

영양과 훈련이 흰쥐의 운동지구력과 혈청성분에 미치는 효과
Selenium을 첨가한 고지방식을 중심으로

유명수* · 김송전 · 조정순 · 이용억

명지대학교 이과대학 식품영양학과
* 관동대학교 교육학부 체육교육학과

Effect of Nutrition and Exercise Training on the Endurance and
the Serum Lipid Components in Rats

Selenium Added High Fat Diet

Yoo, Myoung-Soo* · Kim, Song-Chun
Cho, Chung-Soon · Lee, Yong-Ock

Dept. of Food and Nutrition, College of Science, Myong Ji University
** Dept. of Physical Education, School of Education, Kwandong University*

(Received Oct. 5, 1988)

ABSTRACT

The effects of exercise and selenium added high fat diet on endurance and serum lipid components were studied in rats. A total of 72 male Sprague-Dawley (150±35g, body weight) were divided into trained group and untrained group and were bred for 7 weeks. Each group had 6 different dietary subgroups; namely, basal diet, 20% shortening and 20% soybean oil diet subgroup and selenium (0.01mg%) added each subgroups. Exercises of 8-min treadmill running and 10-min swimming were given to the trained group every other day during the experimental period while only treadmill running was given to the untrained group during the last week. The amounts of food intake, changes in body weight and endurance were determined once a week and serum lipid components were measured before and after the experimental period.

Following are the results obtained :

- 1) The untrained group took a slightly larger amount of food than that in the trained group. The food efficiency is, however, higher in the trained group. Body weight increased more in untrained group, while high fat diet resulted in greater increment in body weight than that in normal diet groups.
- 2) The trained group showed remarkably longer endurance than the untrained group and selenium added high fat diet enhanced the effect.
- 3) The trained group showed lower blood level of T-choi., TG and TG/PL than the untrained group. All

the other blood values of HDL-chol., PL, HDL-chol./T-chol., HDL/LDL and A/G ratio were higher in trained group.

- 4) Soybean oil added dietary groups exhibited lower blood levels of T-chol., TG, TG/PL and A/G than those in shortening added dietary groups. On the contrary, the former groups showed higher blood HDL-chol., PL., HDL, HDL-chol. and HDL/LDL ratio than those of soybean oil added dietary groups.
- 5) LDH₅ was the most abundant one among serum LDH isozymes. The electrophoretic pattern of serum LDH isozymes was not changed by exercise training and selenium added high fat diet.
- 6) Exercise training lowered blood GOT and TBA. These effects were enhanced by soybean oil added diets.

From the above results it was concluded that a regular and long term exercise training as well as a small amount of selenium added high fat diet result in reduction of body weight and TBA and improve dietary efficiency and physical endurance in rats.

I. 서 론

Miller et al⁵⁻⁷ 이나 pels III et al⁸ 등은 고지방식을 준 흰쥐를 운동훈련시키면 지구력의 향상과 지질대사가 항진된다고 보고한바 있다. 또한 Appligate et al³¹ 는 운동훈련이 지단백 분해효소(lipoprotein lipase, LPL)의 활성을 크게 증가시킨다고 했다.

한편 Brownell et al⁴², Wood et al,⁴³⁻⁴⁵ Lehtonen et al,⁴⁶ Zir et al^{47,48} 등 고도의 운동훈련자는 그렇지 않은자 보다 총콜레스테롤치나 저밀도 지단백콜레스테롤치는 낮았고 고밀도 지단백콜레스테롤치는 높았다고 하였다. 또한 Tan et al,^{48,49} Grollman et al^{50,51} 등은 혈장의 총콜레스테롤치와 중성지방의 농도가 운동군의 흰쥐에서는 크게 낮아진 경향이있다고 보고한 바 있으며 Berg et al⁵³ 은 규칙적인 운동훈련이 지구력 향상과 고밀도 지단백을 증가시키고 LPL 활성도 증가시킨다고 했다.

Galtin III et al⁵⁸ 은 selenium(Se.)의 항산화력 및 그의 독성에 관해서 연구 보고하였다. Mutanen et al,⁵⁹ Halpin et al⁶⁰ 등은 Se.의 지질에 대한 항산화력 발현은 glutathione peroxidase(GSH·PX)의 구성인자라는 점에서 확인하였다. 또한 Galtin III et al⁶² 은 비타민 E와 Se.의 동시 결핍이 근육병(myopathy)의 발병, 치사율을 높였다고 했다.

靑木(Aoki)⁶³ 등은 고도의 운동이 혈중 총콜레스

테롤치와 thiobarbituric acid(TBA)치를 저하시켰다고 했다. 그러나 梶,⁶⁵ Ullrey et al,⁶⁸⁻⁷⁰ Meerson et al⁷¹ 등은 운동후 혈중 TBA 치등이 증가하였음을 확인했다고 보고했고 Salmine et al^{73,74,76} 은 오히려 TBA치의 저하를 나타냈다고 보고했다.

이상의 연구보고를 종합해 보면 모두 단편적이며 결과의 일치를 수궁할 수 없었다. 따라서 본 연구에서는 고지방식이와 규칙적인 운동훈련이 흰쥐의 운동 지구력과 어떤 관계에 있는가 또는 Se.의 첨가 식이가 지구력에 어떻게 관여하는지, 포화산과 불포화산의 식이 구성이 동일 운동 훈련군에서 지구력 및 혈중 지질구성에 대해 어떻게 관여하는지를 비교분석하여 그 상관관계를 규명코자 하였다.

II. 재료 및 방법

1. 동물사육

1) 사료

Table 1 과 같이 사료를 조제했다.

2) 공시동물

Sprague-Dewley 계 (♂), 155 ± 30 g, 72 마리를 7일간 예비 사육후 다음과 같이 구분하여 7주간 실험 사육한다.

운동군 6군 → 6 마리 / 군

비운동군 6군 → 6 마리 / 군

2. 운동훈련

1) Roudent tread mill

Quinton model 42의 응용형으로 주행거리 55cm, 폭 11cm인 불투명 플라스틱 칸막이로 5개의 주행 코스를 만들었다.

2) 운동훈련 실시

tread mill 달리기와 수영을 교차일로 실시한다.

(1) tread mill 달리기

순응기 ; 15m/min 속도로 5분간

실험제 1주 ; 20m/min 속도로 5분간

실험제 2주 부터 ; 25m/min 속도로 8분간

(주중 한번은 지칠때 까지 주행시킴)

(2) 수영

수조 ; 높이 70cm, 지름 55cm의 플라스틱제

수심 ; 50cm

수영시간 ; 10분간씩

3. 지구력 측정

1) 주행속도 25m/min에서 지칠때 까지 달리는 시간을 측정한다.

2) 비운동군은 실험 마지막 주에 5일간 적응훈련 후 측정한다.

3) 운동군은 제 2주 부터 매주말에 1회씩 실험 최종일까지 계속한다.

4. 생화학적 분석

1) 혈청

(1) 지구력 측정 실험이 완료된 후 곧 경정맥절단으로 채혈하여 혈청을 채취한다.

(2) 총 콜레스테롤, 중성지방, HDL-콜레스테롤, 인지질 및 GOT, GPT는 각각 효소법에 의해 분석했다(영연화학 Co., 아산제약 Co. 제품).

(3) 혈청단백질, 지단백질, 유산탈수소효소 isozyme은 Corning Co.제 전기영동기로 agarose film을 이용하여 분획하였다. 또 혈청 단백질분획은 ponceau S. 표준제작법, 혈청지단백질은 fat red 7B법, 그리고 isozyme은 비색염색하에 Beckman model 12-112형 농도측정기로 측정하여 각각 100분율을 구했다.

(4) 인지질은 박층클로마토그래피로 분석 측정했다. 즉, ethanol:혈청을 3:1의 비율로 혈청지질을 추출한 후 이의 50ml를 Merck Co.제 plate silica-gel 60에다 점적하고 chloroform:methanol:water를 80:25:3(v/v)액에서 15cm전개하여 10분간 자연건조시키고 Zinzade시약을 분무, 발색시켜서 농도 측정기로 측정하여 100분율을 구했다.

(5) 혈청 TBA(thiobarbituric acid)치는 Yagi법으로 측정했다.⁷⁹⁾

III. 결과 및 고찰

1. 식이섭취량

Table 2에 표시한 바와 같다. 즉 비교군이나 실험군에서 운동, 비운동군의 차이는 거의 없이 나이의 증가에 따라 섭취량이 꾸준히 증가하였다. 또 운동군과 비운동군에서 비운동군이 운동군보다 약간 더 많은 섭취량을 나타내었다. 이는 평균치에서도 같은 경향을 나타냈다. 그러나 식이효율은 운동군이 비운동군 보다 오히려 약간 높았다.

2. 체 중

체중의 계측치는 Table 3과 같다. 대체적으로 비

Table 1. The composition of experimental diets given to each group male rats.

Content	Group					
	Control	A	B	C	D	E
Basal diet (gm)	100	100	80	80	80	80
Shortening oil (gm)			20	20		
Soybean oil (gm)					20	20
Selenium (mg)		0.01		0.01		0.01

※ Basal diet = 삼양사료
Shortning = 서울식품

Soy bean oil = 제일제당
Selenium = Yakuri pure chem Co. Ltd(Japan)

Table 2. The amount of food taken in by male rats

(g)

Content		Group					
		Control	A	B	C	D	E
1st week	U	16.2	16.7	14.2	14.8	14.3	15.9
	T	12.4	12.4	9.9	14.2	12.1	9.6
2nd week	U	19.4	18.9	12.7	18.0	14.8	15.7
	T	15.8	11.4	10.1	13.7	14.1	11.7
3rd week	U	18.3	19.6	14.2	17.7	15.9	16.9
	T	16.0	15.2	11.4	14.4	16.9	11.9
4th week	U	19.3	21.4	15.9	19.3	19.5	17.0
	T	17.7	16.6	11.5	15.7	17.1	14.1
5th week	U	22.9	21.1	17.2	19.8	19.5	19.1
	T	19.6	19.3	13.5	18.1	16.4	18.1
6th week	U	21.0	22.0	15.9	18.9	17.6	16.5
	T	20.8	20.9	13.4	17.4	16.3	17.8
7th week	U	20.5	21.2	14.8	18.3	16.2	16.3
	T	20.7	20.3	13.3	17.3	15.8	16.9
Food Intake/day	U	19.7	20.1	15.1	18.1	16.8	16.8
	T	17.6	16.6	11.9	15.8	15.5	14.3
F.E.R.	U	0.21	0.19	0.22	0.26	0.27	0.25
	T	0.20	0.22	0.24	0.22	0.24	0.27

* U: Untraining groups T: Training groups
F.E.R.: Food Efficiency Ratio (body weight gain/food intake)

control; the 100gm% basal diet group

A: the diet group of blending 80gm% basal diet and 0.01mg% selenium.

B: the diet group of blending 80gm% basal diet and 20mg% shortening.

C: the diet group of blending 80gm% basal diet, 20gm% shortening and 0.01mg Selenium

D: the diet group of blending 80gm% basal diet and 20gm% soybean oil.

E: the diet group of blending 80gm% basal diet 20gm% soybean oil and 0.01mg selenium.

운동군이 운동군보다 체중의 증가율이 높았다(7~38%). 특히 고지방군의 경우는 그 경향이 컸다.

3. 지구력

Table 4에 표시된 바와 같이 운동군의 지구력은 1039.2~1213.0초이고 비운동군은 504.2~790.2초로 36~106%까지의 증가율을 나타냈다. 한편 첨가지방의 종류별 군으로는 대두유 첨가군이 51~57%의 증가로 (대조군 보다) 가장 큰 증가율을 나타냈다. 또한 selenium 첨가의 경우도 대두유 식이군이 가장 큰 지구력을 나타냈다.

4. 혈청성분

1) 혈청지질

혈청지질의 분석치는 Table 2와 같다.

중성 지방량은 운동군이 60.4~98.4mg/100ml 이고 비운동군은 90.4~185.3mg/100ml로서 33~47%의 낮은 값을 나타냈다. selenium 첨가에 의한 중성 지방함량의 변화에는 별차를 확인할 수 없었다.

또 혈청 총 콜레스테롤 함량은 운동군이 45.4~50.9mg/100ml 으로 비운동군의 47.9~75.0mg/100ml 보다 5~35% 정도의 적은 양을 나타냈다.

콜레스테롤량의 비교에서도 selenium의 첨가유무에는 뚜렷한 차이를 볼 수 없었다. 그러나 HDL-콜레스테롤 함량은 운동군이 37.5~47.5mg/100ml 으로 비운동군의 23.8~38.1mg/100ml 보다 9~58% 정도 높은 경향을 나타냈다.

Table 3. The effect of diet composition and training on body weight

(g)

Content		Group					
		Control	A	B	C	D	E
Initial	U	147.8±10.3 ^{a)}	148.2±13.2	181.0±14.3	133.6± 4.0	140.6± 3.2	149.4± 4.8
	T	146.1±15.3	172.4±11.8	142.1±12.8	166.1± 8.7	146.2± 5.4	120.2± 7.1
1st week	U	182.6±15.7	166.2±19.4	214.0±16.7	168.6±14.3	171.4±15.7	188.4±10.3
	T	183.3±24.3	191.0±17.6	140.2±18.1	292.3±12.9	164.1±11.4	162.0±18.1
2nd week	U	218.0±12.8	169.6±16.9	242.1±12.9	196.8± 1.0	208.0±14.9	221.6±14.3
	T	202.8±28.9	205.4±27.1	145.4±22.1	192.0±15.7	174.4±16.4	186.6±12.8
3rd week	U	253.4±21.4	190.3±26.9	264.2±18.4	229.0±17.5	228.6±13.0	240.2±11.3
	T	224.6±26.4	240.6±27.9	156.0±28.3	238.2±14.4	196.6±12.2	211.0±13.7
4th week	U	281.4±27.9	210.5±25.2	289.0±19.4	247.2±26.2	263.0±11.6	270.2±19.4
	T	237.8±25.6	270.8±27.9	187.0±20.3	262.6±17.8	207.6±24.3	232.4±19.4
5th week	U	286.0±20.7	249.6±15.5	296.2±19.3	285.0±26.9	282.1±16.3	282.0±20.9
	T	252.8±25.8	296.1±15.1	204.6±23.6	274.0±20.0	229.2±16.4	252.0±15.7
6th week	U	302.0±16.4	259.2±24.1	310.0±24.5	307.4±21.9	314.0±16.7	306.1±22.1
	T	269.0±28.4	308±22.5	220.0±24.5	284.6±26.1	253.0±14.9	267.0±15.4
7th week	U	320.0±14.3	313.0±15.7	320.0±22.6	332.5±25.6	330.1±18.9	326.1±18.8
	T	294.2±28.5	326.1±28.8	265.4±25.8	310.0±24.5	299.8±15.4	284.8±19.2
Find-Initial	U	172.2± 4.0	164.8± 2.5	139.0±18.3 ^{c)}	198.9±21.6	189.5±15.7	176.7±14.0
	T	148.1±13.2 ^{b)}	153.7±17.0	123.3±23.0	143.9±15.8 ^{b)}	153.6±10.0 ^{b)}	164.6±12.1
Weight Gain /day	U	4.1± 0.1	3.9± 0.1	3.3± 0.4	4.7± 0.5	4.5± 0.4	4.2± 0.3
	T	1.5± 0.3	3.6± 0.4	2.9± 0.5	3.4± 0.4	3.7± 0.2	3.9± 0.3

a) : Mean±S.D.

b) : P < 0.01 (between untraining and training groups)

c) : P < 0.01 (between control and experimental diet groups)

Table 4. The effect of training on the endurance of rats with various kinds of food.

(sec)

Content	Group					
	Control	A	B	C	E	D
2nd week	970.4±10.6 ^{a)}	1006.6±13.7	950.6±18.1	854.4± 8.2	928.0±10.6	838± 6.6
3rd week	873.2± 6.1	968.2±12.6	935.4± 6.1	950.8± 5.8	921.8± 9.7	763.6±5.2
4th week	954.0± 7.1	835.8± 9.7	865.2± 9.6	924.8± 7.8	956.8± 5.4	953.4±8.3
5th week	953.8± 4.9	949.8±8.0	830.8±9.6	1055.0±8.9	959.0±13.6	952.4±7.2
5th week	973.6±10.1	1051.6±5.5	972.8±6.6	1024.6±16.1	1033.4±13.5	1050.8±7.5
6th week	1039.2±10.7	1097.4±9.4 ^{b)}	1016.2±13.1	1213.0±9.6 ^{b)}	1071.6±6.8 ^{b)}	1110.8±7.3 ^{b)}
7th week	504.2±6.2 ^{c)}	627.2±9.7 ^{b,c)}	531.2±8.5 ^{b,c)}	700.8±13.6 ^{b,c)}	790.2±8.9 ^{b,c)}	760.0±10.7 ^{b,c)}

a) : Mean±S.D

b) : P < 0.01 (between control and experimental diet groups)

c) : P < 0.01 (between untraining and training groups)

특히 selenium 첨가 유무에서는 대두군에서 유일하게 높은 값을 나타냈다. HDL-콜레스테롤/총콜레스테롤 비를 보면 운동군이 0.75~1.04로 비운동

군의 0.32~0.63보다 45~100%로 높은 값을 보이고 있다.

2) 혈청인지질 (phospholipid, PL)

Table 5. The effect of experimental diets and training on serum lipid

(mg/100ml)

Content		Group					
		Control	A	B	C	D	E
TG	U	155.8±6.1	158.1±7.6	185.3±7.3 ^b	162.2±7.6 ^b	90.4±8.2	94.4±7.8 ^b
	T	85.6±6.3 ^c	85.9±3.3 ^c	98.4±4.9 ^{b,c}	92.9±5.5 ^{b,c}	60.4±3.1 ^{b,c}	62.9±7.8 ^{b,c}
T-Chol (A)	U	45.4±2.4	47.9±3.1	75.0±5.4 ^b	69.6±7.2 ^b	59.2±5.3 ^b	60.6±10 ^b
	T	47.9±4.8	45.4±3.2	49.1±3.8 ^c	50.9±5.0 ^c	44.8±1.1 ^c	45.8±4.5 ^c
F-Chol	U	9.7±0.7	10.0±0.7	12.8±2.2	8.7±2.1	6.6±2.3	9.9±3.3
	T	7.3±2.2	9.4±3.1	8.1±1.4 ^c	8.6±1.4	6.3±0.8	6.3±1.1 ^c
HDL-Chol (B)	U	25.3±1.6	28.3±4.5	23.8±1.3	24.3±4.5	36.8±3.1 ^b	38.1±3.0 ^b
	T	38.4±2.6 ^c	39.1±0.8 ^c	37.5±5 ^c	38.3±5.4 ^c	40.1±6.7	49.5±5.9 ^{b,c}
B/A	U	0.56	0.59	0.32	0.35	0.62	0.63
	T	0.86	0.86	0.76	0.75	0.90	0.04

a) : Mean±S.D.

b) : P < 0.01 (between control and experimental diet groups)

c) : P < 0.01 (between untraining and training groups)

Table 6. The effect of experimental diets and training on serum PL and its components.

(mg/100ml)

Content		Group					
		Control	A	B	C	D	E
PL (mg/ml)	U	68.5±4.3 ^a	78.0±6.3	64.4±7.3	69.4±3.1 ^b	80.9±5.5 ^b	102.6±8.4 ^b
	T	91.5±7.5 ^c	96.8±7.6 ^c	87.6±6.4 ^c	79.7±6.2 ^{b,c}	109.9±4.3 ^{b,c}	126.9±13.2 ^{b,c}
LLe (%)	U	12.6±2.5	10.4±2.5	10.8±0.9	12.6±1.5	9.0±3.9	11.6±1.6
	T	6.4±0.2 ^c	7.6±0.4 ^c	6.0±2.2 ^c	11.6±10 ^b	—	—
Sph (%)	U	12.8±3.3	14.0±2.6	13.3±6.4	12.3±2.3	20.2±4.6 ^b	15.5±2.9
	T	10.6±0.9	12.4±3.7	8.7±0.3 ^c	13.6±0.7	0.5±0.04 ^{b,c}	—
Le (%)	U	40.3±8.2	42.9±6.2	47.9±1.7	40.8±2.0	30.7±6.2 ^b	35.0±1.9
	T	17.5±4.6 ^c	16.4±4.2 ^c	49.5±5.2 ^c	29.0±0.1 ^{b,c}	13.8±0.2 ^c	13.9±0.2 ^c
Ce (%)	U	34.3±4.3	32.7±4.1	28.0±6.1	34.3±2.5	40.1±7.1 ^b	37.9±3.4
	T	65.5±4.5 ^c	63.6±8.5 ^c	35.8±6.2 ^c	45.8±1.3 ^{b,c}	85.7±0.2 ^{b,c}	85.1±0.2 ^{b,c}
TG/PL	U	2.27	2.03	2.88	2.34	1.12	0.92
	T	0.94	0.89	1.12	1.17	0.55	0.50

a) : Mean±S.D.

b) : P < 0.01 (between control and experimental diet groups)

c) : p < 0.01 (between untraining and training groups)

PL : Phospholipid LLe : Lysolecithin Sph : Sphingomyelin Le : Lecithin Ce : Cephalin

혈청인지질의 측정치는 Table 6에서와 같다. 즉, 운동군에서는 최저 79.7mg/100ml에서 최고 126.9mg/100ml이고 비운동군에서는 최저 64.4mg/100ml에서 최고 102.6mg/ml로서 운동군의 인지질값이 비운동군의 그것에 비해 15~36%의 높은 경향을 나타냈다. 한편 B군과 C군을 제외한 전식이군

에서는 selenium 첨가군이 비첨가군 보다 5%에서 26%의 높은 인지질 값을 나타내었다.

인지질 조성에서 lysolecithin(LLe.)의 수준은 운동군이 0~11.6%였으며 비운동군은 9.0~12.6%로서 운동군이 비운동군 보다 8~100%의 낮은 값을 나타냈고 Sphingomyelin(Sph.)은 운동군이

0~13.6%의 수준이고 비운동군은 12.8~20.2%로서 운동군의 수준이 비운동군의 그것에 비해서 17~100%까지의 낮은 수준이었다. 또 Lecithin(Le.)의 수준도 비운동군의 30.7%에서 47.9%에 비해 운동군은 13.8~49.5%로서 대체로 낮은 수준을 나타내고 있다. 그러나 한편 Cephalin(Ce.)의 경우는 운동군이 35.8~86.1%이고 비운동군이 28.0~40.1%로 운동군이 최저 28~100%까지의 높은 수준을 나타내고 있다.

또한 각군별 PL조성의 변이를 보면 대조군과 A군의 비운동군과 B군의 운동군, 비운동군, C군의 (selenium 첨가군) 비운동군은 모두 Le.이 제일 높은 수준이고 Ce.>Sph.>LLe.순으로 낮은 수준이었으며 한편 대조군과 A군의 운동군과 C군의 운동군 그리고 D군과 E군의 운동, 비운동군이 모두 Ce.이 제일 높은 수준이고 Le.>Sph.>LLe.의 순으로 낮은 값을 나타내었다. 중성지질(triglyceride, TG)과 PL의 비(TG/PL)는 운동군이 0.5에서 1.17이고 비운동군이 0.92에서 2.88로서 운동군이 비운동군 보다 1/2정도의 낮은 경향을 나타내고 있다.

3) 혈청지단백(lipoprotein, Lp)

혈청지단백 분석치는 Table 7에서와 같다. 고밀도 지단백(high density lipoprotein, HDL)은 운동군이 최저 43.1%에서 최고 52.9%로서 비운동군의 최저 25.9%에서 최고 40.2%보다 32~65

%의 높은 수준을 나타냈다.

한편 저밀도 지단백(low density lipoprotein, very low density lipoprotein, LDL, VLDL)은 운동군이 26.5%~33.9%와 19.2~27.3%이고 비운동군이 29.7~43.5%와 23.7~33.8%로서 운동군이 각각 9~32%와 11~29%의 낮은 경향을 나타냈다. 따라서 고밀도 지단백 대 저밀도 지단백의 비(α/β)는 운동군이 비운동군 보다 45~140%의 높은 값의 수준을 나타내고 있다.

4) 혈청단백질

혈청단백질의 조성은 Table 8에 표시한 바와 같다. Albumin(A)은 운동군이 49.8~56.5%로서 비운동군의 46.7~54.4%에 비해 6~8% 높은 값을 가졌다.

Globulin(G)은 운동군이 43.5~50.2%인데 비해 비운동군이 45.6~53.3%로서 운동군이 6~8% 낮은 값을 나타냈다. 한편 globulin의 조성을 보면 α_1 -G은 운동군이 비운동군 보다 25~95%의 높은 값이었는데 특히 대두유 첨가군에서 이 경향이 뚜렷했다. α_2 -G는 운동군이 비운동군보다 37~66%정도의 낮은 값을 나타냈고 β -G도 운동군이 4~54%의 낮은 값을 나타내었다.

따라서 A/G비는 운동군이 0.99~1.30%로서 비운동군의 0.88~1.19%보다 10~15%나 높은 경향이였다. 또한 selenium 첨가는 전반적으로 볼때 혈청단백질 조성 및 양의 변화에는 영향이 없는것으

Table 7. The effect of experimental diets and training on serum lipoprotein

(%)

Content		Group					
		Control	A	B	C	D	E
HDL (α)	U	37.2 ± 6.3 ^{a)}	38.1 ± 0.9	25.9 ± 3.0 ^{b)}	26.5 ± 4.7 ^{b)}	37.5 ± 4.2	40.2 ± 7.1
	T	49.2 ± 4.2 ^{c)}	52.2 ± 1.6 ^{c)}	43.1 ± 6.7 ^{c)}	43.4 ± 5.9 ^{c)}	52.7 ± 6.1 ^{c)}	52.9 ± 4.9 ^{c)}
VLDL	U	33.1 ± 7.1	22.4 ± 1.8 ^{b)}	30.6 ± 5.9	31.0 ± 3.0	23.7 ± 2.9 ^{b)}	24.8 ± 5.2 ^{b)}
	T	23.7 ± 5.2 ^{c)}	19.2 ± 4.7	27.3 ± 3.0	22.7 ± 2.5 ^{c)}	20.5 ± 1.2	20.6 ± 3.8
LDL (β)	U	29.7 ± 6.7	39.5 ± 1.0 ^{b)}	43.5 ± 6.3 ^{b)}	42.3 ± 2.9 ^{b)}	38.8 ± 6.2 ^{b)}	35.0 ± 6.7
	T	27.1 ± 2.2	28.6 ± 3.1 ^{c)}	29.6 ± 5.3 ^{c)}	33.9 ± 3.2 ^{b,c)}	26.8 ± 4.8 ^{c)}	26.5 ± 0.5 ^{c)}
α/β	U	1.25	0.96	0.60	0.63	0.97	1.15
	T	1.82	1.83	1.46	1.26	1.97	1.99

a) : Mean ± S.D.

b) : P < 0.01 (between control and experimental groups)

c) : P < 0.01 (between untraining and training groups)

Table 8. The effect of experimental diets and training on serum albumin and globulin

(%)

Content		Group					
		Control	A	B	C	D	E
α_1 -globulin	U	9.3 ± 1.3 ^{a)}	5.7 ± 0.6 ^{b)}	12.8 ± 2.6	13.7 ± 1.1	16.5 ± 0.9 ^{b)}	15.5 ± 3.4
	T	16.7 ± 0.4 ^{c)}	11.1 ± 4.9	21.8 ± 5.4 ^{c)}	22.6 ± 2.0	20.7 ± 2.6	21.0 ± 4.7
α_2 -globulin	U	13.9 ± 3.2	17.4 ± 6.2	11.0 ± 1.3	9.8 ± 1.8	12.8 ± 2.8	13.3 ± 2.5
	T	6.6 ± 2.5 ^{c)}	6.6 ± 2.8 ^{c)}	6.9 ± 1.8 ^{c)}	6.1 ± 0.9 ^{c)}	4.3 ± 0.4 ^{c)}	6.1 ± 1.4 ^{c)}
β -globulin	U	10.1 ± 0.9	8.8 ± 0.8	9.9 ± 0.4	12.2 ± 1.7	11.2 ± 2.9	11.6 ± 2.1
	T	9.7 ± 1.6	5.3 ± 1.0 ^{c)}	9.2 ± 1.7	9.5 ± 1.8	5.2 ± 1.9	6.9 ± 0.6
γ -globulin	U	16.3 ± 1.7	14.8 ± 2.4	11.9 ± 1.3 ^{b)}	13.2 ± 1.2	12.4 ± 0.7 ^{b)}	12.9 ± 8.2
	T	12.6 ± 1.9	20.5 ± 3.9	7.8 ± 1.5	7.5 ± 1.6 ^{c)}	19.2 ± 2.3 ^{c)}	16.2 ± 2.5
Total globulin (G)	U	49.6 ± 1.3	46.7 ± 3.1	45.6 ± 3.8	48.9 ± 3.9	52.9 ± 5.3	53.3 ± 4.2
	T	45.6 ± 2.7	43.5 ± 1.6	45.7 ± 4.3	45.7 ± 4.3	49.4 ± 4.1	50.2 ± 3.8
albumin (A)	U	50.4 ± 2.9	53.3 ± 3.0	54.4 ± 2.9	51.1 ± 2.1	47.1 ± 6.1	46.7 ± 7.0
	T	54.5 ± 3.8	56.5 ± 3.7	54.3 ± 4.2	54.3 ± 1.0	50.6 ± 2.9	49.8 ± 3.5
A/G	U	1.02	1.14	1.19	1.04	0.89	0.88
	T	1.12	1.30	1.19	1.19	1.02	0.99

a) : Mean ± S.D.

c) : P < 0.01 (between Untraining and training groups)

b) : P < 0.01 (between control and experimental diet groups)

Table 9. The effect of experimental diet and training on LDH isozymes

(%)

Content		Group					
		Control	A	B	C	D	E
LDH ₁	U	8.4 ± 0.1 ^{a)}	5.2 ± 0.8 ^{b)}	4.5 ± 1.6 ^{b)}	5.4 ± 0.6 ^{b)}	3.9 ± 0.3 ^{b)}	4.9 ± 0.8 ^{b)}
	T	3.4 ± 1.5 ^{c)}	3.5 ± 0.2	3.4 ± 0.8	1.7 ± 0.1 ^{c)}	1.4 ± 0.2 ^{c)}	3.6 ± 0.5
LDH ₂	U	7.5 ± 1.7	5.7 ± 1.2	5.7 ± 1.1	5.5 ± 1.3	5.8 ± 0.4	5.7 ± 1.5
	T	7.3 ± 1.9	6.7 ± 0.9	8.8 ± 1.8	5.2 ± 1.5	5.1 ± 1.2	7.8 ± 1.4
LDH ₃	U	15.4 ± 0.6	9.9 ± 1.1 ^{b)}	9.3 ± 1.9 ^{b)}	7.1 ± 2.9 ^{b)}	10.2 ± 1.2	5.8 ± 1.5 ^{b)}
	T	8.9 ± 1.6 ^{c)}	8.7 ± 1.7	10.5 ± 2.1	7.3 ± 0.5	14.7 ± 3.7 ^{c)}	7.5 ± 1.4
LDH ₄	U	4.1 ± 1.4	13.9 ± 2.7 ^{b)}	17.3 ± 3.6 ^{b)}	14.0 ± 1.7 ^{b)}	11.0 ± 2.4 ^{b)}	8.6 ± 2.6 ^{b)}
	T	12.8 ± 1.9 ^{c)}	10.3 ± 2.4	14.9 ± 4.5	15.8 ± 3.4	14.9 ± 2.9	12.2 ± 3.5
LDH ₅	U	64.6 ± 9.1 ^{b)}	65.3 ± 7.8	63.2 ± 4.7	68.0 ± 8.9	69.1 ± 6.7	75.0 ± 5.7
	T	67.6 ± 4.5	70.3 ± 6.2	62.4 ± 5.3	70.0 ± 5.3	63.9 ± 7.2	68.9 ± 9.4

a) : Mean ± S.D.

c) : P < 0.01 (between untraining and training groups)

b) : P < 0.01 (between control and experimental groups)

로 나타냈다.

5) 혈청 젖산 탈수소효소 이소짐 (lactic acid dehydrogenase (LDH) isozyme)

LDH isozyme의 전기영동 분석을 100분율로 계산한 값을 Table 9에 표시했다.

LDH₁과 LDH₅은 운동군이 비운동군보다 각각 27~67%, 12~42%의 낮은 값을 나타냈었으며

LDH₂는 뚜렷한 차를 볼수 없었다.

한편 selenium을 첨가한 운동군에서도 selenium을 첨가하지 않은 군보다 각각 36%, 24%, 44%의 낮은 경향을 나타냈다. 특히 대두유에다 selenium을 첨가한 군이 가장 크게 낮은 값을 나타냈다.

LDH₄는 대조군에서도 운동군이 비운동군보다 3배의 높은 값을 나타냈으나 식이군에서는 그 차가 뚜

Table 10. The effect of experimental diet and training on serum level of GOT, GPT and TBA

Content	Group						
	Control	A	B	C	D	E	
GDT (karmen)	U	183.6±7 ^{a)}	158.8± 5.2 ^{b)}	182.5±9.6	169.2±5.5 ^{b)}	184.6±7.2	172.0±3.2 ^{b)}
	T	162.8±5.6 ^{c)}	145.2±10.9 ^{c)}	162.5±5.7 ^{c)}	160.5±8.7	157.8±6.9 ^{c)}	156.0±8.1 ^{c)}
GPT (karmen)	U	67.0±8.3	50.4± 6.0 ^{b)}	65.5±6.6	57.3±5.6	63.8±8.1	54.8±7.8 ^{b)}
	T	47.3±5.6 ^{c)}	41.8± 8.6	45.4±2.5 ^{c)}	36.2±3.9 ^{b,c)}	41.6±4.4 ^{c)}	41.4±6.5 ^{c)}
TBA (absorbency)	U	0.030	0.025	0.035	0.031	0.026	0.021
	T	0.027	0.016	0.020	0.016	0.013	0.010

a) : Mean±S.D.
 b) : P < 0.01 (between control and experimental diet groups)
 c) : P < 0.01 (between untraining and training groups)

렸하지 못하다. LDH₅ 도 LDH₄의 경향과 유사했다. 한편 selenium첨가 식이군에서는 운동군이 비운동군보다 크게 높은 값을 나타냈다.

6) GOT, GPT 및 TBA치

Table 10에서와 같이 GOT, GPT는 운동군에서 145.2~162.8과 36.2~47.3 Karmen인데 비해 비운동군은 158.8~184.6과 50.4~67.0 Karmen으로 각각 운동군이 5~15%와 17~37%의 낮은 경향을 보였다. 또한 selenium첨가 식이군에서도 운동군의 GOT, GDT가 각각 7~14%와 13~25%의 낮은 경향을 나타냈다.

TBA치는 운동군이 비운동군에 비해 selenium첨가 유무에 관계없이 낮은 값을 나타내었다. 즉, 운동군이 0.013~0.027이고 비운동군이 0.021~0.035로서 최저 10%에서 최고 52%의 낮은 값을 나타

내었으며 selenium을 첨가한 경우 역시 운동군이 비운동군에 비해 유의한 낮은 값을 나타내었다. 특히 대두유 투여군에서는 그 경향이 크게 나타났다.

7) 지구력과 혈청지질과의 상관관계

Table 11은 지구력과 혈청지질과의 사이에 운동군과 비운동군에서 어떤 상관관계가 있는가를 표시한 것이다.

즉 지구력과 중성지질과의 사이에는 역상관관계 (P<0.05)를 나타냈고 지구력과 고밀도 지단백의 콜레스테롤 사이에는 매우 낮은 편이지만 정의 상관관계를 나타냈다. 한편 지구력과 총콜레스테롤, 인지질, GOT, GPT 및 TBA치와의 사이에서는 뚜렷한 상관관계를 나타내지 않았다.

5. 식이섭취량

흰쥐를 고지방식으로 6주간 tread mill에서 훈련시켰더니 운동군이 비운동군보다 훨씬 많은식이섭취를 하였다는 보고(Applegate)³¹⁾와 옥수수기를 첨가식으로 사육한 흰쥐에서 오히려 비운동군이 운동군보다 식이섭취량이 많았다는 보고(Lau et al)⁹⁾도 있다. 또 Hanson²⁸⁾등은 전술한 결과를 통해 인정할 수 없었다고 하였다.

본 실험에서는 거의 모든 고지방식에서 운동군이 비운동군보다 식이섭취량이 적었다. 그러나 이에 비해 체중증가에는 큰 역현상이 없는것은 운동훈련에 의한 식이효율이 높아진데 그 원인이 있다고 본다.

6. 체 중

Miller⁶⁾등은 고지방식이군(운동훈련이 없었다)이

Table 11. Correlation coefficients between endurance and various serum lipid values (N=36)

Variable	Correlation coefficient	
	Untraining	Training
TG	-0.397**	-0.324**
T-chol.	-0.052	-0.042
HDL-chol.	0.285*	0.338**
PL	0.021	0.035
GOT	-0.171	-0.227*
GPT	0.222*	0.011
TBA	-0.010	-0.131

* P < 0.1
 ** P < 0.05

그렇지 않은 군에 비해 16% 이상의 유의한 체중증가를 보였다고 했다. Applegate³¹⁾ 등도 이와 유사한 연구결과를 보고하고 있다. 그러나 Watt et al¹⁹⁾, Kral et al²¹⁾, Gaesser et al²⁰⁾, Pels III et al⁸⁾ 등은 운동훈련을 강도 높게 시켰을 때 그렇지 않은 군보다 뚜렷한 체중증가의 낮은 경향을 보였다고 보고하고 있다.

본 실험에서 고지방식이군이 운동군, 비운동군을 막론하고 체중증가율이 높게 나타난 것은 Miller나 Applegate 등의 보고와 같은 결과이다.

7. 지구력

흰쥐등 동물실험에서 운동훈련을 시키는 것은 비운동군에 비해 운동지구력이 크게 향상되었다는 보고는 많다(Hickson et al⁸¹⁾, Miller et al⁵⁾, Leon et al²⁰⁾). 본 실험에서도 운동군이 비운동군보다 모든 식이군에서 운동 지구력의 증가가 유의하게 나타났다.

또한 selenium 첨가 식이군에서 이러한 경향이 크게 나타난 것은 황산화 효소의 활성화에 의한 지질대사의 항진에서 온 결과라고 본다.

8. 혈청성분

1) 총콜레스테롤

동물에게 적당한 운동훈련을 시켰을 때 식이에 관계없이 상당한 정도의 혈중 콜레스테롤치가 낮아졌다는 연구보고는 많다(Zems et al⁸²⁾, Papadopoulos et al⁸³⁾, Danner et al²³⁾). 그러나 Tan et al⁴⁹⁾, Lithell et al^{84,85)} 등은 운동훈련과 혈중 콜레스테롤치와는 별다른 관계가 없다고 했다.

한편 본 실험에서는 고지방식이군의 경우 운동훈련군에서 유의한 혈중 콜레스테롤치의 저하현상을 볼 수 있었다. 이는 Zems나 Papadopoulos 등의 보고와 같은 경향이다. 이런 경향은 역시 운동훈련에 의한 지질대사의 항진에서 온 결과라고 사료된다.

2) 중성지방(triglyceride, TG)

동물의 적당한 운동훈련이 혈중중성지방의 양을 감소시킨다는 보고는 여러사람에 의한 여러가지 실험에서 알려져 있다(Holloszy et al⁸⁶⁾, Tan et al⁴⁹⁾, Lopez et al²²⁾, Danner et al²³⁾, Savard et al²⁷⁾, Hickson et al⁸¹⁾, Eems et al⁸²⁾). 그러나 Leon

et al²⁰⁾은 운동과 혈청중성지방량과의 사이에는 상관관계가 없다고 해서 전기 보고를 부정한 바도 있다.

한편 본 실험에서는 식이군별에는 관계없이 모든 식이군의 운동군이 비운동군에 비해 혈청중성지방의 저하현상을 확인했는데 이는 적당한 운동훈련이 지질 분해효소 활성을 증가시켜서 중성지방의 대사 이용율을 높힌데 있으며 또한 인슐린 자극 효과에 의한 당의 지방에로의 전환을 막아준 탓도 있는 것으로 사료된다. 따라서 지구력의 크기와 중성지방과의 사이에 유의한 역상관관계를 나타낸 것도 그 이유의 하나로 볼 수 있다.

3) 고밀도 지단백 콜레스테롤(HDL - chol.)

Danner et al²³⁾, Gaesser et al²⁰⁾, Pels III⁸⁾ 등의 보고에서는 각각 상이한 결과를 얻었다고 하였다. 즉 운동훈련에 의해 혈청 HDL - chol. 치가 증가했다는 사람, 별변화를 확인할 수 없었다는 사람 또는 오히려 떨어졌다는 사람등 그 결과는 구구하였다. 그러나 본 실험에서는 운동군이 비운동군에 비해 HDL - chol. 치가 증가하였다. 특히 대두군에서는 그 경향이 현저하여 45% 전후의 유의한 증가를 나타냈다. 따라서 HDL - chol / T - chol. 치도 운동군에서 크게 높아진 것을 확인했다. 즉 운동훈련이 총 chol. 량은 감소시키면서 반대로 HDL - chol. 치는 증가시켰다는 것이 된다.

4) 인지질(phospholipid, LP)

Papadopoulos et al⁸³⁾은 운동과 인지질사이에는 무관하다고 했고 Garlson et al⁸⁵⁾은 운동후 인지질 양이 떨어졌다고 했다. 그러나 본 실험에선 식이군별 약간 차이는 있으나 전반적으로 운동군에서 인지질 양의 증가를 볼 수 있었다.

따라서 TG/LP의 비가 운동군에서 60% 전후의 저하현상을 나타낸 것은 Garlson et al⁸⁵⁾의 보고와 같으며 이는 운동에 의한 지질분해 효소의 활성화로 중성지방이 인지질의 레시틴과 세파린 등으로의 대사가 촉진된 탓으로 사료된다.

5) 지단백(lipoprotein, Lp)

관상동맥심장 질환과 지단백과의 사이에는 큰 상관관계가 있으며 특히 고밀도 지단백(HDL)의 양의 크기와 의 사이에는 밀접한 관계가 있다고 Barr et al⁸⁷⁾, Gofrnan et al⁸⁸⁾, Miller et al⁸⁹⁾ 등이 보고하고 있다.

본 실험에서는 각 식이군에 관계없이 운동군이 비운동군에 비해 고밀도 지단백의 값이 최저 32%에서 최고 65%까지의 높은 경향을 보인데 반해 저밀도 지단백(LDL)은 오히려 9~32%나 낮아진 경향을 보여서 결국 HDL/LDL의 비가 운동에서 45% 전후의 증가현상으로 나타났다. selenium 첨가군이 역시 비첨가군 보다 운동군에서의 증가율이 훨씬 높았다. 이런 경향은 Leon et al²⁰⁾이나 Miller et al⁸⁹⁾ 등의 보고와 같았다. 즉 운동훈련이 지단백 분해효소의 활성화를 가져왔고 결국 저밀도 지단백의 분해 촉진과 고밀도 지단백의 이용율의 증가가 HDL/LDL비의 높아짐을 가져오게 했고 이는 소위 관상동맥심장질환(동맥경화지수)에의 관계를 저하시켜 주는 현상이 된 것으로 본다.

6) 혈청단백질

Hanson et al²⁸⁾은 운동시 칼로리를 제한하거나 고지방식을 주면 체단백의 소모현상이 있다고 했다. 그러나 본 실험에서는 운동군에서의 고지방식이 첨가가 혈청알부민이나 글로블린의 양에 변화가 없었다. 다만 알부민/글로블린(A/G)의 비는 운동군에서 약간 상승 경향을 보이고 있다. 이는 운동에 의해 동원단백인 알부민의 생산증가에 의한 것으로 생각된다. 그러나 포화지방산의 공급이 많은 군에서는 오히려 A/G비가 떨어진 경향이었는데 이는 α_1 -globulin의 증가현상에 의한 것으로 생각된다.

7) 젖산 탈수소효소 이소짐(LDH-isozyme)

속근섬유를 많이 가진 단거리 주자의 근육에는 LDH의 활성이 높았고 지근섬유를 많이 가진 중·장거리 주자나 비운동 여자에게는 LDH의 활성이 낮은 편이었다(Costil et al⁹⁰⁾).

본 실험에서는 selenium 첨가 유무에 관계없이 운동훈련군에서 LDH isozyme의 활성이 큰것을 확인했다. 이는 costil의 보고와 같은 결과이다.

8) GOT, GPT 및 TBA치

Walter et al⁹¹⁾이나 Anonymous et al⁹²⁾ 등은 고도의 불포화 지방산을 다량 섭취시 비타민 E의 공급이 부족하면 근육병(myopathy)이나 GOT 등의 값이 올라간다는 것을 보고한 바 있다.

그러나 본 실험에서는 고지방식 운동군에서 오히려 그 값이 떨어진 경향임을 확인했고 특히 selenium 첨가군에서는 그 현상이 뚜렷하였다. 이는 sel-

enium이 항산화 효소의 기능을 활성화시킨 결과라고 본다.

TBA치에서도 Ullrey et al⁶⁶⁾과 Meerson et al⁶⁸⁾ 등의 보고와는 달리 운동군, 특히 selenium 첨가군에서 저하현상을 보인것은 글루타치온 파옥시다제(GSH-PX)의 활성화로 항산화가 이루어진 탓이라고 사료된다.

IV. 결 론

본 연구는 운동훈련과 Se.첨가, 고지방 식이의 투여가 흰쥐의 식이 섭취량과 체중, 지구력 그리고 혈청성분에 미치는 효과를 규명하려 하였다.

체중 150 ± 35 mg 되는 Sprague-Dawley 계 흰쥐(♂) 72마리를 6개의 운동군과 비운동군으로 나누어 6가지의 식이로 7주간 사육하였다.

실험 식이는 기본식이에 shortening 혹은 soybean oil을 20 mg%가 되게 한 고지방 식이와 여기에 Selenrum 0.1 mg%를 첨가한 식이를 사용하였다.

운동군은 격일로 8분간의 treadmill 훈련과 10분간의 수영훈련을 시켰으며 비운동군은 마지막 주에 5일간만 tread mill 적응훈련을 받았다.

7주간의 사육이 끝난 후 흰쥐의 식이 섭취량, 체중, 지구력 그리고 혈청성분 등을 측정, 분석한 결과 다음과 같은 성적을 얻었다.

1. 식이 섭취량은 비운동군이 운동군보다 많았으나 식이효율은 운동군에서 높았다. 그리고 체중증가율은 비운동군이 운동군보다 고지방식이군이 대조군보다 유의하게 높았다.

2. 지구력은 Se.을 첨가한 고지방식이군이 대조군보다 성적이 좋았고 운동군이 비운동군에 비하여 월등하게 좋은 성적을 나타냈다.

3. 혈청 T-chol., TG/PL의 비등은 운동군이 비운동군보다 낮은 수준이었으나 혈청 HDL-chol.과 PL 그리고 HDL-chol./T-chol.비, HDL/LDL비, A/G비 등은 운동군에서 높은 수준을 나타냈다.

4. shortening 첨가 식이군보다 soybean oil 첨가 식이군에서 혈청 T-chol.과 TG 그리고 TG/PL비, A/G비 등은 낮은 수준으로 나타났으며 혈청 HDL-chol.과 PL, HDL, HDL-chol./T-ch-

ol.비, HDL/LDL비 등은 soybean oil 첨가 식이군에서 높았다.

5. 혈청 LDH isozyme 은 LDH₅가 가장 많았으며 운동부하와 고지방 식이 그리고 Se.첨가 식이에 의한 LDH isozyme의 특이한 증상은 발견되지 않았다.

6. 혈청 GOT와 GPT 그리고 TBA수준은 비운동군보다 운동군에서 낮게 나타났으며 특히 soybean oil에 Se.을 첨가한 식이군에서 더욱 낮은 경향을 나타냈다.

이상의 성적으로 보아 고지방에 미량의 selenium을 첨가한 식이를 흰쥐에 투여하면서 장기적이고 규칙적인 운동훈련을 시키면 식이효율과 지구력이 향상되는 동시에 TBA치가 감소된다는 사실을 알 수 있었다.

문 헌

1. Durnin, JVGA., Muscle in sports medicine—nutrition and muscular performance, *Int., J, Sports Med.*, **3**, 52-57, 1982.
2. Wilson, Eva D. Katherine H. Fisher, Pilar A. Garcia, Principles of nutrition, John Wiley & Sons, **65**, 1979.
3. 大江匡親, 健康と必須脂肪酸の 關聯性について, 食品工業, 特集: 29~37, 1984.
4. 稻嶺成男, 健康と 不飽和 脂肪酸 をめぐる 諸問題, 食品工業, 特集: 38~42, 1984.
5. Miller, W.C., G.R. Bryce and R.K. Conlee, Adaptions to a high fat diet that increase exercise endurance in male rats. *J. Appl. Physiol.*, **56**(1), 78-83, 1984.
6. Davies, Kelvin J.A., Lester Packer and George A. Brooks, Biochemical adaptation of mitochondria, muscle and whole animal respiration to endurance training. *Archieves of Biochemistry and Biophysics*, **209**(2), 539-554, 1981.
7. Fitts, R.H., F.W. Booth, W.W. Winder and J.O. Holloszy, Skeletal muscle respiratory capacity, endurance and glycogen utilization, *Am. J. Physiol.*, **228**(4), 1029-1033, 1975.
8. Pels III, Albert E., Timothy P. White and Walter D. Block, Effects of evercise training on plasma lipids and lipoproteins in rats. *J. Appl. physiol.*, **58**(2), 612-618, 1985.
9. Lau, Herbert C., Evelyn Flaim and S.J. Ritchey, Body weight and depot fat changes as influenced by exercise and dietary fat sources in adult BHE rats, *J. Nutr.*, **109**, 495-500, 1979.
10. Moore, Barbara J., Lancet L. Olsen. Frances Marks and Jo Anne Brasel, The effects of high fat feeding during one cycle of reproduction consisting of pregnancy, lactation and recovery on body composition and fat pad cellularity in the rat. *J. Nutr.*, **114**, 1566-1573, 1984.
11. Keys, Ancel, Christ Aravanis, Henry Blackburn, FSP. Van Buchem, Ratko Buzina, BS. Djordjevic, Flaminio Fidanza, Martti J. Karvonen, Coronary heart disease: over weight and obesity as risk factors, *Annals of Internal Med.*, **77**, 15-27, 1972.
12. Williams, V.J. & W. Senior, Changes in body composition and efficiency of food utilization for growth in young adult female rats before, during and after a period of food restriction, *Aust. J. Biol. Sci.*, **32**, 41-51, 1979.
13. Bjorntorp, P & M.V. Yang, Refeeding after fasting in the rat: effects on body composition and food efficiency, *Am. J. Clin. Nutr.*, **36**, 444-449, 1982.
14. Harris, Ruth B.S. and Roy J. Martin, Recovery of body weight from below "Set point" in mature female rats, *J. Nutr.*, 1143-1150, 1984.
15. Durnin; JVGA, M.A., M.B., Ch. B., D.Sc., MRCP., The influence of nutrition, *Canad. Med, Ass. J.*, **96**, 715-718, 1967.
16. Stern, J.S. and Greenwood, MRC, A review of development of adipose cellularity in man and animals, *Federation Proc.*, **33**, 1952-1955, 1974.
17. Booth, M.A., M.J. Booth and A.W. Taylor, Rat fat cell size and number with exercise training, detraining and weight lose, *Federation Proc.*, **33**, 1959-1963, 1974.
18. Oscai, L.B., C.N. Spiakis, C.A. Wolff and R.J. Beck, Effects of exercise and of food restriction on adipose tissue cellularity, *J. Lipid Res.*, **13**, 588-592, 1972.

19. Watt, Edward W., Merle L. Foss and Walter D. Block, Effect of training and detraining on the distribution of cholesterol, triglyceride and nitrogen in tissues of albino rats, *Circulation Research.*, **9**, 908-914, 1972.
20. Leon, Arther S., M.S., M.D., John Conrad, B.S., Donald B. Hunninghake, M.D. and Robert Serfass, Effects of a vigorous walking program on body composition and carbohydrate and lipid metabolism of boese young men, *Am. J. Clin. Nutr.*, **32**, 1776-1787, 1979.
21. Kral, J.G., B. Jacobsson, U. Smith and P. Björntorp, The effects of physical exercise on fat cell metabolism in the rat, *Acta, Physiol Scand*, **90**, 664-672, 1974.
22. Lopez-S.A., R. Vial, L. Balart and G. Arroyave, Effect of exercise and physical fitness on serum lipids and lipoproteins, *Atherosclerosis*, **20**, 1-9, 1974.
23. Danner, Sven A., Wouter Wieling, Louis Havekes, Jan Gevers Leuven, Erik, M. Smit and Arend J. Dunning, Effect of physical exercise on blood lipids and adipose tissue composition in young healthy men, *Atherosclerosis*, **53**, 83-90, 1984.
24. Johnson, Ruth E., Joseph A. Mastropaolo and Marion A. Wharton, Exercise, dietary intake and body omposition, *J. Am. Dietetic Assoc.*, **61**, 399-403, 1972.
25. Adner, Marvin M., William P. Castelli, Elevated high-density lipoprotein levels in marathon runners, *JAMA.*, **243**, 534-536, 1980.
26. Huttunen, Jussi K., Esko Lansimies, Erkki Voutilainen, Christian Ehnholm Eino Hietanen, Ilkka Penttila, Onni Sutonen and Rainer Rauramaa, Effect of moderate physical exercise on serum lipoproteins, *Circulation*, **60** (6), 1220-1229, 1979.
27. Savard, R., J.P. Despres, M. Marcotte and C. Bouchard, Endurance training and glucose conversion into triglycerides in human fat cells, *J. Appl. phyiol.*, **58** (1), 230-235, 1985.
28. Hanson, Dale L., James A. Lorenzen, Alted E. Morris, Richard A. Ahrens and James E. Wilson, J.R., Effects of fat intake and exercise on serum cholestrol and body composition of rats, *Am. A. Physiol.*, **213**(2), 347-352, 1967.
29. Gaesser, Glenn A. and Robert G. Rich, Effects of high and low-intensity exercise training on aerobic capacity and blood lipids, *Med. Sci. Sports Exerc.*, **16**(3); 269-274, 1984.
30. Oscai, L.B., P.A. Mole, L.M. Krusack and J.O. Holloszy, Detailed body composition analysis on female rats subjected to a program of swimming, *J. Nutr.*, **103**, 412-418, 1973.
31. Applegate, Elizabeth A., David E. Upton and Judith S. Stern, Exercise and detraining: effect on food intake, adiposity and lipogenesis in Osborne-Mendel rats made obese by a high fat diet, *J. Nutr.*, **114**, 447-459, 1984.
32. Paffenbarger, R.S., W.E. Hale, R.J. Brand, R.T. Hyde, Work energy level, personal characteristics and fatal heart attack: a birth-cohort effect, *Am. J. Epidemiol.*, **105**, 200, 1977.
33. Paffenbarger, R.S., W.E. Hale, Work activity and coronary heart mortality *N. Engl. J. Med.*, **292**, 545, 1975.
34. Paffenbarger, R.S., A.L. Wing, R.T. Hyde, Physical activity as an index of heart attack risk in college alumni, *Am. J. Epidemiol.*, **108**, 161, 1978.
35. Paffenbarger, R.S., M.E. Laughlin, A.S. Gima, Work activity of longshoremen as relate to death from coronary heart disease and stroke, *N. Engl. J. Med.*, **282**, 1109, 1970.
36. Morris, J.N., C. Adam, SPW. Chave, G. Sirey, D.J. Sheehan, Vigorous exerise in leisure time and incidence of coronary heart disease, *Lancet*, **1**, 332, 1973.
37. Taylor, H.L., E.Kleptar, A.Keys, Death rates among physically active and sedentary employees of the railroad industry, *Am. J. Public Health*, **52**, 1967, 1962.
38. Keys, A (eds.), Coronary heart disease in seven countries, *Circulation*, **41** (Suppl I), 1-1, 1970.
39. Tyroler, H.A., J.C. Cornoni, C.G. Hames, Occupation and physical activity and coronary heart disease, *Arch. Intern. Med.*, **128**, 920, 1971.

40. Gottheiner, V., Long-range strenuous training for cardiac conditioning and rehabilitation, *Am. J. Cardiol.*, **22**, 417, 1968.
41. Rechnitzer, P., H. Pickard, A. Paivio, Long-term follow-up study of survival and recurrence rates following myocardial infarction in exercising and control subjects, *Circulation*, **45**, 853, 1972.
42. Brownell, Kelly D., Paul S. Bachoric and Robert S. Ayerle, Changes plasma lipid and lipoprotein levels in men and women after a program of moderate exercise, *Circulation*, **65** (3), 447-483, 1982.
43. Wood, P.D., W. Haskell, H. Klein, S. Lewis, M.P. Stern, J.W. Farquhar, The distribution of plasma lipoproteins concentrations in middle-aged male runners, *Metabolism*, **25**, 1249, 1976.
44. Wood, P.D., H. Klein, S. Lewis, W.L. Haskell, Plasma lipoprotein concentrations in middle-aged male runners. *Circulation*, **50** (Suppl I), 1, 115, 1974.
45. Hartung, G.H., J.P. Forey, R.E. Mitchell, I. Vlasek, A.M. Gotto, Relationship of diet to HDL-cholesterol in middle-aged marathon runners, joggers and active men, *N. Engl. J. Med.*, **302**, 357, 1980.
46. Lehtonen, A., J. Viikari, Serum triglycerides and cholesterol in highly physically active men, *Acta, Med. Scand.*, **204**, 111, 1978.
47. Zir, L.M., R.H. Rahe, R.T. Rubin, R.J. Arthur, Effects of strenuous swim competition in the older age group, *J. Sports Med, Phys. Fitness*, **12**, 180, 1972.
48. Johnson, T.F., H.Y.C. Wong, Effect of exercise on plasma cholesterol and phospholipids in college swimmers, *Res. Q.*, **32**, 514, 1961.
49. Tan, M.H., A. Bonen, J.B. Garner and A.N. Belkastro, Physical training in diabetic rats: effect on glucose tolerance and serum lipids, *J. Appl. Physiol.*, **52**(6), 1514-1518, 1982.
50. Grollman, Sigmund and Leslie Costello, Effect of age and exercise on lipid content of various tissues of the male albino rat, *J. Appl. Physiol.*, **32** (6), 761-765, 1972.
51. Rinetti, M., O. Visoli, L. Colombi and F. Barbaresi, Myocardial lipids after intensive muscular Work, *Cordiologia.*, **45**, 296-272, 1964.
52. Seidel, D., H. Wieland, and C. Ruppert, Improved techniques for assessment of plasma lipoprotein patterns, *Clin. Chem.*, **19**, 737, 1973.
53. Berg, A., J. Johns M. Baumstark, W. Kreutz and J. Keul, Changes in HDL subfractions after a single extended episode of physical exercise, *Atherosclerosis*, **47**, 213-240, 1983.
54. Vergroesen, A.J., The role of fat in human nutrition, Academic Press, New York, **17**, 1975.
55. Williams Roger J. Edwin M. Landford, The encyclopedia of biochemistry, Robert E. Krieger Publishing Co., New-York, 652-653, 1981.
56. Samochowiec, Leonidas, Danuta kadlubowska and Lidia Rozewicka, Investigations in experimental atherosclerosis, *Atherosclerosis*, **23**, 305-317, 1970.
57. Rosseneu, M., B. Declercq, D. Vandamme, R. Vercaemst, F. Soetewey, H. Peeters and V. Blaton, Influence of oral polyunsaturated and saturated phospholipid treatment on the lipid composition and fatty acid profile of chimpanzee lipoproteins, *Atherosclerosis*, **32**, 141-153, 1979.
58. Gatlin III, Delbert M., and Robert P. Wilson, Dietary selenium requirement of fingerling channel catfish, *J. Nutr.*, **114**, 627-633, 1984.
59. Mutanen, Marja J., and H.A. Mykkanen, Effect of dietary fat on plasma glutathion peroxidase levels and intestinal absorption of ⁷⁵Se-labeled sodium selenite chicks, *J. Nutr.*, **114**, 824-834, 1984.
60. Halpin, Kevin M., and David H. Baker, Selenium deficiency and transsulfuration in the chick, *J. Nutr.*, **114**, 606-612, 1984.
61. McCoy, Kim E.M. and Paul H. Weswig, Some selenium responses in the rat not related to vitamine E. *J. Nutr.*, **98**, 383-389, 1969.
62. Gatilin III, Delbert M., William E. Poe and Robert P. Wilson, Effect of singular and com-

- bined dietary deficiencies of selenium and vitamin E on fingerling channel catfish (*Ictalurus punctatus*), *J. Nutr.*, **116**, 1061-1067, 1986.
63. 青木みか, 谷由美子の血清脂質成分に及ぼす運動と減食の影響, *營養學雜誌*, **1**(2), 85~93, 1983.
64. 奏葭哉, 低酸素と動脈硬化, “虚血と細胞障害—活性酸素, フリーラジカル”, 醫齒藥出版, 167~183, 1980.
65. 堤達也, 青木和江, 後藤芳雄, 喜多尙武, 運動筋での低酸素状態が考えられる断続運動時の血漿過酸化脂質及中性脂質の動態, *體力研究*, **54**, 24~37, 1983.
66. Dillard, C.J., R.E. Litov, W.M. Savin, Z.Z. Dumelin and A.L. Tappel, Effect of exercise, vitamin-E and ozone on pulmonary function and lipid peroxide, *J. Appl. Physiol.*, **45**, 927-932, 1978.
67. Vlinikka, L., J. Vuori and O. Ylikorkala, Lipid peroxidase prostacyclin and thromboxane A₂ in runners during acute exercise, *Med. Sci. Sports Exerc.*, **16**, 275-277, 1984.
68. Ullrey, D.E., J.E. Shelle and P.S. Brady Rapid response of the erythrocyte glutathion peroxidase system to exercise, *Fed. Proc.*, **36**, 1095, 1977.
69. Brady, P.S., J.E. Shelle and D.E. Ullrey, Rapid response of equine erythrocyte glutathione reductase to exercise, *Am. J. Vet. Res.*, **38**, 1045-1047, 1977.
70. Brady, R.S., P.K. Ku and D.E. Ullrey, Lack of effect of selenium supplementation on the response of equine erythrocytes glutathione system and plasma enzymes to exercise, *J. Anim. Sci.*, **47**, 492-496, 1978.
71. Meerson, F.Z., S.I. Krasikov, V.M. Boev and V.E., Kagan, Effect of an antioxidant on the resistance to maximal exercise in untrained animals, *Byull Eksp Bio. Med.*, **94**, 17-19, 1982.
72. 市川勇, 横山榮二, 運動負荷を受けたラットの脂質過酸化と酸化防禦機能におよぼすO₃暴露の影響, 第十回 環境汚染物質とそのトキシコロジー—ソポジウム講演 要旨集, 78~80, 1983.
73. Salminen, A. and V. Vihko, Lipid peroxidation in exercise myopathy, *Exp. Mol. Pathol.*, **38**, 380-388, 1983.
74. Salminen, A. and V. Vihko, Endurance training reduce the susceptibility of mouse skeletal muscle to lipid peroxidation in vitro, *Acta. Physiol. Scand.*, **117**, 109-113, 1983.
75. Selye, H., The general adaptation syndrome on the disease of adaptation, *J. Clin. Endocrinol.*, **6**, 117-210, 1946.
76. 中野昭一, スポーツと内分泌, “スポーツ醫學”, 杏林書院, 82~309, 1978.
77. 山岡誠一, スポーツと疲勞, “スポーツ醫學”, 杏林書院, 287~309, 1978.
78. Yagi, Kunio, Yuichiro Goto, Lipid peroxides and diseases, Igakushoin Ltd., Tokyo, 23-32, 1981.
79. Yagi, K., A simple fluorometric assay for lipoperoxide in blood plasma, *Biochem. Med.*, **15**, 212-216, 1976.
80. 官澤陽夫, 金田尙志, 田久長一, 田岸昭雄, 稻葉文男, 自動酸化油投與ラットの血液および各種臓器における超弱発光について, *脂質生化学研究*, **21**, 366-369, 1979.
81. Hickson, R.C., M.J. Rennie, R.K. Conlee, W.W. Winder and J.O. Holloszy, Effects of increased plasma fatty acids on glycogen utilization and endurance, *J. Appl. Physiol., Respirat. Environ. Exercise Physiol.*, **43**(5); 829-833, 1977.
82. Eems, Kay Van Der and A.H. Ismail, Serum lipids: Interactions between age and moderate intensity exercise, *British J. Sports Med.*, **19**(2), 112-114, 1985.
83. Papadopoulos, Nicholas M., Colin M. Bloor, and Jim C. Standfer, Effect of exercise and training on plasma lipids and lipoproteins in rat, *J. Appl. Physiol.*, **26**(6): 760-763, 1969.
84. Lithell, Hans, Richard Schelf, Vengt Vessby and Ira Jacobs, Lipoproteins, lipoprotein lipase and glycogen after prolonged physical activity, *J. Appl. Physiol.*, **57**(3), 698-702, 1984.
85. Garlson, Lars A. and Folke Mossfeldt, Acute effects of prolonged, heavy exercise on the concentration of plasma lipids and lipoproteins in man, *Acta. Physiol. Scand.*, **62**, 51-59, 1964.
86. Holloszy, John O. and Frank W. Booth, Bio-

- chemical adaptations to endurance exercise in muscle, Dept. Preventive Med. Washington Univ. School Med., St. Louis, 1151- 273-291, 1976.
87. Barr, D.P., E.M. Russ, H.A. Eder, Protein-lipid relationship in human plasma II, in atherosclerosis and related conditions, *Am. J. Med.*, **11**, 480, 1951.
88. Gofman, J.W., W. Young, R. Tandy, Ischemic heart disease, atherosclerosis and longevity, *Circulation*, **34**, 679, 1966.
89. Miller, G.J., N.E. Miller, Plasma-high-density lipoprotein concentration and development and ischemic heart disease, *Lancet.*, **1**, 16, 1975.
90. Costill, D.L., J. Daniels, W. Evans, W. Fink, G. Krahenbuhl and B. Saltin, Skeletal muscle enzymes and after composition in male and female track athletes, *J. Appl. Physiol.*, **40**(2), 149-154, 1976.
91. Walter, E.D. and L.S. Jensen, Serum glutamic-oxaloacetic transaminase levels, muscular dystrophy and certain haematological measurements in chicks and poults as influenced by vitamin E, selenium and methionine, *Poultry Sci.*, **43**, 919, 1964.
92. Anonymus, Experimental nutritional dystrophy and isozymes, *Nutr. Rev.*, **24**, 337, 1966.