

## 運動의 血清 脂質 및 尿中 Creatinine과 Methylhistidine 濃度에 미치는 影響

宋 敬 姬・崔 惠 美

서울大學校 家政大學 食品營養學科

### Effect of Exercise on Serum Lipids, Urinary Creatinine and 3-Methylhistidine in Human

Kyung Hee Song and Haymie Choi

Department of Food and Nutrition, Seoul National University

#### =ABSTRACT=

The effect of exercise on serum cholesterol and triglyceride concentration and on urinary creatinine and 3-methylhistidine excretion was studied in eight healthy women, aged 21 to 25 yr. Subjects were tested before and after a 3-day experimental period, during which 1000 times rope-jumping a day were performed.

Serum cholesterol and triglyceride levels decreased significantly after exercise. Urinary excretion of creatinine and 3-methylhistidine slightly increased after exercise.

#### 緒論

血清 cholesterol의 上昇은 動脈硬化症과 冠狀動脈心臟病을 發生시키는 要因이 된다고 報告되었으며<sup>1)~4)</sup>, 冠狀動脈心臟病의 發生에 血液內 cholesterol이 運搬되어지는 方法은 血清 total cholesterol 濃度보다 더 重要하고<sup>5)</sup>, low-density lipoprotein (LDL)에 의해서 運搬되어지는 cholesterol은 動脈硬化過程에 寄與하는 반면<sup>6)</sup> high-density lipoprotein (HDL)에 의해 運搬되어지는 cholesterol은 動脈壁으로 부터 肝으로 運搬되어 分解된

다고 報告되었다<sup>5)</sup>. 또한 運動은 体重을 減少시키며<sup>7)</sup> 体脂方量과 血清 脂質을 減少시킨다고 報告되었고<sup>8)~11)</sup>, HDL-cholesterol은 冠狀動脈心臟病과 逆의 相關關係가 있으며, HDL-cholesterol은 運動에 의해서 增加된다라고 報告되었다<sup>5)12)13)</sup>. 반면 다른 研究者들은 運動에 의해 血清 脂質은 變化되지 않는다는相反된 報告를 하였다<sup>14)17)</sup>.

그리므로 本 研究에서는 健康한 女大生을 對象으로 運動前과 後의 体内變化를 살피고자 血清 cholesterol과 triglyceride의 濃度 및 尿中の creatinine과 3-methyl histidine의 濃度를 測定比較하였다.

## 研究材料 및 方法

### 1) 調査對象 및期間

本研究는 21 歲부터 25 歲까지의 外形의 으로 健康한 女大生 總 8名을 對象으로 하여 6月 4日부터 6月 14 日까지 實施되었으며, 實驗期間동안에는 平常時와 같은 生活을 하도록 하였으며, 投藥은 禁止되었다 (Table 1).

### 2) 調査方法 및 食餌

各對象者들은 全 實驗期間동안 同一한 食餌를 摄取하도록 하였으며, 4日間의 適應期間과 運動前 3日동안은 심한 運動은 삼가도록 하였으며 投藥은 禁止되었고 平常시의 生活을 하도록 하였다. 運動期間은 3日이었으며 每日各對象者는 출입기를 1000回 實施하도록 하였다. 運動前 3日동안과 運動期間 3日中, 각각 3日째 되는 날에는 creatinine과 3-methylhistidine의 測定을 위해서 24時間尿를 採取하였으며, 4日째 되는 날 아침 食事前에는 血清 cholesterol과 triglyceride濃度 測定을 위해서 15ml의 靜脈血을 採血하였다. 食餌의 構成에 關하여는 表2에 나타나 있다.

食餌은 1日 1800kcal로 조정되었으며, (한국영양학회지 15(3), 212, 1982), 韓國人營養勸獎量에 맞추어 總 70g의 蛋白質中에서 動物性과 植物性蛋白質 1:2의 比로 構成되었으며 (Table 2), 動物性蛋白質의 給源으로는 쇠고기와 돼지고기 및 껌질을 除外한 닭고기와 달걀 및 牛乳가 주로 使用되었고, 植物性蛋白質의 給源으로는 市販되는 Textured Soy Protein (TSP)와 두부 및 콩이 주로 使用되었으며, TSP는 물과 1:3의 比로 混合하여 불린 後, blender로 잘아서 調理하였고, 植物性油로는 옥수수 기름을 使用하였으며, 食餌中の cholesterol含量은 595mg이었다.

또한 摄取한 營養素의 算出은 USDA Agriculture Handbook 456<sup>18)</sup>을 使用하였으며, 韓國의 固有한 食品은 食品分析表<sup>19)</sup>를 使用하였다.

Table 1. Details of subjects

Number of subjects	8
Age (years)	21.4 ± 1.7 <sup>a</sup>
Body weight(kg)	49.6 ± 4.1
Body height(cm)	159.7 ± 4.6
Hb./Hct.(gm%/%)	14.7 ± 0.7 / 42.7 ± 3.6

a : Mean ± S.E.M.

### 3) 分析方法

採血은 血液中 5ml는 즉시 heparin 處理하여 採血當日 血色素濃度는 cyanmethemoglobin法<sup>20)</sup>에 의하여 測定하였으며, 赤血球容積比는 microhematocrit法<sup>21)</sup>에 의하여 測定하였다.

남은 10ml의 靜脈血은 常溫에서 放置한 後, 遠沈하여 血清을 얻어 -20°C에 保管한 後, 實驗에 使用하였다. Cholesterol은 McDougal<sup>22)</sup>等의 方法으로서 spectrofluorometer를 使用하였으며, triglyceride는 Fletcher<sup>23)</sup>

Table 2. Comparison of diets

Total calories ( kcal/day )	1802 ± 42 <sup>a</sup>
Carbohydrate ( gm/day )	268 ± 7.0 ( 59 ± 1.3 ) <sup>b</sup>
Protein ( gm/day )	animal                            23 ± 0.9 plant                                47 ± 1.6 ( 16 ± 0.9 )
Fat ( gm/day )	50 ± 1.9 ( 25 ± 0.6 )

a : Mean ± SEM

b : Percentage of total caloies.

Table 3. Changes of serum cholesterol and triglyceride and urinary excretion of creatinine and 3-methylhistidine after exercise

	Before exercise	After exercise
Serum cholesterol ( mg/100 ml )	200.1 ± 14.0	159.7 ± 10.1 **
Serum triglyceride ( mg/100 ml )	165.7 ± 36.9	105.2 ± 48.4 * <sup>*</sup>
Urinary creatinine ( gm/24 hrs. )	1.28 ± 0.26	1.35 ± 0.28
Urinary 3-methylhistidine ( μmol/24 hrs. )	279.3 ± 60.9	307.6 ± 44.7
Urinary 3-MeHis/ creatinine ( μmol/gm )	217.8 ± 37.8	235.6 ± 58.2

\*: Significance compared before exercise ( $P < 0.05$ ).

\*\*: Significance compared before exercise ( $P < 0.01$ ).

-運動의 血清 脂質 및 尿中 Creatinine과 Methylhistidine 濃度에 미치는 影響-

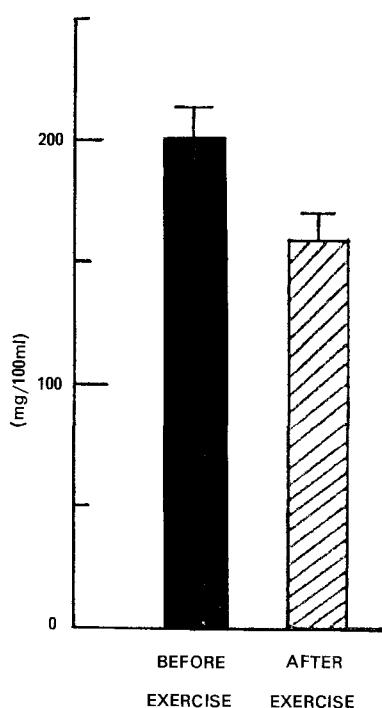


Fig. 1. Serum cholesterol concentration.

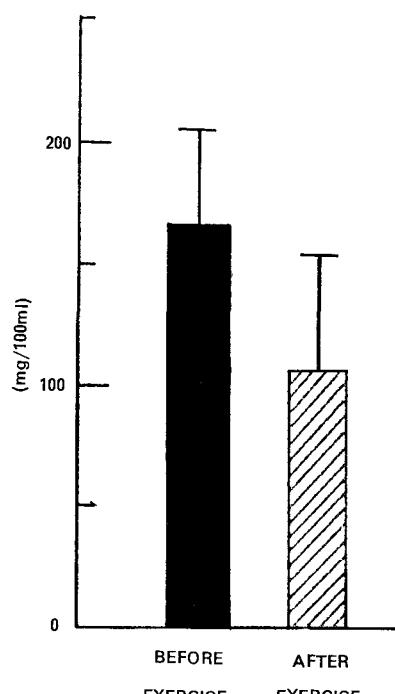


Fig. 2. Serum triglyceride concentration.

의 方法을 變形한 Neri<sup>24)</sup>等의 方法으로 spectrophotometer를 使用하였다.

한편 採尿된 24時間尿는 2-3방울의 toluene을 添加하여 -20°C에 保管한 後 creatinine은 Jaffé<sup>25)</sup>의 方法으로 spectrophotometer를 使用하였고, 3-methylhistidine은 Radha<sup>26)</sup>等의 方法으로 spectrophotometer를 使用하였다. 各 data는 平均值와 標準誤差를 구하였으며, Student-t test를 使用하여 檢證하였다.

## 結果

### 1) 血清 cholesterol

調査對象者들의 運動前과 運動後의 血清 cholesterol濃度는 Table 3과 Fig. 1에 나타나 있다. 血清 cholesterol濃度는 運動前에는 200.1 mg%이며, 運動後에는 159.7 mg%로서, 運動後에는 顯著하게 減少하였으며 統計的으로 有意의 差異를 나타내었다. ( $P < 0.01$ ).

### 2) 血清 triglyceride

調査對象者들의 運動前과 運動後의 血清 triglyceride濃度는 Table 3과 Fig. 2에 나타나 있다. 血清 triglyceride濃度는 運動前에는 165.7 mg%이며, 運動後에는 105.2 mg%로서 運動後에 減少하였으며 統計的으로 有意의 差異를 나타내었다. ( $P < 0.05$ ).

### 3) 尿中の creatinine

調査對象者들의 24時間尿中の creatinine濃度는 Table 3과 Fig. 3에 나타나 있다. 24時間尿中の creatinine濃度는 運動前에는 1.28 gm/24hr이었으며, 運動後에는 1.35 gm/24hr로서 5.46% 增加되었으며 統計的으로 有意의 差異는 없었다.

### 4) 尿中の 3-methylhistidine

調査對象者들의 24時間尿中の 3-methylhistidine의濃度는 Table 3과 Fig. 4에 나타나 있다. 24時間尿中の 3-methylhistidine의濃度는 運動前에는 279.3 μmol/24hr이었으며, 運動後에는 307.6 μmol/24hr로서 運動後에 增加되었으나 統計的으로 有意의 差異는 없었다.

### 5) 尿中の 3-methylhistidine과 creatinine 比

尿中の 3-methylhistidine/creatinine의 比는 表 3에 나타나 있다. 尿中の 3-methylhistidine/creatinine의 比는 運動前에는 217.8 μmol/gm이었으며, 運動後에는 235.6 μmol/gm로서 運動後에 增加되었으나 統計的으

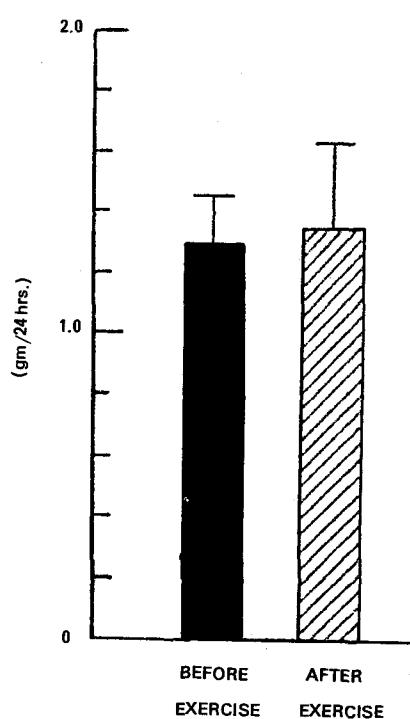


Fig. 3. Urinary excretion of creatinine.

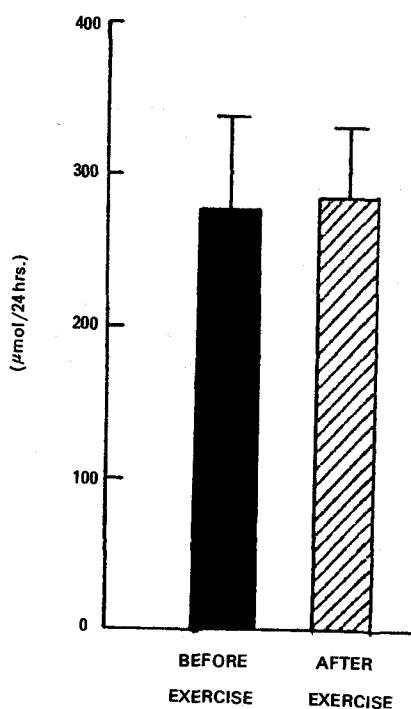
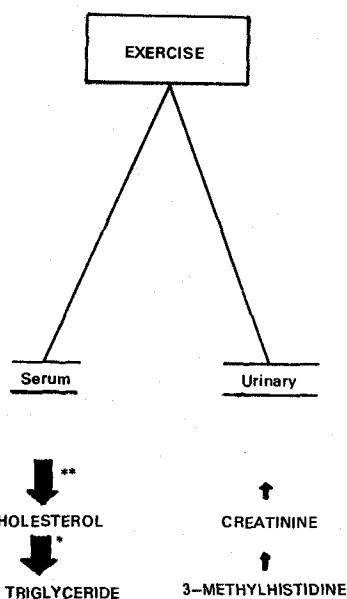


Fig. 4. Urinary excretion of 3-methylhistidine.



\*: Significance compared before exercise ( $P < 0.05$ )

\*\*: Significance compared before exercise ( $P < 0.01$ )

Fig. 5. Effect of exercise on cholesterol, triglyceride, creatinine and methylhistidine in human.

로有意의 差異는 없었다.

本實驗結果의 圖式이 Fig. 5에 簡潔하게 나타나 있다.

## 考 察

本實驗의 食餉는 韓國人營養勸獎量과 類似하여 1日 70g의 蛋白質과 595 mg의 cholesterol로 構成되었다.

本實驗에서 運動後의 總 血清 cholesterol濃度는 顯著하게 減少하였는데, 이는 運動後에 總 血清 cholesterol濃度가 減少한다는 다른 報告들<sup>8)9)11)27)28)</sup>과 一致하며, Malinow<sup>29)30)</sup>은 26-C<sup>14</sup>-cholesterol을 注射後에 呼氣中의 <sup>14</sup>CO<sub>2</sub>가 運動에 의해 增加되었는데 이는 運動으로 인해 直接的으로 cholesterol의 分解가 增加됨을 뒷 바침한다고 報告하였다. 그러나 다른 研究들<sup>14) - 17)31)</sup>에서는 運動으로 인해 血清脂質에 有意味의 變化가 없었다고 報告되었다. Weltman<sup>28)</sup>等은 總 血清 cholesterol濃度의 減少는 LDL-cholesterol과 VLDL-cholesterol濃度의 減少에 의한 것이며 HDL-cholesterol濃度는 거의 變化하지 않았다고 報告하였으나, 반대로 다른 여러 研究<sup>5)12)13)17)32) - 37)</sup>들에서는 運

## -運動의 血清 脂質 및 尿中 Creatinine 과 Methylhistidine 濃度에 미치는 影響-

運動後에 LDL-cholesterol 的 減少와 더불어 HDL-cholesterol濃度는 有意의인 增加를 보였다고 報告되었다. 이와같은 運動後의 HDL-cholesterol濃度에 對한相反의 報告는 運動의 強度와 運動期間의 差異에 의한 것이라고 사료된다<sup>28)38)</sup>. 또한 Nikkila<sup>39)</sup>等도 고도로 訓練된 사람들의 皮下脂肪의 lipoprotein lipase活性이 顯著하게 增加되어 있으며 이러한 現象은 HDL-cholesterol의 濃度와 陽의 相關關係가 있다고 報告하였다.

血清 triglyceride濃度는 運動後에 減少되었으며, 이는 運動後에 血清 triglyceride濃度가 減少했다는 다른 報告들<sup>8)9)17)35)40)~42)</sup>과 一致한다. Goode<sup>43)</sup>等과 Siegel<sup>44)</sup>等도 運動後에 血清 triglyceride濃度가 22~40% 減少했다고 報告하였다. Gyntelberg<sup>45)</sup>等은 食餉攝取가 增加되는 동안에도 運動에 의해 血清 triglyceride濃度가 減少된다고 報告하였으며, 또한 運動後에는 肝에서의 triglyceride合成이 減少되며<sup>40)46)</sup>, 末稍組織에서의 triglyceride의 uptake가 增加된다고 報告되었다<sup>9)39)</sup>.

24時間 尿中の creatinine濃度는 運動後에 약간 增加되었으나, 有意의인 差異는 없었다. 이는 심한 運動後에 尿中の creatinine濃度가 5~10% 정도 增加되었다는 다른 報告와 一致한다<sup>47)48)</sup>.

또한 24時間 尿中の 3-methylhistidine의濃度는 運動後에 增加되었으나, 有意의인 差異는 없었다. 3-methylhistidine은 筋肉蛋白質인 actin과 myosin이 分解되어 再使用되지 않고 98%가 尿로 排泄되며, actin과 myosin의 turnover의測定에 利用되며<sup>50)51)</sup>, fat-free mass와 筋肉量의測定에 使用된다고 報告되었다<sup>52)54)</sup>. 尿中の 3-methylhistidine과 creatinine比는 運動後에 약간 增加되었으나 有意의인 差異는 없었다. 3-methylhistidine과 creatinine比는 蛋白質攝取狀態의 指標로서 使用된다<sup>55)</sup>.

그러므로 本研究結果에서 運動後에 血清 脂質이 顯著하게 減少되는 것으로 미루어 보아서 運動의 必要性은 매우 重要하다고 하겠다. 實驗期間을 좀더 延長시키고 体内代謝의 變化를 多각적으로 分析함으로써 運動의 効果에 대한 研究가 활발히 이루어져야 하겠다.

## 結論

本研究者는 21歳부터 25歳까지의 健康한 女大生 8名을 對象으로 運動前과 後의 血清 cholesterol濃度와

triglyceride濃度 및 24時間 尿中の creatinine濃度와 3-methylhistidine濃度에 미치는 影響을 살펴보았다.

調査對象者들은 運動前 3日동안과 運動期間 3日中, 각자 3日째 되는 날에는 24時間 尿를 採取하였고, 4日째 되는 날 아침 食事前에 採血하여 分析한 結果는 다음과 같다.

1) 血清 cholesterol濃度는 運動後에 顯著하게 減少되었다 ( $P < 0.01$ ).

2) 血清 triglyceride濃度는 運動後에 顯著하게 減少되었다 ( $P < 0.05$ ).

3) 尿中の creatinine濃度는 運動後에 약간 增加되었으나 有意의인 差異는 없었다.

4) 尿中の 3-methylhistidine濃度는 運動後에 增加되었으나 有意의인 差異는 없었다.

5) 3-methylhistidine과 creatinine의 比는 運動後에 약간 增加되었으나 有意의인 差異는 없었다.

## REFERENCES

- 1) Bjorntorp, P. & Malmcroma, R.: Serum cholesterol in patients with myocardial infarction in younger ages. *Acta Med. Scand.* 168:151~155, 1960.
- 2) Chapman, J.M. & Massey, F.J.: The interrelationship of serum cholesterol, hypertension, body weight, and risk of coronary heart disease. *J. Chronic Diseases* 17:933~939, 1964.
- 3) Hayes, D. & Neill, D.W.: Serum cholesterol and triglycerides in ischemic heart disease. *Clin. Sci.* 26:285~191, 1964.
- 4) Nikkila, E.A. & Pelkonen, R.: Serum tocopherol, cholesterol, and triglycerides in coronary heart disease. *Circulation* 27: 919~928, 1963.
- 5) Miller, G.J. & Miller, N.E.: Plasma high density lipoprotein concentration and the development of ischaemic heart disease.
- 6) Welton, K.W. & Williamson, N.: Histological and immunofluorescent studies of the evolution of the human arteromatous plaque. *J. Atheroscler. Res.* 9: 599~603, 1968.
- 7) Pollock, M.L.: The quantification of endurance training programs. *Exer. Sport Sci. Rev.* 1:155~188, 1973.

- 8) Altekruze, E.B. & Wilmore, J.H.: *Changes in blood chemistries following a controlled exercise program.* *J. Occup. Med.* 15:110-113, 1973.
- 9) Lopez, A., Vial, R., Balart, L. & Arroyave, G.: *Effect of exercise and physical fitness on serum lipids and lipoproteins.* *Atherosclerosis* 20: 1-9, 1974.
- 10) Kekki, M.: *Lipoprotein-lipase action determining plasma high density lipoprotein cholesterol level in adult normolipaemics.* *Atherosclerosis* 37: 143-150, 1980.
- 11) Mann, G.V., Garret, H.L., Farhl, A., Murray, H. & Billings, F.T.: *Exercise to prevent coronary heart disease.* *Am. J. Med.* 46:12-27, 1969.
- 12) 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.
- 13) Miller, N.E., Thelle, D.S., Forde, O.H. & Mjos, O.D.: *The Tromso Heart Study. High-density lipoprotein and coronary heart disease: a prospective case-control study.* *Lancet* 1:965-968, 1977.
- 14) Campbell, D.E.: *Influence of several physical activities on serum cholesterol concentration in young men.* *J. Lipid Res.* 6: 478-486, 1965.
- 15) Fitzgerald, P., Heffernan, A. & McFarlane, R.: *Serum lipids and physical activity in normal subjects.* *Clin. Sci.* 28:83-89, 1965.
- 16) Enger, S.C., Herbjørnsen, K., Eriksson, J. & Fretland, A.: *High density lipoproteins (HDL) and physical activity. The influence of physical exercise, age and smoking on the HDL-cholesterol and the HDL/total cholesterol ratio.* *Scand. J. Clin. Lab. Invest.* 37:251, 1977.
- 17) 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.
- 18) Adams, C.F.: *Nutritive value of American food in common units.* Washington, D.C.: *Agricultural Handbook* 456, 1975.
- 19) 韓國人營養勸獎量: FAO 韓國協會, 第3改正版, pp. 56-98, 1980.
- 20) Cannon, R.K.: *Hemoglobin standard.* *Science* 127: 1376-1378, 1958.
- 21) Davidsohn, I. & Nelson, D.A.: *Hematocrit in clinical diagnosis by laboratory methods.* 14th ed, PP. 146, Philadelphia, W.B.Saunders Co., 1969.
- 22) McDougal, D.B. Jr. and Farmer, H.S.: *A fluorometric method for total serum cholesterol.* *J. Lab. Clin. Med.* 50: 485-488, 1957.
- 23) Fletcher, M.J.: *A colorimetric method for establishing serum triglycerides.* *Clin. Chim. Acta* 22:393-397, 1968.
- 24) Neri, B.P. & Frings, C.S.: *Improved method for determination of triglycerides in serum* *Clin. Chim. Acta* 19: 1201-1202, 1973.
- 25) Bauer, J.D., Ackermann, P.G. & Toro, G.: *Clinical laboratory methods.* 8th ed. PP. 397-399, The C.V. Mosby Co. Saint Louis, 1974.
- 26) Radha, E. & Bessman, S.P.: *A simple colorimetric method for measuring 3-methylhistidine in urine.* personal communication. 1981.
- 27) 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.* *New Engl. J. Med.* 302: 351-361, 1980.
- 28) Weltman, A., Matter, S. & Stamford, B.A.: *Caloric restriction and/or mild exercise: effects on serum lipids and body composition.* *Am. J. Clin. Nutr.* 33: 1002-1009, 1980.
- 29) Malinow, M.R. & Perley, A.: *The effect of physical exercise on cholesterol degradation in man.* *J. Atheroscler. Res.* 10: 107-114, 1969.
- 30) Malinow, M.R. & Perley, A. McLaughlin, P.: *Muscular exercise and cholesterol degradation: Mechanism involved.* *J. Appl. Physiol.* 22:662-1969.
- 31) Kilbom, A., Hartley, L.H., Saltin, B., Bjure, J., Grimby, G. & Astrand, I.: *Physical training in sedentary middle-aged and older men. I. Medical Evaluation.* *Scand. J. Clin. Lab. In-*

- vest. 24: 315-321, 1969.
- 32) Lewis, S., Haskell, W.L., Wood, P.D., Manoochian, N., Balky, J.E. & Pereira, M.B.: Effects of physical activity on weight reduction in obese middle-aged women. Am. J. Clin. Nutr. 29: 151-156, 1976.
- 33) Wood, P.D., Haskell, W., Klein, H., Lewis, S., Stern, M.P. & Farquhar, J.W.: The distribution of plasma lipoproteins in middle-aged male runners. Metabolism 25: 1249-1257, 1976.
- 34) Wood, P.D., Haskell, W.L., Stern, M.P., Lewis, S. & Perry, C.: Plasma lipoprotein distributions in male and female runners. Ann. N. Y. Acad. Sci. 301: 748-763, 1977.
- 35) Carlson, L.A. & Mossfeldt, F.: Acute effects of prolonged, heavy exercise on the concentration of plasma lipids and lipoproteins in man. Acta Physiol. Scand. 62: 51-59, 1964.
- 36) Björntorp, P., Fahlen, M., Grimby, G.: Carbohydrate and lipid metabolism in middle-aged, physically well-trained men. Metabolism 21: 1037-1044, 1972.
- 37) Martin, R.P., Haskell, W.L. & Wood, P.D.: Blood chemistry and lipid profiles of elite distance runners. Ann. N. Y. Acad. Sci. 301: 346-360, 1977.
- 38) Smith, M.P., Mendez, J., Druckenmiller, M. & Kris-Etherton, P.M.: Exercise intensity, dietary intake, and high density lipoprotein cholesterol in young female competitive swimmers. Am. J. Clin. Nutr. 36: 251-255, 1982.
- 39) Nikkila, E.A., Taskinen, M.R., Rehunen, S. & Harkonen, M.: Lipoprotein lipase activity in adipose tissue and skeletal muscle of runners: relation to serum lipoproteins. Metabolism 27: 1661-1671, 1978.
- 40) Oscai, L.B., Patterson, J.A., Bogard, D.L., Beck, R.J. & Rothermel, B.L.: Normalization of serum triglycerides and lipoprotein electro-phoretic patterns by exercise. Am. J. Cardiol. 30: 775-780, 1972.
- 41) Holloszy, J.O., Skinner, J.S., Toto, G. & Cu-reton, T.K.: Effects of a six month program of endurance exercise on the serum lipids of middle-aged men. Am. J. Cardiol. 14: 753-760, 1964.
- 42) Björntorp, P., Berchtold, P., Grimby, G., Lindholm, B., Sanne, H., Tibblin, G. & Wilhemsson, L.: Effects of physical training of glucose tolerance, plasma insulin and lipids and on body composition in men after myocardial infarction. Acta Med. Scand. 192: 439-443, 1972.
- 43) Goode, R.C., Firstbrook, J.B. & Shephard, R. J.: Effects of exercise and a cholesterol-free diet on human serum lipids. Canad. J. Physiol. Pharmacol. 44: 575-580, 1966.
- 44) Siegel, W., Blomqvist, G. & Mitchell, J. H.: Effects of a quantitated physical training program on middle-aged sedentary men. Circulation 41: 19-29, 1970.
- 45) Gynteborg, F., Brennan, R., Holloszy, J.O., Schonfeld, G., Rennie, M.J. & Weidman, S.W.: Plasma triglyceride lowering by exercise despite increased food intake in patients with type IV hyperlipoproteinemia. Am. J. Clin. Nutr. 30: 716-720, 1977.
- 46) Simonelli, C. & Eaton, P.: Reduced triglyceride secretion: metabolic consequence of chronic exercise. Am. J. Physiol. 234: E221-E227, 1978.
- 47) Hobson, W.: Urinary output of creatine & creatinine associated with physical exertion and its relationship to carbohydrate metabolism. Biochem. J. 33: 1425-1431, 1939.
- 48) Srivastava, S.S., Mani, K.V., Soni, C.M. and Bhati, J.: Effect of muscular exercise on urinary excretion of creatine and creatinine. Ind. J. Med. Res. 55: 953-960, 1957.
- 49) Heymsfield, S.B., Arteaga, C., McManus, C., Smith, J. and Moffitts, S.: Measurement of muscle of muscle mass in humans: Validity of the 24-hour urinary creatinine method. Am. J. Clin. Nutr. 37: 478-494, 1983.
- 50) Young, V.R., Alexis, S.D., Baliga, B.S. & Munro, H.N.: Metabolism of administered 3-meth-

- hylhistidine: Lack of muscle transfer ribonucleic and charging and quantitative excretion as 3-methylhistidine and its N-acetyl derivative. *J. Biol. Chem.* 247: 3592-3600, 1972.
- 51) Long, C.L., Haverberg, L.N., Young, V.R., Kinney, J.M., Munro, H.N. and Geiger, J.W.: Metabolism of 3-methylhistidine in man. *Metabolism* 24: 929-935, 1975.
- 52) Lukaski, H.C. and Mendez, J.: relationship between fat-free weight and urinary 3-methyl histidine excretion in man. *Metabolism* 29: 758-761, 1980.
- 53) Lukaski, H.C., Mendez, J., Buskirk, E.R. and Cohn, S.H.: Relationship between endogenous 3-methylhistidine excretion and body composition. *Am. J. Physiol.* 240: E302-307, 1981.
- 54) Mendez, J., Lukaski, H. and Buskirk, E.R.: Fat-free mass as a function of maximal oxygen consumption and 24-hour urinary creatinine, and 3-methylhistidine excretion. *Am. J. Clin. Nutr.* 39: 710-715, 1984.
- 55) Nagabhushan, V.S. and Narasinga Rao, B.S.: Studies on 3-methylhistidine metabolism in children with protein-energy malnutrition. *Am. J. Clin. Nutr.* 31: 1322-1327, 1978.