

自転車エルゴメータ・テストによる  
負荷心電図異常所見者の選定および  
心疾患の risk factor 軽減に及ぼす  
トレーニングの効果

順天堂大学 石河利寛

(共同研究者) 同 高岡郁夫

**The selection of exercise ECG abnormalities  
with bicycle ergometer testing and  
the effects of training on the reducing risk factors  
in heart disease**

by

Toshihiro Ishiko, Ikuo Takaoka  
*School of Health and Physical Education,  
Juntendo University*

**ABSTRACT**

Exercise ECG test and medical examinations were performed on 164 middle-aged and old subjects. Abnormal exercise ECG findings were observed in 17 subjects. Other examination abnormalities and/or the age over 55 years were observed in 20 subjects. Therefore, a total of 37 was selected as the training group, who participated in physical training program consisting of 100 minutes/day, 2 days/week for three months.

The results obtained were as follows:

1) After physical training, systolic blood pressure and triglyceride in plasma were significantly decreased. On the other hand, HDL-cholesterol in plasma showed significant increase.

2) Exercise ECG abnormalities were improved in 82% of the subjects by the physical training program.

These findings confirmed the importance of exercise ECG test for exercise prescription and of the physical training program as a measure for the removal of risk factors in heart disease.

## 要 約

自転車エルゴメータによる運動負荷テストおよび医学的検査が、164名の中高齢者に行なわれた。負荷心電図異常者は17名、そして、他の検査の異常、あるいは年齢が55歳を越えた者は20名であった。これら37名が1回100分、週2日および3カ月のトレーニングプログラムに参加した。

得られた結果は、以下のとおりである。

1) トレーニングの結果、収縮期血圧、トリグリセリドに有意な減少、HDL-コレステロールに有意な増加がみられた。

2) トレーニングにより、負荷心電図異常所見の改善がみられた(82%)。

これらの結果から、運動処方における運動負荷テストの重要性および身体トレーニングが心疾患の risk factor の軽減に有効な1つの手段であることが確認された。

## 序

心臓疾患および高血圧症などの成人病を予防し、健康を維持・増進するためには、かかる疾患の risk factor を取り除くことが重要である。

運動は、高脂血、肥満、高血圧などの risk factor を軽減あるいは除去することが知られている。しかし、中高年齢者を対象とした場合、運動による事故を防止し、適切な運動処方を行うためには、安静時の医学的検査はもとより、運動負荷テストおよび体力テストの実施が不可欠と考えられる。

そこで、本研究は、自転車エルゴメータによる負荷心電図異常所見者の選定、および諸検査の結

果に基づいて選定されたグループに対する運動プログラムの効果を追跡することを目的とした。

## 研 究 方 法

被験者は、千葉県K市に在住する中高年男女164名であった。彼らのうち、負荷心電図をはじめ諸検査に何らかの異常を認めたもの、そしてもし、異常がない場合でも55歳以上の年齢の者37名を選び出し、一定期間運動プログラムを課し、その効果を判定した。

選定された37名の年齢は33歳から64歳の範囲であった(平均年齢 $53 \pm 9$ 歳)。

彼らは、昭和56年6月に問診、形態形測、血圧、安静心電図、胸部X線および血液・尿検査から成る医学的検査を受けた。そして、同年7月9日、10日に、その検査結果にもとづき、医師が運動負荷テストの可否を判定した。

運動負荷テスト実施が許可された者に対して、自転車エルゴメータ(Monark社製)による負荷漸増最大下運動テストを行った。

運動は、各負荷段階をそれぞれ4分間、ペダル頻度は毎分50回転で行った。また、年齢別に定めた目標心拍数(Target  $f_H$ )に到達した時点で運動を中止させた。

性・年齢別の負荷および目標心拍数は、表1に示した。

運動中の心電図の監視は、胸部双極誘導(CM-5(関電極は $V_5$ の位置、不関電極は胸骨柄)による心電図を、カルディオスーパ(三栄測器製)を用いて連続的に行った。

被験者は、昭和56年8月27日より11月9日までに週2日、計21回、1回100分間の身体トレーニ

表1 性・年齢別運動負荷テスト負荷基準  
および目標心拍数

male				
Age	Work load (kp)			Target f <sub>H</sub>
	1st	2nd	3rd	
20-29	2.0	2.75	3.5	170
30-39	1.75	2.5	3.25	160
40-49	1.5	2.25	3.0	150
50-59	1.25	2.0	2.75	140
60-	1.0	1.75	2.5	130

  

female				
Age	Work load (kp)			Target f <sub>H</sub>
	1st	2nd	3rd	
20-29	1.5	2.0	2.5	170
30-39	1.25	1.75	2.25	160
40-49	1.0	1.5	2.0	150
50-59	0.75	1.25	1.75	140
60-	0.5	1.0	1.5	130

ングを行った。トレーニングは、体育学部出身の指導者がプログラムの立案、指導を行った。

トレーニング終了後の11月13日に、開始前と同様の手続によって諸検査を再び実施した。

### 研究結果

#### 1) 負荷心電図

自転車エルゴメータによる運動負荷テストを受けた164名中、負荷心電図に異常所見をみた者は17名(10.4%)であった。彼らの異常所見の内容を表2に示した。

約3カ月にわたるトレーニングの後、同一運動負荷テストを課した結果、14名の者が異常所見の

表2 負荷心電図異常所見の内容

	before training	after training
ST depression	15	11
Premature beat	1	0
Block	1	—

程度の軽減ないしは消失を示した。そして、3名の者が不変であった。また、新たに2名が異常所見を示し、トレーニング後の異常所見者は11名となった。

#### 2) 血 圧

トレーニング前後の収縮期および拡張期血圧の平均値および標準偏差を表3に示す。トレーニング前、WHOの提唱する高血圧域(160/95mmHg以上)に属する者は2名、境界域(140-159/90-94mmHg)に属する者は9名であった。そして、正常域(140/90mmHg以下)は26名であった。

表3 トレーニング前後の収縮期および拡張期血圧(平均値±標準偏差)

	(mmHg)	
	before training	after training
Systolic pressure	131±19	118±13***
Diastolic pressure	78±10	78±9

\*\*\* p<0.001

トレーニング後、高血圧域および境界域は、それぞれ1および2名に減少した。トレーニング前後の収縮期血圧は、統計的に有意(p<0.001)に減少した。

#### 3) 血中脂質

安静時の血清総コレステロール、トリグリセリドおよびHDL-コレステロール濃度をトレーニング前後で比較したのが表4である。

総コレステロールの正常範囲(130~250mg/dl)を越えた者は、37名中3名(271~285mg/dl)であった。ところが、トレーニング後は、最高値を示した1名のみになった(285から269mg/dl)。

平均値は、トレーニングによって208から198mg/dlに減少したが、統計的に有意ではなかった。

トリグリセリドは、その正常範囲(65~150

表4 トレーニング前後の血漿脂質の変化  
(平均値±標準偏差)

	(mg/dl)	
	before training	after training
T-Cholesterol	203±32	198±27
Triglyceride	130±49	105±32***
HDL-Cholesterol	53±14	57±13**

\*\* p<0.01 \*\*\* p<0.001

mg/dl) を越えた者は、トレーニング前に8名であった(164~301mg/dl)。トレーニング後、正常範囲を越えた者は3名(157~229mg/dl)に減少した。また、トレーニングにより、平均値にも有意な減少(p<0.001)がみられた。

高比重リポタンパクコレステロール(HDL-コレステロール)は、その正常範囲の40~70mg/dlを下回った者はトレーニング前8名であった(23.6~39.5mg/dl)。しかし、トレーニング後は、4名が40mg/dlを割ったのみであった。トレーニングにより、HDL-コレステロールは52.7mg/dlから56.7mg/dlへと有意に(p<0.001)増加した。

## 考 察

安静時の医学的検査、運動負荷テストの結果、および年齢(55歳以上)により、164名中37名の者が“要注意グループ”に編入された。彼らに対して、週2回、1回100分間のトレーニングを行った。

トレーニングのプログラムは、徒身体操、柔軟体操、組体操、歩行あるいはジョギングからなる準備運動、そして球技、マット、なわとび、ゲームからなる主運動、そして整理運動であった。

“要注意グループ”に編入された37名中、血圧あるいは血中脂質などの検査成績に異常がみられず、負荷心電図の異常所見によってのみ編入された者は9名(24.3%)であった。

もし、運動負荷テストを実施しなければ、37名中約1/4の人は見逃されてしまうことになる。メカニズムは明らかではないが、トレーニングにより、多くの者(82%)の負荷心電図異常所見の消失あるいは程度の軽減が見られたことは興味深い。

Choquette と Ferguson (1973)<sup>2)</sup> は、“境界域—140~159/90~95mmHg)の37名と123名の正常血圧者にトレーニングを課した。その結果、安静時の収縮期および拡張期血圧、そして最大下運動後の拡張期血圧に低下をみた。しかもその低下は、血圧の高いグループの方がより大きいことを示した。

本研究の結果、拡張期血圧は不変であったが、収縮期血圧はトレーニングにより有意に減少した。さらに、トレーニング前、血圧が高血圧域あるいは境界域にあった11名のうち1名だけを除いて、いずれも血圧は減少した。

Carlson と Böttiger (1972)<sup>1)</sup> は、虚血性心疾患とコレステロールおよびトリグリセリドとの関係を調べ、双方とも虚血性心疾患による死亡率と密接な関係にあることを報告している。

本研究において、コレステロールは、トレーニングによって有意な変化を示さなかった。

Holloszy ら (1964)<sup>3)</sup> は、中高年者を対象に6カ月間のトレーニングを行った結果、コレステロールレベルに有意な変化は観察しなかった。

また、Montoye ら (1959)<sup>8)</sup> は、中年者に3カ月間トレーニングをした結果、トレーニング初期のコレステロール値の高い者のみ減少がみられ、正常範囲に初期値をもつ者に変化はなかった。

本研究の37名中22名が、トレーニングによってコレステロール値が減少したが、このうち14名が200mg/dlを越えた者であった。

Malinow ら<sup>6,7)</sup> は、動物に放射性物質でラベルしたコレステロールを注入し、その呼気中の

$^{14}\text{CO}_2$  を分析定量した。その結果、運動によってコレステロールが酸化されることを見出した。

しかし、人間においてもコレステロールがエネルギー源として使われるかについては疑問の余地を残し、身体トレーニングによるその変化もまちまちである<sup>1,3,5,8,9,11)</sup>。

一方、トリグリセリドはエネルギー源として酸化される脂肪酸とグリセロールの化合物であり、運動によって利用が増加する。

コレステロール値に変化を認めなかった前述の Holloszy ら<sup>3)</sup>も、トリグリセリドはトレーニングによって有意に減少したことを報告している。

本研究においてもトリグリセリドは有意に低下を示し、正常範囲を越えた者は、トレーニング前の 37 名中 8 名 (21.6%) から 3 名 (8.1%) に減少した。

このことは、トリグリセリドを減少させるのに、かかる中高年齢者に対しても運動が効果があることを示している。

Kaukola ら (1980)<sup>4)</sup> は、56 人の心筋梗塞患者の脂質を調べた。その結果、総コレステロールは正常範囲にあったものの、同年代の人よりトリグリセリドの顕著な上昇および低いレベルの HDL-コレステロールを見出した。

また、Sauar ら (1980)<sup>10)</sup> は、高いレベルの HDL-コレステロールと高いトリグリセリドの除去能力との間に密接な関係があることを観察した。

本研究においても、トリグリセリドの有意な低下と相まって、HDL-コレステロールの有意な増加を観察し、Kaukola らや Sauar らの知見を支持した。

以上の結果から、

1) 自転車エルゴメータによる運動負荷テストは、潜在的循環器疾患を選定するのに有効である。

2) 運動は、血圧、トリグリセリドおよび

HDL-コレステロールなどの risk factor を改善するとともに、負荷心電図異常所見を軽減あるいは消失させるに有効であった。

## 文 献

- 1) Carlson, L.A., L.E. Böttiger; Ischemic heart disease in relation to fasting values of plasma triglycerides and cholesterol, *Lancet*, **1**: 865—868 (1972)
- 2) Choquette, G., R.J. Ferguson; Blood pressure reduction in "borderline" hypertensives following physical training, *Can. Med. Ass. J.*, **108**: 699—703 (1973)
- 3) Holloszy, J.O., J.S. Skinner, G. Toro, T.K. Cureton; Effects of a six month program of endurance exercise on the serum lipids of middle-aged men, *Am. J. Cardiol.*, **14**: 753—760 (1964)
- 4) Kaukola, S., V. Manninen, P.I. Halonen; Serum lipids with special reference to HDL cholesterol and triglycerides in young male survivors of acute myocardial infarction, *Acta Med. Scand.*, **208**: 41—43 (1980)
- 5) Keys, A., J.T. Anderson, M.Aresu, G. Biörck, J.F. Brock, B. Bronte-Stewart, F. Fidanza, M.H. Keys, H. Malymros, A. Poppi, T. Postell, B. Swahn, A. Del Vecchio; Physical activity and the diet in populations differing in serum cholesterol, *J. Clin. Invest.*, **35**: 1173—1181 (1956)
- 6) Malinow, M.R., P. McLaughlin, A. Perley; Cholesterol: Treadmill activity accelerates oxidation in rats, *Science*, **160**: 1239—1240 (1968)
- 7) Malinow, M.R., P. McLaughlin, A. Perley; Effect of muscular contraction on cholesterol oxidation, *J. Appl. Physiol.*, **25**: 733—735 (1968)
- 8) Montoye, H.J., W.D. Van Huss, W.D. Brewer, E.M. Jones, M.A. Ohlson, E. Mahoney, H. Olson; The effects of exercise on blood cholesterol in middle-aged men, *Am. J. Clin. Nutr.*, **7**: 139—145 (1959)
- 9) Rochelle, R.H.; Blood plasma cholesterol changes during a physical training program, *Res. Quart.*, **32**: 538—550 (1961)

10) Sauar, J., S. Skrede, J. Erikssen, J.P. Blomhoff; The relation between the levels of HDL cholesterol and the capacity for removal of triglycerides, *Acta Med. Scand.*, 208 : 199—203 (1980)

11) Taylor, H.L., J.T. Anderson, A. Keys; Physical activity, serum cholesterol and other lipids in man, *Proc. Soc. Exper. Biol. and Med.*, 95 : 383—386 (1957)