中高年女性における運動習慣の頻度が血中過酸化脂質，およびリポタンパクに及ぼす影響

日本歯科大学　星　秋夫
（共同研究者）同　松田一如
東京理科大学　金場昭範

Effect of Habitual Physical Activity on Serum Lipid Peroxide and Lipoprotein in Middle and Elder Aged Female

by
Akio Hoshi, Kazuyuki Matsuda
The Nippon Dental University
Akinori Kanaba
Science University of Tokyo

ABSTRACT

We examined the effect of frequency of habitual physical activity on serum lipid peroxide and lipoprotein in middle and elder aged female. The subjects were 15 trained (trained A (n＝7) : less than 2 days a week, trained B (n＝8) : more than 3 days a week) female and 10 untrained female. Serum triglyceride level was lower in both trained groups than in untrained, and significant difference in these levels was found between trained B and untrained. Level of serum HDL-cholesterol was significantly higher in both trained groups than in untrained.

LDL-cholesterol／HDL-cholesterol ratio level declined at the higher frequencies of exercise and significant difference in these ratio was found between trained B and untrained. Level of serum lipid per-

oxide was significantly lower in trained B than in untrained and trained A. In conclusion, the present study seems to suggest that improvement on serum lipid and lipoprotein levels increased with higher frequencies of habitual physical activity. High frequency of habitual physical activity seems to inhibit the degenarative change in the tissues.

要　旨

中高年女性における運動習慣の頻度が安静時の血中過酸化脂質，およびリポタンパク水準に対して，どのような影響を及ぼすか検討した．被検者は運動群として，週2回以下の運動実施者（TA群）7名，および週3回以上の運動実施者（TB群）8名であり，その対照群としては定期的な運動を実施していない同年齢の健康な女性である．

その結果，

1）血中トリグリセライドは非運動群よりも両運動群で低水準にあり，TB群と非運動群との間に有意差を認めた．

2）HDLコレステロールは非運動群よりも両運動群で有意に高値を示す．

3）LDLコレステロール／HDLコレステロール比は運動頻度が高くなると低下する傾向にあり，TB群は非運動群との間に有意差を認めた．

4）TB群における血中過酸化脂質は非運動群，およびTA群よりも有意に低値を示す．

以上の結果から，運動習慣による血中脂質，リポタンパクの改善効果は運動頻度の高い方が，より顕著であることが示唆された．また，週3回以上の運動習慣は細胞の退行性変化を抑制させる可能性が示唆された．

緒　言

虚血性心疾患や動脈硬化症の促進因子として，高脂血症やHDLコレステロールの低水準があげられ[7,12]，身体トレーニングは血中LDLコレステロールの低下やHDLコレステロールの増加をもたらし，高脂血症を改善することが報告されている[13,14,15,25]．そして，HDLコレステロールの増加は走行運動量に比例することが報告されている[8,16,26]．しかし，これらの報告の多くは男性を対象とし，さらに運動群としては運動選手，あるいは高強度のトレーニングを実施している者である．

血中脂質やリポタンパク水準には男女差が存在し[4,7,10]，女性の身体トレーニングにおける血中脂質やリポタンパクの改善効果は男性よりも小さいとの報告[3]もある．したがって，中高年女性における比較的軽強度の身体トレーニングによる血中脂質やリポタンパクの影響は男性と異なる可能性も考えられる．

一方，生体膜中の高度不飽和脂肪酸が活性酸素により酸化されて生じる過酸化脂質は生体膜に傷害を与え，機能低下を引き起こす[6]ことから，老化や動脈硬化[28]，癌[22]等の病理的変化と深く関連していると考えられている．しかし，身体トレーニングと血中過酸化脂質とに関する報告はきわめて少なく，身体トレーニングが安静時の血中過酸化脂質水準にどのような影響を及ぼすかはいまだに明かにされてはいない．

そこで本研究では，中高年女性が余暇時間にレクリエーションとして，習慣的に実施するような比較的軽強度の運動の頻度が安静時の血中過酸化脂質，およびリポタンパク水準に対して，どのよ

表1　Physical charactaristics of the subjects in each group

Number of subjects	Age (yrs)	Height (cm)	Weight (kg)	Fat (%)
Untrained (10)	47.9±1.5	152.1±1.4	51.3±2.0	27.1±1.5
Trained A (7)	44.9±2.4	154.8±1.3	56.7±2.5	28.3±1.3
Trained B (8)	48.5±1.9	157.8±1.4	54.5±1.6	23.0±1.3

Values are mean±SE.
Trained A：less than 2 days a week
Trained B：more than 3 days a week

うな影響を及ぼすか検討した.

1．研究方法

被検者は運動群として週1回以上，1回2時間程度，2年以上定期的に硬式テニスを実施している中高年齢の健康な女性15名，およびその対照群として，日頃規則的な運動を行っていない同年齢の健康な女性10名である．なお，運動群は運動頻度による差異を検討するため，週2回以下の運動実施群（TA群）7名，および週3回以上の運動実施群（TB群）8名の2群に分類した.

各群の被検者の身体特性は**表1**に示した．体脂肪率は皮下脂肪厚より求めた．採血は午前9～10時の一定時刻の空腹安静状態にて前腕静脈より行った.

血液は血清分離の後，血清トリグリセライド（酵素法），リン脂質（酵素法），総コレステロール（酵素法），HDLコレステロール（酵素法），および過酸化脂質（ヘモグロビン・メチレンブルー法）の分析に供した．なお，LDLコレステロールはFriedewaldたち[5]の計算式から算出し，動脈硬化指数としてLDLコレステロール／HDLコレステロール比を求めた.

統計処理は各群間の有意差をStudent'sのt－testを用いて検定した．いずれの場合も危険率5％以下をもって有意とした.

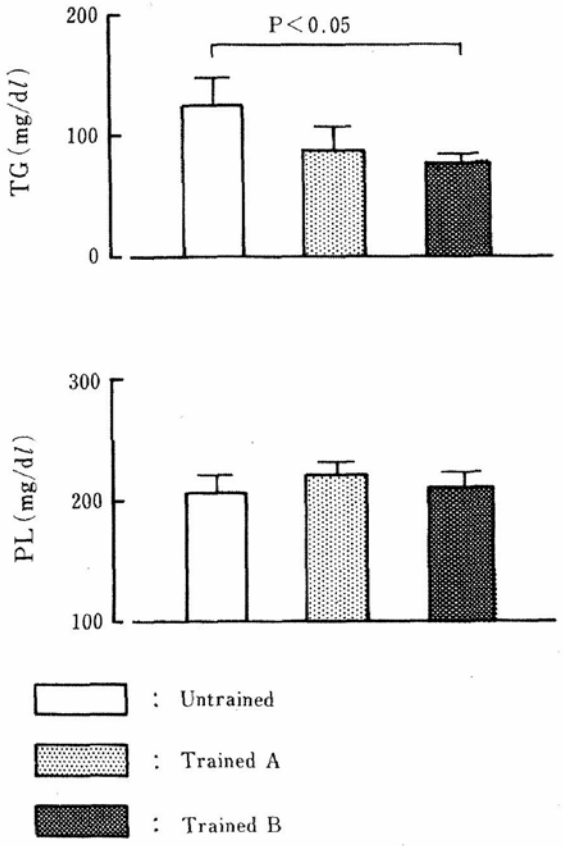

図1　Levels of serum triglyceride and Phospholipid in each group. Values are mean±SE

2．結　果

各群における血中トリグリセライド，およびリ

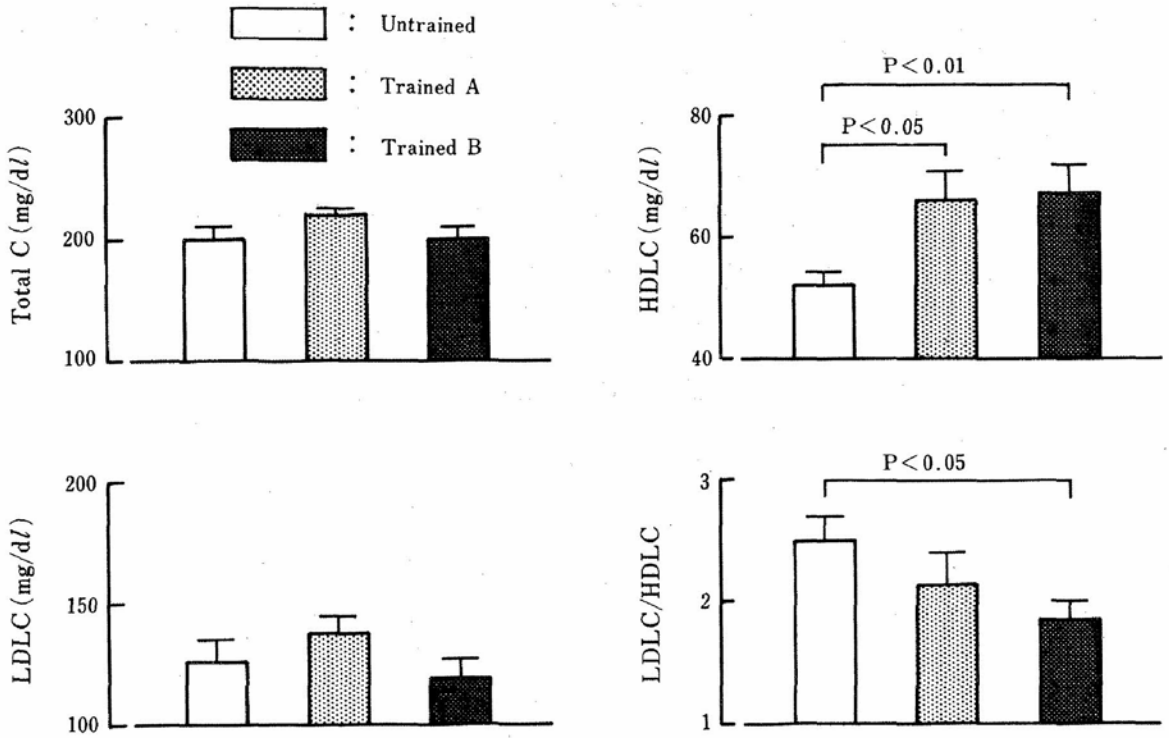

図2 Levels of serum lipoproteins in each group.
Values are mean±SE

ン脂質濃度を**図1**に示した．TA群，TB群の血中トリグリセライドは83.1 ± 21.8 mg／dl（平均± SE），78.4 ± 5.0 mg／dlと，非運動群の122.4 ± 18.7 mg／dlよりもそれぞれ約32%，約36%低水準を示し，TB群においては非運動群との間に有意差（P< 0.01）を認めた．

血中リン脂質は非運動群で207.3 ± 10.0 mg／dl，TA群で220.9 ± 10.6 mg／dl，TB群では209.0 ± 11.3 mg／dlと，いずれの群間においても差異が認められない．

リポタンパク水準についてみると**図2**に示すように，非運動群の総コレステロールは202.7 ± 8.9 mg／dl，TA群は220.4 ± 5.8 mg／dl，TB群は202.3 ± 10.6 mg／dlであり，いずれの群も同水準にある．

LDLコレステロールも非運動群で125.9 ± 8.1 mg／dl，TA群で137.5 ± 5.8 mg／dl，TB群で120.1 ± 8.5 mg／dlと，いずれの群間においても差異が認められない．

一方，HDLコレステロールは非運動群の52.3 ± 2.4 mg／dlに比べ，TA群では66.3 ± 5.1 mg／dl（P< 0.05），TB群では66.5 ± 4.5 mg／dl（P< 0.01）と非運動群よりも有意に高値を示す．しかし，TA群とTB群は同水準にあり，運動頻度による差異が認められない．

LDLコレステロール／HDLコレステロール比は非運動群で2.48 ± 0.22，TA群で2.16 ± 0.21，TB群で1.84 ± 0.15と運動頻度が高くなるにしたがい低下する傾向にある．そして，TB群は非運動群よりも有意（P< 0.05）に低値を示す．

血中過酸化脂質は**図3**に示すように，TA群は0.59 ± 0.05 nmol／mlであり，非運動群の0.63 ± 0.06 nmol／mlと同水準にある．これに対して，TB群は0.40 ± 0.03 nmol／mlと，他の2群よりも有意（非運動群：P< 0.01，TA群：P< 0.01）に低い．このように，血中過酸化脂質の運動

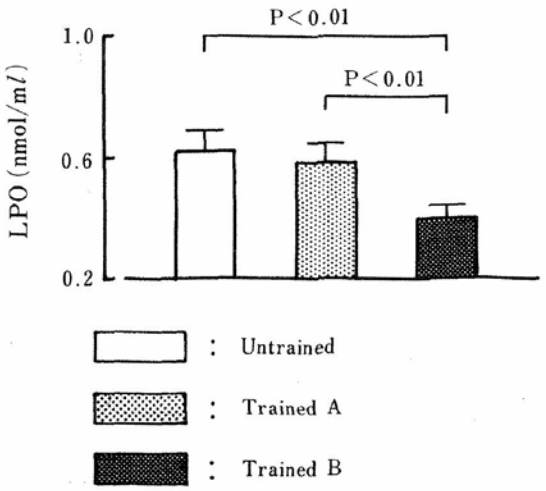

図3 Levels of serum lipid peroxide in each group. Values are mean±SE

習慣による影響は運動頻度の高いTB群のみ認められた.

3. 考　察

本研究における運動群の血中HDLコレステロールは，男性を対象とした先行研究[13,14,15,25]と同様，非運動群よりも有意（TA群：$P<0.05$，TB群：$P<0.01$）に高値を示す（**図2**）．しかし，両運動群の血中HDLコレステロールは同水準にあり，運動頻度による差異が認められない（**図2**）．

Hartungたち[8]，Mooreたち[16]，Woodたち[26]は血中HDLコレステロールは非鍛錬者，ジョガー，長距離選手の順で高値を示し，血中HDLコレステロールと走行運動量は比例すると報告している．本研究の運動群が実施している運動は主に硬式テニスのゲームであり，その運動量は運動頻度の高いTB群においても比較的小さいと考えられる．それゆえ，本研究のTA群とTB群の運動量には血中HDLコレステロールに影響を及ぼすほどの大きな違いが認められず，このことが血中HDLコレステロールに運動習慣の頻度による差異を認めなかった要因であるとも考えられる．

しかしながら，Higuchiたち[9]は走行量／週の異なる3つの運動群の血中HDLコレステロールは，いずれの運動群も非運動群より高値を示すが，運動群における血中HDLコレステロールは走行運動量の違いによる差異が認められないと報告しており，さらに，先行研究[8,26]で血中HDLコレステロールと走行量との間に関連性を認めたのは活動水準の異なる非鍛錬者，ジョガー，マラソン選手を一緒に比較したためであると示唆している．そして，Sadyたち[19]は長距離選手のトレーニング量と血中HDLコレステロールとの間には関連性が認められないと報告している．

これらのことは，同等強度の運動を行っている者においては，その運動量の大小によって，血中HDLコレステロールは影響されないことを示唆しているとも考えられる．それゆえ，本研究における運動群の血中HDLコレステロールは運動頻度による差異を認めなかったのかもしれない．

適度な強度の身体トレーニングは筋肉中に存在するリポプロテインリパーゼの酵素活性を亢進させ，カイロミクロンやVLDLのトリグリセライド・リッチ・リポタンパクの異化を促すことにより，HDLコレステロールを増加させることが報告[14,17,21]されている．本研究におけるTB群の血中トリグリセライドは非運動群よりも有意（$P<0.01$）に低値を示し，TA群の血中トリグリセライドは有意ではないが，非運動群よりも約32%低水準にある（**図1**）．したがって，本研究における両運動群の高い血中HDLコレステロール水準は，運動によるリポプロテインリパーゼの活性亢進によるトリグリセライド・リッチ・リポタンパクの異化が亢進した結果の反映であると推察される．

本研究のLDLコレステロール，総コレステロールは，いずれの群間においても明かな差異が認められない（**図2**）．しかし，LDLコレステロール／HDLコレステロール比は運動頻度が高くなると低下する傾向にあり，TB群は非運動群

よりも有意（$P < 0.05$）に低値を示す（**図2**）．したがって，リポタンパク水準の改善効果はTA群よりもTB群で顕著であると示唆される．そして，LDLコレステロール／HDLコレステロール比は抗動脈硬化作用の指標となる[24]ことから，本研究のような比較的軽強度の運動習慣でも週3回以上実施することにより，虚血性心疾患や動脈硬化症の発症・進展を抑制できるものと推察される．

ところで，本研究におけるTA群の血中過酸化脂質は，非運動群と同水準にあるが，TB群は非運動群（$P < 0.01$）のみならずTA群（$P < 0.01$）よりも有意に低値を示す（**図3**）．このように血中過酸化脂質に及ぼす運動習慣の影響は運動頻度の高いTB群のみ認められた．身体トレーニングが血中過酸化脂質を低下させることをArao たち[2]はラットで，青木と谷は[1]ヒトで報告している．これに対して，Viinikka たち[23]，角田たち[20]は鍛錬者群と非鍛錬者群との間の血中過酸化脂質には有意差を認めないと報告している．このような異なる結果が得られた要因としては，身体トレーニングの強度や量，被検者の体力水準の違いが考えられる．

過酸化脂質は不飽和脂肪酸が活性酸素により過酸化されて生じるが，通常はラジカル抑制酵素等により，その生成を増大させない防御機構を有している[27]．そして，10週間の走行トレーニング（5 km以上／週）はヒト赤血球中のカタラーゼ，グルタチオンリダクターゼの酵素活性を有意に亢進させること[18]，最大酸素摂取量が60 ml／kg／分以上の男性被検者では，それ以下の者よりも外側広筋中のカタラーゼ，SOD活性が有意に高値を示すこと[11]が報告されており，ラジカル抑制酵素活性は被検者の有酸素能力，あるいはトレーニングの程度により異なることが認められている．血中過酸化脂質の水準は生体内の脂質過酸化をすべて反映しているとは考えられないが，少なくともラジカル抑制酵素活性が高値を示すことは，過酸化脂質の分解，排泄を促進し，血中過酸化脂質の水準を低下させている可能性が考えられる．したがって，本研究で血中過酸化脂質がTB群のみ低値を示した要因として，運動頻度の高いTB群でラジカル抑制酵素活性が亢進した結果，過酸化脂質の生成が抑制されたものと推察される．

このように，週3回以上の運動習慣により，血中過酸化脂質が低下することは，細胞の退行性変化を抑制する可能性を示すと思われる．

4．要　約

本研究では，中高年女性における運動習慣の頻度が安静時の血中過酸化脂質，およびリポタンパク水準に対して，どのような影響を及ぼすか検討した．被検者は運動群として，週2回以下の運動実施者（TA群），および週3回以上の運動実施者（TB群）であり，その対照群は運動習慣のない健康な同年齢の女性である．

その結果は以下の通りである．

1）血中トリグリセライドは非運動群よりも両運動群で低水準にあり，TB群と非運動群との間に有意差（$P < 0.05$）を認めた．

2）リン脂質，総コレステロール，およびLDLコレステロールは，いずれの群も同水準にある．

3）HDLコレステロールは非運動群よりも両運動群で有意（TA群：$P < 0.05$，TB群：$P < 0.01$）に高値を示す．

4）LDLコレステロール／HDLコレステロール比は運動頻度が高くなるにしたがって低下する傾向にあり，TB群は非運動群との間に有意差（$P < 0.05$）を認めた．

5）TB群における血中過酸化脂質は非運動群（$P < 0.01$），TA群（$P < 0.01$）よりも有意に低値を示す．

以上の結果から，運動習慣による血中脂質，リポタンパクの改善効果は運動頻度により異なり，

週3回以上の運動習慣で，より顕著であることが示唆された．また，週3回以上の運動習慣は細胞の退行性変化を抑制させる可能性が示唆された．

文　献

1) 青木みか，谷由美子；成人女子の血清脂質成分に及ぼす運動と減食の影響，栄養学雑誌，**41**，85－93（1983）

2) Arao, T., Ikuyama, T., Minegishi, Y.; Effect of physical training on serum and tissue lipid peroxide and tissue superoxide dismutase activity at rest and during exercise in rats, *Can. J. Sport Sci.*, **13**（2），3（1988）

3) Brownell, K. D., Bachorik, P. S., Ayerle, R. S.; Changes in plasma lipid and lipoprotein levels in men and women after a program of moderate exercise, *Circulation*, **65**, 477－484（1982）

4) Carlson, L. A., Ericsson, M.; Quantitative and qualitative serum lipoprotein analysis, *Atherosclerosis*, **21**, 417－433（1975）

5) Friedewald, W. T., Levy, R. I., Fredrickson, D. S.; Estimation of the concentration of low-density lipoprotein cholesterol in plasma, without use of the preparative ultracentrifuge, *Clin. Chem.*, **18**, 499－502（1972）

6) Girotti, A. W., Thomas J. P.; Damaging effects of oxygen radicals on resealed erythrocyte ghosts, *J. Biol. Chem.*, **259**, 1744－1752（1984）

7) Gordon, T., Castelli, W. P., Hjortland, M. C., Kannel, W. B., Dawber, T. R.; High density lipoprotein as a protective factor against coronary heart disease, *Am. J. Med.*, **62**, 707－714（1977）

8) Hartung, G. H., Foreyt, J. P., Mitchell, R. E., Vlasek, I., Gotto, A. M.; Relation of diet to high density lipoprotein cholesterol in middle-aged marathon runners, joggers and inactive men, *N. Eng, J, Med.*, **302**, 357－361（1980）

9) Higuchi, M., Iwaoka, K., Fuchi, T., Kobayashi, S., Tamai, T., Takai, H., Nakai, T.; Relation of running distance to plasma HDL-cholesterol level in middle-aged male runners, *Clin. Physiol.*, **9**，121－130（1989）

10) 星　秋夫，喜多尚武，荒尾　孝，青木和江，後藤芳雄，松田一如，堤　達也；運動に対する血中ホルモン，および血中基質反応の男女差について，体力研究，**63**，14－28（1986）

11) Jenkins, R. R., Friedland, R., Howald, H.; The relationship of oxygen uptake to superoxide dismutase and catalase activity in human skeletal muscle, *Int. J. Sports Med.*, **5**，11－14（1984）

12) Kannel, W. B., Castelli, W. P., Gordon, T.; Cholesterol in the prediction of atherosclerotic disease：New perspectives based on the Framingham study, *Ann. Intern. Med.*, **90**, 85－91（1979）

13) Lehtonen, A., Viikari, J.; Serum triglycerides and cholesterol and serum high-density lipoprotein cholesterol in highly physically active men, *Acta. Med. Scand.*, **204**, 111－114（1978）

14) Lopez-S. A., Vial, R., Balart, L., Arroyave, G.; Effect of exercise and physical fitness on serum lipids and lipoproteins, *Atherosclerosis*, **20**, 1－9（1974）

15) Martin, R. P., Haskell, W. L.,Wood, P. D.; Blood chemistry and lipid profiles of elite distance runners, *Ann. NY Acad. Sci.*, **301**, 346－360（1977）

16) Moore, C. E., Hartung, G. H., Mitchell, R. E., Kappus, C. M., Hinderlitter, J.; The relationship of exercise and diet on high-density lipoprotein cholesterol levels in women, *Metabolism*, **32**, 189－196（1983）

17) Nikkila, E. A., Taskinen, M., Rehunen, Harkonen, M.; Lipoprotein lipase activity in adipose tissue and skeletal muscle of runners：relation to serum lipoproteins, *Metabolism*, **27**, 1661－1671（1978）

18) Ohno, H., Yahata, T., Sato, Y., Yamamura, K., Taniguchi, N.; Physical training and fasting erythrocyte activities of free radical scavenging enzyme systems in sedentary men, *Eur. J. Appl. Physiol.*, **57**, 173－176（1988）

19) Sady, S. P., Cullinate, E. M., Herbert, P. N., Kantor, M, A., Thompson, P. D.; Training, diet and physical characteristics of distance runners with low or high concentrations of high density lipoprotein cholesterol, *Atherosclerosis*, **53**, 273－281（1984）

20) 角田　聡，田中喜代次，喜多尾浩代，渡辺一志，中塘二三生，増原光彦；血清過酸化脂質に及ぼす最大運動と最大下長時間運動の影響，デサントスポーツ科学，**8**，231－239（1987）

21) Tall, A. R., Small, D. M.; Plasma high-den-

sity lipoproteins, *N. Engl. J. Med.*, **299**, 1232－1236 (1978)
22) Totter, J. R.; Spontaneous cancer and its relationship to oxygen metabolism, *Proc. Natl. Acad. Sci.*, **77**, 1763－1767 (1980)
23) Viinikka, L., Juhani, V., Ylikorkala, O. Lipid peroxides, prostacylin, and thromboxaneA 2 in runners during acute exercise, *Med. Sci. Sports Exerc.*, **16**, 275－277 (1984)
24) 脇屋義彦；虚血生心疾患の成因に関する研究一脂質代謝と冠状動脈硬化度の相関性について，日内会誌，**70**，714－726 (1981)
25) Wood, P. D., Haskell, W. L.; The effect of exercise in plasma high density lipoproteins, *Lipids*, **14**, 417－427 (1979)
26) Wood, P. D., Haskell, W. L., Blair, S. N., Williams, P. T., Krauss, R. M., Lindgren, F. T., Albers, J. J., Ho, P. H., Farquhar, J. W.; Increased exercise level and plasma lipoprotein concentrations : a one-year, randomized controlled study in sedentary, *middle-aged men, Metabolism*, 32, 31－39 (1983)
27) 八木國夫；過酸化脂質とは，*Geriat. Med.*, **16**, 1327－1331 (1978)
28) Yagi, K.; A biochemical approach to atherogenesis, *Trends Biochem. Sci.*, **11**, 18－19 (1986)