

에어로빅 운동이 여대생의 체내지질 및 Ca대사에 미치는 영향*

김희선 · 홍희옥 · 김경자** · 유춘희

상명여자대학교 가정교육학과
이화여자대학교 식품영양학과**

The Effect of Aerobic Dancing on Lipid and Ca Metabolism in College Women

Hee Sun Kim, Hee Ok Hong, Kyoung Ja Kim**, Choon Hie Yu

Dept. of Home Economics Education, Sangmyung Women's University

*Dept. of Food and Nutrition, Ewha Women's University***

=ABSTRACT=

This study was designed to find out the effects of aerobic exercise on lipid and Ca metabolism in seven healthy college women, aged 20 to 22 years. Metabolic studies were conducted before and after a 10-weeks exercise period, during which subjects participated in the planned aerobic dance program every day except Sunday. The initial mean time engaged in the exercise was 28 minutes and it was gradually increased up to 45 minutes around the middle point of the exercise period.

During both of metabolic study periods, the subjects ate experimental diets which supplied about 120g of protein and 600mg of Ca daily and during the rest of the experimental period they ate their usual diets. The use of alcoholic beverages and drugs were prohibited.

The results were summarized as follows.

1) The effect of exercise on lipid metabolism.

(1) Mean body weight decreased significantly after exercise($p<0.01$) and it did not show a significant decline in skinfold thickness and total body fat content.

(2) Serum total cholesterol level decreased significantly after exercise($p<0.05$) and TG level also tended to be lower than that of pre-exercise period. Exercise did not exert any influence on the level of serum HDL-cholesterol in this study.

(3) Exercise did not alter total lipid content in feces and apparent lipid absorption rate.

2) The effect of exercise on Ca and P metabolism.

*이 논문은 한국 오리리 주식회사 부설 건강과학연구소 연구비 수혜 논문임.

접수일자 : 1988년 1월 6일

(1) After exercise, fecal Ca excretion was slightly reduced, however, urinary Ca excretion was not significantly changed. In the result, a slight increase was shown in body Ca retention after exercise.

(2) Exercise tended to increase urinary P excretion, but neither P balance nor fecal excretion was significantly changed after exercise.

(3) Bone mineral content was not affected by exercise.

In summary, aerobic exercise decreased total cholesterol and TG level in serum and tended to increase body Ca retention. With the results, it can be concluded that the additional physical activities beyond the normal daily life in college women might prevent some degenerative diseases such as atherosclerosis and osteoporosis.

서 론

근래에 들어와 우리나라 국민들의 사회 경제적 수준이 향상되면서 식생활 내용뿐 아니라 생활양식에 있어서도 많은 변화가 초래 되었다. 식생활이 풍요로워지면서 단백질, 지방의 섭취량과 열량의 섭취량이 증가되고 있는 반면¹⁾²⁾, 생활환경이 편리해지면서 활동량이 줄어 열량의 소모량은 감소되어 가고 있는 실정이다³⁾. 따라서 비만증과 순환기계의 질환을 비롯한 여러 성인성 질환의 발병율은 점차 증가하는 추세에 있다⁴⁾⁵⁾. 이러한 성인성 질환의 발병원인, 예방 또는 치료방법을 알아내기 위한 연구들이 최근 많은 학자들에 의해 행해져 오고 있으며, 그 중에서도 특히 평상시의 규칙적인 운동과 체내 지질대사 및 Ca대사와의 관계에 대하여 많은 학자들이 관심을 가지고 연구해 왔다.

Leon⁶⁾과 Pollock⁷⁾은 평상시의 규칙적인 운동이 비만한 환자의 체중을 줄이는데 효과적이었다고 보고하였으며, Leon⁶⁾은 운동이 체지방량을 감소시켰다고 보고하였다. 또한 운동은 혈청의 총 cholesterol, LDL-cholesterol 및 중성지방의 함량을 저하시키고 HDL-cholesterol 함량을 높힘으로써 순환기계 질환을 예방하는 매우 효과적인 방법이 될 수 있음을 주장하는 연구결과들이 발표되어 관심을 끌고 있다⁷⁾⁸⁾⁹⁾¹⁰⁾¹¹⁾¹²⁾. 반면에 운동에 의해 HDL-cholesterol 함량이 저하되었다는 보고도 있으며¹³⁾, 이 밖에도 여러종류의 혈청 지질 함량이 운동으로 인

하여 변화되지 않는다는 상반된 보고들도 있다¹⁴⁾¹⁵⁾. 그러나 이런 연구결과들은 운동의 종류, 운동기간, 운동시간 또는 실험 대상자의 생리적 또는 환경적 여리조건에 따라 달리 나타났기 때문에 아직 확실한 결론을 내리기 어려운 실정이며 더 이상의 많은 연구가 필요한 과제로 남아있다.

또 오랫동안 누워서 요양을 할때와 같이 신체활동이 제한될 때 노중 Ca 배설량이 증가되고, Ca 평형에 있어서 부(負)의 효과가 나타나는 사실은 여러학자들에 의해 확인된 바 있으며¹⁶⁾¹⁷⁾, 노화와 더불어 골격에서 흔히 나타나는 골다공증도 단백질, Ca등 식이요인과 홀몬의 영향을 받을뿐 아니라 운동의 부족이 주요원인인 것으로 보고되어 왔다¹⁸⁾. 보통 중년기 이후에 나타나는 골격상실은 35세경부터 시작되어, estrogen결핍에 따라 1년에 약 2%씩 상실된다고 하며¹⁹⁾, 이와같은 골격상실은 운동을 함으로써 어느정도 막을 수 있다고 한다²⁰⁾. 즉 53세의 여성들을 대상으로 1년간 운동을 시켰을 때 정(正)의 Ca 평형을 나타내면서 총 골격 Ca량이 증가하였다는 보고가 있으며, 82세의 노인에게서도 운동의 효과가 나타나 골격의 무기질 함량이 운동후 증가하였다고 한다²⁰⁾. 또한 남녀 대학생들을 대상으로 한 연구결과 운동후 새끼손가락 두번째 지골부분에서 bone density가 증가 되었다는 보고도 있다²⁰⁾.

이처럼 운동이 인체의 영양소 대사에 미치는 영향에 관하여 지금까지 이루어진 많은 연구들은 중년기 이후의 사람들을 대상으로 하였든지 또는 평상시 격렬한 운동 연습에 종사하는 운동선수들을

- 에어로빅 운동이 여대생의 체내지질 및 Ca대사에 미치는 영향 -

연구 대상으로 하였다. 더구나 우리의 식사내용과 생활양식이 급격히 변화하고 있는데도 불구하고, 국내에서 보통 누구나 할 수 있는 운동이 영양소 대사에 영향을 미칠 수 있는지에 관하여 연구 보고된 것은 거의 없는 실정이다.

그러므로 본 연구는 건강한 여대생들에게 요즘 여성들 사이에서 널리 유행하고 있는 에어로빅 운동을 10주 동안시키고, 운동기간 전후한 대사실험을 통해 운동과 체내지질 및 Ca대사와의 관계를 밝혀 보고자 시도 되었다.

실험방법

1) 실험내용 및 기간

실험대상자 7명에게 10주 동안 하루에 29~45분간 주당 6일간의 에어로빅 운동을 시키고 운동기간 전후한 대사실험을 통해 운동으로 인하여 나타나는 체내 지질 및 Ca대사 상의 변화를 관찰하였다. 평

상시 식이 내용을 알기위해 실험 시작 전에 각 대상자들의 식이 섭취를 24시간 회상 기억법(24-hr. recall method)으로 조사하였다. 이를 토대로 식품 분석표²¹⁾에 의해 대사측정을 위한 실험 식이를 구성하였다.

실험 기간은 1987년 5월에서 7월까지 11주로서 첫 1주일 동안은 운동을 시키지 않고 대사실험을 하였고, 운동 시작후 제3, 6, 9주에 각각 하루씩 3일간의 식이 섭취 조사를 실시하여 대사실험을 하지 않는 운동 기간중 이들의 식이 내용을 확인하였으며, 마지막 실험 제11주째에는 운동을 시키면서 실험 첫째 주일과 동일하게 대사실험을 실시하였다. Fig. 1은 실험 내용을 요약한 것이다.

운동 기간에 따른 운동의 강도 및 시간이 Table 1에 나타나 있다. 운동의 강도는 맥박수로 제시되어 있다.

2) 실험대상

실험 대상자는 신체적으로 건강하여 운동을 하

Week	Preceding	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Date		1234567	1234567									1234567	1234567
Dietary assessment & metabolic study	Dietary assessment	Metabolic study Adoption			Exercise		period					Metabolic study Adaptation	
Urine & feces sampling													
Blood sampling													
Body weight & skinfold thickness measurement													
Bone mineral content measurement													

Fig. 1. Experimental design.

Table 1. Intensity and time of exercise

Periods of exercise(week)	Warming-up exercise		Main exercise		Recovery exercise		Total exercise time(min : sec)
	Heart rate (beats/min)	Time (min : sec)	Heart rate (beats/min)	Time (min : sec)	Heart rate (beats/min)	Time (min : sec)	
1~2	135.6± 3.8*	10 : 45	163.2± 2.7	8 : 50	103.5± 2.2	9 : 03	28 : 38
3~6	131.3± 1.7	10 : 45	169.1± 3.3	19 : 27	100.1± 2.1	9 : 03	39 : 15
7~10	129.4± 1.8	10 : 45	173.8± 1.4	25 : 12	102.9± 3.0	9 : 03	45 : 00

* : Mean± SE

Table 2. Distribution of age, height and weight of subjects

Subject No.	Age(years)	Height(cm)	Weight(kg)	Note
1	22	157.1	54.1	
2	21	151.8	52.5	
3	21	159.6	59.9	
4	20	155.9	65.4	Overweight*
5	21	161.7	61.1	
6	21	164.2	67.0	Overweight
7	20	158.7	58.4	
Mean± SE	20.9± 0.3	158.4± 1.5	59.8± 2.0	

*: Overweight refers to body weight in excess of 10 percent above the value computed as [height(cm)-100] × 0.9²².

여도 무방하다는 진단을 받은 20~22세의 상명여자대학교 재학생 7명이었다. 이들은 대사실험 기간에 모두 본 대학교 생활관에 함께 기거하면서 평상시와 같은 생활을 하도록 하였으며, 나머지 운동을 한 주 동안에는 각자 집으로 돌아가서 평소와 같은 활동을 하도록 하였다. 대상자의 연령, 신장, 체중은 Table 2에 나타나 있다.

3) 실험식이

대사측정을 위한 실험식이는 대상자들의 실험시작전 식이 섭취 조사 결과를 토대로 식품 분석표에 의해 하루에 열량 2400Kcal, 지방 80g가량을 공급하도록 구성하였다. 그러나 Ca는 Ca와 P의 평형을 권장량 섭취 수준에서 관찰하기 위해 한국인 Ca 권장량을 기준으로 하루 600mg을 공급하도록 식이 구성은 하였다. 또한 최근들어와 한국인의 단백질 섭취량이 점차 높아지고 있고, 고단백 식이 섭취시

Ca대사에 미치는 운동의 효과를 알아보기 위하여 단백질의 하루 공급량이 120g정도가 되도록 하였다. 이와같이 식품 분석표에 의해 식단을 구성한 후에 실험실에서 열량을 비롯한 각 영양소 함량을 분석한 결과 Table 3에 나와있는 것과 같은 분석치가 나왔다.

실험식이의 식단은 5가지 기초 식품군을 기준으로 하여 한국인의 상용 식품을 주로 선택하여 구성하였다.

대사실험시 사용된 모든 식품은 변절되기 쉬운 두부, 과일을 제외한 필요량 전량을 한꺼번에 구입하였다. 사용한 식기나 조리기구는 유리, 스텐레스, 플라스틱 제품을 선택하였고, 음료수 및 실험에 필요한 물은 이온 제거수를 사용하였다. 대사실험 기간에는 커피, 알콜음료 및 약의 복용을 금지시켰으며 나머지 운동기간에도 알콜음료와 약의 복용을 삼가도록 하였다. 단 커피는 평상시와 같이 음용하도록 하였다.

—에어로빅 운동이 여대생의 체내지질 및 Ca대사에 미치는 영향—

Table 3. Composition of diets

Composition	Diet before experiment	Diet during exercise period	Experimental diets for metabolic study (intake/day)	
			Before exercise	After exercise
Energy(kcal)	2471.3± 198.3*	2426.3± 40.5 ^{N.S.}	2395.0	2459.5
Protein(g)	76.5± 3.0	75.4± 4.7	117.5	117.0
Fat(g)	77.9± 24.3	63.8± 7.1	74.7	75.1
Carbohydrate(g)	355.8± 35.6	387.3± 14.9	313.1	328.8
Fiber(g)	6.7± 2.1	6.4± 0.6	6.1	6.5
Ca(mg)	939.0± 96.8	908.5± 144.2	608.3	657.8
P(mg)	1268.0± 173.7	1257.0± 80.0	1078.4	1048.8

* : Mean± SE

N.S. : Not significantly different as compared with the composition of pre-experiment diet at $\alpha=0.05$ level by student's t-test.

4) 체중, 피하지방 두께 및 체지방 함유율 측정

체중은 운동기간 전후한 대사실험의 제7일째 아침 공복상태에서 측정하였으며, 피하지방 두께는 같은 날 skinfold caliper(SKYNDEX)를 사용하여 상완 삼두근 하단과 견갑골 하단의 피부두께를 측정하여 두 측정치를 합한 값으로 나타내었고, 이를 토대로 체지방 함유율을 계산하였다. 체지방 함유율의 계산 방법은 아래와 같이 하였다²³⁾.

$$\text{체지방 함유율} = (4.57 - \text{체 밀도} - 4.142) \times 100 \\ (\%)$$

$$\text{체 밀도} = 1.0923 - 0.00514 \times \text{피하지방 두께지수}$$

$$\text{피하지방 두께지수} = \frac{\text{피하지방 두께} \times \text{체 표면적}}{\text{체 중}} \\ \times 100$$

$$\text{체 표면적} = \frac{\text{신장}^{0.725} \times \text{체 중}^{0.425} \times 72.46}{10,000}$$

5) 시료의 채취

(1) 노와 변의 채취

노와 변의 시료수집을 위해 대사실험 마지막 3일간 배설되는 노와 변을 피실험자들로 하여금 매일 채취하도록 하였다. 노 채취시에는 노의 부패 방지를 위해 0.1% HCl과 소량의 toluene이 들어있는 용량 2ℓ의 플라스틱 채뇨용기에 1일 24시간(각 날의

공복시 소변후, 두번째 소변부터 다음날 아침 공복시 소변까지) 동안 배설되는 노를 채취하게 하였다. 채취한 하루분의 노는 실온에서 약 1시간 방치한 후 mess-cylinder로 총량을 채 다음 정확히 총량의 1/10을 냉장고에 보관하였다. 이와같은 방법으로 3일간 매일 채취한 노의 1/10씩을 합하여 잘 섞은 다음 냉동 보관하였다가 Ca와 P의 분석에 사용하였다.

변은 실험 대상자들에게 대변 용기를 주어 대변의 전량을 채취하게 하여 총배설량을 정확히 측정한 다음 3일간의 변을 잘 주물러 혼합하여 균질화 한 다음 그 일부를 취하여 냉동 보관하였다가 지질과 Ca, P의 함량을 분석하였다.

(2) 실험식이 채취

운동기간 전후한 각각의 대사실험 기간에 마지막 3일중 하루를 택하여 대상자들이 하루동안 섭취한 식이와 동량의 식이를 수거하여 mixer에서 전량을 넣고 갈아 총 중량을 측정하였으며, 그중 일부를 취하여 냉동 보관하였다가 식이 성분 분석에 사용하였다.

(3) 혈액 채취

운동기간 전후한 각각의 대사실험 기간 7일째 되는 날 아침 식사전 공복상태에서 혈액을 채취하였다. 채취한 혈액은 3,000r.p.m에서 40분간 원심분리하여 혈청을 얻은 후 냉동 보관하였다가 혈청의 총 choles-

terol, HDL-cholesterol 및 중성지방 함량의 측정을 위해 사용하였다.

6) 분석

(1) 뇌의 변의 분석

변에 함유된 지방함량은 Soxhlet법²⁴⁾에 의해 측정하였고, 뇌중 Ca는 환경오염 공정시험법 중 질산-황산에 의한 유기물의 분해법²⁵⁾에 의해 전처리한 후 Atomic Absorption Spectrophotometer(Varian Corp, Model No. 1475)로 Ca함량을 측정하였다²⁶⁾. 같은 기간에 수집한 변시료는 환경오염 공정시험법 중 회화에 의한 유기물의 분해법²⁵⁾에 의하여 전처리한 후 뇌 Ca와 같이 Atomic Absorption Spectrophotometer로 Ca함량을 측정하였다²⁶⁾.

뇌와 변의 P는 Ca와 같은 방법으로 전처리 한 후 colorimetric amino reduction method에 의해 UV-Visible Spectrophotometer(Shimadzu, Model No. UV-260) 640nm에서 비색 정량하였다²⁷⁾.

(2) 혈청분석

혈청 총 cholesterol 함량은 Ferro-Ham의 총 cholesterol 측정법에 의하였고, 혈청 HDL-cholesterol 함량은 Heparin-MnCl₂침전법을 사용하여 측정하였으며, 혈청 중성지방 함량은 Acetylacetone법에 의하여 측정하였다²⁸⁾.

(3) 식이분석

식이 지방은 Soxhlet추출법²⁴⁾으로, 조단백질은 micro-kjeldahl법²⁴⁾에 의해 측정하였고, 섬유소, 회분 및 수분은 AOAC법²⁴⁾ (Henneberg Stohman 개량법)으로 정량하였다. 식이 Ca와 P는 대변중의 Ca와 P와 같은 방법으로 측정하였다^{26,27)}. 식이 탄수화물은 시료 총량에서 수분, 단백질, 지방, 섬유소 및 회분량을 뺀 양으로 산출하였고²⁴⁾, 열량은 이와같이 분석된 단백질, 지방, 탄수화물 함량으로부터 계산하였다.

(4) Bone Densitometry

운동기간 전후한 대사실험이 끝난 그 다음주 중 대상자들의 왼쪽 손목 요골을 1/3씩 구분하여 그 중 하단지점에서 Bone Densitometer(Norland Corp.,

Model No. 2780)를 사용하여 골격 무기질 함량(bone mineral content : B.M.C.)과 골격의 넓이(bone width : B.W.)를 측정하였다²⁹⁾.

7) 자료의 처리

모든 실험 결과에서 평균치와 표준오차를 구하였으며, 운동기간 전후에 따른 각평균간의 차이는 paired t-test³⁰⁾에 의하여 유의성 검정을 하였다.

실험결과 및 고찰

1) 실험전 식이, 운동기간 중의 식이 및 실험식이를 통한 하루 영양소 섭취량

Table 3에 조사된 각종 식이를 통한 하루 영양소 섭취량이 제시되어 있다.

피실험자들의 실험전 식이를 통한 영양소 섭취량과 대사실험 기간이 아닌 운동기간 중의 식이를 통한 영양소 섭취량 사이에는 조사된 모든 영양소에 있어서 유의적인 차이가 없었다. 이는 10주의 운동기간 중에 평상시와 다르지 않은 식사를 했음을 나타내는 것이라고 본다.

2) 운동이 체내 지질대사에 미치는 영향

(1) 체중, 피하지방 두께 및 체지방 함유율

운동기간 전후한 체중, 피하지방 두께, 체지방 함유율의 변화가 Table 4에 나타나 있다. 체중에 있어서 운동전 $59.8 \pm 2.0\text{kg}$ 이었으나 운동후 $57.3 \pm 1.7\text{kg}$ 으로 떨어져 평균 2.5kg 감소하였으며($p < 0.01$), 운동을 시킨 7명의 모든 피실험자들에게서 체중 저하가 나타났다. 이는 에어로빅 운동으로 인하여 평상시보다 열량 소모량이 늘어난데서 온 결과로서 선행의 다른 보고들과 일치한다^{7,31)}. 또한 과잉체중으로 나타났던 두명의 피실험자(4번, 6번)들에게서 체중이 가장 많이 줄어 비만증 치료에 운동이 효과적이었다는 Leon등⁶⁾의 주장을 뒷받침하는 결과로 나타났다.

피하지방 두께와 체지방 함유율은 운동후 약간 감소하는 경향을 보였으나 통계적으로 유의한 것은 아니였다. 또 10주간의 운동후에 7명의 모든 피실

– 에어로빅 운동이 여대생의 체내지질 및 Ca대사에 미치는 영향 –

험자들에게서 체중이 감소 되었으나 이들중 두명의 피실험자(2번, 4번)들에게서 피하지방 두께와 체지방 함유율이 오히려 운동후 증가하여 예상밖의 결과로 나타났다. 이는 체지방 함유율의 감소로 인하여 체중이 줄기는 하지만 전신에 분포되어 있는 체지방 중에서 어떤 부위의 피하지방이 많이 감소되는지는 개인에 따른 차이가 있기 때문에 나타난 결과가 아

닌가 추측된다. 즉 본실험에서는 상완 삼두근 하단과 전갑골 하단 부위의 피하지방 두께 만을 측정했으나 복부 또는 대퇴부 등의 피하지방 두께를 함께 측정하였다면 다른 결과가 나왔을 것으로 본다. 체지방 함유율은 피하지방 두께의 측정치에 의해 계산된 것이므로 피하지방 두께와 동일한 경향으로 나타났다.

Table 4. Body weight, skinfold thickness and percent body fat before and after exercise

Subject No.	Body weight(kg)		Skinfold thickness(mm)		Percent body fat(%)	
	Before	After	Before	After	Before	After
1	54.1	53.9	39	28	26.5	20.2
2	52.5	49.8	37	40	26.1	29.5
3	59.9	57.8	42	27	27.3	19.4
4	65.4	62.2	38	52	24.4	32.1
5	61.1	60.3	50	45	33.4	30.8
6	67.0	60.8	45	32	27.8	22.7
7	58.4	56.0	36	23	24.4	17.3
Mean	59.8	57.3 ^a	41.0	35.3 ^{N.S.}	27.1	24.6 ^{N.S.}
± SE	± 2.0	± 1.7	± 1.9	± 4.0	± 1.2	± 2.3

a : Significantly different as compared with pre-exercise value at $\alpha=0.01$ level by paired t-test.

N.S. : Not significantly different as compared with pre-exercise value at $\alpha=0.05$ level by paired t-test.

Table 5. Serum lipid levels before and after exercise

Subject No.	Total cholesterol(mg/dl)		HDL-cholesterol(mg/dl)		Triglyceride(mg/dl)	
	Before	After	Before	After	Before	After
1	251	230	56	48	52	61
2	156	131	61	55	58	51
3	106	112	64	54	61	59
4	183	155	73	63	96	56
5	130	123	52	43	81	76
6	171	168	49	50	119	81
7	167	139	51	71	190	67
Mean	166.3	151.1 ^b	58.0	54.9 ^{N.S.}	93.9	65.3 ^{N.S.}
± SE	± 17.3	± 15.0	± 3.2	± 3.6	± 18.4	± 3.7

b : Significantly different as compared with pre-exercise value at $\alpha=0.05$ level by paired t-test.

N.S. : Not significantly different as compared with pre-exercise value at $\alpha=0.05$ level by paired t-test.

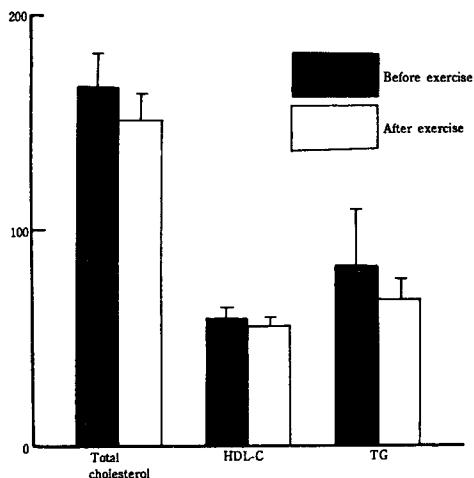


Fig. 2. Serum lipid levels before and after exercise.

(2) 혈청의 총 cholesterol, HDL-cholesterol 및 중성지방 함량

혈청의 지방성분 함량에 관하여 분석한 결과는 Table 5, Fig. 2와 같다.

혈청의 총 cholesterol 함량은 운동전 166.3 ± 17.3 mg/dl에서 운동후 151.1 ± 15.0 mg/dl로서 평균 15.2 mg/dl의 감소를 나타냈다($p < 0.05$). 그리고 두명의 피실험자(4번, 7번)에게 있어서 총 cholesterol 함량이 운동후 28mg/dl나 떨어진 반면에, 운동전 정상 혈청 총 cholesterol 함량 120~240mg/dl³²⁾의 하한 수준을 나타냈던 5번 피실험자의 총 cholesterol 함량은 운동후 7mg/dl밖에 감소되지 않았고, 운동전 가장 낮은 총 cholesterol 함량을 보인 3번 피실험자의 총 cholesterol 함량은 운동후 오히려 약간 증가되었다. 그러나 본 연구결과와 상반된 결과를 보고한 학자도 있어서 Naughton³³⁾은 운동후 혈청의 총 cholesterol 함량이 증가하였다고 했으며, Leon 등⁶⁾은 오랫동안 누워있는 비만한 남자들을 대상으로 16주 동안 운동을 시킨 결과 운동전에 비하여 혈청 cholesterol 함량은 유의적으로 높아지고, LDL-cholesterol 함량은 더 낮아지는 것을 관찰하였다.

평균 HDL-cholesterol 함량은 운동 후 약간 감소하였으나 유의적인 것은 아니었다. 이것은 위의 여러

선행 연구들에서 운동이 혈청 LDL-cholesterol 함량을 감소시키고 HDL-cholesterol 함량은 증가시킨다고 보고한 것과는 상반된 결과였다. 그러나 운동으로 인한 혈청 총 cholesterol 함량의 감소는 LDL-cholesterol과 VLDL-cholesterol 함량의 감소에 의한 것이며 HDL-cholesterol 함량은 거의 변화되지 않는다는 Weltman 등³⁴⁾의 연구결과나 운동후 HDL-cholesterol 함량이 오히려 감소했다는 다른 보고와는 같은 경향이다¹³⁾.

이와같이 운동후 혈청 HDL-cholesterol 함량에 있어서 나타나는 변화에 대한 상반된 보고는 피실험자의 연령, 신체적조건, 평상시의 식사내용이나 활동상태, 또는 운동의 형태, 운동의 강도와 운동시간의 차이에 의한 것으로 추측된다³⁴⁾³⁵⁾. Morris 등¹⁰⁾¹¹⁾과 Paffenbarger 등¹²⁾은 관상동맥 심장병 발병률을 줄이기 위해서는 1주일에 2회 이상의 운동 빈도로 15~30분 이상동안 약 7kcal/min 이상의 에너지를 소비하는 강도로 운동을 하는 것이 바람직하다고 제안했는데, 본 연구 대상자들은 운동의 강도와 빈도에 있어서 Morris 등이나 Paffenbarger 등이 제시한 기준을 넘어 총 cholesterol 함량에 있어서의 감소가 초래되었고, 결국 관상동맥 심장병의 예방효과도 기대할 수 있으리라고 본다.

혈청의 중성지방 함량은 운동전 93.9 ± 18.4 mg/dl에서 운동후 65.3 ± 3.7 mg/dl로 운동후 평균 28.6 mg/dl가 감소되었고($p < 0.1$), 운동전 중성지방 함량이 비정상적으로 높았던 피실험자(6번, 7번)들의 경우 특히 운동후 중성지방 함량의 감소폭이 커졌다. 또한 총 cholesterol 함량의 감소폭이 커던 두명의 피실험자(4번, 7번)들에게서 중성지방 함량도 역시 운동후 많이 감소된 것으로 나타났다. Oskai 등³⁶⁾은 운동후 혈청 중성지방 함량이 감소되는 것은 운동으로 인해 간에서의 중성지방 합성에 필요한 물질의 availability가 감소되어 체내 중성지방의 합성을이 감소되며, 동시에 근육조직으로 중성지방의 uptake가 증가되기 때문이라고 하였는데 본 연구 대상자들에게서도 평상시보다 많은 운동량이 체내중성지방 합성량의 저하와 근육조직으로의 중성지방의 uptake 증가를 초래하므로써 혈청 중성지방 함

— 에어로빅 운동이 여대생의 체내지질 및 Ca대사에 미치는 영향 —

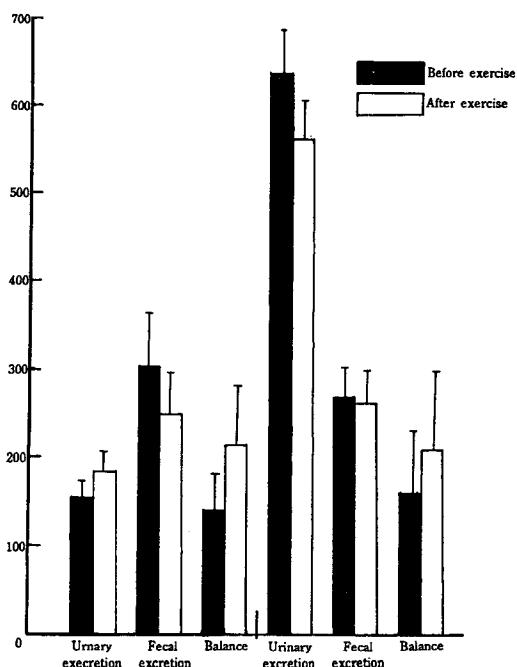


Fig. 3. Ca and P balance before and after exercise.

량을 떨어뜨린 것으로 추측된다.

(3) 지질의 배설량과 소화흡수율

지질의 배설량과 소화흡수율은 Table 6에 나타나 있으며, 운동을 전후하여 통계적으로 유의한 차이는 없었다.

운동으로 인하여 체중이 감소하고 혈청 지질함량에 있어서 변화가 있었음에도 불구하고 지질의 배설량과 소화흡수율에 있어서 아무런 변화가 나타나지 않은 것은 운동이 체내에서 열량 소모량을 늘림으로서 주요 에너지원으로 사용되거나 또는 저장되는 지질의 대사에 영향을 미치는 것이지 지질의 배설량을 높히는 것은 아님을 나타내는 것으로 본다.

3) 운동이 체내 Ca와 P의 대사에 미치는 영향

(1) 노와 변중의 Ca 배설량과 평형

피실험자들의 운동기간 전후한 Ca의 섭취량, 노와 변중의 배설량과 평형을 환산한 결과는 Table 7과 같다.

노중 Ca 배설량은 운동기간이 지난 후 약간 증가하는 경향을 보였으나 운동전에 비해 유의적으로 증가한 것은 아니었다. 반면에 대변중의 Ca 배설량은 운동후 감소되는 경향이 있다($p<0.1$). 운동 후 변을 통한 Ca 배설량의 감소폭이 노를 통한 Ca 배설량의 증가폭보다 커기 때문에 결국 체내에 보유된 Ca의 양은 운동 후 많아지는 경향이 있다. 즉 운동기간 전후의 Ca 평형의 평균값은 각각 $137.6 \pm 56.1\text{mg}$, $223.4 \pm 60.9\text{mg}$ 이었다($p<0.1$).

본 연구에서는 운동 전후한 대사실험기간의 하루 Ca 섭취량이 600mg이 되도록 식이를 구성하였으나

Table 6. Levels of excretion and apparent digestibility of fat before and after exercise

Subject No.	Excretion(g/day)		Apparent digestibility(%)	
	Before	After	Before	After
1	5.66	6.29	92.4	91.6
2	3.19	2.07	95.7	97.2
3	2.30	1.43	96.9	98.1
4	4.91	5.13	93.4	93.2
5	3.54	3.63	95.3	95.2
6	2.84	3.55	96.2	95.3
7	1.27	0.94	98.3	98.7
Mean	3.38	3.29 ^{N.S.}	95.5	95.6 ^{N.S.}
± SE	± 0.56	± 0.74	± 0.8	± 1.0

N.S. : Not significantly different as compared with pre-exercise value at $\alpha=0.05$ level by paired t-test.

Table 7. Ca balance before and after exercise

Subject No.	Intake(mg/day)		Urinary Ca(mg/day)		Fecal Ca(mg/day)		Balance(mg/day)	
	Before	After	Before	After	Before	After	Before	After
1			176.8	219.2	541.1	444.9	-109.6	-6.3
2			172.6	242.6	353.1	135.0	82.6	280.2
3	608.3	657.8	140.8	98.8	280.0	415.6	187.5	143.5
4			181.3	193.4	366.9	258.7	60.2	205.7
5			170.1	136.1	269.2	200.7	169.0	321.0
6			200.4	323.5	206.0	209.8	202.0	124.5
7			49.1	71.6	187.8	91.0	371.4	495.2
Mean			155.9	183.6 ^{N.S.}	314.9	250.8 ^{N.S.}	137.6	223.4 ^{N.S.}
± SE			± 19.0	± 33.2	± 45.4	± 50.7	± 56.1	± 60.9

N.S. : Not significantly different as compared with pre-exercise value at $\alpha=0.05$ level by paired t-test.

Table 8. P balance before and after exercise

Subject No.	Intake(mg/day)		Urinary P(mg/day)		Fecal P(mg/day)		Balance(mg/day)	
	Before	After	Before	After	Before	After	Before	After
1			647.4	664.0	416.2	544.9	14.8	-160.0
2			766.1	699.7	311.6	198.4	0.7	150.8
3	1078.4	1048.8	619.4	404.7	247.8	182.7	211.2	461.5
4			721.9	560.1	330.5	308.7	26.0	180.1
5			640.7	419.0	258.8	260.5	178.9	369.4
6			752.8	744.9	258.9	299.3	66.7	4.6
7			334.1	442.7	127.7	87.3	616.6	518.9
Mean			640.3	562.2 ^{N.S.}	278.8	268.8 ^{N.S.}	159.3	217.9 ^{N.S.}
± SE			± 55.5	± 54.0	± 33.5	± 54.4	± 82.3	± 86.7

N.S. : Not significantly different as compared with pre-exercise value at $\alpha=0.05$ level by paired t-test.

실험식이의 분석결과 운동전 실험식이를 통하여 하루 약 608mg, 운동후 실험식이를 통하여 하루 약 658mg 섭취하므로써 운동후 Ca 섭취량이 약간 더 많아졌다. 이와같이 운동후 실험식이를 통하여 하루 50mg의 Ca를 더 섭취하므로써 Ca 보유량을 늘리는데 한 요인이 될 수 있었다고 보나 Ca 보유량에 있어서의 증가량이 하루 평균 86mg정도로서 증가된 섭취량보다도 더 많아진것으로 미루어 운동이 Ca 평형에 있어서 positive effect를 나타낸 것이라고 본다.

고단백 식이의 섭취가 뇌중 Ca 배설량을 늘린다는

사실은 잘 알려져 있다³⁷⁾³⁸⁾³⁹⁾. 그러나 본 연구에서는 운동 전후한 실험기간을 통해 하루 약 117g의 고단백 식이를 제공했는데도 불구하고 뇌중 Ca 배설량은 크게 높아지지 않았다. 이것은 Spencer 등⁴⁰⁾의 주장과 같이 고단백의 급원으로서 phosphate의 함량이 높은 쇠고기를 사용했기 때문인 것 같다. 따라서 본 실험 대상자들은 대부분 운동기간 전후하여 모두 정(正)의 Ca 평형을 보였고 7명의 피실험자중에서 1명만이 운동기간 전후하여 모두(負)의 Ca 평형을 나타냈 다.

— 에어로빅 운동이 여대생의 체내지질 및 Ca대사에 미치는 영향 —

Table 9. Bone densitometry before and after exercise

Subject No.	BMC*(gm/cm)		BW** (cm)		BMC/BW(gm/cm ²)	
	Before	After	Before	After	Before	After
1	0.66	0.63	1.11	1.08	0.60	0.59
2	0.68	0.69	1.01	1.02	0.68	0.67
3	0.73	0.69	1.10	1.13	0.66	0.61
4	0.80	0.80	1.15	1.15	0.69	0.70
5	0.73	0.73	1.08	1.09	0.67	0.67
6	0.88	0.85	1.29	1.26	0.68	0.67
7	0.82	0.81	1.30	1.30	0.63	0.63
Mean	0.76	0.74 ^{N.S.}	1.15	1.14 ^{N.S.}	0.66	0.65 ^{N.S.}
± SE	± 0.02	± 0.02	± 0.04	± 0.03	± 0.01	± 0.01

* : BMC=Bone mineral content

** : BW=Bone width

N.S. : Not significantly different as compared with pre-exercise value at $\alpha=0.05$ level by paired t-test.

(2) 뇌와 변증의 P 배설량과 평형

피실험자들의 운동기간 전후한 P의 섭취량, 뇌와 변증의 배설량과 평형을 환산한 결과는 Table 8과 같다.

P의 뇌중 배설량은 운동전에 비하여 운동후 평균 78.1mg/day이 감소하였으나($p<0.1$), 대변중의 P 배설량은 변화가 없었다. 또한 운동으로 인하여 P의 체내 보유량이 약간 증가하는 경향을 보였으나 3명의 피실험자들에게서는 체내 P 보유량이 오히려 감소하였다. 본연구 대상자들의 하루 P 섭취량은 운동기간 전후하여 각각 약 1078mg, 1049mg으로서 P의 섭취량이 많은 편이었으며 이처럼 P의 섭취량이 높기 때문에 운동 전후 대부분 정(正)의 평형을 나타냈다고 본다. 또 운동은 대변을 통한 Ca 배설량을 줄임으로써 Ca 보유량을 증가시키는 경향이 있는 반면에 P에 있어서는 소변을 통한 배설량을 감소시키는 것으로 나타나 흥미있는 결과였다.

(3) Bone Densitometry

Table 9는 bone densitometry를 나타낸 것으로 운동전과 비교해서 운동후 유의적인 차이가 없었다. 3명의 피실험자들에게 있어서는 골격 무기질 함량(BMC)이 약간 증가하였고, 나머지 4명의 피실험

자들의 골격 무기질 함량(BMC)은 약간 감소하였는데 그 증가와 감소폭은 아주 적은양에 불과했다. 골격의 넓이(BW)와 BMC/BW 역시 운동기간 전후 한 차이를 보이지 않았다.

Aloia 등⁴¹⁾과 Huddleston 등⁴²⁾은 운동 후 골격 무기질 함량과 체내 총 Ca 함량이 증가되었다고 보고하였는데 이들의 연구에서는 일상 활동량이 매우 적고 골격의 무기질 상실이 일어나는⁴¹⁾⁴²⁾ 중년기 이후 노인들을 대상으로 실험하였으나 본 연구에서는 평상시 활동량이 비교적 많은 젊은 대학생들을 대상으로 하였으므로 bone density에 있어서 운동의 효과가 뚜렷이 나타나지 않았던 것으로 생각된다. 또한 10주간의 운동기간은 bone density에 까지 영향을 미치기에는 너무 짧았던 것이 아닌가 사료되므로, 앞으로 운동기간을 더 연장하면서 노화로 인한 Ca 대사의 불균형이 문제시 되는 노인들을 대상으로 운동이 bone mass에 미치는 영향에 관해 좀 더 확실히 연구해 볼 필요가 있다고 생각한다.

요약 및 결론

에어로빅 운동이 여대생의 체내 지질 및 Ca대사에 미치는 영향에 대해 실험한 결과들을 요약하면 다

음과 같다.

- 1) 운동이 체내 지질대사에 미치는 영향
 - (1) 10주간의 운동으로 인하여 체중이 유의적으로 감소하였다($P<0.01$).
(2) 혈청의 총 cholesterol 함량은 운동후 유의적으로 감소하였으나($P<0.05$), HDL-cholesterol 함량은 운동 전후한 차이를 보이지 않았다. 또한 혈청 중성지방 함량은 운동기간이 지난후 약간 감소하는 경향을 보였다.
(3) 지질의 배설량과 소화흡수율에 있어서는 운동의 영향이 나타나지 않았다.
 - 2) 운동이 체내 Ca와 P의 대사에 미치는 영향
 - (1) 체내에 보유된 Ca의 양은 운동으로 인해 약간 증가되는 경향을 보였다.
(2) 노증 P의 배설량은 운동후 감소하는 경향이 있으나 P의 평형에 있어서는 운동의 영향이 나타나지 않았다.
(3) 골격 무기질 함량에 있어서도 운동으로 인한 영향이 나타나지 않았다.
- 이상의 모든 결과를 종합해 볼때 여자 대학생들이 10주간 행한 에어로빅 운동은 체내 지질이나 Ca대사에 어느정도 바람직한 영향을 미치는 것으로 나타났다. 그러므로 평상시 활동량이 비교적 많은 여자 대학생들이라 하더라도 이와같은 규칙적인 운동을 행함으로서 순환기계나 골격에서 발생하는 성인성 질환의 예방 효과를 기대할 수 있으리라고 본다.

REFERENCES

- 1) 모수미. 외식산업의 발달이 국민영양 및 식생활에 미치는 영향. 한국영양학회지, 19(2) : 120~128, 1986
- 2) 최혜미. 열량 및 지방영양. 한국영양학회지, 20 (3) : 176~186, 1987
- 3) 김동준. 한국인의 에너지 대사문제. 대한의학협회지 16(3) : 33~41, 1973
- 4) 안부호. 비만증(제2보). 인간과학 1(12) : 47~52, 1978
- 5) 이양자. 동맥경화증과 영양. 인간과학, 2(2) : 65~72, 1978
- 6) Leon AS, Conrad J, Hunninglake DB. Effects of a vigorous walking program on body composition and carbohydrate and lipid metabolism of obese young men. Am J Clin Nutr 32 : 1779~1787, 1979
- 7) Pollock ML. The quantification of endurance training programs. Exer Sport Sci Rev 1 : 155~188, 1973
- 8) Chapman JM, Massey FJ. The interrelationship of serum cholesterol, hypertension, body weight, and risk of coronary heart disease. J Chronic Disease 17 : 933~939, 1964
- 9) Hartung GH, Foreyt JP, Mitchell RE, 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
- 10) Morris JN, Chave SPW, Adam C. Vigorous exercise in leisure-time and the incidence of coronary heart-disease. Lancet 7799 : 333~339, 1973
- 11) Morris JN, Everitt MG, Pollard R. Vigorous exercise in leisure-time : Protection against coronary heart disease. Lancet 8206 : 1207~1210, 1980
- 12) Paffenbarger RS, Wing AL, Hyde RT. Physical activity as an index of heart attack risk in college alumni. Am J Epidemiol 108 : 161~175, 1978
- 13) White PL, Mondeka T. Diet and Exercise : Synergism in Health Maintenance. p103, American Medical Association, Chicage, Illinois, 1981
- 14) Campbell DE. Influence of several physical activities on serum cholesterol concentration in young men. J Lipid Res 6 : 478~486, 1965
- 15) Lehtonen A, Viikari J. Serum triglyceride and cholesterol and serum high density lipoprotein cholesterol in highly physically active men. Acta Med Scand 204 : 111~114, 1978

—에어로빅 운동이 여대생의 체내지질 및 Ca대사에 미치는 영향—

- 16) Avioli LV, McDonald JE, Lee SW. *The influence of age on the intestinal absorption of calcium in women and its relation to calcium absorption in postmenopausal osteoporosis.* J Clin Invest 44 : 1960~1967, 1965
- 17) Ireland P, Fordtran JS. *Effect of dietary calcium and age on jejunal calcium absorption in humans studied by intestinal perfusion* J clin Invest 52 : 2672~2681, 1973
- 18) White PL, Mondeika T. *ibid.* p157
- 19) White PL, Mondeika T. *ibid.* p153
- 20) White PL, Mondeika T. *ibid.* p103
- 21) 농촌진흥청 농촌영양개선 연수원. 식품분석표, 제2개정판, 1981
- 22) 이해수. 기초영양학. 교문사 1987
- 23) 선병기. 체육측정 및 평가방법론. 고려대학교 출판부 1982
- 24) 정동효, 장현기. 최신 식품분석법, 삼중당, 1985
- 25) 사단법인 환경보전협회 환경오염 공정시험법. 수질편 1983
- 26) Analytical Method for Atomic Absorption Spectrophotometer, Varian Corp.
- 27) Annual Book of A.S.T.M. Standards. Section 11, Volume 11.01, Water(1), p575
- 28) 이삼열, 정윤섭. 임상병리검사법, 연세대학교 의과대학 출판부, 1983
- 29) Norland Bone Densitometer, Norland Corp.
- 30) 김우철, 김재주, 박성현, 박홍래, 송문섭, 정종우, 정한영, 최지훈. 현대통계학. 영지문화사 1985
- 31) Shane SR. *Relation between serum lipids and physical conditioning.* Am J Cardiol 18 : 540~543, 1966
- 32) Kaplan A, Szabo LL. *Clinical Chemistry : Interpretation and Techniques*, P. 343, Lea & Febiger, 1979
- 33) Naughton J, Balke B. *Physical working capacity in medical personnel and the response of serum cholesterol to acute exercise and to training.* Am J Med Sci 247 : 286~292, 1964
- 34) Weltman A, Matter S, Stamford BA. *Caloric restriction and/or mild exercise : effects on serum lipids and body composition.* Am J Clin Nutr 33 : 1002~1009, 1980
- 35) Smith MP, Mendez J, Druckenmiller M, Kris-Etherton PM. *Exercise intensity, dietary intake, and high density lipoprotein cholesterol in young female competitive swimmers.* Am J Clin Nutr 36 : 251~255, 1982
- 36) Oscai LB, Patterson JA, Bogard DL, Beck RJ, Rothermel BL. *Normalization of serum triglycerides and lipoprotein electrophoretic patterns by exercise.* Am J Cardiol 30 : 775~780, 1972
- 37) Bell RR, Engelmann DT, Sie T. *Effect of high protein intake on calcium metabolism in the rat.* J Nutr 105 : 475~483, 1975
- 38) Johnson NE, Alcantara EN, Linkswiler H. *Effect of level of protein intake on urinary and fecal calcium and calcium retention of young adult males.* J Nutr 100 : 1425~1430, 1970
- 39) Margen S, Colloway DH. *Effect of high protein intake on urinary calcium, magnesium and phosphorus.* Fed Proc 27 : 726, 1968
- 40) Spencer H, Kramer L, Osis D. *Effect of a high protein(meat) intake on calcium metabolism in man.* Am J Clin Nutr 31 : 2167~2180, 1978
- 41) Aloia JF, Cohn SH, Babu T. *Skeletal mass and body composition in marathon runners.* Metabolism 27 : 1793~1796, 1978
- 42) Huddleston AL, Rockwell D & Kulund DN. *Bone mass in lifetime tennis athletes.* JAMA 244 : 1107~1109, 1980