

## 생쥐내 동위원소 이용에 의한 열량소비 및 축적에 관한 연구\*

오 승 호

전남대학교 가정대학 식품영양학과

### Isotopic Study on Energy Store and Consumption in Voluntary Exercising Mice

Oh Seung-Ho

*Department of Food Science & Nutrition, College of Home Economics,  
Chonnam National University, Kwangju, Korea*

= Abstract =

The study was attempted to observe effects of voluntary exercise on energy expenditure and on storage of excessive energy into body fat in adult mice. Mice, body weight 25-30g, were divided into two groups, exercise and sedentary group. Voluntary exercise by running wheel was allowed for former group but not for the mice of the latter group which were restricted by limiting space allowance 13.5×11.5×15.0cm per mouse. During a period of 4 weeks of feeding trial, they were fed ad libitum starch-casein based diet added with <sup>3</sup>H-glucose(D-[1-<sup>3</sup>H(N)]-glucose) at a level of 20 nCi per g of diet.

Measurements were made to study hematology, lipase activity in epididymal adipose tissue, total contents of body water and fat, and radioactivity of <sup>3</sup>H-glucose incorporated into body fat. Dietary intake, body weight gain and amount of voluntary physical activities were also measured.

The results obtained are summarized as follows :

- 1) Amount of metabolizable energy intake, body weight gain and body fat were not statistically different between the two groups. However, mice of the exercise group tended to show lower body weight gain and body fat contents, but higher energy expenditure than those of the sedentary group.
- 2) Radioactivity of <sup>3</sup>H-glucose incorporated into body fat appeared lower for exercise group expressed on a whole body fat basis. The activity was, however, higher for exercise group when expressed based on per g of fat compared to that of sedentary group.
- 3) Exercise group showed also higher activity of lipase in epididymal adipose tissue than the other group.
- 4) Mice whose physical activities were restricted appeared to have lower levels of hemoglobin

---

\* 이 논문의 대부분은 1987년도 문교부 자유공모과제 학술연구 조성비에 의하여 연구되었음.

접수일자 : 1988년 11월 21일

and hematocrit values than those of the exercise group.

These results seem to support the theory that turn-over rate of body fat is activated by exercise and to suggest that consumed energy is to be converted primarily into body fat before its use as energy source by oxidation even during a period of continuous energy expenditure by exercise.

## 서 론

비만은 체내 여분의 열량이 지방으로 전환되어 축적되는 현상으로 비록 같은양의 열량을 섭취하더라도 소비의 다소에 따라 비만의 여부가 달라진다.

일찌기 山岡<sup>1,3)</sup>은 성장기 흰쥐를 대상으로 한 연구에서 동일한 식이를 급식시킬때라도 정치군에 비하여 운동군의 체지방량이 적고 근육과 골격의 발달이 양호하며 단시간의 과격한 운동보다는 자발적인 중등정도의 운동에 있어 더 성장발육이 양호하다는 보고를 위시하여 지속적인 운동을 하면 체지방량이 감소한다는 사실이 많은 연구결과<sup>4,9)</sup>로 잘 알려져 있다. 그러나 운동으로 체지방의 감소가 지방분해의 증가에 의한것인지 혹은 합성의 부진에 의한것인지 아직 미지의점이 많다. 즉 흰쥐의 지방세포내 분해능력은 운동을 시키면 높아진다는 보고<sup>10, 13)</sup>와 영향을 받지 않는다<sup>14)</sup>. 또는 오히려 지방분해능력을 저하시킨다는 보고<sup>15,16)</sup>등이 있다. 또한 운동군과 정치군의 흰쥐 지방세포를 이용하여 C<sup>14</sup>-포도당의 탄소가 지방산으로의 영입을 관찰한 Owens<sup>17)</sup> 등의 보고를 보면 운동군이 정치군보다 지방세포내 지방산 합성이 억제된다고 하였는데, Tokuyama 등<sup>18)</sup>은 <sup>3</sup>H<sub>2</sub>O를 표식물질로 하여 운동군과 정치군의 지방조직을 이용하여 지방산 합성속도를 관찰한 연구를 보면 운동군의 지방조직에서 더 빠르다는 보고에서와 같이 실험방법 및 조건에 따라 상이한 보고를 하고 있다.

본 연구는 성숙한 숫컷 생쥐를 대상으로 회전원통을 이용하여 자발적으로 운동하는 운동군과 사육상자의 크기를 제한하여 활동을 제한시킨 정치군으로 나누어 <sup>3</sup>H-포도당을 첨가한 식이로 4주간 사육하면서 열량소비량을 측정하고 이후 도살하여 체지방내 <sup>3</sup>H로 포식된 동위원소의 활성을 측정하므로써 열량원이 체지방에로의 축적 양상을 추적하고

지방조직내 지방분해 효소의 활성을 측정하므로써 열량대사때 체지방의 소비기전을 관찰하여 섭취한 열량원과 이들의 체내 저장 및 분해와의 상호 관련성의 일단을 비교 검토한바 몇가지 결과를 얻었기에 보고하는 바이다.

## 실험방법 및 재료

### 1. 식이

식이 섭취량, 체중, 변화, 설사유무 및 털의 윤기를 관찰하는 등 예비실험을 통하여 선정한 식이 조성은 Table 1과 같다.

열량계(Yoshida Seisakusho, Nenken type, Japan)로 측정<sup>20)</sup>한 식이 100g당 열량은 411kcal이었으며 단백질 함량비율은 12%이었다. 식이 조제후 급식이 <sup>3</sup>H-포도당(D-(1-<sup>3</sup>H(N))-glucose, New England(Nuclear)을 식이 1g당 20nCi가 되도록 첨가하였다.

Table 1. Experimental diet

Composition	Contents (%)
Starch	79
Casein	12
Corn oil	3
Shortening	2
Fiber	2
Vitamin Mix*	1
Salt mix**	1
Gross Energy(GE)	411Kcal/100g
Protein	12g/100g

\* Vitamins mix=A 5,000IU, D 400IU, E 14IU, C 60mg Folic acid 4mg, B<sub>1</sub> 1.5mg, B<sub>2</sub> 1.7mg, Niacin 20mg, B<sub>6</sub> 2mg, B<sub>12</sub> 6mcg per of Mix.

\*\* Salts mix=NaCl 4.67g, MgSO<sub>4</sub> 7.19g, Na-biphosphate 9.38g, K<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 25.78g, Ca(H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>·H<sub>2</sub>O 14.60g, Ferric Citrate 3.19g, Ca-lactate 35.15g per 100g of Mix.

## 2. 실험동물

2주간 새로운 환경에 적응시킨 성숙한 수컷 생쥐를 대상으로 20마리씩 운동군과 정치군으로 나누어 4주간 사육하면서 각각의 관찰사항을 측정하였다. 운동군은 running wheel이 부착된 사육상자(Wheel의 둘레: 43cm, 사육상자의 크기: 21×22×18cm)에서 자발적인 운동을 하게 하였으며 정치군은 13.5×11.5×15.0cm 크기의 사육상자에서 사육하였다. 물은 항상 자의로 취하도록 하였으며 실온은 20~21°C로 조절하였다.

## 3. 관찰사항 및 측정방법

각 실험 동물군별 식이 섭취량은 직접 칭량법으로 매일 측정하였고 매 3일마다 체중을 칭량하여 각 동물군별 체중변화를 측정하였다. 총 열량섭취량(Gross energy: GE)은 식이 섭취량으로부터 환산하였고, 대사 에너지(Metabolizable energy: ME)는 열량계로 측정된 변의 열량(405kcal/변 100g)와 섭취한 식이 단백질중 불완전 연소하는 질소분의 열량(1.25kcal/식이단백질g)<sup>21)</sup>를 제하여 산출하였다. <sup>3</sup>H-포도당으로 섭취한 동위원소의 활성은 식이의 단위 증량당 활성을 신티레이션계수기(Packard Tricav 1500)를 이용하여 측정하고 식이 섭취량으로부터 환산하였다. 운동량은 4주간 계수기가 부착된 회전원통의 회전수를 측정하여 관찰하였다. 4주간 사육실험후 Ethyl ether로 마취하고 심장에서 직접 혈액을 채취하여 일부는 EDTA병에, 일부는 원침하여 혈청을 얻고 이후 개복하여 부고환지방조직(Epididymal adipose tissue)을 적출하여 칭량하고 일부를 Lipase활성 측정용 시료로 사용하였다. 도체는 냉동건조후 곱게 마쇄하여 Micro-Soxhlet법으로 총

지방량을 측정하고 지방중 방사선 동위원소의 활성을 신티레이션 계수기로 측정하였다. 지방 조직내 Lipase활성은 Doley법<sup>22)</sup>, 혈액중 Hemoglobin은 Cyanomethemoglobin법<sup>23)</sup>, Hematocrit는 모세관 원침법 및 혈청 단백질 함량은 Biuret법<sup>24)</sup>에 의하여 측정하였다.

도체내 총 수분량과 총 지방량을 참고하고 사육기간중의 체중 변화로부터 지방조직질량(Fat mass: FM)과 무지방조직질량(Lean body mass: LBM)을 환산하고 이로부터 BE=9300(FM량)+1020(LBM량)의 식<sup>25)</sup>에 의하여 체내 열량 보류량(Body energy: BE)을 산출하였다. 실험조건별 평균치간의 유의성 검정은 t-test로 실시하였다.

## 실험 결과

### 1. 체중증가량 및 식이섭취량

성숙한 수컷 생쥐를 대상으로 4주간 운동군과 정치군별 체중 증가량 및 식이 섭취량을 측정된 성적은 Table 2와 같다.

체중 증가량은 운동군이 0.9±0.8g, 정치군이 1.9±0.8g으로 정치군에서 다소 높았으나 통계적 유의차는 없었다.

식이 섭취량은 4주간 1마리당 평균운동군이 110.1±3.4g, 정치군이 103.7±3.0g으로 운동 조건별로 차이가 없었다.

### 2. 운동량

4주간 계수기가 부착된 회전원통(둘레43cm)의 회전수를 측정하여 사육기간별 운동량의 변동을 관찰한 성적은 Fig. 1과 같다

Table 2. Body weight gain and diet intake per mouse during 4 weeks

Treatment	Body weight(g)*		Body fat** (g/carcass)	Diet Intake(g)
	Initial	Gained		
Exercise Group	26.3±0.9	0.9±0.8	2.07±0.23	110.1±3.4
Sedentary Group	25.3±0.6	1.9±0.8	2.64±0.28	103.7±3.0

\* :  $\bar{X} \pm \text{SEM}$  of 17 mice in exercise & 16 mice in sedentary group

\*\* :  $\bar{X} \pm \text{SEM}$  of 16 mice in exercise & 12 mice in sedentary group

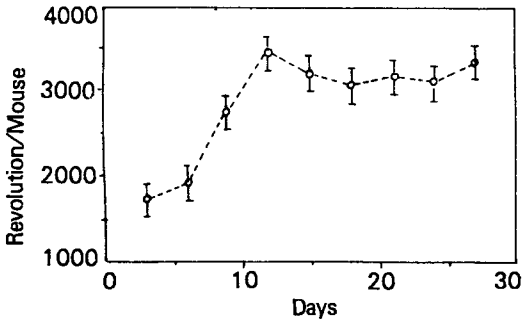


Fig. 1. Mean daily activities in blocks of 3 days. The results are  $\bar{X} \pm \text{SEM}$  of 17 observations.

하루 한미리당 회전원통의 회전수로 표시한 운동량은 매일 증가되어 실험 12일째에  $3437 \pm 350$ 회전으로 최고치를 보이다가 이후 다소 감소되나 실험 종료까지  $3057 \pm 304 \sim 3324 \pm 325$ 회전 범위로 비교적 안정된 운동량을 보였다.

### 3. 체내 열량 보류량 및 소비량

4주간의 체성분 변화로부터 환산한 체내 열량 보류량(BE)은 Table 3과 같고 대사 에너지(ME)에서

체내 열량 보류량을 감하여 산출한 총 열량 소비량(TEE)은 Table 4와 같다.

4주간 체내 총 열량 보류량은 체중 g당 운동군이  $+0.22 \pm 0.15 \text{Kcal}$  이었으며 정치군이  $+0.43 \pm 0.19 \text{Kcal}$ 로서 정치군에서 다소 높았으나 통계적 유의차는 없었다.

4주간 총 열량 소비량은 체중 g당 운동군이  $15.82 \pm 0.41 \text{Kcal}$ 이고 정치군이  $14.96 \pm 0.30 \text{Kcal}$ 로 정치군에 비하여 운동군의 열량 소비량이 다소 높았으나 역시 통계적 유의차는 없었다.

### 4. 섭취한 $^3\text{H}$ -포도당과 총 체지방내 $^3\text{H}$ 의 활성

총 식이 섭취량에서 환산한  $^3\text{H}$ -포도당의 동위원소 활성과 체지방에 표식된  $^3\text{H}$ 의 활성을 측정 한 성적은 Table 5와 같다.

4주간 식이를 통하여 섭취한  $^3\text{H}$ -포도당의 동위원소 활성은 운동군이  $2202 \pm 70 \text{nCi}$ 이고 정치군이  $2073 \pm 60 \text{nCi}$ 로 운동군이 다소 높았으나 체지방에 표식된  $^3\text{H}$ 의 활성은 운동군이  $3.28 \pm 0.25 \text{nCi}$ 이고 정치군이  $3.74 \pm 0.29 \text{nCi}$ 로 정치군이 다소 높았다.

Table 3. Body composition and energy change per mouse during 4 weeks\*

Treatment	Body mass change(g)			Body energy (Kcal/g of BW)
	BW <sup>1)</sup>	LBM <sup>2)</sup>	FM <sup>3)</sup>	
Exercise Group	$0.9 \pm 0.8$	$0.34 \pm 0.12$	$0.56 \pm 0.32$	$+0.22 \pm 0.15$
Sedentary Group	$1.9 \pm 0.8$	$0.70 \pm 0.31$	$1.15 \pm 0.31$	$+0.43 \pm 0.19$

\* :  $\bar{X} \pm \text{SEM}$  of 17 mice in exercise & 16 mice in sedentary group

- 1) Body weight
- 2) Lean body Mass
- 3) Fat mass

Table 4. Total energy intake and expenditure per mouse during 4 weeks(Kcal/g of body weight)\*

Treatment	Energy intake		Body energy change	TEE <sup>3)</sup>
	GE <sup>1)</sup>	ME <sup>2)</sup>		
Exercise Group	$16.92 \pm 0.52$	$16.04 \pm 0.44$	$+0.22 \pm 0.15$	$15.82 \pm 0.41$
Sedentary Group	$16.23 \pm 0.46$	$15.39 \pm 0.37$	$+0.43 \pm 0.19$	$14.96 \pm 0.30$

\* :  $\bar{X} \pm \text{SEM}$  of 17 mice in exercise & 16 mice in sedentary group

- 1) Gross energy
- 2) Metabolizable energy
- 3) Total energy expenditure

Table 5.  $^3\text{H}$ -glucose intake and  $^3\text{H}$  activity in total body fat

Treatment	Isotope intake* (nCi/4weeks)	$^3\text{H}$ -activity in fat**	
		(nCi/total)	(nCi/g)
Exercise Group	2202±70	3.28±0.25	1.58±0.10
Sedentary Group	2073±60	3.74±0.29	1.42±0.12

\* :  $\bar{X} \pm \text{SEM}$  of 17 mice in exercise & 16 mice in sedentary group

\*\* :  $\bar{X} \pm \text{SEM}$  of 16 mice in exercise & 12 mice in sedentary group

Table 6. Lipase activities in epididymal adpose tissue

Treatment	Lipase activity*
	$\mu\text{eq FFA/hr./g}$ of fat tissue
Exercise Group	9.16±0.66
Sedentary Group	6.19±0.83

\* :  $\bar{X} \pm \text{SEM}$  of 16 mice in exercise & 12 mice in sedentary group

운동군이 다소 높으나 통계적 유의차는 없었다.

### 고찰 및 요약

Tokuyama등<sup>18)</sup>은 흰쥐를 대상으로 한 실험에서 회전원통을 이용한 자발적인 운동으로 체중 증가가 억제되는데 이것은 주로 체 지방량의 감소에 의한 것인데 그 내용은 지방 세포수 자체가 감소하는 것이 아니라 지방세포의 크기가 작아지기 때문이라고 하였으며 그 외 몇몇 학자들도<sup>4)6)10)11)14)15)26)</sup> 비슷한 보고를 한바 있다. 본 실험에서도 회전원통을 이용하여 자발적으로 운동하게 한 것이(운동군) 사육상자의 크기를 제한하여 가급적 운동을 제한시킨 것에(정치군) 비하여 통계적인 유의차는 아니나 체중증가가 낮았으며 체중 증가의 억제는 주로 체 지방 축적량의 차이로서 나타나고 있는바, 상기 제 연구결과들과 일치하는 경향을 보이고 있다. 한편 사육기간 동안의 체성분 변동을 고려하여 환산한 열량소비량도 운동군이 정치군에 비하여 다소 높게 나타나는 경향이 었다. 이상 본 실험의 결과들은 운동이 열량 소비량을 증가시키며 이로서 체지방량이 감소되는 일관된 경향을 보이고는 있으나 운동군과 정치군의 각 실험 결과간에 뚜렷한 차이를 보이고 있지 않음으로 볼때 본 실험에서 비록 사육상자의 크기를 제한하였다 하더라도 실험동물의 활동을 엄격히 제한시키지 못했

### 5. 부고환지방조직내 Lipase활성

부고환지방조직내 Lipase활성( $\mu\text{eq free fatty acid/hr./지방조직g}$ )을 측정한 성적은 Table 6과 같다.

지방조직 g당 Lipase 활성은 운동군이 9.16±0.66 이고 정치군이 6.19±0.83으로 운동군이 정치군에 비하여 현저히( $p < 0.01$ ) 높았다.

### 6. 혈액의 일반성분

운동군 및 정치군별 혈액소, hematocrit치 및 혈청 단백질량을 측정한 성적은 Table 7과 같다.

혈액소 함량은 운동군이 15.18±0.50g/dl이고 정치군이 9.79±0.46g/dl로 운동군이 정치군에 비하여 현저히( $p < 0.01$ ) 높았으며 hematocrit치도 혈액소와 같은 경향이였다. 그러나 혈청 단백질 함량은 운동군이 7.84±0.91g/dl이고 정치군이 7.16±0.16g/dl로

Table 7. General status of hematology\*

Treatment	Hemoglobin	Hematocrit	Serum protein
	(g/dl)	(%)	(g/dl)
Exercise Group	15.18±0.50	50.39±1.82	7.84±0.91
Sedentary Group	9.79±0.46	29.93±1.42	7.16±0.16

\* :  $\bar{X} \pm \text{SEM}$  of 17 mice in exercise & 16 mice in sedentary group

음을 뜻하는바 이후 정치군에 대한 실험조건을 설정시 이상의 상황이 고려되어야 할 것으로 생각된다. 체지방량의 감소와 자발적 운동과의 상호 관련성을 보다 자세히 검토하기 위하여 <sup>3</sup>H-포도당을 4주간 급식시킨후 <sup>3</sup>H로 표식된 지방의 동위원소 활성을 측정하므로써 열량원의 체내 동화적인 측면과 지방조직내 Lipase활성을 측정하므로써 이화적인 측면을 관찰하였다. <sup>3</sup>H로 표식된 체내 총 지방의 동위원소 활성은 통계적인 유의차는 아니나 운동군이 정치군에 비하여 다소 낮았는데 지방 단위 g당 활성으로 보면 오히려 정치군에서 낮았다. Lipase활성은 운동군이 정치군에 비하여 높았다. 즉 이상의 성적을 운동군의 체 지방량이 정치군보다 낮았다는 점과 관련시켜볼때 비록 지속적인 열량대사가 진행중일 때라도 섭취한 열량원은 일단 지방으로 전환되어 저장되었다가 이후 분해 이용되어지는 기전을 밟으며, 또한 운동훈련은 체내 지방의 동화작용뿐 아니라 이화작용, 즉 지방대사의 turn over rate를 향진시키는 것으로 생각된다. 이들 결과와 관련있는 것으로 저자등<sup>27)</sup>은 자발적 운동이 체 지방량을 감소시키며 Lipase활성을 증가시킨다는 보고, Askew등<sup>28)</sup>은 지방조직의 지방산대사 회전이 운동훈련에 의해 높아지는것, 또한 Mole등<sup>29)</sup>은 골격근의 지방산 산화능력이 운동훈련에 의해 높게된다는 것들이 보고된바 있다.

한편 급식시키는 식이의 성분에 따라 혈색소 및 Hematocrit치가 달라지며<sup>30)</sup> 또한 지속적인 심한 운동은 혈구 파괴로 빈혈을 나타내나<sup>31)</sup> 단시간의 심한 운동은 혈액 농축으로 혈색소와 Hematocrit치가 증가된다<sup>32)</sup>는등 실험 조건별로 혈액의 일부 성분이 달라진다고 한다. 본 실험에서 혈색소 함량 및 Hematocrit치가 운동군에 비하여 정치군에서 현저히 낮았는데 이는 같은 식이적 조건, 자발적인 운동조건 및 운동군과 정치군간에 비슷한 혈청 단백질 함량등을 고려할 때 협소한 사육조건에 따른 운동제한이 빈혈의 한 요인으로 작용하지 않았는가 추측되어지나 이점에 대하여는 앞으로 추구되어야 할 것이라 생각된다.

## 결 론

섭취한 열량원의 체내 축적과 소비와의 상호 관계를 연구하기 위하여 성숙한 숫컷 생쥐를 대상으로 자발적 운동군과 운동을 제한시킨 정치군으로 나누어 <sup>3</sup>H-포도당을 첨가한 식이로 4주간 사육하면서 열량형형법에 의한 열량소비량과 체지방내 <sup>3</sup>H로 표식된 동위원소의 활성 및 지방조직내 Lipase활성을 측정하여 비교 검토한바 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 체중 증가량 및 체내 총 지방량은 정치군에 비하여 운동군이 다소 낮았는데 통계적 유의차는 없었다.
- 2) 열량 소비량은 정치군에 비하여 운동군이 다소 높았으나 통계적 유의차는 없었다.
- 3) 체내 총 지방당 동위원소의 활성은 운동군이 정치군에 비하여 다소 낮았는데 지방 단위 g당 활성은 오히려 정치군에서 낮았다.
- 4) 지방조직내 Lipase활성은 운동군이 정치군에 비하여 높았다.
- 5) 운동의 제한(정치군)은 혈색소 및 Hematocrit치를 저하 시켰다.

이상의 성적으로 보아 지속적인 대사가 진행중일 때라도 섭취한 열량원은 일단 체지방으로 전환되었다가 분해 이용되는 것 같으며 또한 운동 훈련은 지방대사의 turn over rate를 향진시키는 것으로 생각된다.

## References

- 1) 山岡誠一, 蜂須賀弘久, 細野吉治, 森脇泰子, 能勢令子. ラフトに對する負荷運動の質と發育關する研究. 京都教大紀要 B, 23 : 57, 1964
- 2) 山岡誠一, 森内明美, 寺團光世, 杉本京子, 日正彦, 池部直二幼. Ratとおよび肥滿, Ratに對する減食ならびに運動負荷が發育に及ぼす影響について. 京都教育大紀要 B, 43 : 95, 1973
- 3) 有賀すさか, 山岡誠一. 幼 Ratに對する運動, 榮養

- が發育に及ぼす影響について, 京都教大紀要, 46 : 35, 1975
- 4) Askew EW, Hecker AL. *Adipose tissue cell size and lipolysis in the rat. Response to exercise intensity and food restriction.* *J Nutr* 106 : 1351-1360, 1976
  - 5) Crews EL III, Fugem KW, Oscail LB, Halloszy JO, Schank RE. *Weight, food intake and body composition : Effect of exercise and protein deficiency.* *Am J Physiol* 216 : 359-363, 1969
  - 6) Kral JG, Jacobson B, Smith U, Bjorntorp P. *The effects of physical exercise on fat cell metabolism in the rat.* *Acta Physiol Scand* 90 : 664-672, 1974
  - 7) Oscail LB, Halloszy JO. *Effect of weight changes produced by exercise, food restriction, or overeating on body composition.* *J Clin Invest* 48 : 2124-2128, 1969
  - 8) Pitts GC, Bull LS. *Exercise, dietary obesity and growth in the rat.* *Am J Physiol* 232 : R38-R44, 1977
  - 9) Tokuyama K, Saito M, Okuda H. *Effect of wheel running on food intake and weight gain of male and female rats.* *Physiol Behav* 28 : 899-903, 1982
  - 10) Askew EW, Huston RL, Plopper CG, Hecker AL. *Adipose tissue cellularity and lipolysis. Response to exercise and control treatment.* *J Clin Invest* 56 : 521-529, 1975
  - 11) Bukowiecki L, Lupien J, Follea N, Poaradis A, Richard D, LeBlanc L. *Mechanism of enhanced lipolysis in adipose tissue of trained rats.* *Am J Physiol* 239 : R422-R429, 1975
  - 12) Shepherd RE, Noble EG, Klug GA, Collnick PD. *Lipolysis and c-AMP accumulation in adipocytes in response to physical training.* *J Appl Physiol* 50 : 143-148, 1981
  - 13) Pollkock ML, Miller HS, Janeway P, Linnerud AC, Robertson B, Valentino R. *Effects of walking on body composition and cardiovascular function of middle-aged men.* *J Appl Physiol* 30 : 126-130, 1971
  - 14) McGarr JA, Oscail LB, Borensztain J. *Effect of exercise on hormone sensitive lipase activity in rat adipocytes.* *Am J Physiol* 230 : 385-388, 1976
  - 15) Oscail LB, Caruso PA, Wergeles C. *Exercise and the c-AMP system in rat adipose. I. Lipid mobilization.* *J Appl Physiol* 50 : 250-254, 1981
  - 16) Wirth A, Holm G, Lundberg P, Bjorntorp P. *Thyroid hormones and lipolysis in physically trained rats.* *Metabolism* 30 : 237-241, 1981
  - 17) Owens JL, Fuller EO, Nutter DO, DiGirolamo M. *Influence of moderate exercise on adipocyte metabolism and hormonal responsiveness.* *J Appl Physiol* 43 : 425-430, 1977
  - 18) Tokuyama K, Okuda H. *Effects of spontaneous wheel running on the rate of fatty acid synthesis in vivo.* *J physical Fitness Japan* 31 : 291-298, 1982
  - 19) Oser BL. *Hawk's Physiological Chemistry. 14th Ed, pp1377, The Blakiston Division McGraw-Hill Book Co, New York, 1965*
  - 20) Miller DS, Payne PR. *A Ballistic bomb calorimeter.* *Br J Nutr* 13 : 501-508, 1959
  - 21) Wilson ED, Fisher KH, Garcia PA. *Principles of Nutrition. 4th Ed, pp131, John Wiley & Sons, New York, 1979*
  - 22) Dole VP. *A relation between non-esterification fatty acids in plasma and the metabolism of glucose.* *J Clin Invest* 35 : 150-154, 1956
  - 23) International committee for standardization in haematology. *Brit J Haemat.* 13(Suppl) : 71-75, 1967
  - 24) Kingsley. *Determination of plasma protein.* *J Biol Chem* 133 : 731, 1940  
*Cited by Hawk's Physiological Chemistry, 14th ed pp603, McGraw Hill Book Co, New York, 1965*
  - 25) Van Itallie YB, Yang M, Hashim SA. *Dietary approaches to obesity : metabolic and appetitive considerations.* In : Howard AN. *Recent advances in obesity research I. Westport CT. Technomic Publishing Co. Inc, 256-269, 1974*
  - 26) Tasuji K, Koishwi H, Katayama Y. *Effects of exercise training on body composition.* *J Physical Fitness Japan* 29 : 21-32, 1980
  - 27) Min YM, Oh SH, Ju JS. *Effect of levels of dietary protein and exercise on body weight and some of body*

- constituents of rats. Korea Med J 22 : 75-83, 1985*
- 28) Askew EW, Hecker AL, Wise WR. Jr. *Dietary carnitine and adipose tissue turnover rate in exercise trained rats. J Nutr 107 : 132-142, 1977*
- 29) Mole PA, Oscai LB, Holloszy JO. *Adaptation of muscle to exercise. Increase in levels of palmityl CoA synthetase, carnitine palmityl transferase, and palmityl CoA dehydrogenase, and in the capacity to oxidize fatty acids. J Clin Invest 50 : 2323-2330, 1971*
- 30) Kimura M. *Effects of exercise and diet on growth of rats-composition of high carbohydrate, high protein and high fat diet. J Physical Fitness Japan 31 : 103-111, 1983*
- 31) Shiraki K, Hisaoka F. *Cause of anemia in farmers. Tokushima J Exptl Med 18 : 39-47, 1971*
- 32) Yano T, Ogawa S, Asano K, Furuta Y, Fujimaki T, Tomihara M, Obara Ito A, Ikowa S. *Blood components of middle and old aged runners in marathon running. J Physical Fitness Japan 31 : 155-162, 1982*