式を採用し、上述の方法で設定した目標時間によってトーニングを行なった。なお、運動の順序、各種目の反復回数、反復リズム、および運動種目ごとの開始、終了時間が把握できるように諸条件を録音したカセット・テープを準備、テープを聞きつつトーニングを実施させた。

④ トーニング頻度と期間

トーニング頻度は1日おき、週3回とし、トーニング期間は1981年11月上旬～同年12月下旬の6週間で、トーニング回数は計18回であった。

実験場所は本学測定室およびトーニング室であった。

C) トーニング効果の判定

ト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、ステップングおよび反復横とびを採用した。

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、大腿伸張力を採用した。

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¹⁴⁾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

Aerobic power の指標である最大酸素摂取量 ($\dot{V}O_2 \max.$, $\dot{V}O_2 \max./wt.$) 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

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
筋	1	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。
	2	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。
力	3	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。
	4	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	5	ランニング	200m の距離をジョギング程度の速度で走る。
パワ	6	バーピー・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。
	7	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。
	8	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。
全	9	ランニング	200m の距離をジョギング程度の速度で走る。
筋持久力	10	両脚大屈伸	両手を後ろに組んで両脚を肩巾に開いて立ち、膝・腰を深く曲げた姿勢になって再び立ちあがる。
	11	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。
	12	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。
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。

※ 全：全身持久力

(O_2 pulse max.)¹⁵⁾, 酸素摂取率 (O_2 removal)¹⁵⁾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¹²⁾¹⁶⁾を採用した。

⑤ トーニング時間の変化

ト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)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。

結果と考察

前述したトーニング内容にて計18回のトーニングが及

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

運動種目名	トレーニングの反復回数、負荷量の決定	最大反復数 (回) Mean (S.D.)	トレーニング時 反復数(回) Mean (S.D.)	相対強度 (%) Mean (S.D.)
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。実際は $47.2 \pm 3.71\%$ に相当して 30.7 ± 6.6 kgであった。反復回数は20秒間の最大反復回数に対して $\frac{1}{2}$ 回数。	19.3 (3.9)	9.7 (1.9)	50.5 (1.2)
カール	最大・上腕屈曲力 [(右)+(左)/2]の60%に相当する重量。実際は $63.3 \pm 7.16\%$ で 20.7 ± 2.4 kgの重量であった。反復回数は20秒間の最大反復回数に対して $\frac{1}{2}$ 回数。	20.3 (4.6)	10.3 (2.4)	50.7 (1.2)
デッド・リフト	最大・背筋力の30%に相当する重量。実際は $33.9 \pm 1.0\%$ で 52.5 ± 7.8 kgであった。反復回数は20秒間の最大反復回数に対して $\frac{1}{2}$ 回数。	16.9 (4.3)	8.9 (2.2)	52.7 (1.4)
ラテラル・レイズ	最大・大胸筋力の50%に相当する重量。実際は $48.0 \pm 1.6\%$ で 7.0 ± 1.0 kgであった。反復回数は20秒間の最大反復回数に対して $\frac{1}{2}$ 回数。	11.3 (3.0)	6.0 (1.5)	53.4 (2.7)
バーピー・ジャンプ	30秒間の最大反復回数に対して $\frac{1}{2}$ 回数。	12.7 (2.2)	6.7 (1.1)	52.9 (2.2)
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 $\frac{1}{2}$ 回数。	11.7 (4.5)	6.5 (2.6)	51.5 (2.1)
膝かかえ・ジャンプ	30秒間の最大反復回数に対して $\frac{1}{2}$ 回数。	41.0 (2.4)	20.7 (1.1)	50.5 (6.8)
両脚大屈伸	60秒間の最大反復回数に対して $\frac{1}{2}$ 回数。	38.4 (3.0)	19.4 (1.8)	50.5 (1.4)
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 $\frac{1}{2}$ 回数。	47.4 (4.0)	24.0 (1.8)	50.7 (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 $\frac{1}{2}$ 回数。	28.4 (5.4)	14.4 (2.7)	50.8 (1.0)

表4 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

Variabes	(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.	%			
Tapping (beats)	R.	6	74.5 (10.2)	77.0 (10.4)	2.5 (5.1)	3.6 (7.4)	—	3	65.3 (0.6)	65.0 (2.0)	-0.3 (2.1)	-0.3 (3.2)	—	—
	L.	6	69.2 (9.2)	69.7 (10.1)	1.5 (3.7)	1.2 (3.9)	—	3	57.7 (3.5)	57.0 (6.0)	-0.7 (2.5)	-1.3 (4.4)	—	—
Stepping (beats)	R.	6	57.8 (6.4)	59.7 (5.5)	1.9 (3.0)	3.5 (6.1)	—	3	53.3 (2.5)	53.0 (3.0)	-0.3 (3.8)	-0.5 (7.2)	—	—
	L.	6	54.3 (6.0)	56.2 (6.4)	1.9 (1.7)	3.4 (3.3)	※	3	50.7 (3.8)	50.7 (3.5)	0.0 (2.6)	0.1 (5.4)	—	—
Side step (beats)		6	46.8 (4.0)	48.0 (3.3)	1.2 (1.0)	2.6 (2.5)	※	3	40.0 (2.7)	39.7 (4.0)	-0.3 (4.0)	-0.7 (10.5)	—	—
Strangth <Back> (kg)		6	152.7 (22.7)	155.2 (22.1)	2.5 (2.3)	1.7 (1.4)	※	3	122.3 (15.8)	122.0 (13.7)	-0.3 (2.1)	-0.1 (1.8)	—	—
Strangth / wt. <Back>		6	2.39 (0.31)	2.41 (0.32)	0.02 (0.05)	1.09 (2.39)	—	3	1.79 (0.16)	1.78 (0.20)	-0.01 (0.05)	-1.06 (3.03)	—	—
Strangth <Grip> (kg)	R.	6	50.7 (5.1)	53.1 (5.8)	2.4 (1.9)	4.8 (3.5)	※※	3	44.5 (1.9)	45.1 (1.7)	0.6 (1.7)	1.6 (3.8)	—	—
	L.	6	49.2 (5.3)	51.0 (6.1)	1.8 (1.7)	3.6 (3.3)	※	3	41.8 (1.7)	42.2 (2.5)	0.4 (1.7)	0.9 (3.9)	—	—
Strangth <Elbow flexion> (kg)	R.	6	31.7 (4.8)	32.8 (5.4)	1.1 (1.5)	3.6 (4.5)	—	3	26.3 (2.3)	25.0 (4.0)	-1.3 (2.3)	-5.3 (9.2)	—	—
	L.	6	31.0 (3.7)	31.7 (4.5)	0.7 (1.0)	1.9 (3.4)	—	3	26.0 (4.6)	26.3 (2.1)	0.3 (2.9)	2.4 (10.5)	—	—
Strangth / wt. <Elbow flexion>	R.	6	0.50 (0.07)	0.51 (0.08)	0.01 (0.03)	2.93 (4.61)	—	3	0.39 (0.07)	0.36 (0.04)	-0.03 (0.06)	-6.97 (12.15)	—	—
	L.	6	0.49 (0.08)	0.49 (0.08)	0.01 (0.02)	1.86 (4.73)	—	3	0.38 (0.05)	0.38 (0.05)	0.00 (0.06)	-2.43 (6.17)	—	—
Strangth <Knee extantion> (kg)	R.	6	61.5 (6.4)	63.8 (6.9)	2.3 (1.9)	3.8 (3.2)	※	3	56.7 (9.8)	57.0 (12.2)	0.3 (2.5)	0.2 (4.2)	—	—
	L.	6	59.8 (6.3)	61.7 (7.2)	1.8 (1.6)	3.0 (2.8)	※	3	54.0 (8.7)	53.7 (8.1)	-0.3 (1.2)	-0.5 (2.2)	—	—
Strangth / wt. <Knee extantion>	R.	6	0.97 (0.14)	1.00 (0.14)	0.03 (0.02)	3.09 (2.87)	※	3	0.84 (0.16)	0.84 (0.20)	0.00 (0.06)	-0.65 (7.43)	—	—
	L.	6	0.95 (0.15)	0.97 (0.16)	0.02 (0.03)	2.28 (3.17)	—	3	0.79 (0.13)	0.80 (0.14)	0.01 (0.01)	0.00 (1.64)	—	—
Power staircase max. (kgm / sec.)		6	102.3 (11.9)	106.9 (12.0)	4.6 (4.6)	4.6 (4.0)	※	3	86.1 (12.4)	88.0 (11.4)	1.9 (2.2)	2.4 (2.8)	—	—
Power staircase max. / wt. (kgm / sec / kg)		6	1.59 (0.11)	1.66 (0.12)	0.07 (0.07)	4.51 (4.31)	※	3	1.26 (0.08)	1.28 (0.12)	0.02 (0.06)	1.74 (4.89)	—	—
Vertical jump (cm)		6	57.8 (3.7)	60.3 (4.1)	2.5 (2.3)	4.4 (4.0)	※	3	50.0 (10.2)	50.7 (8.7)	0.7 (1.5)	1.8 (3.4)	—	—

(—) : P > 0.05, (※) : P < 0.05, (※※) : P < 0.025

ばした身体的変化を表4～5に示した。

① 神経機能からみた効果

トーニング前後での変化はステップング左側(増加率, 有意水準), (3.4%, $P < 0.05$)と反復横とび(2.6%, $P < 0.05$)に有意な向上が認められた。しかし, タッピング右側, 左側とステップング右側にはトーニング効果が認められなかった。コントロール群は, どの測度に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は認められなかった(表4参照)。

反復速度の調整力に係わる生理的要因で, 大筋動作の場合は主働筋に加わる神経衝撃の大きさや神経衝撃の急速な切り替え能力に加えて, 筋力あるいは無酸素的エネルギーの動員力が大きく関与する¹⁷⁾。

前回の実験¹⁸⁾においては下肢を中心の調整力系に関する運動内容をプログラム中に組み込んでステップングと反復横とびに効果を示した。

本実験では急速反復速度性に富んだ運動種目あるいは運動様式をサーキット・プログラム中に意識的に組み込まなかった。にもかかわらず, ステップング左側と反復横とびに有意な変化を示した。この結果をトーニング効果を示した下肢筋の筋力と無酸素的パワーへの効果とから考察するとトーニングによって下肢筋力の向上および無酸素的パワーの向上が認められている(表4参照)。このことから筋力と無酸素的エネルギーの動員能力の改善による影響が下肢の神経系の調整力であるステップング左側と反復横とびに効果をもたらしたものと考えられ

る。

すなわち, 本実験における運動方式は日常生活レベルの動きに加え, より意識的に筋肉へ刺激を加えて筋を急速に反復して動かす能力をも改善しようもので, 調整力に関する Performance の向上に無用な手段でないものと考えられる。

② 筋力からみた効果

筋力の測度では背筋力(1.7%, $P < 0.05$), 握力の右側(4.8%, $P < 0.025$), 同・左側(3.6%, $P < 0.05$), 脚伸展力の右側(3.8%, $P < 0.05$), 同・左側(3.0%, $P < 0.05$)および体重当り脚伸展力の右側(3.1%, $P < 0.05$)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。両群間の増加率には有意な差が認められなかった(表4参照)。

H. Mellerowicz ら¹⁹⁾は筋力トーニングについて「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。」としている。また, ヘィンガーら¹⁹⁾は「筋力トーニングに用いる負荷強度のトーニング閾値は最大筋力の30%であり, 筋緊張維持時間は最大筋緊張強度の40～50%強度では15～20秒間, 60～70%強度では6～10秒間が必要である。」としている。本実験で構成した筋力系のトーニング種目は前回の実験¹⁸⁾で採用したトーニング種目と同様であった。

負荷重量は最大筋力の30～60%であり前回の実験時と

表5 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.)					P		
	N	Before	After	Change		P	N	Before	After	Change		P	
				C. E.	%					C. E.			%
$\dot{V}O_2 \text{ max.}$ ($\ell / \text{min.}$)	6	2.83 (0.38)	2.91 (0.33)	0.08 (0.06)	3.08 (2.54)	※	3	2.56 (0.20)	2.60 (0.18)	0.04 (0.03)	1.71 (1.14)	—	—
$\dot{V}O_2 \text{ max.} / \text{kg}$ ($\text{ml} / \text{min.} / \text{kg}$)	6	44.80 (8.84)	45.70 (7.71)	0.90 (1.39)	2.39 (3.12)	—	3	37.70 (4.71)	38.00 (4.70)	0.30 (1.11)	0.83 (3.18)	—	—
H. R. max. (beats/min.)	6	191.70 (4.97)	191.80 (3.20)	0.10 (1.96)	0.06 (1.01)	—	3	191.00 (0.69)	192.50 (2.05)	1.50 (2.15)	0.80 (1.13)	—	—
$\dot{V}E \text{ max.}$ ($\ell / \text{min.}$)	6	109.94 (10.54)	112.86 (8.36)	2.91 (2.64)	2.84 (2.64)	※	3	96.14 (11.14)	97.21 (10.52)	1.07 (0.63)	1.18 (0.83)	—	—
$O_2 \text{ pulse max.}$ (ml / beats)	6	14.80 (2.09)	15.20 (1.83)	0.40 (0.32)	2.97 (2.46)	※	3	13.40 (1.06)	13.50 (1.08)	0.10 (0.10)	0.74 (0.71)	—	—
$O_2 \text{ removal}$ (ml / ℓ)	6	25.60 (1.17)	25.70 (1.10)	0.10 (0.31)	0.34 (1.20)	—	3	26.70 (1.25)	26.80 (1.35)	0.10 (0.12)	0.61 (0.40)	—	—
Total time (sec)	6	1331.5 (177.1)	1141.5 (171.3)	-190.0 (79.6)	-14.3 (6.4)	※※※※							

(—) : $P > 0.05$, (※) : $P < 0.05$, (※※) : $P < 0.025$, (※※※) : $P < 0.01$, (※※※※) : $P < 0.005$

く報告されている¹⁰⁾¹¹⁾²²⁾²⁶⁾²⁷⁾。

運動形態は様々であるが強度を70% $\dot{V}O_2$ max.以上に定めた研究者¹⁰⁾²⁶⁾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。本実験で実施した運動様式による運動時の強度はほぼ60% $\dot{V}O_2$ max.強度であり、実施時間は平均(N=6)で35分30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., $\dot{V}E$ max.および O_2 pulse max.に向上を認め、 $\dot{V}O_2$ max./wt., H.R.max.および O_2 removalには向上が認められなかった。

本実験で酸素摂取能力の実質的指標の $\dot{V}O_2$ max./wt.に向上が認められなかったのは、体重の増加分に見合っただけの $\dot{V}O_2$ max.の絶対量を増加改善することが出来なかった被検者がいて、平均増加率よりばらつきが大きくなったためであろう。その他の酸素摂取能力に関する測定への効果は加賀谷²⁶⁾、伊藤ら²⁷⁾および前回の実験¹⁸⁾の結果と相似するものであった。

全身持久性を高める為のトレーニングとして、猪飼ら⁹⁾は「身体の諸器官が参加できるような全身的、有気的な身体活動でなければならない」としている。本研究に用いたサーキット式・トレーニングはMorganら³⁾の考案したサーキット・トレーニングに準拠した方法から、呼吸・循環器系に対して出来る限り Submaximal な努力で実施するサーキット式・トレーニングを考え、その中でオールラウンドな体力づくりが可能となりうるように上・下肢、体幹の筋群を用いるように運動種目を構成した(表2参照)。

本実験における実施方法が全身的、有機的な活動水準に達しているかを見る為にトレーニング時の心拍数をテレメーターで検知して、その変化を図1に示した。図は運動種目ごとの運動開始直前と運動終了直後の心拍数の変

化をグラフ化したもので、トレーニング内容を Maximum で実施した場合と Submaximal な実際のトレーニングでの変化を示した。被検者は T.K.と S.S.である。また、トレーニング中の H.R.をあらかじめ作成していた個人ごとの「H.R.- $\dot{V}O_2$ 関係図」から内挿法により、 $\dot{V}O_2$ に換算し、相対的負荷強度を表わす% $\dot{V}O_2$ max.を求めて相対的生理的負担度でも示した。また、実際にトレーニングで費やした時間条件について表6に示した。

Submaximal な実施方法によるサーキット式・トレーニング時の心拍数の主な変動範囲は T.K.が120.0~160.0拍/分, S.S.が125.0~170.0拍/分の範囲にあり、相対的強度でみると、両者共に50~75% $\dot{V}O_2$ max.の範囲であった。平均心拍数は T.K.が138.4±16.0拍/分, S.S.が138.3±14.5拍/分であり、% $\dot{V}O_2$ max.値で見ると T.K.が61.3±9.9% $\dot{V}O_2$ max., S.S.が58.5±8.8% $\dot{V}O_2$ max.であった。

実際にトレーニングに費やした時間条件は T.K.が1907 sec., S.S.が2330 sec.であり、トレーニング群の平均・運動実施時間は2130±283 sec.であった(表6参照)。

体育科学センター²³⁾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。すなわち、体育科学センターの提示は猪飼ら⁹⁾の「全身持久性を高める為のトレーニングとして、身体の諸器官が参加できるような全身的な身体活動でなければならない」という主張に合致していると考えられる。本研究に採用した Submaximal な実施方法は強度において、あるいは時間において体育科学センターの提示する中等度の運動条件に類するもので呼吸・循環器系へ十分に刺激を加え、全身的・有気的な身体活動レベルに達していたものと考えられる。

図1の○印、△印は被検者 T.K.と S.S.がトレーニング・プログラムを Maximal な努力にて運動を展開した際の心拍数の変化である。この際の最高心拍数(% $\dot{V}O_2$ max.)は T.K.が179.3拍/分(74.2% $\dot{V}O_2$ max.), S.S.が187.2拍/分(87.8% $\dot{V}O_2$ max.)まで上昇し、トレーニング時の平均心拍数は T.K.が159.1拍/分(74.2% $\dot{V}O_2$ max.), S.S.が162.0拍/分(72.5% $\dot{V}O_2$ max.)であった。これを Submaximal な実施方法と比べてみると20.7~23.7拍/分(12.9~14.4% $\dot{V}O_2$ max.)の水準差が認められ、「Maximal な実施方法>Submaximal な実施方法」という強度関係がみられた。

Åstrandら²³⁾、猪飼と山地²⁴⁾は% $\dot{V}O_2$ max.と心拍出量、1回拍出量との関係について、45~50% $\dot{V}O_2$ max.強度以上の条件では心臓の状態は差がないことを示している。したがって、サーキット式・トレーニングを Maxi-

表6 サーキット式・トレーニングでの時間条件

Subj.	Total time (sec)	Training time (sec)	Tr.time To.time (times)
R. T.	1,199	1,920	1.60
K. Y.	1,146	1,833	1.60
T. K.	1,192	1,907	1.60
A. S.	1,583	2,532	1.60
M. S.	1,414	2,260	1.60
S. S.	1,455	2,330	1.60
Mean (S.D.)	1,332 (177)	2,130 (283)	1.60 (0.00)

※ To.time……Total time, Tr.time……Training time.

mal に実施しても、Submaximal に実施しても心臓の状態には差がほとんどないものと考えられる。山地²⁵⁾は「日頃余り身体活動を経験していないヒトがトレーニングを開始して全身持久性の作業能力の向上や、呼吸・循環機能の改善を図る場合には、最初のトレーニング強度はトレーニング効果が期待できる最低の負荷強度（130拍/分）で、しかもできるだけ長時間続ける必要がある。」としてい

る。また、トレーニング時の安全性⁷⁾や運動動作の正確性⁵⁾の条件も考慮することは重要である。

本研究における Submaximal な実施方法は呼吸・循環器系へ十分刺激を加え、有気的な身体活動レベルに達していたこと、運動中における心臓の状態は Maximal な実施方法と差がないと考えられることから「体力レベルの低い青少年」や「日頃運動を実施していない者」を対

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		
				C.E.	%					C.E.	%			
Weight (kg)	6	64.0 (7.1)	64.4 (7.2)	0.4 (1.0)	0.7 (1.6)	—	3	69.0 (13.1)	69.5 (12.8)	0.5 (2.6)	0.9 (3.7)	—	—	
Height (cm)	6	169.9 (2.2)	170.0 (2.3)	0.1 (0.6)	0.03 (0.4)	—	3	165.7 (5.1)	165.7 (4.7)	0.1 (0.4)	0.04 (0.3)	—	—	
Chest girth (cm)	6	87.5 (5.6)	88.1 (5.3)	0.6 (0.5)	0.7 (0.6)	※	3	93.2 (9.7)	92.4 (8.2)	-0.8 (2.1)	-0.7 (2.2)	—	—	
Girth of abdominal (cm)	6	73.5 (7.6)	72.8 (7.7)	-0.7 (2.4)	-0.9 (3.4)	—	3	84.9 (10.4)	85.2 (10.5)	0.3 (0.9)	0.4 (1.0)	—	—	
Girth of upper arm (ext.) (cm)	R.	6	28.0 (2.0)	28.3 (2.4)	0.3 (0.7)	0.9 (2.4)	—	3	29.1 (4.0)	29.1 (4.2)	0.0 (0.5)	-0.04 (1.6)	—	—
	L.	6	27.1 (1.9)	27.7 (1.9)	0.6 (0.6)	1.9 (2.4)	—	3	28.1 (3.7)	28.1 (3.6)	0.0 (0.6)	0.2 (1.9)	—	—
Girth of upper arm (flex.) (cm)	R.	6	30.4 (1.9)	30.7 (1.9)	0.3 (0.3)	0.7 (1.1)	—	3	31.3 (3.8)	31.5 (3.4)	0.2 (0.5)	0.7 (1.6)	—	—
	L.	6	29.5 (2.1)	30.3 (1.6)	0.8 (0.6)	2.9 (2.2)	※※	3	30.4 (3.1)	30.2 (2.7)	-0.2 (1.0)	-0.3 (3.2)	—	—
Girth of forearm (cm)	R.	6	26.2 (1.5)	26.3 (1.4)	0.1 (0.1)	0.5 (0.5)	—	3	25.9 (1.7)	26.0 (1.7)	0.1 (0.5)	0.5 (1.8)	—	—
	L.	6	25.8 (1.0)	26.0 (1.0)	0.2 (1.0)	0.7 (0.6)	※	3	25.1 (1.9)	25.1 (1.6)	0.0 (0.5)	-0.1 (2.1)	—	—
Girth of thigh (cm)	R.	6	52.7 (2.4)	52.9 (2.5)	0.2 (0.3)	0.3 (0.6)	—	3	54.3 (4.0)	54.1 (4.2)	-0.2 (0.3)	-0.4 (0.5)	—	—
	L.	6	52.0 (2.5)	52.4 (2.3)	0.4 (0.6)	0.8 (1.2)	—	3	53.8 (4.0)	54.1 (3.5)	0.3 (0.6)	0.6 (1.1)	—	—
Girth of calf (cm)	R.	6	37.1 (1.9)	37.2 (1.8)	0.1 (0.2)	0.1 (0.6)	—	3	38.8 (3.7)	38.8 (3.2)	0.0 (0.5)	0.2 (1.5)	—	—
	L.	6	37.2 (2.5)	37.3 (2.1)	0.1 (0.6)	0.3 (1.4)	—	3	38.2 (3.7)	38.2 (3.3)	0.1 (0.5)	0.2 (1.2)	—	—
Skinfold	Upper arm (mm)	6	12.4 (5.7)	12.3 (5.7)	-0.1 (0.4)	-0.7 (4.2)	—	3	20.0 (7.9)	20.1 (8.1)	0.1 (0.7)	0.3 (2.7)	—	—
	Scapula (mm)	6	10.5 (3.5)	10.3 (3.4)	-0.2 (0.3)	-1.7 (2.8)	—	3	16.7 (10.2)	16.3 (10.1)	-0.4 (0.3)	-0.3 (1.4)	—	—
	Abdominal (mm)	6	16.1 (9.6)	14.8 (9.3)	-1.3 (2.0)	-8.0 (18.6)	—	3	35.0 (13.2)	34.7 (15.1)	-3.0 (2.4)	-2.6 (7.8)	—	—

(—) : $P > 0.05$, (※) : $P < 0.05$, (※※) : $P < 0.025$

象としての体力作り方法として有用な手段であるものと考えられる。

⑤ 総所要時間への効果

構成したサーキット式・トーニングを全力にて実施した際の総所要時間の平均値は、トーニング前の1331±177秒からトーニング後の1141±171秒へと14.3±6.4% ($P<0.005$)の有意な短縮が認められた(表6参照)。この結果は前述してきた呼吸循環器系に係わる酸素摂取能力の改善、筋力の測度への向上、および無酸素的パワーの測度への向上がそれぞれのトーニング種目における動作を楽にさせ、休息時間の短縮に良い影響をもたらしたことが1つの要因となっていると考えられる。

⑥ 形態への変化

トーニング前後における形態への変化は表7に示した。

トーニング群において有意な変化を示したものは胸囲(0.7%, $P<0.05$)、屈曲位・上腕最大囲の左側(2.9%, $P<0.025$)と前腕最大囲の左側(0.7%, $P<0.05$)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(表7参照)。胸囲はサーキット種目の中に様々な動作を伴う運動が組み込まれており、日頃ほとんど用いることがない胸筋群を意識的に過負荷したことが有意な変化を生じたものと考えられる。前腕最大囲は握力の向上と因果があると思われる。すなわち、筋力的なトーニング種目においてはバーベルを持って身体に負荷を加える方法を用いており、バーベルの床からの持ち上げ、保持などの動作が前腕最大囲へ好影響をもたらしたものと考えられる。屈曲位・上腕最大囲の左側についてはさだかでない。

神村ら²⁸⁾は50% $\dot{V}O_2 \text{ max.}$ の負荷で自転車による有酸素性運動を行なったところ、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いる。本実験での運動時間は30分前後であったことから血液中にFFAが増大するまでに至らず、糖質がエネルギー源の主役として働き、脂質をエネルギー源として導入するまでに至らなかったものと推察されよう。したがって、皮脂厚の減少に影響を及ぼさなかったのであろう。

まとめ

本研究はMorganら³⁾の創案したサーキット・トーニングを概念的に拡大した考えのもとにトーニング・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31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ーニング目標時間を設定して運動を行なわせた。設定したトーニング目標時間

は構成したトーニング内容をMaximalな努力で実施した時の1.60倍(6名平均)であった。トーニングに参加した被検者は日常生活で規則的な激しい身体活動を実施していない健康な男子大学生6名で年齢は18-19才であった。

トーニングは週3回、1日当たり2 $\frac{1}{2}$ サーキット単位で6週、計18回のトーニングを行なった。コントロール群は18-22才で3名であった。

トーニング群における結果は次のようであった。

1) 神経機能の測度では下肢の急速反復速度であるステッピング左側と反復横とびにそれぞれ3.4% ($P<0.05$)と2.6% ($P<0.05$)の有意な向上が認められた。

2) 筋力の測度では背筋力、握力(右, 左)、大腿伸展力(右, 左)および大腿伸展力/wt.(右)に有意な向上が認められた。

3) 無酸素的パワーの測度では階段パワー、体重当り階段パワーおよび垂直とびにそれぞれ4.6% ($P<0.05$)、4.5% ($P<0.05$)と4.4% ($P<0.05$)の有意な向上が認められた。

4) 酸素摂取能力への効果をみると $\dot{V}O_2 \text{ max.}$ 、 $\dot{V}E \text{ max.}$ 、 $O_2 \text{ pulse max.}$ にそれぞれ3.1% ($P<0.05$)、2.8% ($P<0.05$)、3.0% ($P<0.05$)の改善が認められた。

しかし、 $\dot{V}O_2 \text{ max.}/\text{wt.}$ 、H.R. max.および $O_2 \text{ removal}$ には変化が認められなかった。

5) 本実験に用いたトーニング強度を心拍数水準でみると、被検者T.K.の平均心拍数(% $\dot{V}O_2 \text{ max.}$ 水準)は138.4±16.0拍/分(61.3±9.9% $\dot{V}O_2 \text{ max.}$)、被検者S.S.の平均心拍数は138.3±14.5拍/分(58.5±8.8% $\dot{V}O_2 \text{ max.}$)であった。この生理的強度は中等度のものであり、酸素摂取能力への効果が十分に期待できるものと思われる。

6) 形態は胸囲、屈曲位・上腕最大囲(左)および前腕最大囲(左)に有意な向上が認められた。

本実験の測定には本学々生三塚仁志、棚橋隆斉、楓美智彦、山下公平、勝野利幸の諸氏に御協力を頂いた。記して感謝の意を表する次第である。

引用および参考文献

- 1) 小野三詞：健康をもとめて一青年期一，164-166，不昧堂新書，東京，1974。
- 2) 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」，202-210，マイヘルス社，講談社，東京，1978。
- 3) R. E. モーガン，G. T. アグムソン著，加藤橋夫，窪田登訳：サーキット・トーニング，31，ベースボ

- ール・マガジン社, 東京, 1978.
- 4) 滝沢英夫, 西尾貫一, 渡辺慶寿: 正課体育時におけるサーキット・トレーニングの効果に関する研究(第1報) —女子中学生・高校生について—, 東大体育学紀要 8, 75-83, 1974.
 - 5) 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.
 - 6) 新畑茂充, 原田碩三, 太田和義: トーニング授業の開講と学生の体力向上に関する研究, 名市大教養部紀要(自然科学編) 24, 41-49, 1978.
 - 7) 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(1), 93-95, 1978.
 - 8) 猪飼道夫: 青年期に適切な運動負荷量の処方, 第16回日本医学会総会学術講演集—日本医学の1963年版—V, 207-211, 1963.
 - 9) 猪飼道夫, 江橋慎四郎, 加賀谷熱彦: 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—最大負荷によるトーニングの効果と2/3の負荷によるトーニング効果との比較—, 体育学研究12(1), 35-46, 1967.
 - 10) 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.
 - 11) 進藤宗洋, 田中宏暎, 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分間トーニング, 体育科学 2, 139-152, 1974.
 - 12) 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—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—, 愛知工業大学“研究報告” 17(A), 49-58, 1982.
 - 13) Th. ヘティンガー: アイソメトリック・トーニング—筋力トーニングの理論と実際—, 105, 大修館書店, 東京, 1974.
 - 14) Margaria, R., P. Aghemo and E. Rovelli: Measurement of muscular power (anaerobic) in man, J. Appl. physiol. 21(5), 1662-1664, 1966.
 - 15) 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—持久性の限界因子の研究—, 体育学研究 8(3,4), 61-71, 1965.
 - 16) 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.
 - 17) 猪飼道夫編: 身体運動の生理学, 14, 91, 330, 杏林書院, 東京, 1976.
 - 18) 小原史朗: サーキット式トーニングの検討—Submaximalな強度での実施が身体に及ぼす影響について(1)—, 愛知工業大学“研究報告” 18(A), 73-84, 1983.
 - 19) H. Mellerowicz and W. Meller 著, 石川旦, 青山昌二共訳, 広田公一監修: トーニング—生物学的, 医学的基礎と原理—, 75, ベースボール・マガジン社, 東京, 1977.
 - 20) 金子公有: 瞬発的パワーからみた人体筋のダイナミクス, 杏林書院, 東京, 1974.
 - 21) 金原勇: パワーのトーニング, 身体運動の科学 I, Human power の研究, 杏林書院, 東京, 1973.
 - 22) 体育科学センター編: 健康づくり運動カルテ, 56, 講談社, 東京, 1976.
 - 23) Åstrand, P. O., T. E. Cuddy, B. Saltin and J. Stenberg: Cardiac output during submaximal and maximal work, J. Appl. Physiol. 19, 268-274, 1964.
 - 24) 猪飼道夫, 山地啓司: 心拍数からみた運動強度—運動処方の研究資料として—, 体育の科学21(9), 589-593, 1971.
 - 25) 山地啓司: 運動処方のための心拍数の科学, 大修館書店, 東京, 1981.
 - 26) 加賀谷熱彦: 持久性トーニングの至適強度選定に関する研究(1)—80% $\dot{V}O_2$ max.負荷のトーニング効果—, 体育科学 1, 58-66, 1973.
 - 27) 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.トーニングの生化学的研究, 体育科学 3, 96-111, 1975.
 - 28) 神村育男, 進藤宗洋, 田中宏暎: 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59年1月17日)