

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—

小 原 史 朗

A Study on the Physical Exercise and Work Intensities during Circuit-Training.

—Relationship Between the Relative Time Condition and Physiological
Intensities, According to Aerobic Work Capacity.—

Shirō OHARA

The purpose of this study is to consider the circuit-training method of the basic motor-ability for the many physical activities. An object of this study, the 3 male students of 19 years old. They have six training times in a week and the member belonging to the sports club. Eighteen test items which were composed on the exercise were given in the circuit-training.

The objective time of trainings was made plans as follows.

Condition 1 : The training times and recess times is lengthened 1.5 fold times.

Condition 2 : The training times and recess times is lengthened 1.3 fold times.

As the procedure of this test, Heart-Rate was recorded in the telemeter when the subject were training under the condition 1 and the condition 2. (Then the physical exercise was examined.)

As a result, the number of impulse under the condition 1, 108.5 ± 10.1 beats/min. (Min. value) $\sim 170.9 \pm 3.4$ beats/min. (Max. value) The mean value is 147.3 ± 5.1 beats/min. The number of impulse under the condition 2, 111.1 ± 7.8 beats/min. $\sim 179.4 \pm 3.1$ beats/min. The mean value is 159.3 ± 5.2 beats/min.

Oxygen intake was as follows, under the condition 1, $35.1 \pm 3.8\% \dot{V}O_{2max} \sim 86.6 \pm 2.7\% \dot{V}O_{2man}$. The mean value is $66.6 \pm 1.5\% \dot{V}O_{2max}$. Under the condition 2, $35.5 \pm 7.5\% \dot{V}O_{2man} \sim 90.3 \pm 5.3\% \dot{V}O_{2max}$. The mean value is $74.9 \pm 1.3\% \dot{V}O_{2max}$.

緒 言

様々な身体作業を遂行するうえで、発育期の青少年や成人がオール・ラウンドな体力を保持・増進することは不可欠な要件である。

個人の能力に応じた体力作りは、個別に運動処方を与えることが大切であることは既知の事実である。その為には、個々人の能力に応じた至適な運動強度、運動時間、頻度の三条件が満たされなければならない¹⁾。

サーキット・トレーニング法は体力の各構成要素（筋

力、スピード、パワー、筋持久力、全身持久力など）を基礎的に養成する簡便な方法として利用範囲が広く、学校体育実技においてもよく利用されている²⁾³⁾⁴⁾⁵⁾。その多くは、トレーニングの実施にあたり、「全力」或いは「ほぼ全力」で実施していることが常である。それは、サーキット・トレーニングの進め方が個人々のノルマを可能な限りスピーディに消化していく方法を原則としているからである⁶⁾。

一般人、殊に体力の劣っている者あるいは日頃から定

期的に運動を実施していない者が「全力」或いは「ほぼ全力」でトレーニングを継続することは心理的にも、生理的にも苦痛と思われる。したがって、「体力の劣者」や「日頃、運動を実施していない者」などが基礎体力作りの一貫としてサーキット式にトレーニングを行う時には、トレーニングの安全性、継続性、興味性、正確性および苦痛性などの諸条件を考慮して、トレーニングの経験度と体力水準に応じて進められなければならない³⁾⁵⁾。

本研究はオール・ラウンドな基礎体力作りを目的とするが、比較的、有酸素性作業能力の改善にウエイトを置いた「サーキット方式」のトレーニングの進め方を検討する第1ステップとした。それは、一連のプログラムの総所要時間を基準に2種の相対的時間条件（トレーニングの目標所要時間）を設定し、条件ごとにトレーニング中の心拍数（H.R.）をテレメーターによって捕え、心拍応答から生体の負担度を観察、検討したので、その結果について報告する。

実験方法

a) 被検者

被検者は健康な19才の男子大学生3名で、運動クラブ

に所属して週6日間の体力トレーニングを実施している。被検者の年齢、体重、身長、最大酸素摂取量($\dot{V}O_2 \text{ max.}$)、体重当り最大酸素摂取量($\dot{V}O_2 \text{ max./W}$)、最大心拍数(H.R. max.)、最大換気量($\dot{V}E \text{ max.}$)を表1に示した。また、背筋力、握力、上腕屈曲力、大腿伸展力、大胸筋力、タッピング、ステッピング、階段パワー、体重当り階段パワー、垂直とび、反復横とび、立位体前屈、上体起しを表2に示した。

表1 被検者の身体的特徴I

	Age	Weight (kg)	Height (cm)	$\dot{V}O_2 \text{ max.}$ (ℓ)	$\frac{\dot{V}O_2 \text{ max.}}{W}$ (ml/kg)	H.R.max. (beats/ min.)
K.	19	68.0	171.6	3.80	55.9	182.7
N.	19	54.9	168.3	3.01	54.8	196.7
S.	19	51.5	162.0	3.12	57.9	184.6
MEAN (S.D.)	19 (0.0)	58.1 (8.7)	167.3 (4.9)	3.31 (0.4)	56.2 (1.6)	188.0 (7.6)

表2 被検者の身体的特徴II

	背筋力 (kg)	握力 (右) (kg)	握力 (左) (kg)	上腕屈曲力 (右) (kg)	上腕屈曲力 (左) (kg)	大腿伸展力 (右) (kg)	大腿伸展力 (左) (kg)	大胸筋力 (右) (kg)	大胸筋力 (左) (kg)
K.	173.0	53.0	55.0	36.0	28.0	72.0	70.0	15.0	13.0
N.	144.0	45.0	40.0	28.0	25.0	63.0	60.0	12.0	14.0
S.	121.5	39.0	33.5	29.0	23.0	65.0	70.0	16.0	12.0
平均 (S.D.)	146.2 (25.8)	45.7 (7.0)	42.8 (11.0)	31.0 (4.4)	25.3 (2.5)	66.7 (4.7)	66.7 (5.8)	14.3 (2.1)	13.0 (1.0)

タッピング (右) (beats/ 10sec)	タッピング (左) (beats/ 10sec)	ステッピング (右) (beats/ 10sec)	ステッピング (左) (beats/ 10sec)	階段パワー (kgm/ sec)	階段パワー W (kgm/ sec/w)	垂直とび (cm)	反復横とび (beats/ 20sec)	立位体前屈 (cm)	上体起し (beats/ 30sec)
68.0	59.0	62.0	57.0	114.7	1.65	60.0	45.0	19.0	33.0
88.0	77.0	67.0	63.0	89.6	1.56	63.0	54.0	15.0	32.0
72.0	66.0	52.0	53.0	78.3	1.47	51.0	45.0	13.0	28.0
76.0 (10.6)	67.3 (9.1)	60.3 (7.6)	57.7 (5.0)	94.2 (18.6)	1.56 (0.1)	58.0 (6.2)	48.0 (5.2)	15.7 (3.1)	31.0 (2.6)

表1, 表2に示したおのおのの測度は次のようにして測定した。

①体重は午後4時～5時の間に測定した。

身長はマルチン人体計測器を用いて体重と同時刻に測定した。

②背筋力, 握力, 垂直とび, 反復横とび, 立位体前屈, 上体起しは以前に報告⁷⁾した方法を採用した。

③上腕屈曲力と大腿伸張力は進藤ら⁸⁾の作製した上腕屈曲力と大腿伸張力測定台に似た測定台を作製し, デジタル式アタッチメント・背筋力計(竹井機器工業 K.K.)を用いて進藤ら⁸⁾の方法と同様にして測定した。大胸筋力は前述の上腕屈曲力計を用いた。測定姿勢は被検者を脚伸張力測定台に仰臥姿勢で寝かせ, 上・前腕を真横(体側と上・前腕が90°となる)に伸展させ, 手関節に懸垂ベルトを装着して上方に懸引させ最大等尺性筋力を測定した(図1)。この場合, 横に伸展した上・前腕は床と水平

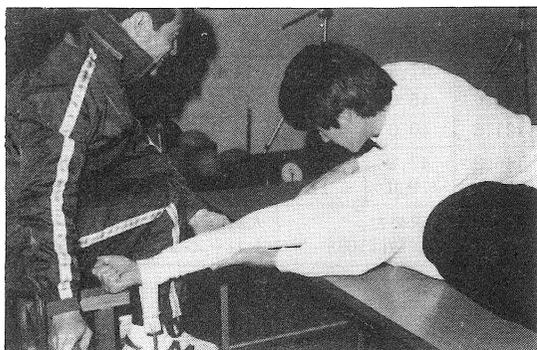


図1 大胸筋力の測定風景

位置関係にあるとし, 前腕を内転しないよう, また, 肘関節を曲げないように注意を与えた。補助者が被検者の体幹部と肩関節部位を押えた。左右交互に2回ずつ測定し, それぞれの大きい方を採用した。

④タッピングとステッピングは左, 右の2種を10秒間の急速反復で測定した。それぞれ5回ずつ測定し, 最高値, 最低値を除いた3回の平均値をそれぞれ採用した。階段パワーと体重当り階段パワーはMargariaら⁹⁾の考察した階段駆け昇り時の最大無酸素性パワーを測定した。測定は助走を2mとして階段を一段おきに全力疾走し, 2歩目と4歩目との間の経過時間を10回測定し, 最高値と最低値を2つずつ除いた6回の平均値からパワーを求めた。

⑤最大酸素摂取量は最大下作業テストに引き続き, 回転数60rpmにあげさせ, 一要素心電テレメーター(STD-10, AR 3 B・フクダ電子K.K.)を用いて心拍数を監視しながら, 最大心拍数に近似した状態で2分間努力させながら exhaustion に至らせた。この間, 1分ごとに採気し, 分析し, 酸素摂取量を算出し, その最大値を最高

酸素摂取量とした。2～3日後に再び測定し, 2回のうちの最高値を個人の最大酸素摂取量とした。呼気ガスの採気には, Douglas bag法を用い, その量を連続記録式20ℓ双胴ドラム型スパイロメーターで測定した。呼気ガスの分析はエレクトロメタボラー(BMS-600・フクダ医理化学研究所)を用い, 各サンプルを2回分析し, 両者の平均値をその値として採用した。最大心拍数と最大換気量(BTPS)は最大酸素摂取量出現時の値を採用した。

正確に仕事量を検出するために, デジタイマーと光電管(TW-7010A)を用いてペダル数を記録し, ギヤ比, ペダル数および自転車負荷とから仕事量を求めた。

b) 実験期間と場所と環境条件

本実験の期間は1980年11月15日～同年11月23日である。測定場所は本学測定室及びトレーニング室である。測定時の気温は16℃～19℃, 気圧は753～765mmHgであった。

c) 運動プログラム(内容)と負荷量

運動種目は体力要素を4つに大きく区分して, A=敏捷性系種目(3種目), B=筋力系種目(4種目), C=パワー系種目(3種目), D=筋持久力系種目(4種目)とした。サーキットの構成は各区分の間に200mのランニングを挿入して下記の順とした。

A → Run. → B → Run. → C → Run. → D → Run.
(200m) (200m) (200m) (200m)

種目ごとによる負荷量の決定はA=敏捷性系種目とC=パワー系種目が規定時間内の最大反復回数を測って決め, B=筋力系種目が各内容の運動様式と対等と思われる筋力測定値を用い, その値に対する相対的負荷量を与え, D=筋持久力系種目は一定リズムによる最大反復回数を測って負荷量を決めた。負荷量の測定に際しては1つの運動内容が終わったら, 十分な休憩(3～5分間)を取り, 疲労回復後に次の内容をテストした。各種目の運動負荷量と最大能力に対する相対的負荷量を表3に示した。

d) トレーニング時間の設定と運動の進め方

一連のトレーニング・プログラムの各運動内容ごとの負荷量を決定した後, サーキットの順序, 運動内容ごとの反復回数および動作法などを徹底させるために2～3回, 各自のペースで試行させた。その後一連のトレーニング・プログラムの開始から終了までを全力で実施させ, 総所要時間を測定した。この総所要時間を測定する時, 運動内容ごとの開始時間と終了時間を経時的に記録して, 運動内容ごとに要した時間(実動時間とする)と運動内容間の休憩や移動に要した時間(休憩時間とする)を求めた。求めた運動内容ごとの実動時間と各々の休憩時間から次の2種の条件に相当するサーキット方式・ト

表3 運動プログラム別のトレーニング負荷量

系	A = 敏捷性系種目区分								
内容	1. 全速力自転車踏み			2. 反復横とび			3. スプリンター		
条件	Max. 値 (speed/ 10sec)	トレー ニング 負荷量	% of Max.	Max. 値 (beats/ 20sec)	トレー ニング 負荷量	% of Max.	Max. 値 (beats/ 30sec)	トレー ニング 負荷量	% of Max.
K.			100.0	45	30	66.7	42	28	66.7
N.			100.0	54	36	66.7	51	34	66.7
S.			100.0	45	30	66.7	41	27	65.9
平均 (S.D.)			100.0 (0.0)	48 (5.2)	32 (3.5)	66.7 (0.0)	45 (5.5)	30 (3.8)	66.4 (0.5)
備考	Load=2kp, 全速力 (10秒・運動, 50秒・休み)×6セット			全速力で運動			全速力で運動		

系	B = 筋力系種目区分											
内容	1. スクワット・バーベル			2. カール			3. デッド・リフト			4. ラテラル・レイズ		
条件	Max. 値 $(\frac{R+L}{2}, \text{kg})$	トレー ニング 負荷量	% of Max.	Max. 値 $(\frac{R+L}{2}, \text{kg})$	トレー ニング 負荷量	% of Max.	Max. 値 (kg)	トレー ニング 負荷量	% of Max.	Max. 値 $(\frac{R+L}{2}, \text{kg})$	トレー ニング 負荷量	% of Max.
K.	71.0	35.0	49.3	32.0	20.0	62.5	173.0	57.5	33.2	14.0	7.0	50.0
N.	61.5	30.0	48.8	26.5	16.0	60.4	144.0	45.0	31.3	12.5	6.0	48.0
S.	67.5	32.5	48.1	26.0	16.0	61.5	121.5	40.0	32.9	14.0	7.0	50.0
平均 (S.D.)	66.7 (4.8)	32.5 (2.5)	48.7 (0.6)	28.2 (3.3)	17.3 (2.3)	61.5 (1.1)	146.2 (25.8)	47.5 (9.0)	32.5 (1.0)	13.5 (0.9)	6.7 (0.6)	49.3 (1.2)
備考	大腿伸展力から求めた。 トレーニング回数は10回			上腕屈曲力から求めた。 トレーニング回数は10回			背筋力から求めた。 トレーニング回数は10回			大胸筋力から求めた。 トレーニング回数は10回		

系	C = パワー系種目区分								
内容	1. 膝かかえ・Jump			2. バーピー・Jump			3. 腕立て・Jump		
条件	Max. 値 (beats/ 30sec)	トレー ニング 負荷量	% of Max.	Max. 値 (beats/ 30sec)	トレー ニング 負荷量	% of Max.	Max. 値 (beats/ limit)	トレー ニング 負荷量	% of Max.
K.	48	24	50.0	14	7	50.0	21	10	47.6
N.	50	25	50.0	14	7	50.0	30	15	50.0
S.	44	22	50.0	12	6	50.0	18	9	50.0
平均 (S.D.)	47 (3.1)	24 (1.5)	50.0 (0.0)	13 (1.2)	7 (0.6)	50.0 (0.0)	23 (6.2)	11 (3.2)	49.2 (1.4)
備考									

系	D = 筋持久力系種目区分											
内容	1. 伏臥上体起し			2. 仰臥膝かかえ			3. 踏台昇降運動			4. 斜め腕立て		
条件	Max. 値 (beats/ limit)	トレー ニング 負荷量	% of Max.	Max. 値 (beats/ limit)	トレー ニング 負荷量	% of Max.	Max. 値 (beats/ 60sec)	トレー ニング 負荷量	% of Max.	Max. 値 (beats/ limit)	トレー ニング 負荷量	% of Max.
K.	106	53	50.0	54	27	50.0	42	21	50.0	50	25	50.0
N.	62	31	50.0	82	41	48.8	46	23	50.0	111	55	50.0
S.	76	38	50.0	65	32	50.0	41	20	48.8	135	65	48.8
平均 (S.D.)	81 (22.4)	40 (11.2)	50.0 (0.0)	67 (14.1)	33 (7.1)	49.6 (0.7)	43 (2.6)	21 (1.5)	49.6 (0.7)	99 (43.8)	48 (20.8)	49.6 (0.7)
備考	1秒に1回のリズムでテスト			2秒に1回のリズムでテスト						身長の分の距離に立って、 壁に手をつけて運動した。		

トレーニングの目標時間を設定した。

条件Ⅰ……各運動内容の実動時間と各々の休息時間を1.5倍した時間をトレーニングの目標所要時間とする。

条件Ⅱ……各運動内容の実動時間と各々の休息時間を1.3倍した時間をトレーニングの目標所要時間とする。

なお、敏捷性系種目区分においてのみ、運動部分を全力で行なわせ、休息時間を条件Ⅰでは30秒～50秒間に延長させ、条件Ⅱでは10秒～30秒間に延長させた。被検者がトレーニングしたときに実際にかけた所要時間を表4に示した。被検者が運動を実施するにあたって、検者が被検者の横につき、運動のテンポを情報として与え、目標所要時間とほぼ合うように運動を進行させた。

結果と考察

本研究は有酸素性作業能力の維持・増進を主目的としたサーキット・トレーニング方法の時間条件を設定する目的でおこなった。それは、トレーニング中の心拍数をテレメーターにて追跡し、その心拍応答から生体への負担度を調査することで検討した。本研究で用いたサーキット種目の構成にあたっては、Morganら¹⁰⁾の創案したサーキット・トレーニング法を参考にした。

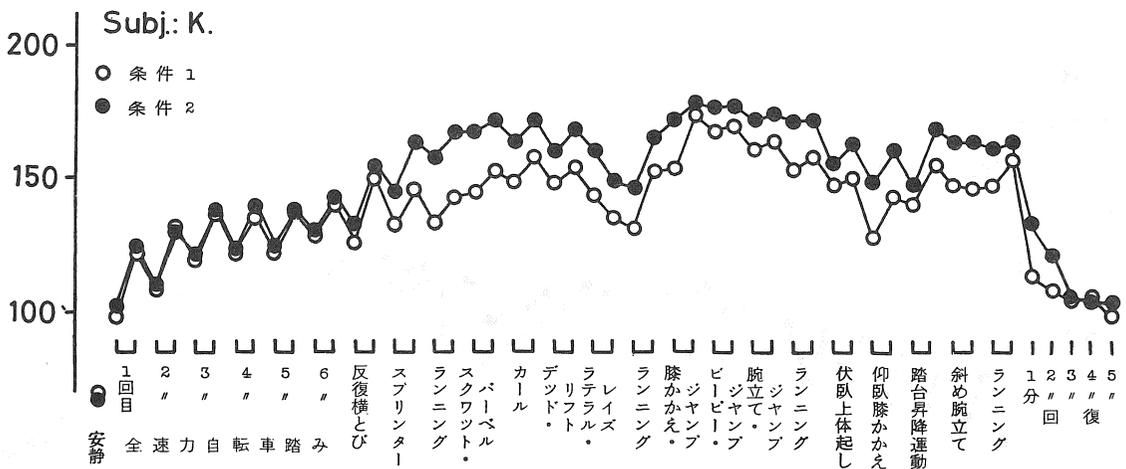
a) 心拍数 (H.R.) からみた強度

条件Ⅰと条件Ⅱに相当するトレーニング所要時間で運動を実施した時に追跡した心拍数の変化を個別にして図2-a-cに、また、3名の平均で図3に示した。

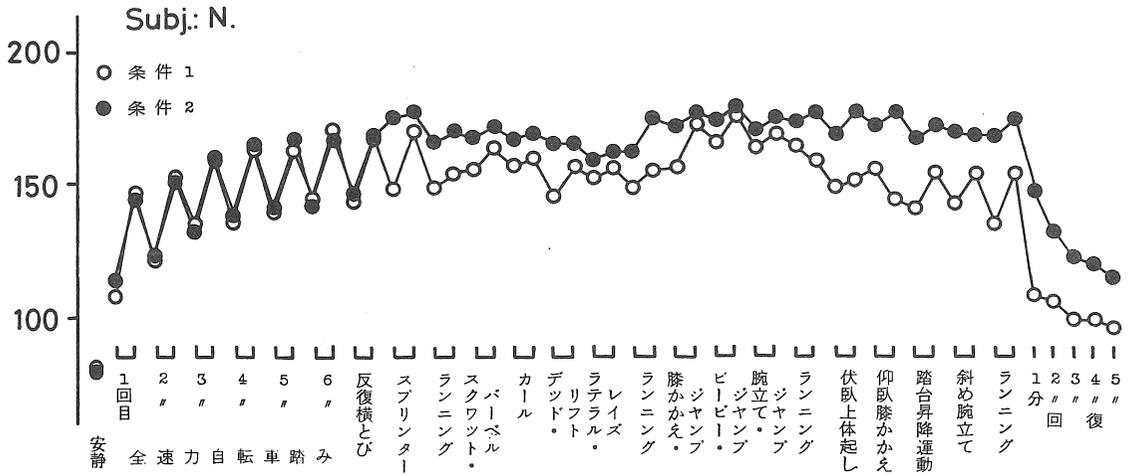
表4 サーキット式トレーニングに用いた実際の条件

	総所要時間 分 秒 (秒)	条件Ⅰ		条件Ⅱ	
		実トレーニング時間 分秒(秒)	総所要時間に対する比 (倍)	実トレーニング時間 分秒(秒)	総所要時間に対する比 (倍)
K.	18' 50" (1130")	27' 13" (1633")	1.45	23' 41" (1421")	1.26
N.	17' 50" (1070")	26' 59" (1619")	1.51	22' 07" (1327")	1.24
S.	16' 45" (1005")	24' 47" (1487")	1.48	21' 08" (1268")	1.26
MEAN	17' 48" (1068")	26' 00" (1560")	1.48	22' 19" (1339")	1.25

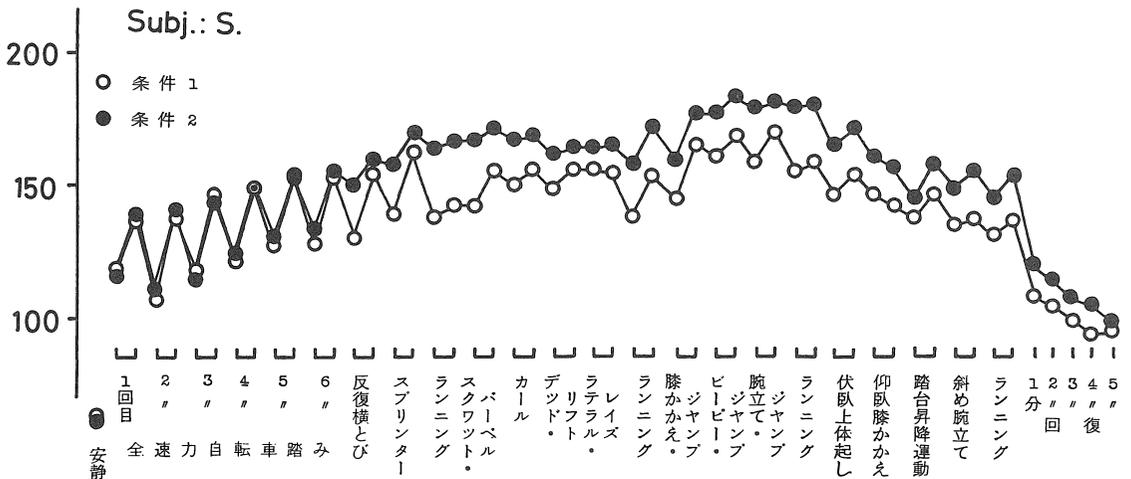
H.R. (beats/min.) 図2-a サーキット・トレーニング時の心拍数の変化



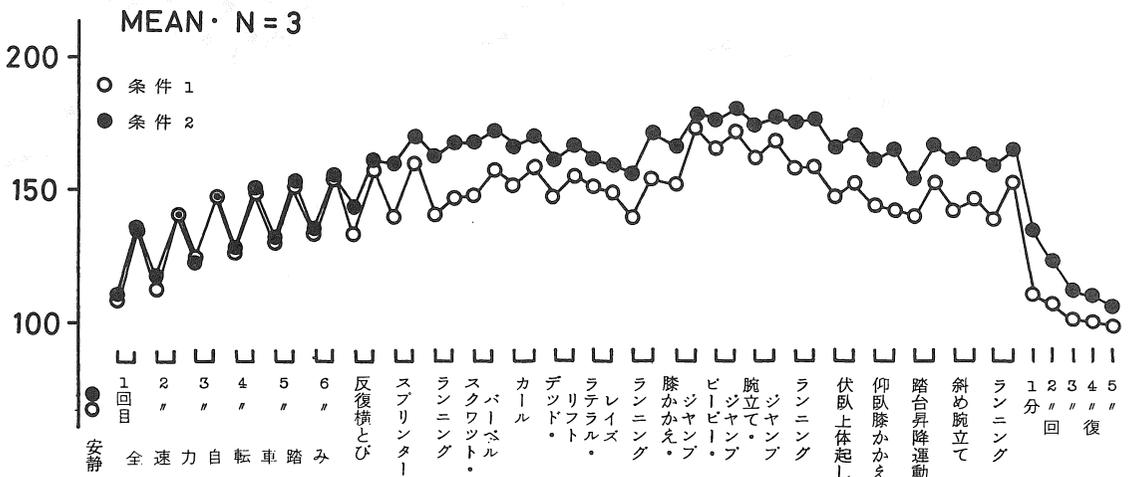
H.R. 図 2-b サークット・トレーニング時の心拍数の変化 (beats/min.)



H.R. 図 2-c サークット・トレーニング時の心拍数の変化 (beats/min.)



H.R. 図 3 サークット・トレーニング時の心拍数の変化 (beats/min.)



トレーニング実施中の心拍数の変化の記録は心電テレメーター（医用27型・三栄測器 K.K.）を用い、トレーニング開始から終了まで追跡し、レクチグラフ（8 S 型・三栄測器 K.K.）にて連続記録した。図3は運動内容ごとの運動開始直後と運動終了直前時点の心拍数の変化をグラフ化した。

心拍数の変化傾向はどの被検者とも同様であった。これは、トレーニング内容の負荷量とトレーニングの時間条件を相対的に個人ごとに与えたため、生理反応としての心拍応答が似かよったと思われる。また、時々基礎トレーニングとして同様の運動内容を実施していたので、技術的にも差のない者同志であったと思われる。したがって、生体への負担度を見る一つの資料としても使用可能と考えた。

そこで、3名の平均値で条件Iと条件IIについて比べてみると、次のようであった。

条件Iでの最低心拍数は敏捷性系種目としてとり入れた「全速力自転車踏み時の1回目」の運動開始直後の108.5±10.1拍/分であり、最高心拍数はパワー系種目としてとり入れた「バービー・Jump」の終了直前の170.9±3.4拍/分であった。条件Iでトレーニングした時の心拍数は平均すると147.3±5.1拍/分で、その変動範囲は主に130.0～170.0拍/分であった。

条件IIでの最低心拍数、最高心拍数は条件Iの時点とほぼ同じで、「全速力自転車踏みの1回目」の運動開始直後と「バービー・Jump」の終了直後であった。この時点での心拍数は、それぞれ、111.1±7.8拍/分と179.4±3.1拍/分であった。条件IIでトレーニングした時の心拍数は平均すると159.3±5.2拍/分で、その変動範囲は145.0～180.0拍/分であった。

両者間で生体への負担度を比べると、20～10拍/分の差で「条件I<条件II」という結果であった。特に、条件IIでのトレーニングにおいては、トレーニング開始後まもなくしてから心拍数水準のHiレベル化が続き、トレーニング終了まで継続したのが認められた。

今回のトレーニング様式を相対的負荷量および相対的時間条件としたことから、日頃余り身体活動を経験していない者にもあてはまると仮定して考察することとする。

山地¹¹⁾は「日頃余り身体活動を経験して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。本実験で用いたトレーニング様式における心拍応答は前述（図3）のごとくで、猪飼と山地¹²⁾の報告をもとに運動強度を見てみると条件Iでは軽

～中程度の強度に匹敵し、条件IIでは中～重程度の強度に匹敵する運動プログラムと思われる。また、進藤¹³⁾の資料でみた場合でも上述の傾向であった。

心拍応答からみた運動強度と時間条件から本実験の結果をみると、条件Iの方法が山地¹¹⁾の提言に適合したトレーニング方法であると思われる。しかし、心拍数の変化をみると、その高低差が著しく、体力の条件や体調の条件を考慮に入れたトレーニングの方法および運動内容を検討しなければならないと思われる。

b) % $\dot{V}O_2$ max. からみた強度

作業中の強度や運動処方のための強度を決めたり判定したりする時には、絶対的負荷強度よりもむしろ相対的負荷強度の方が好ましいことは承知の通りで多くの研究者が用いている¹⁴⁾¹⁵⁾¹⁶⁾¹⁷⁾。

本研究でも、テレメーター法によって追跡し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、条件Iと条件IIの相対的生理的負担度をも検討した。なほ、条件Iと条件IIの差を検討しやすくする為に% $\dot{V}O_2$ max.への換算の箇所は次の箇所とした。すなわち、各運動開始直前・直後、運動終了直前・直後、および最初の運動内容を開始してから15秒ごとのポイントとした。サーキット式・トレーニング中の% $\dot{V}O_2$ max.からみた強度をまとめて表5に示した。

表5 % $\dot{V}O_2$ max. からみたトレーニング時の強度

被検者	K.		N.		S.		3名・平均 (S.D.)	
	I	II	I	II	I	II	I	II
件数	190	166	183	173	181	168	185 (4.7)	169 (3.6)
最大値	88.2	90.2	82.8	85.1	85.8	95.6	85.6 (2.7)	90.3 (5.3)
最小値	32.2	34.8	39.4	43.3	33.8	28.4	35.1 (3.8)	35.5 (7.5)
平均 (S.D.)	65.1 (9.9)	73.4 (11.7)	68.1 (7.5)	75.5 (8.6)	66.6 (9.9)	75.9 (12.9)	66.6 (1.5)	74.9 (1.3)

条件Iと条件IIの最大値、最小値は3名がそれぞれの値を示し、一定の傾向が認められなかった。しかし、トレーニング中の% $\dot{V}O_2$ max.値を平均値でみると、条件Iにおいては、K.が65.1±9.9% $\dot{V}O_2$ max.（心拍数でみると）、(144.1±13.6拍/分)、N.が68.1±7.5% $\dot{V}O_2$ max. (153.2±11.8拍/分)、S.が66.6±9.9% $\dot{V}O_2$ max. (144.6±13.1拍/分)となり同程度の強度であった。3名・平均でみると66.6±9.2% $\dot{V}O_2$ max. (147.3±5.1拍/分)であった。

条件Ⅱにおいては、K.が $73.4 \pm 11.7\% \dot{V}O_2 \text{max.}$ (155.6 ± 16.2 拍/分)、N.が $75.5 \pm 8.6\% \dot{V}O_2 \text{max.}$ (165.2 ± 13.1 拍/分)、S.が $75.9 \pm 12.9\% \dot{V}O_2 \text{max.}$ (157.0 ± 17.0 拍/分)となり同程度の強度であった。3名・平均でみると $74.9 \pm 11.0\% \dot{V}O_2 \text{max.}$ (159.3 ± 5.2 拍/分)であった。

被検者3名の $\% \dot{V}O_2 \text{max.}$ へ換算した件数を総合して、トレーニング中の O_2 摂取水準の出現件数を百分率度数分布化しヒストグラムにして図4に示した。条件Ⅰは $65.0 \sim 70\% \dot{V}O_2 \text{max.}$ 強度の範囲内で23.6%の出現率をピークに両側に分布しており、条件Ⅱは $75.0 \sim 80\% \dot{V}O_2 \text{max.}$ 強度の範囲内で27.8%の出現率をピークに両側に

図 4 サークット・トレーニング中における
 $\% \dot{V}O_2 \text{max.}$ 別の出現率

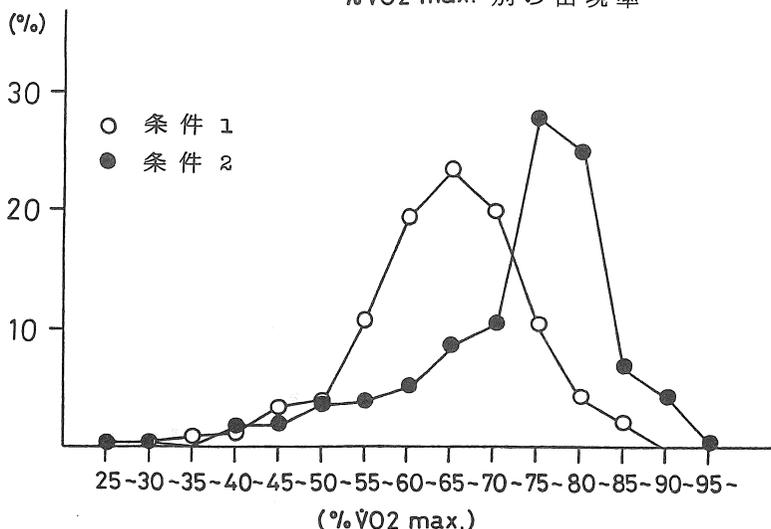


表6 $\% \dot{V}O_2 \text{max.}$ 別・度数と百分率度数分布 (3名分を総合計したデータについて)

系	級($\% \dot{V}O_2 \text{max.}$)	25~	30~	35~	40~	45~	50~	55~	60~	65~	70~	75~	80~	85~	90~	95~	総計 件数(%)
A・敏捷性系	条件Ⅰ (%)		2 (0.9)	5 (2.3)	6 (2.8)	19 (8.9)	17 (8.0)	37 (17.4)	53 (24.9)	27 (12.7)	22 (10.3)	18 (8.5)	7 (3.3)				213 (100.0)
	条件Ⅱ (%)	1 (0.5)	1 (0.5)		9 (4.7)	9 (4.7)	18 (9.5)	20 (10.5)	25 (13.2)	24 (12.6)	18 (9.5)	38 (20.0)	24 (12.6)	3 (1.6)			190 (100.0)
B・筋力系	条件Ⅰ (%)						1 (0.9)	6 (5.3)	15 (13.2)	35 (30.7)	48 (42.1)	9 (7.9)					114 (100.0)
	条件Ⅱ (%)								1 (0.9)	3 (2.8)	13 (12.3)	44 (41.5)	36 (34.0)	8 (7.5)		1 (0.9)	106 (100.0)
C・パワー系	条件Ⅰ (%)								1 (1.1)	10 (10.8)	25 (26.9)	30 (32.3)	16 (17.2)	11 (11.8)			93 (100.0)
	条件Ⅱ (%)										1 (1.2)	7 (8.1)	35 (40.7)	20 (23.3)	22 (25.6)	1 (1.2)	86 (100.0)
D・筋持久力系	条件Ⅰ (%)						3 (2.2)	17 (12.7)	35 (26.1)	63 (47.0)	16 (11.9)						134 (100.0)
	条件Ⅱ (%)								1 (0.8)	16 (12.8)	21 (16.8)	51 (40.8)	32 (25.6)	4 (3.2)			125 (100.0)
全体	条件Ⅰ (%)		2 (0.4)	5 (0.9)	6 (1.1)	19 (3.4)	21 (3.8)	60 (10.8)	108 (19.5)	131 (23.6)	111 (20.0)	57 (10.3)	23 (4.2)	11 (2.0)			554 (100.0)
	条件Ⅱ (%)	1 (0.2)	1 (0.2)		9 (1.8)	9 (1.8)	18 (3.6)	20 (3.9)	26 (5.1)	43 (8.5)	53 (10.5)	141 (27.8)	127 (25.0)	35 (6.9)	22 (4.3)	2 (0.4)	507 (100.0)

分布していた。両条件間で強度の差をみると約10% $\dot{V}O_2$ max.の差が認められ、「条件I < 条件II」の生理的強度の傾向であった。

さらに、細かく検討するために、トレーニング・プログラム別に% $\dot{V}O_2$ max.の度数分布を求めて表6に示した。

A=敏捷性系種目区分においては、% $\dot{V}O_2$ max.の出現範囲が、条件Iで30~80% $\dot{V}O_2$ max.強度の範囲内にあり、条件IIで25~85% $\dot{V}O_2$ max.強度の範囲内であった。この系区分では「条件I = 条件II」の強度傾向であった。B=筋力系種目区分においては、% $\dot{V}O_2$ max.の出現範囲が、条件Iで50~75% $\dot{V}O_2$ max.強度の範囲内であり、条件IIで60~85% $\dot{V}O_2$ max.強度の範囲内であった。この系区分では10% $\dot{V}O_2$ max.強度の差で「条件I < 条件II」の強度傾向であった。C=パワー系種目区分においては、% $\dot{V}O_2$ max.の出現範囲が、条件Iで60~85% $\dot{V}O_2$ max.強度の範囲内にあり、条件IIで70~95% $\dot{V}O_2$ max.強度の範囲内であった。B=筋力系種目区分と同様に10% $\dot{V}O_2$ max.強度の差で「条件I < 条件II」の強度傾向であった。D=筋持久力系種目区分においては、% $\dot{V}O_2$ max.の出現範囲が、条件Iで50~70% $\dot{V}O_2$ max.強度の範囲内にあり、条件IIで60~85% $\dot{V}O_2$ max.強度の範囲内であった。この系区分においても、約10% $\dot{V}O_2$ max.強度の差で「条件I < 条件II」の強度傾向であった。

ここでは、最大酸素摂取量の相対的強度でみたが、条件Iが66.6% $\dot{V}O_2$ max.強度であり、条件IIが74.9% $\dot{V}O_2$ max.強度の生理的負担度を示していた。これらの強度とトレーニングの所要時間との関係から¹⁸⁾¹⁹⁾トレーニングの強度を推定すると、前述した傾向と同様で条件Iでは軽~中程度のトレーニングであり、条件IIでは中~重程度のトレーニングであると思われる。

この強度と時間の関係は両条件ともに、青木²⁰⁾がWHOの成人の至適作業能力に関する科学委員会の報告より抜粋した条件に適合するものであった。また、% $\dot{V}O_2$ max.と心拍出力、1回拍出力との関係についてみたÅstrandたち²¹⁾²²⁾、猪飼と山地¹²⁾の報告をもとに条件Iと条件IIを比べてみると、心臓の状態は両条件で差はないものと考えられる。したがって、このトレーニング方法が全身持久性以外の体力要素も改善する方法として可能ならしめているものならば、安全性⁵⁾、運動動作の正確性³⁾などの諸条件を考慮すると条件Iのトレーニング方法でも十分条件が満たされるものと思われる。しかし、系区分別(表6参照)にしてみると条件Iでも重度の強度範囲を示す割合がかなり出現したので、運動の内容、運動順序および運動の進め方などを再考することが必要であろう。

因に両トレーニング条件についてA, B, C, D, の各系区分を総括して、出現強度の上限をみると、条件Iが88.2% $\dot{V}O_2$ max.強度であり、条件IIが95.6% $\dot{V}O_2$ max.強度であった。

以上の結果と考察から総合的にトレーニングならしめる条件を判断してみた。日頃、身体活動の少ない人が基礎体力作りとしてサーキット式にトレーニングをしようとする場合の条件に生理機能への刺激を軽減しつつ実施することを前提にすると、条件Iと条件IIでは前者のトレーニングの進め方でも方法上としては適しているものと思われる。

今後は実際に一定期間のトレーニングを行ない、体力の各要素への効果等についても検討していくつもりである。

まとめ

1) 本研究はサーキット・トレーニング方法を採用し、被検者にその運動内容毎の負荷量とトレーニング時間の条件を最大値に対する相対的割合で個別に与えた。そして、主に有酸素性作業能力を改善しうる時間条件に関するトレーニングの進め方を検討する目的で2種の時間条件を設定し、トレーニングした際の生体への負担度を心拍応答から捕えた。

2) 時間条件は「条件I」が一連のプログラムを全力で実施し、その時の総所要時間を1.5倍した時間をトレーニングする際の目標所要時間として設定した。「条件II」は総所要時間を1.3倍した時間をトレーニングする際の目標時間として設定した。

3) 条件Iでのトレーニング中の心拍数は平均すると147.3±5.1拍/分で、主に130.0~170.0拍/分の変動範囲内であった。条件IIではこれが159.3±5.2拍/分で、主に145.0~180.0拍/分の変動範囲内であった。

4) 条件Iと条件IIの心拍数の差は20~10拍/分の差があり、生体への負担度は「条件I < 条件II」という結果であった。

5) トレーニング中の心拍数を個人ごとに作成していた「H.R.- $\dot{V}O_2$ 関係図」から $\dot{V}O_2$ に換算し酸素摂取水準でも条件Iと条件IIについて比べた。

6) 条件Iでは、K.が65.1±9.9% $\dot{V}O_2$ max., N.が68.1±7.5% $\dot{V}O_2$ max., S.が66.6±9.9% $\dot{V}O_2$ max., で平均すると66.6±9.2% $\dot{V}O_2$ max.強度であった。条件IIではK.が73.4±11.7% $\dot{V}O_2$ max., N.が75.5±8.6% $\dot{V}O_2$ max., S.が75.9±12.9% $\dot{V}O_2$ max.で平均すると74.9±11.0% $\dot{V}O_2$ max.強度であった。

7) 条件Iと条件IIの生体への負担度差は10% $\dot{V}O_2$ max.の O_2 摂取水準差がみられ、「条件I < 条件II」の強

度傾向であった。

8) 以上の結果から、日頃、一定の運動を経験していない青年が有酸素性作業能力を主としたサーキット式・トレーニングによって基礎体力作りを行う場合に、心臓の状態を主要件としてトレーニングの様々な要件を考察すると、条件IIのような中～重の負担度を用いなくとも条件Iのような軽～中の負担度によっても生体への刺激は十分であるものと思われる。

引用文献

- 1) 猪飼道夫, 江橋慎四朗, 加賀谷照彦: 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, 体育学研究7(3): 99—107, 1964.
- 2) 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.
- 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) 新畑茂充, 原田碩三, 太田和義: トレ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.
- 5) 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.
- 6) 窪田登: サーキット・トレーニング入門, 鶴書房: 1969.
- 7) 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.
- 8) 進藤宗洋, 田中宏暁, 津山剛, 藤川宣純: 筑紫山脈系三瀬村住民の体力・作業能力の研究——第1報三瀬村立三瀬中学校生徒について——, 福岡大学体育学研究1(2): 145—179, 1971.
- 9) Margaria, R., P. Aghemo and E. Rovelli: Measurement of muscular power (anaerobic) in man. *J. Appl. physiol.* 21: 1662—1664 (1966).
- 10) 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.
- 11) 山地啓司: 運動処方のための心拍数の科学, 大修館書店: 1981.
- 12) 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.
- 13) 福岡県教育委員会: 健康のためのランニング, 1978.
- 14) 加賀谷照彦: 持久性トレーニングの至適強度選定に関する研究(I)——80% $\dot{V}O_2$ max. 負荷のトレーニング効果——体育科学1: 58—66, 1973.
- 15) 進藤宗洋, 田中宏暁, 小原史朗: 中高年者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.
- 16) 石河利寛, 清水達雄, 永井信雄, 佐藤佑: 女子大学生における最大酸素摂取量の35, 50, 65および80%強度でのトレーニング効果について, 体育科学2: 207—217, 1974.
- 17) 吉沢茂弘: $\dot{V}O_2$ max. の65~70%強度によるトレーニング効果, 体育科学2: 266—269, 1974.
- 18) 加藤橋夫編著: 体力科学からみた健康問題, 杏林書院: 1975.
- 19) 体育科学センター編: 健康づくり運動カルテ, 講談社: 1976.
- 20) 青木純一郎: 心拍数—運動強度の指標としての意義と限界, 新体育48(8): 42—47, 1976.
- 21) 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.
- 22) Åstrand, P.-O., Rodahl, K. 著, 朝比奈一男, 浅野勝己訳: オストランド運動生理学, 大修館書店: 1976.
(受理 昭和57年1月16日)