

## 体育学研究における運動負荷検査法の 意義と方法

伊藤 稔

運動負荷検査法は、生体に対するストレス・テストの一種であり、生体に色々な負荷をかけて、安静時には出現し難い反応を調べるものである。医学の分野では、薬剤による検査や精神的な負荷検査と共に、身体運動による負荷検査が古くから用いられてきた<sup>19)</sup>。

体育の領域では、ペーパーテストを除く殆どのテストが運動負荷検査に相当するが、走・投・跳等の短時間の運動は、習慣上「運動負荷検査」とは呼ばず、持久力テストのように、比較的長時間身体運動を行うものを、「運動負荷検査法」または「運動負荷テスト」と称している<sup>22)</sup>。

太平洋戦争前にも、体育研究所や軍関係の研究機関では自転車エルゴメータを用いた壮丁の体力検査が行われていたが、運動負荷テストとして広く実施されるようになってのは、昭和30年代に始まった文部省の青少年スポーツテスト中の「踏台昇降テスト」が著名である<sup>16)17)</sup>。これはHarvard Step Testの負荷を日本の児童・生徒むきに下方修正したもので、脈拍数を指標としており、潜在的な心臓疾患患者の発見や虚弱者の選別に効果があった<sup>10)</sup>。

最近では健康ブームに乗って中高年者のスポーツへの参加が盛んとなり、また、体育館やスポーツジムにトレッドミルや自転車エルゴメータを備えるところが多くなったため、高齢者を対象とする運動適性検査としての運動負荷テストが各地で行われるようになってきた。それ自体はこのましい傾向ではあるが、中には未熟な測定者が、マニュアルだけを頼りに負荷テストを実施するために、危険な状態が生ずる場合もあると報じられている。

今回、第2回運動生理学会大会の特別講演を依頼された機会に、健康な一般人を対象とした運動負荷テストのあり方を再検討してみた。

本報告は、この後に開催されるシンポジウムと連

携するものであり、前半では最近の運動負荷検査の傾向と実施方法について説明し、後半は実際に運動負荷検査を利用した高齢者の体力トレーニングの結果についてのべることにする。

### I. 最近の運動負荷検査の傾向

#### A. 運動負荷テストの目的

健康な人々を対象とする運動負荷検査の目的としては、次のようなものが考えられる<sup>8)</sup>。

1. 運動が心身に与える影響の検査
2. 体力特に全身持久力の判定
3. エリート・スポーツ選手の選抜
4. トレーニング処方への資料提供
5. 潜在的な疾患の発見

体育やスポーツの対象は、一応健康な人たちであるが、健康な被検者といっても、中高年に達すると完全な健康体の保持者はごく僅かで、1つや2つの何らかの疾病を持っている人が多い。ここでは一応体育やスポーツに参加しようとする人で、特に要注意の疾患が見あたらないものを「健康者」と考えることにした。

65歳以上の高齢者の場合は、更に疾病や傷害を持つ人が多くなるので、上の目的の中でも、1.や5.の目的で実施する機会が多くなってくる。

#### B. 運動負荷の方法

運動負荷の方法としては、運動が規制し易く、しかも色々な身体のパラメータを測定することが容易な運動種目として、次のような運動手段が多く用いられている<sup>22)</sup>。

1. トレッドミル・テスト
2. 自転車エルゴメータ・テスト
3. アームエルゴメータ・テスト
4. ステップ・テスト

## 5. フィールド・テスト

トレッドミルは機械が大型で持ち運びが難しく、実験室に備えつけて使用する場合が多いので、被検者は特定の施設に出かけて検査を受けなければならなかったが、最近では移動も可能な小型なものが増えて、これを備えている施設が多くなってきた。トレッドミル運動は、負荷される歩行や走行の動作が自然で全身運動になるので、持久性の運動負荷としては優れている。

次に、自転車エルゴメータは、トレッドミルに較べると安価で運搬も容易であり、物理的な運動の規制もし易いが、運動が脚部に片寄り、体重の軽い人や自転車に乗った経験のない人にとっては不利である。なお、トレッドミルは米国で多く用いられ、ヨーロッパでは自転車エルゴメータで運動負荷を実施した事例が多い<sup>19)</sup>。

アームエルゴメータは自転車エルゴメータを胸の高さに持ち上げて、腕でクランキングの運動を行うものと考えればよく、脚の障害者などの、特に腕の運動を必要とする人に多く用いられているが、同じ負荷量の場合でも、自転車エルゴメータに比べると個体の運動量は高くなり、一般的とは言えない。

ステップ・テスト（踏台昇降運動）には、1段の台の単純な昇降と、2段の乗り越し運動（マスター2ステップ運動<sup>14)</sup>のようなもの）とがある。これは設備が安価で実施しやすい便利さはあるものの、体重の重い人ほど負荷量は大となり、また高齢者では重心の上下動が激しすぎて運動が継続できず、十分な負荷が与えられないなどの不利な面もある。

最後のフィールド・テストとしては、5分走、12分走のように時間を決めて走行又は歩行距離を競うものと、1500m走、3000m走のように、距離を定めておいて時間を測定する方法とがあるが、広いグラウンドが必要であり、また被検者がたえず移動しているために、多くの検査項目を課すことが不可能で、むしろ集団のスクリーニング・テストとして利用する方が有効である。

## C. 運動負荷時間

運動負荷の時間としては、短時間では十分に呼吸循環系の機能が引き出せないで、弱い負荷から始めて徐々に負荷を増してゆく多段階漸増負荷法がとられ、10分以上運動を課すことが好ましいと考えられている。しかしながら、あまり長時間では疲労の

要素が多くなり効率が低下するので、10～15分程度で最高値 ( $\dot{V}O_2 \text{ max}$ ) に達し、できればdrop-offの現象を見るまで実施することが望ましい。もっともこれは、疲労困憊 (exhaustion) に達するまでテストを実施する場合であり、高齢者や軽度の有疾患者などで、疲労困憊まで追い込むことが危険な被検者の場合には「最大下テスト」として一定時間もしくは一定の心拍数（最大値の8割程度を予測して定める）で打ち切って、その際の反応を調べるものや、時間を切らないで運動中の脈拍・心電図・血圧値等にある危険の徴候が出現した時点で負荷テストを終了する方法などがある。

## D. 運動負荷テストのプロトコール

トレッドミル負荷・自転車エルゴメータ負荷などの実験室的なテストの場合には、過去の多くの経験に基づいて、どのような負荷のかけ方が被検者に無理がかからず、しかも最大値を引き出すことができるかが工夫されており、一連の「プロトコール」(Protocol, 負荷手順) が定められている。これは固定負荷よりも漸増負荷の場合に多く、このような先人の経験に基づいた負荷テストを実施する方が安全且つ有効であり、以下に示す著名なプロトコールの中から、被験者の体力に応じた適当なものを選び、若干の修正を加えて実施するが多い。

### 1. トレッドミルの場合

- a) Bruce test
- b) Balke test
- c) Naughton test
- d) Ellestad test
- e) Åstrand test

これらの各テストの実施方法は表-1, 図-1の通りであり、その各段階 (stage) の平均的な負荷量は図-2に示す如くである。

Bruce<sup>4)</sup>, Naughton<sup>21)</sup>, 等のテストは、もともと臨床的な患者用のテストとして開発されたもので、各stageは定常状態が生ずるように長い時間とってあるのが特色であった。しかし最近では一般人や強健者にも適用出来るように、1-stageの時間を短縮し、スピードや増加角度を大きくしたテストも実施されるようになった。

Balke<sup>2)</sup>やÅstrand<sup>1)</sup>のテストは、健常者向けに設計されており、逆に運動量の低い虚弱者向けのテストが追加されている。

表-1. トレッドミル用の各種プロトコール

Bruce				McHenry				Naughton			
Stage	Speed (mph)	Grade (%)	Time (min)	Stage	Speed (mph)	Grade (%)	Time (min)	Stage	Speed (mph)	Grade (%)	Time (min)
1	1.7	10	3-4	1	2.0	3	3	1	2	0	3
2	2.5	12	3-4	2	3.3	6	3	2	2	3.5	3
3	3.4	14	3-4	3	3.3	9	3	3	2	7.0	3
4	4.2	16	3-4	4	3.3	12	3	4	2	10.5	3
5	5.0	18	3-4	5	3.3	15	3	5	2	14.0	3
6	5.5	20	3-4	6	3.3	18	3	6	2	17.5	3
7	6.0	22	3-4	7	3.3	21	3				

Balke (standard test)				Kattus				Ellestad			
Stage	Speed (mph)	Grade (%)	Time (min)	Stage	Speed (mph)	Grade (%)	Time (min)	Stage	Speed (mph)	Grade (%)	Time (min)
1	3	2.5	2	1	2	10	3	1	1.7	10	3
2	3	5.0	2	2	3	10	3	2	3.0	10	2
3	3	7.5	2	3	4	10	3	3	4.0	10	2
4	3	10.0	2	4	4	14	3	4	5.0	10	3
5	3	12.5	2	5	4	18	3				
6	3	15.0	2	6	4	22	3				
7	3	17.5	2								
8	3	20.0	2								
9	3	22.5	2								
10	3	25.0	2								
11	3	27.5	2								
12	3	30.0	2								

Taylor				著者ら			
Stage	Speed (mph)	Grade (%)	Time (min)	Stage	Speed (mph)	Grade (%)	Time (min)
1	7	0	3	1	3	5.0	2
2	7	2.5	3	2	3	10.0	2
3	7	5.0	3	3	3	12.5	2
4	7	7.5	3	4	3	15.0	2
5	7	10.0	3	5	3	17.5	2
6	7			6	3	20.0	2
				7	3	22.5	2
				8	3	25.0	2

2. 自転車エルゴメータの場合

自転車エルゴメータを用いて運動負荷を行う場合にも、トレッドミルと類似したプロトコールが考えられている。Åstrand<sup>1)</sup>, Hollman<sup>6)</sup>, Balke, ICSPFT<sup>7)</sup>などのプロトコールが有名であり、それらは表-2に示すように、最初は150kgm/min (25watt) 若しくは300kgm/min (50watt) のゆるい作業からはじめて、2-3分毎 (Åstrandの原法は6分毎) に定められただけ負荷量を上げて行くものである。アメリカのYMCAでは被験者の体力に応じて、1-stageは150kgm/minからはじめて、2-stage以降は150kgm/min (0.5Kp) の倍数ずつ負荷量を上げてゆく方法をとっている<sup>22)</sup>。(図-3参照) 運動停止の時点は、被験者が最大作業量 (若しくは最大酸素

表-2 自転車エルゴメータ用の各種プロトコール (稲垣・宇佐美<sup>9)</sup>より)

著者	開始時負荷量	増加負荷量	測定項目
Hollann	30w	3分毎に40W	最大酸素摂取量
標準化会議	患者 25W 健常者 50W スポーツマン100W	3分毎に40W 6分毎に25-50W 6分毎に50W	各分の最後10秒の心拍数・酸素摂取量・ 血圧値
Astrand	♀300kpm/m ♂600kpm/m	6分毎に150kpm/m 同上	最大作業能の測定 および疾患の発見
Balke	450kpm/m	2分毎に25W	最大作業能の判定 および疾患の発見
ICSPFT*	1W/kg	2分毎に1/3量を増加	最大作業能

\*: International Committee on Standardization of Physical Fitness Test.

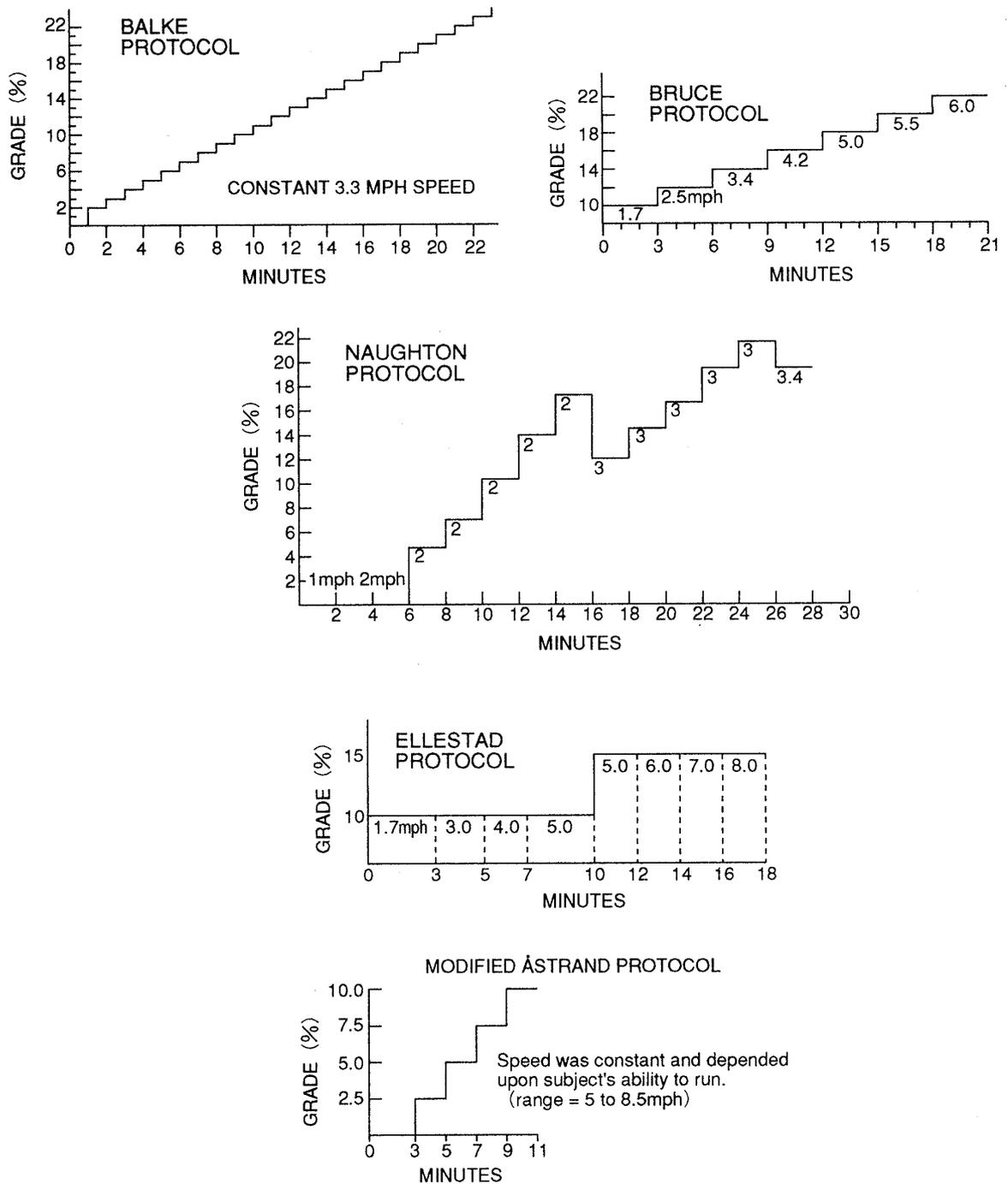


図-1 トレッドミル用の各種のプロトコール  
トレッドミルの傾斜・スピードならびに負荷時間を示す。  
(Polloc, M.L., Wilmore, J.H. & Fox, S.M. より)

摂取量)に達して作業が継続できなくなるか、作業中に何らかの危険な兆候が発見されて、監視者が運動停止を命ずるかのいずれかである。

自転車運動の場合には、体重が大きく影響するので、体重 1 kg あたりで作業量を規定する場合もあ

る。また、ペダリングの作業は脚にかかる負担が大きいために、脚力の弱い人では最大酸素摂取量に到達できないで運動を終わるものもあり、一般的にはトレッドミルによる最大酸素摂取量の測定に較べて、5~15%低い値が得られるといわれている<sup>18)</sup>。

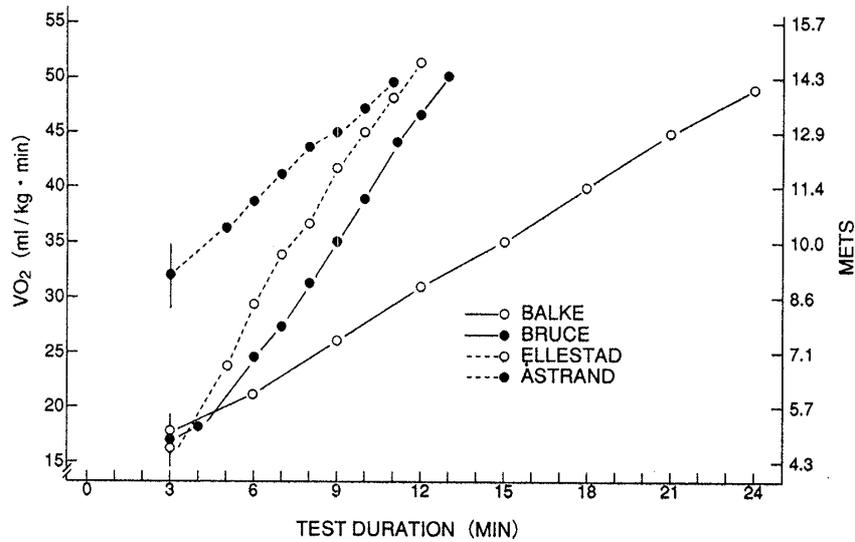


図-2 トレッドミルでのプロトコール負荷量  
Astrandのプロトコールは、予め3分間のウォーミングアップの時間をもっている。(Polloc, M.L. より)

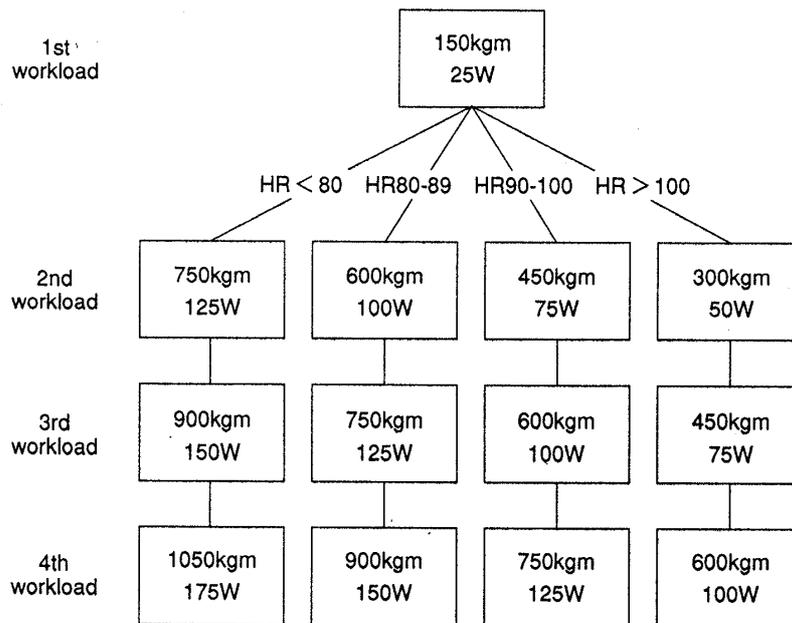


図-3 自転車エルゴメータのプロトコール (YMCA 方式)  
最初の3分間は150kgm (25watt) の運動を負荷し、3分後の心拍数 (HR) によって、以後の負荷量を決定する。

### 3. 踏み台昇降運動

踏み台昇降運動は、運動の途中で台の高さを変えたり、ステップのリズムを変えたりすることが困難であるため、殆ど場合は固定負荷で実施している。(但し Nagel & Balke のテスト<sup>20)</sup>のように

2分ごとに4cmずつ台高をあげて漸増負荷で実施する例もある。)

現在多用されている踏み台昇降運動は、Harvard Step Test<sup>3)</sup>のように1段の踏み台を、前を向いたままの姿勢で前進・後退して昇降するものと、Mas-

ter's 2 Step Test<sup>14)</sup>のように、凸型の2段階を乗り越して平地で進行方向を変えて、前進動作のみで実施するものがある。前者に属するものとして、文部省の青少年スポーツ・テスト中の踏み台昇降運動があり、Harverd Step Testでは運動量が大きすぎるので、踏み台の高さを成人男子では40cmに<sup>10)</sup>、女子<sup>11)</sup>、ならびに小学生<sup>17)</sup>では35cmに低くして、運動時間も3分間に短縮している。これらのテストは運動後の脈拍数の測定を指標にしており、心機能の優れたものでは脈拍の回復が早いことを判定の基準にしている。

Master's 2 Step Test 同様の方式をとるものとしては、運動時間を倍に延長したDouble Test<sup>15)</sup>や、昇降のスピードを1.5倍に早めたModified Master's 2 - Step Test<sup>13)</sup>などがあるが、いずれも運動後の心電図の所見を判定の基準にしており、軽度の心疾患者を対象にしたものが多い。

以上の1.~3.の3種類の運動負荷法の、相互の作業強度を比較するために、それぞれの作業時間の運動強度をMetsで表して図示したものが図-4である。

この図からみると、トレッドミル・テストではBruceやEllestad<sup>5)</sup>のプロトコルは、次のstageに入る際に、負荷量が急激に増加しすぎるのが欠点であり、Naughtonのテストは有疾患者を対象としているために、一般の人には運動量が低すぎるきらいがある。最も使いやすいのはBalkeのテストであり、これには多くの変法が考えられて実際に使用されている。

自転車エルゴメータ法では、Åstrandの原法は1-Stageが6分ずつで長すぎるので、2~3分に短縮した方法を用いるものが多い。Balkeのプロトコルは、トレッドミルの場合に較べて運動量が大きくなりすぎるきらいがある。

踏み台昇降運動では、Harvard Step Testは競技者向きで、他のプロトコルと比較しても運動量が強すぎるので、一般には台高を低くした様々のテストが工夫されている。

### E. 運動負荷テストの検査項目

運動負荷テストの目的は、全身持久力の測定が主となるため、表-3の様には持久力検査に用いられる項目が測定の対象となる。

表-3のa)~h), 及びj)~l)はいずれも呼吸循

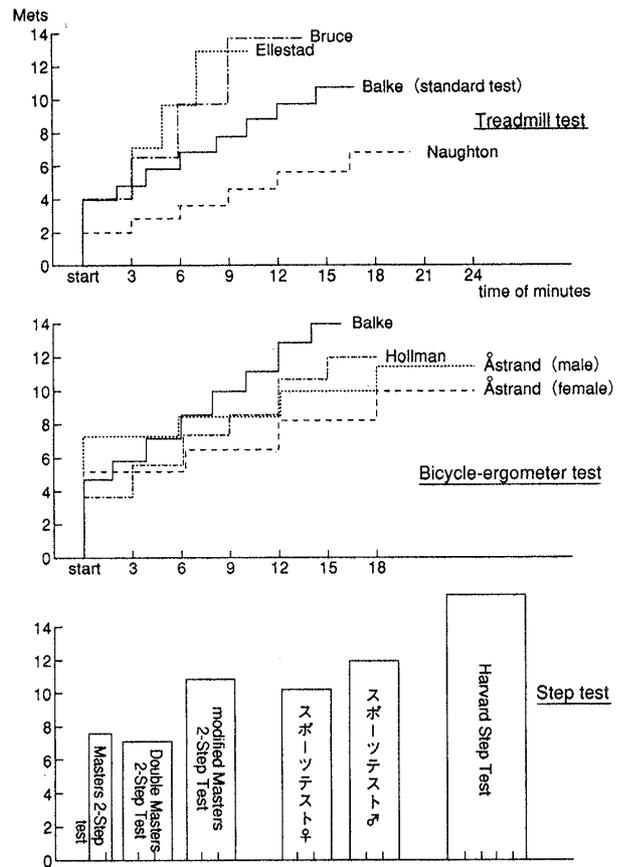


図-4 各種運動負荷の作業強度 (METによる)

表-3 運動負荷テスト時の検査項目

a. 心拍数 (H.R.)	i. 主観的運動強度 (RPE)
b. 血圧値 (B.P.)	j. 心臓放射線検査
c. 二重積 (Double Product)	k. 核医学的検査
d. E.C.G (胸部誘導)	l. 血液検査
e. 呼吸数 (R.R.)	m. 尿検査
f. 換気量 (VE)	n. 運動時間
g. 酸素摂取量 (VO <sub>2</sub> )	o. 成就仕事量
h. 無酸素性閾値 (AT)	

環系の検査項目であり、心拍数、血圧値、呼吸数等のごく一般的に測定されている。より詳細な測定を行う際は心電図、換気量、酸素摂取量等が追加される。

運動負荷検査中の要注意の判断は、被験者の年齢や体力によってやや異なるが、一般的には、心拍数190拍/分以上、収縮期血圧値200mmHg以上を基準に考えればよく、心電図を同時に監視している場合にはST-低下、T平坦化、期外収縮 (VPC) など

の不整脈の出現に注意する必要がある。

また、一定のプロトコールで実施する場合には、成就運動量は実施時間または stage で表現され、物理的な仕事量で表す場合には、kgm/min または watt が用いられる。

## II. 運動負荷検査を利用した高齢者の長時間トレーニングの効果について

次に、運動負荷検査を利用した測定の例として、高齢者の長期間トレーニングの結果について報告する。

被験者は表-4 に示すような60~78歳の男女16名である。トレーニングは毎週2回、1-1.5時間の指導員監視下の身体運動を6カ月間続けて、その前後に運動負荷検査を含む体力測定を実施し、トレーニング効果を確かめた。

毎回のトレーニングは、運動中の負荷量がほぼ各人の $\dot{V}O_2$  max の50~60%になるように工夫して処方した。実際に負荷量を調べる目的で、テレメータを使用してトレーニング中の心電図を記録し、心拍数を計算したのが図-5及び図-6である。図-5は65歳男子の被験者(N. Y.)、図-6は64歳の女子の被験者(T. T.)の1例であるが、前者が体育館で卓球やミニ・テニス等の軽スポーツを実施した日の例であり、後者はトレーニング・ルームで自転車エルゴメータやトレッドミル等の機器を使ってトレーニングを行った日の例を示している。これらの軽スポーツと運動機器を使用したトレーニングを毎週1回ずつ交互に実施したが、両者の運動中の平均心拍数は、それぞれ105拍/分、104拍/分となり、最高心拍数の60~63%となっており、ほぼ目標とし

た運動負荷量を満たしている。

このようなトレーニングを6カ月間続けて、トレーニング開始前、および終了後の運動負荷試験の成績を比較したものが表-5である。トレーニング期間の前後で、はっきり有意の差が認められたものは、女子の最大酸素摂取量とATのみであり、男子では運動負荷時間は若干延長したが、呼吸循環系機能のはっきりした向上は認められなかった。

表-6、表-7は、呼吸循環器系以外の体力テストの結果を男女別にまとめものである。女子の開眼片足立ちや、男女の反復横跳びの成績は、トレーニングの進捗につれて若干つつの増加が認められるが、女子の $\dot{V}O_2$  maxほどの明瞭な変動ではなかった。

このトレーニング期間を通じての体力の向上を、仮に男女の平均値で、日本人の同年齢者の体力評価表<sup>12)</sup>によって5段階評価を試みると、図-7(上:男子, 下:女子)の星形グラフが得られる。トレーニング期が進むにつれて、男女ともに星形が大きくなっており、体力の向上がみられるが、女子の進歩の方が顕著である。個々人の成績のグラフを作って

表-4 高齢者の体力トレーニング参加者

		年齢 (歳)	身長 (cm)	体重 (kg)
男 性 (n=5)	X±SD	71.6±6.62	163.7±7.43	59.1±5.76
	Max	81	171.2	65.0
	Min	65	153.5	49.5
女 性 (n=11)	X±SD	66.6±5.6	148.4±2.87	53.5±7.06
	Max	77	152.3	68.0
	Min	60	144.0	46.3

表-5 トレーニング前・後の負荷試験の成績

		安 静 時			運 動 時				
		心拍数 (拍/分)	収縮期血圧値 (mmHg)	拡張期血圧値 (mmHg)	最高心拍数 (拍/分)	最高収縮期血圧値 (mmHg)	最高拡張期血圧値 (mmHg)	$\dot{V}O_2$ max 体重当り (ml/kg/min)	AT@ $\dot{V}O_2$ max (ml/kg/min)
男性 5名	トレーニング前	61.0±4.12	130.0±17.09	72.8±7.82	150.0±4.47	180.8±19.39	95.2±10.78	29.9±9.17	18.3±4.44
	トレーニング後	69.2±11.90	125.6±14.93	63.8±11.40	150.0±15.39	190.4±29.86	100.8±17.37	33.2±8.52	22.1±8.82
女性 11名	トレーニング前	74.0±10.20	129.7±14.26	73.4±9.98	151.2±17.77	175.2±21.78	94.7±11.17	20.3±4.71	16.3±8.82
	トレーニング後	76.8±6.12	121.0±13.84	72.2±7.74	158.4±10.64	172.5±17.85	96.2±11.00	30.4±7.40 **	20.6±5.49

\*\* P<0.01

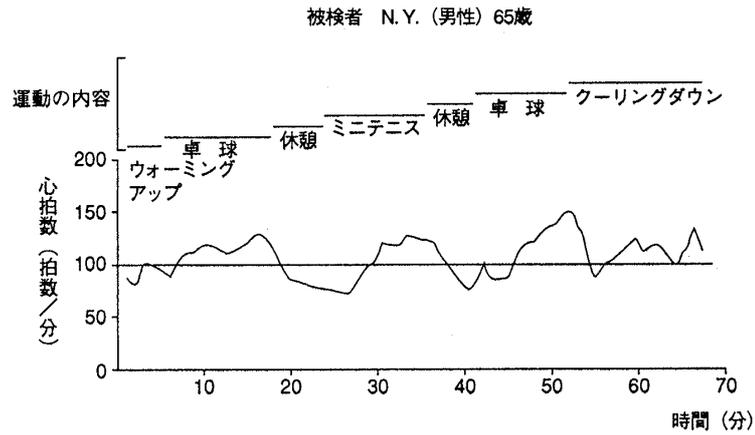


図-5 トレーニング中の心拍変動 (軽スポーツ)

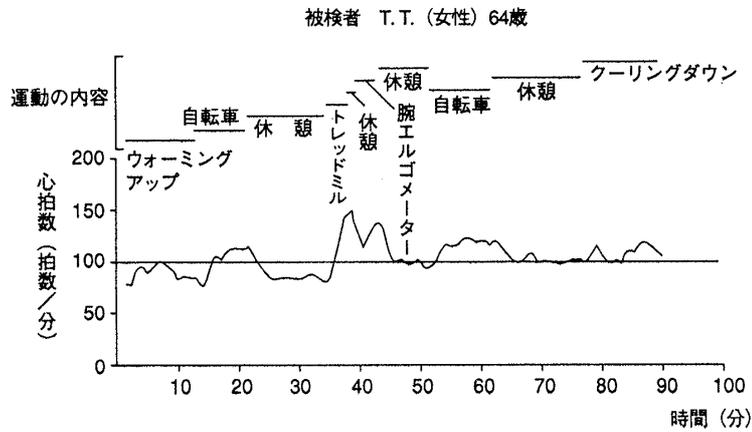


図-6 トレーニング中の心拍変動 (器械トレーニング)

表-6 トレーニングによる体力の変動 (男子)

		肺活量 cc	1秒値 cc	1秒率 cc	握力(右) kg	握力(左) kg	開眼片足立 sec	垂直跳び cm	反復横跳び 回	立位体前屈 cm
トレーニング前	X±SD	2940±564.4	2506±446.8	85.5±5.51	34.6±1.82	32.5±8.41	58.6±40.0	29.9±6.33	30.8±5.45	1.8±14.86
	Max	3730	2990	91.8	37.0	42.5	120	38.0	36.0	15.5
	Min	2210	1860	80.2	33.0	20.0	16	23.0	23.0	-16.0
トレーニング中間	X±SD	2808±577.5	2376±422.7	85.4±9.01	35.5±3.0	34.5±3.24	77.8±52.1	29.4±6.11	32.2±4.82	2.7±13.15
	Max	3520	2840	100.0	40.5	37.5	120	35.0	36.0	14.5
	Min	2140	1940	77.7	33.0	31.0	13	21.0	26.0	-12.5
トレーニング後	X±SD	2990±627.1	2476±461.7	82.9±6.60	37.8±4.12	35.1±4.07	91.4±41.7	30.7±5.65	36.0±2.45	2.7±12.44
	Max	3800	2970	93.0	45.0	39.5	120	35.0	39.0	14.5
	Min	2240	1880	75.9	35.0	29.0	28	22.0	33.0	-11.8

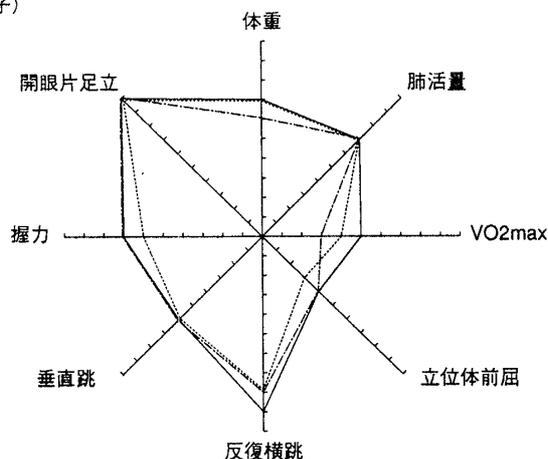
みても、若干星形が異なるもののほぼ同様の傾向が認められた。今回の研究では、男子に較べて女子高齢者の方が、体力特に持久力の向上が著しかったが、

男子の被験者は不定期にしても職業を持っている者が殆どで、外に出る機会が多いのに対して、女子の被験者は家庭にこもって積極的に身体運動をしてい

表-7 トレーニングによる体力の変動 (女子)

		肺活量 cc	1秒値 cc	1秒率 cc	握力(右) kg	握力(左) kg	開眼片足立 sec	垂直跳び cm	反復横跳び 回	立位体前屈 cm
トレーニング前	X±SD	1888±407.2	1655±327.6	88.4±7.65	23.3±5.12	20.7±3.57	22.7±20.3	19.6±8.67	22.2±5.0	7.0±6.73
	Max	2480	2130	100.0	29.5	25.0	62	32.0	27	17.5
	Min	1470	1350	84.8	15.0	15.0	5	7.0	13	1.5
トレーニング中間	X±SD	1888±401.2	1661±327.2	88.9±6.78	24.8±3.07	22.6±3.32	59.7±40.3	21.3±4.08	26.3±4.47	7.4±5.33
	Max	2630	2240	100.0	31.0	28.5	120	27	30	19.0
	Min	1400	1240	82.9	20.5	17.0	10	13	15	-1.0
トレーニング後	X±SD	2042±357.1	1768±365.4	86.3±6.9	23.8±3.51	22.8±3.82	73.5±48.4	20.4±6.71	28.9±4.35	8.9±4.3
	Max	2550	2300	98.8	29.5	30.0	120	28	36	18.5
	Min	1480	1180	73.2	19.0	16.0	5	14	19	2.5

(男子)



(女子)

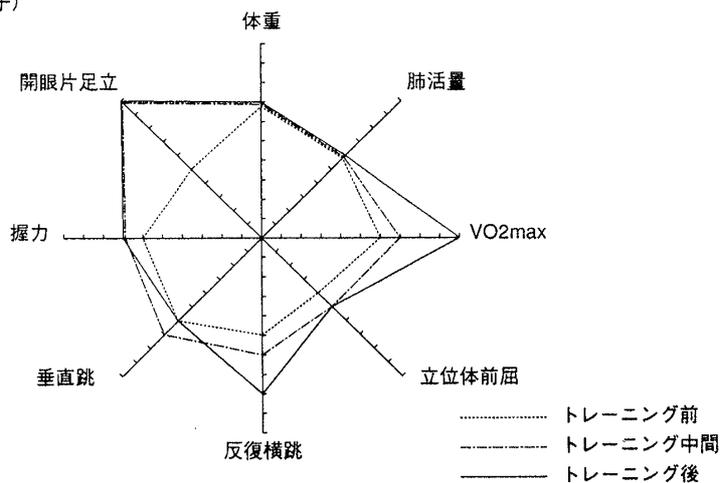


図-7 トレーニングによる体力の変化の星型グラフ

ないために、トレーニング前の体力レベルの低いものが多かったことが原因しているものと考えられる。

以上のように、高齢者でも定期的な身体運動を継続して行うことによって、低体力者では体力の向上を、中等度以上の者では体力の維持を期待することが出来るものと考えられる。

最後に、運動負荷検査を実施する際に注意しなければならない点をまとめて挙げておこう：

第1に、事前にメディカル・チェックを行って、被験者が運動負荷に耐えうる健康を保持しているかどうかを確かめることが肝心である。

第2に、出来ればメディカルチェックの後に体力テストを行って、被験者がどの程度の基礎体力の持ち主なのかを知り、どのようなプロトコルで負荷試験を実施すれば良いかを検討しておく。

第3に、負荷試練は1回だけに止まらず、継続して定期的に何回か試みて、体力の変化を追跡する。

第4に、負荷テストはなるべく同一のプロトコルで試み、前回のテストとの比較を容易にしておく。

第5に、万全の準備を整え、訓練を積んだ検者が測定に当たるようにするが、万一の事故に備えて被験者からあらかじめ「実験承諾書」にサインをもらっておくなどの注意が必要である。

高齢化社会の到来につれて、今後ますます中・高齢者の体力の向上が必要となり、運動負荷テストを受ける人数も増加して行くだろうが、テストの効率化とともに、安全管理には十分な注意を払わなければならない。

## 文献

- 1) Åstrand, P. O., and Poahl, K. (1986): Textbook of work physiology, 3rd Ed. New York, MacGraw-Hill Co.
- 2) Balke, B., and Ware, R. (1959): An experimental study of physical fitness of Air Force personnel, U.S. Armed Forces Med. J. 10; 675-688.
- 3) Brouch, L. (1936): The step test, A simple method of measuring physical fitness for muscular work in youngmen, Research Quataly, 16(1).
- 4) Bruce, R. A., Kusumi, F., and Hosner, D. (1973): Maximal oxygen intake and monografic assessment of fanchional aerobic impairment in cardiovascular disease, Am. Heart J. 85; 545-562.
- 5) Ellestad, M. S., (1986): Stress testing principles practice, 3rd Ed., Philadelphia, F. A, Davice Co.,
- 6) Hollmann, W., (1963): Hochst-und Dauerleistungshahigkeit des sportlers, Joh, Ambrosins Barth, Munchen.
- 7) ICSPET (1967): Proceeding of the International Committee on Standardisation of physical fitness tests, Magglingen, Swzerland.
- 8) 池上晴夫 (1982) : 運動処方, 朝倉書店, 東京; 147-161
- 9) 稲垣義明, 宇佐見暢久 (1980) : エルゴメトリー (エルゴメーター負荷試験による心臓病診断), 新興医学出版社, 東京; 31-34
- 10) 伊藤稔, 伊藤一生, 塚原政義, 八木保 (1965) : 踏台昇降運動による男子学生の循環機能検査法, 体育学研究 9 (2) ; 23-32.
- 11) 伊藤稔, 伊藤一生, 種村紀代子 (1966) : 踏台昇降運動による女子学生の循環機能検査法, 体育学研究11 (1) ; 38-45.
- 12) 伊藤稔, 渡辺和彦 (1993) : 高齢者の体力測定法の検討とそのトレーニングへの適用について, 健康開発財団研究年報15; 57-70.
- 13) 川畑愛義, 伊藤稔ら (1960) 運動負荷による循環機能検査法 (Master's 2 step test 変法の負荷量について, 第1報) 体育学研究, (第1報) 4 (4) ; 108-114.
- 14) Master A. M., (1935) : The two-step test of myocardial function. Am. Heart J. 10. 495.
- 15) Master A. M., and Rosenfeld, I., (1961): Criteria for clinical application of the "two-step" exercise test, J.A.M.A 178; 283
- 16) 松島茂善 (1963) : スポーツテスト, 第一法規出版, 東京
- 17) 松島茂善 (1965) : 小学校スポーツテスト, 第一法規出版, 東京
- 18) 宮下充生, 石井喜八 (1983) : 運動生理学概論, 大修館書店, 東京; 124-144
- 19) 水野康, 福田市蔵 (1978) : 循環器負荷試験法, 診断と治療社, 東京; 1-127
- 20) Nagle, F. S., Balke, B. and Naughton, J. P., (1965): Graditional step tests for assessing work capacity. J. Appl. Physiol. 20; 745-748
- 21) Naughton, J. P., and Haider, R. (1973): Methods of exercise testing. In Naughton, Hellerstein and Mohler, Exercise testing and exercise training in Coronary Heart Disease, New York, Academic Press.
- 22) Pollock, M. L., and J. H. Wilnore, (1990): Exercise in health and disease, STANDERS CO., London 237 ; 370