

에어로빅 운동과 칼슘보충이 폐경이후 여성의 칼슘대사에 미치는 영향

배영란 · 유춘희 · 김유리* · 김현숙**

상명여자대학교 가정교육과

차병원 내과*

스포렉스 검진센터**

The Effect of Aerobic Dancing and Ca Supplementation on Ca Metabolism in Postmenopausal Women

Bae, Young Ran · Yu, Choon Hic

Kim, Yoo Lee* · Kim, Hyun Sook**

Department of Home Economics Education, Sangmyung Women's University

*Department of Internal Medicine, Cha Women's Hospital**

*Sporex Health Clinic***

ABSTRACT

This study was designed to investigate the effects of aerobic dancing and/or Ca supplementation for six months on Ca metabolism in postmenopausal women. The subjects were healthy 29 women aged from 60 to 70 years old. They were divided into four groups ; placebo and Ca supplementation group with and without exercise. The amount of Ca supplemented was 500mg a day. The frequency of doing exercise was three times a week and it took 40 minutes to complete once all the course of aerobic dancing programmed for old women.

The results were summarized as follows :

1) Bone density of the second lumbar spine and ward's triangle measured after experiment decreased significantly in control group as compared with pre-experimental level($P < 0.05$). On the contrary, it showed a tendency to increase or maintained the pre-experimental level after experiment in other groups.

2) Urinary Ca/creatinine and P/creatinine ratios did not show any significant differences among groups before and after experiment. But urinary Ca/creatinine ratio decreased significantly in Ca group after experiment($P < 0.05$).

3) Serum Ca and P levels did not show any significant differences among groups before and after experiment. But serum Ca level increased significantly in Ca group after experiment ($P < 0.05$).

4) Serum PTH level also did not show any significant differences among groups before

접수일자 : 1991년 3월 14일

and after experiment. But serum calcitonin level decreased significantly in Ca group after experiment($P < 0.05$).

The above results showed that it will be difficult to prevent degenerative bone loss without regular exercise and/or Ca supplementation in postmenopausal women having Korean usual diets.

KEY WORDS : exercise · calcium · bone density.

서 론

최근 우리나라에서는 경제발전 에 따라 수명이 연장되고 노인 인구의 비율이 증가되어 65세 이상 노령인구의 비율이 1980년에는 3.8%에서 1985년에는 4.4%로 늘었고, 2000년에는 6.2%로 증가할 것으로 예상된다¹⁾.

폐경 이후에는 여성 호르몬인 estrogen의 분비가 감소되고 이에 따라 연쇄 반응적으로 혈청내 Ca 함량이 증가되며, 더 나아가 노중 Ca내설량이 증가되면서 골격의 손실이 커지고 골밀도가 크게 감소하게 된다. 또한 혈청내 PTH는 증가하나 Ca흡수는 감소된다고 한다²⁾. 여성의 경우 골질량의 손실은 40세 정도에서부터 시작하여 10년 동안에 약 3% 정도의 손실이 있고, 특히 폐경 이후 여성은 10년에 약 9%의 손실을 보이며, 75세 이상 노인의 경우에는 10년에 약 3% 정도의 골격 손실이 일어난다고 한다³⁾. 그래서 미국에는 현재 1,500만 내지 2,000만명의 골다공증 환자가 있으며 이중 130만명이 골절 경험을 가지고 있고 골다공증으로 인한 골절률은 계속 증가하고 있다고 보고되어 있다⁴⁾.

Riggs와 Melton⁵⁾은 골다공증에 두가지 유형이 있다고 제안하였다. 제1형은 여자의 경우 폐경 이후 15~20년 후에 나타나는 증세로 estrogen 부족 등 폐경과 관련된 요소들이 그 원인이 되며, 제2형은 노인형 골다공증이라고 부를 수 있는 것으로 노년기의 남녀에게서 나타나는 골격 손실형이라고 하였다.

골격대사에는 식사내용, 활동량, hormone 등의 여러가지 요인이 관여하는데 골다공증을 일으키는 여러가지 요인중 특히 활동량이 크게 영향을 미

친다고 여러 보고⁶⁾에서 지적하고 있다. 즉 폐경 이후의 노인이라 하더라도 꾸준한 신체활동으로 골격의 상실을 상당히 막을 수 있다고 한다⁷⁾⁸⁾⁹⁾¹⁰⁾. Dalsky등⁸⁾은 55~70세의 폐경 이후 부인들에게 하루에 50~60분씩, 1주일당 3회의 운동(walking, jogging, stair climbing)을 9개월 동안 시키면서 Ca(1500mg/day)을 보충 섭취시켰을 때, 운동 없이 동량의 Ca만을 섭취한 여자들의 BMC(bone mineral content)가 약간 감소(-1.4%)된데 비하여 이들에게서는 BMC의 증가(+5.2%)가 나타났다고 한다. 그러나 이들이 운동을 멈추었을 때 BMC는 Ca 섭취량이 적절했음에도 불구하고 운동 전 수준으로 되돌아갔다. Oyster등¹¹⁾의 연구에서도 폐경 이후 여성에 대한 활동상황과 골다공증과의 관계를 알아본 결과 정의 상관관계를 보였다.

최근에 영국¹²⁾과 홍콩¹³⁾에서는 같은 실험설계에 의하여 남, 녀 노인들의 신체 활동량, Ca 섭취량과 hip fracture와의 관계가 연구 조사되었다. hip fracture 증세를 가지고 있는 노인들도 300~400명씩 포함된 이 조사결과 두 지역에서 모두 일상의 신체활동(서있기, 걷기, 계단오르기, 짐나르기, 정원 가꾸기, 기타 가사)이 증가될수록 hip fracture의 발생위험은 감소되었다. 또 일상의 Ca 섭취량이 평균적으로 부족한 홍콩 노인들에게서는 남, 녀 모두 Ca 섭취량이 높을수록 fracture가 예방되었으나, 평균 Ca 섭취량이 비교적 충분한 영국의 여자들에게서는 Ca 섭취량과 fracture의 발병위험 사이에 상관관계가 나타나지 않았다.

그러나 이상의 연구와는 반대로 칼슘의 보충 및 충분한 칼슘의 섭취가 칼슘의 평형에 어떠한 영향도 미치지 않으며, 골격의 손실을 억제하는 어떤 효과를 미치지 않는다는 연구보고도 있다¹⁴⁾.

운동과 칼슘보충이 칼슘대사에 미치는 영향

따라서 본 실험은 우리나라의 평상식사를 하는 폐경이후 60대 여성을 대상으로 폐경으로 손실되는 골밀도와 에어로빅 운동 및 골밀도와 칼슘 보충간의 상호 연관성을 검토하고자 시도되었으며, 이를 통해 골다공증의 예방과 치료를 위한 기초 자료를 제공하고자 한다.

실험방법

1. 실험대상 및 설계

본 연구에서는 서울 시내에 거주하는 60대 여성 29명을 대상으로 요추(lumbar spine)의 골밀도가 고르게 분포되도록 실험군을 4군으로 나누어 Table 1과 같은 내용으로 실험하였다.

Ca군과 Ex·Ca군에게 제공된 칼슘정제의 성분은 calcium carbonate였으며 1일1정을 통하여 500 mg의 칼슘을 보충할 수 있도록 동화약품주식회사에서 제조하였다. placebo도 같은 회사에서 전분으로 칼슘정제와 외형상 구분이 되지 않을 만큼

동일하게 제조하여 사용하였다.

실험대상자는 내과의의 진찰결과 특별한 질병이 없고 운동을 하여도 무방하다는 진단을 받은 60~70세의 여성으로 실험기간동안 평소와 같은 생활을 하도록 하였으며, 비운동군은 지나친 운동을 삼가하도록 하였다. 실험군 모두에게 운동기간중 다른 약제복용을 일체 금지시켰다.

실험군의 연령, 신장, 체중, BMI는 Table 2에 나타나 있다. 피실험자들이 실시한 운동의 종류는 에어로빅 댄스 운동이었으며 준비운동, 본운동, 정리운동으로 구성하여 하루 총 운동시간 40분씩 주 3회 실시하였다. 운동의 강도는 맥박수로 측정하였다. 운동의 강도 및 시간은 Table 3에 나타나 있다.

2. 실험기간

운동과 칼슘보충은 1990년 5월 2일에서 10월 17일까지 총 24주간동안 실시하였다. 골밀도의 측정은 하루에 7명씩 1990년 4월 17일에서 4월 21일까지와, 10월 22일에서 10월 25일까지 2차에

Table 1. Classification of the experimental groups

Group	Experimental treatments	Subject No.
Control	placebo supplementation	7
Ex	placebo supplementation and aerobic dancing	8
Ca	Ca supplementation	7
Ex·Ca	Ca supplementation and aerobic dancing	7

Table 2. Characteristics of the subjects in each group

Group	Age(years)	Height(cm)	Weight(kg)	BMI(kg/m ²)
Control	63.1±1.2 ¹⁾	152.7±2.2	55.1±2.7	23.6±1.2
Ex	63.6±1.3	153.0±1.0	60.4±2.6	25.8±0.9
Ca	64.1±0.7	152.6±1.9	59.4±2.2	25.5±0.9
Ex·Ca	60.7±0.7	153.4±2.2	58.6±3.1	24.8±0.8

1) Values are Mean±SE.

Table 3. Intensity and time of exercise

Periods of exercise (week)	Warming-up exercise		Main exercise		Recovery exercise		Total exercise Time(min)
	Heart rate (beats/min)	Time (min)	Heart rate (beats/min)	Time (min)	Heart rate (beats/min)	Time (min)	
1-8	71.2±3.2 ¹⁾	7	92.3±3.6	25	74.3±3.7	8	40
9-16	73.1±2.5	7	107.0±4.1	25	74.3±3.7	8	40
17-24	75.2±2.5	7	123.0±2.8	25	74.3±3.7	8	40

1) Values are Mean±SE.

Periods(month)	Before experiment	1	2	3	4	5	6	After experiment
Exercise/Ca supplementation		←=====→						
Dietary assessment	←=====→			←=====→				←=====→
Urine & Blood sampling	←=====→							←=====→
Bone mineral density masurement	←=====→							←=====→

Fig. 1. Experimental design.

절쳐 실시하였다. 혈액은 골밀도 측정시 채취하였고 24시간 뇨는 골밀도 측정 전날 2번째 소변부터 측정일 첫 소변까지의 총량을 모았다. 실험 기간에 따른 실험내용이 Fig. 1에 종합되어 있다.

3. 실험내용 및 방법

1) 식이섭취 조사

식이섭취 상태는 실험대상자 전원을 개인면담에 의해 24시간 회상법(24-hr. recall method)으로 실험전, 실험중(운동 12주째), 실험기간이 끝난 후 3회 조사하였다.

2) 골밀도 측정

골밀도는 Bone Densitometer(Lunar co., Lunar DPX)를 이용하여 요추(lumbar spine) 4부위(L1, L2, L3, L4)와 대퇴골(femur) 3부위(femoral neck, ward's triangle, trochanter)에서 측정하였다.

3) 혈액채취 및 분석

실험대상자 모두에게서 혈액을 채취하였다. 혈액채취는 12시간 공복후 오전 9시에 실시하였으며, 1인당 10ml을 채취하여 7,000rpm에서 5분간 원심분리한 후 혈청을 얻어 냉동보관 하였다. 이 혈청은 Ca, P, PTH와 calcitonin의 분석에 사용하였다.

혈청내 Ca은 OCPC법¹⁵⁾에 의하여 Spectrophotometer(Hellena co., Digispec)로 파장 575nm에서 흡광도를 측정하므로써 정량하였고, P는 인몰리브덴산 색소법¹⁵⁾에 의하여 파장 650nm에서 흡광도를 측정하므로써 정량하였다.

혈청내 PTH는 C/MM PTH RIA(C-terminal/

Mid-molecule PTH radioimmunoassay)법¹⁶⁾에 의해 측정하였고, calcitonin은 RIA법¹⁶⁾에 의해 측정하였다.

4) 뇨채취 및 분석

실험대상자 모두에게서 24시간 뇨를 채취하였다. 뇨 채취시 뇨의 부패방지를 위해 0.1% HCl과 소량의 toluene이 들어있는 유리 채뇨 용기에 24시간동안 배설되는 뇨를 채취하였다. 하루분의 뇨는 수거 즉시 잘 섞은 다음 그중 20ml을 취하여 냉동보관 하였다. 이 시료는 뇨중 Ca, P와 creatinine의 분석에 사용하였다.

뇨중 Ca과 P 함량은 혈액내 Ca 및 P와 동일한 방법으로 측정하였으며, 뇨중 creatinine 함량은 picric acid method¹⁵⁾에 의해 측정하였다.

4. 자료처리 방법

식이섭취 실태는 식품별 목록량¹⁷⁾을 산출한 후, 식품 영양 분석표¹⁸⁾를 근거로 영양소별 섭취량을 계산하여 권장량과 비교하였다.

본 실험의 모든 자료는 SAS-package를 이용하여 각 실험군의 평균치와 표준오차를 구하였고 각 실험군 평균치간의 유의성은 Duncan's multiple range test로 검증하였으며, 실험전·후의 평균치간의 유의성은 paired t-test에 의해 검증하였다¹⁹⁾.

결과 및 고찰

1. 영양소 섭취 실태

Table 4는 실험군별 1일 평균 영양소 섭취량이다. 본 실험 대상자들의 1일 영양소 섭취실태는

운동과 칼슘보충이 칼슘대사에 미치는 영향

Table 4. Mean daily nutrient intakes of the subjects in each group

Nutrient	Control	Ex	Ca	Ex · Ca
Energy(kcal)	1780.5±83.2 ^{1)N.S.} (93.7) ²⁾	1693.2±71.0 (89.1)	1704.2±82.5 (89.7)	1838.1±107.4 (96.8)
Protein(g)	63.9±4.9 (106.5)	80.2±5.4 (133.7)	65.3±5.4 (108.8)	70.8±6.3 (118.0)
Fat(g)	28.8±2.3	29.8±2.4	27.9±3.3	30.2±4.2
Carbohydrate(g)	292.3±15.7	273.8±11.5	292.7±13.0	315.8±21.9
Vit A(IU)	5032.2±916.5	3366.4±566.0	3482.9±499.2	5860.0±1144.1
Vit B ₁ (mg)	1.1±0.2 (110.0)	1.1±0.1 (110.0)	1.2±0.2 (120.0)	1.3±0.1 (130.0)
Vit B ₂ (mg)	1.1±0.1 (91.7)	1.2±0.1 (100.0)	1.2±0.1 (100.0)	1.4±0.1 (116.7)
Niacin(mg)	17.3±2.0 (133.1)	24.3±2.1 (186.9)	21.9±3.0 (168.5)	23.6±3.0 (181.5)
Vit C(mg)	60.0±10.1 (109.1)	66.3±7.7 (120.6)	75.4±12.1 (137.1)	77.3±14.6 (140.6)
Fe(mg)	10.6±1.1 (106.0)	14.4±0.9 (144.0)	12.5±1.0 (125.0)	15.4±1.3 (154.0)
Ca(mg)	577.1±31.0 (96.2)	604.8±53.0 (100.8)	621.7±65.4 (103.6)	616.8±51.7 (102.8)
Total Ca(mg) ³⁾	—	—	1121.7±65.4 (187.0)	1116.8±51.7 (186.1)
P(mg)	1283.8±64.9	1334.3±81.4	1046.5±68.8	1219.1±92.8
Dietary Ca : P	1 : 2.2	1 : 2.2	1 : 1.7	1 : 2.0
Total Ca : P ⁴⁾	—	—	1 : 0.9	1 : 1.1

1) Values are Mean±SE. 2) % of Recommended Dietary Allowances for Koreans

3) Total Ca intake : total intake of dietary Ca and supplemented Ca

4) Total Ca intake(dietary Ca+supplemented Ca) : P intake

N.S. : Not significantly different between groups at $\alpha=0.05$ level by Duncan's multiple range test

매우 양호하여 열량을 비롯한 대부분의 영양소들을 권장량의 90% 이상 섭취 하였다. 또 식사를 통한 모든 영양소들의 섭취량은 실험군간에 유의한 차이를 보이지 않았다. 특히 Ca의 체내 이용에 큰 영향을 미칠 수 있는 단백질의 섭취량도 실험군에 따른 유의차가 없어 식이로 인한 골밀도의 변화는 없었을 것으로 사료된다.

식사를 통해 섭취한 Ca량도 Control군에서 약간 낮은 경향이였으나 통계적으로 차이를 나타낼 정도는 아니었고, P 섭취량도 모든 실험군에서 매우 유사하였다. 결국 식사를 통해 섭취한 Ca : P 비율은 1 : 1.7~1 : 2.2로서 모든 실험군간에 큰 차

이가 없었다. 전 실험기간에 걸쳐서 하루 칼슘 500 mg을 보충 급여한 Ca군과 Ex · Ca군의 Ca 섭취량은 권장량에서 여분의 500mg을 매일 섭취한 결과를 초래하였고 Ca : P 비율도 1 : 0.9~1 : 1.1로 나타났다.

2. 운동이 골밀도와 칼슘대사에 미친 영향

본 실험결과와는 폐경이후 60대 여성들이 6개월에 걸쳐 시행한 에어로빅 댄스 운동이 노화성 골밀도의 상실을 억제할 수 있음을 보여 주었다(Table 5, 6). 특히 골밀도의 상실과 골질의 발생빈도가 높은⁵⁾ 요추(L2)와 대퇴골에서 골밀도 상실의 억

Table 5. Bone mineral density of the lumbar spine before and after experimental treatment

Group	L1		L2	
	Before	After	Before	After
	(g/cm ²)			
Control	0.78 ± 0.05 ^{1)N.S.}	0.80 ± 0.04	0.87 ± 0.06	0.81 ± 0.05*
Ex	0.77 ± 0.03	0.79 ± 0.02	0.84 ± 0.05	0.83 ± 0.03
Ca	0.81 ± 0.04	0.82 ± 0.05	0.87 ± 0.04	0.84 ± 0.04
Ex · Ca	0.82 ± 0.05	0.82 ± 0.05	0.88 ± 0.06	0.86 ± 0.06
Group	L3		L4	
	Before	After	Before	After
	(g/cm ²)			
Control	0.92 ± 0.06	0.88 ± 0.06	0.92 ± 0.05	0.93 ± 0.07
Ex	0.87 ± 0.05	0.89 ± 0.04	0.93 ± 0.06	0.92 ± 0.05
Ca	0.92 ± 0.04	0.92 ± 0.04	0.99 ± 0.08	0.95 ± 0.08
Ex · Ca	0.94 ± 0.07	0.94 ± 0.06	0.92 ± 0.07	0.92 ± 0.06

1) Values are Mean ± SE.

N.S. : Not significantly different between groups at α=0.05 level by Duncan's multiple range test

* : Significantly different as compared with pre-experimental value at α=0.05 level by paired t-test

Table 6. Bone mineral density of the femur before and after experimental treatment

Group	Femoral neck		Ward's triangle		Trochanter	
	Before	After	Before	After	Before	After
	(g/cm ²)					
Control	0.74 ± 0.05 ^{1)N.S.}	0.74 ± 0.05	0.55 ± 0.04	0.53 ± 0.04*	0.68 ± 0.05	0.67 ± 0.05
Ex	0.74 ± 0.03	0.74 ± 0.03	0.55 ± 0.03	0.56 ± 0.03	0.66 ± 0.01	0.66 ± 0.01
Ca	0.73 ± 0.05	0.74 ± 0.06	0.58 ± 0.05	0.59 ± 0.06	0.66 ± 0.04	0.68 ± 0.05
Ex · Ca	0.78 ± 0.04	0.78 ± 0.04	0.60 ± 0.04	0.60 ± 0.04	0.68 ± 0.03	0.69 ± 0.04

1) Values are Mean ± SE.

N.S. : Not significantly different between groups at α=0.05 level by Duncan's multiple range test

* : Significantly different as compared with pre-experimental value at α=0.05 level by paired t-test

체효과가 나타났다. 그러나 주당 3일(하루 40분)씩 6개월에 끝낸 운동 정도로 골밀도의 증가는 일어나지 않았다. 즉, 운동을 하지 않은 Control군에서 제2요추의 골밀도가 실험전에 비해 실험후 유의적으로 감소(-8%)한 반면, 운동을 실시한 군들의 제2요추 골밀도는 실험전에 비해 유의하게 감소되지 않았을 뿐이다. 대퇴골의 골밀도도 ward's triangle 부위에서 Control군의 경우 유의적 감소(-3.8%)를 나타냈으나, Ex군의 골밀도는 오히려 약간 증가(+1.8%)하는 경향이였다. 대퇴부의 femoral neck과 trochanter에서는 일상생활에서의 운동량과 체중부하가 이들의 골밀도에 충분히 영향을 미쳐²⁰⁾ Ex군과 Control군간에 유의적 차이가

나타나지 않은 것으로 사료된다.

골격조직의 변화를 조사한 Garn등²¹⁾에 의하면 남녀 모두 50세 이후에 골격조직의 피질부 손실이 오며, 그 속도는 여성이 남성보다 2배정도 빠르고 특히 폐경기 여성의 경우에는 더욱 빠르게 일어난다고 한다. 이러한 성인기 이후의 골질량 감소는 골절에 대한 민감도를 증가시키고 골다공증과 같은 질병을 초래한다²²⁾²³⁾. 그러므로 본 실험대상자들에게서 운동을 통해 골밀도 상실이 억제되었다는 것은, 이들의 연령을 감안할 때 매우 의미있는 결과라고 보며, 또한 본 실험대상자들에게 행한 운동의 강도를 높이고 운동시간과 운동기간을 연장시키므로써 더 확실한 결과를 볼 수도 있으리

라고 생각된다.

골격이 일단 형성된 후에는 골격의 resorption과 formation이 동시에 균형을 이루며 일어나는 remodeling 과정이 진행되며, 이 과정에는 호르몬 등 여러 골격대사 조절요인들이 관여된다고 한다²⁴⁾. Lip등²⁵⁾은 mobility score에 의해 노인의 신체활동량을 평가하고 walking score와 신체대사와의 관계를 분석하였다. 그 결과 walking score가 높을수록 공복기 소변의 Ca/creatinine 비율과 혈청 Ca 농도가 감소되었고 혈청의 1, 25-dihydroxyvitamin D 농도는 증가되었다고 한다. 본 실험에서도 노중 Ca/creatinine은 Control군의 경우 실험전 0.21±0.06(mg/mg)에서 실험후 0.25±0.06(mg/mg)으로 증가한 반면, Ex군의 경우 실험전 0.27±0.04(mg/mg)에서 실험후 0.19±0.03(mg/mg)으로 감소하였다(Table 7). 이는 운동으로 인하여 체내 Ca 보유량이 증가되기 때문에 나타난 결과로서 운동군에서 보여준 노화성 골밀도 상실 억제효과

와 관련이 있을 것으로 사료된다. 노중 P/creatinine의 수준도 실험전·후 모두 실험군간에 유의적 차이가 없었다. 그러나 모든 실험군에서 실험후 P/creatinine의 수준이 감소하는 경향이였다. 특히 Control군의 경우 실험전 0.23±0.03(mg/mg)에서 실험후 0.12±0.02(mg/mg)로 유의적 감소를 나타냈다(P<0.05).

Table 8은 실험전·후한 혈청 PTH와 calcitonin 수준 변화를 보여준다. 혈청의 PTH와 calcitonin은 신체의 Ca homeostasis를 유지시키는 중심적인 역할을 한다²⁶⁾. 본 실험의 운동군에게서는 PTH의 수준이 약간 증가하는 경향이였으나 위에서 언급한 것처럼 혈청 Ca 농도에서 변화를 일으키지는 않았다. 즉 혈청 PTH의 경우 Control군은 실험전 63.8±3.6(pg/ml)에서 실험후 80.6±8.1(pg/ml)로, Ex군은 실험전 67.4±6.5(pg/ml)에서 98.8±13.5(pg/ml)로 증가하는 경향이였다. 그러나 인간의 정상 PTH 수준¹⁴⁾은 61(pg/ml)에서 315(pg/ml)

Table 7. Urinary Ca/creatinine and P/creatinine before and after experimental treatment

Group	Urinary Ca/creatinine		Urinary P/creatinine	
	Before	After	Before	After
	(mg/mg)			
Control	0.21±0.06 ^{1)N.S.}	0.25±0.06	0.23±0.03	0.12±0.02 [*]
Ex	0.27±0.04	0.19±0.03	0.23±0.05	0.13±0.00
Ca	0.42±0.09	0.19±0.02 [*]	0.23±0.05	0.15±0.02
Ex·Ca	0.28±0.08	0.24±0.07	0.27±0.05	0.16±0.03

1) Values are Mean±SE.

N.S. : Not significantly different between groups at α=0.05 level by Duncan's multiple range test

* : Significantly different as compared with pre-experimental value at α=0.05 level by paired t-test

Table 8. Serum PTH and calcitonin levels before and after experimental treatment

Group	Serum PTH		Serum calcitonin	
	Before	After	Before	After
	(pg/ml)			
Control	63.8±3.6 ^{1)N.S.}	80.6±8.1	9.04±1.18 ²⁾	8.87±0.95 ^a
Ex	67.4±6.5	98.8±13.5	8.07±0.98 ^{ab}	7.61±1.37 ^{ab}
Ca	65.0±4.7	70.8±8.1	7.78±0.53 ^{ab}	5.92±0.03 ^{b,c}
Ex·Ca	73.3±18.1	102.9±30.2	5.65±0.41 ^b	9.40±0.47 ^a

1) Values are Mean±SE.

2) Values in the same column with different superscript letters are significantly different at α=0.05 level by Duncan's multiple range test.

N.S. : Not significantly different between groups at α=0.05 level by Duncan's multiple range test

* : Significantly different as compared with pre-experimental value at α=0.05 level by paired t-test

로서 폭 넓은 범위를 갖고 있는데, Control군과 Ex군의 PTH 수준이 증가하였으나 모두 정상수준에 포함되며, 이 정도의 증가로는 혈청 Ca 수치를 변화시키지 않는 것으로 보인다. 혈청 calcitonin의 수준은 운동시 거의 변화가 없었고, Ca 보충섭취시 변화가 나타났는데 이때에도 모두 정상수준(2~17pg/ml) 이었다.

3. 칼슘보충이 골밀도와 칼슘대사에 미친 영향 골격의 손실을 최소한도로 하기 위해 식사요인이 크게 관련된다는 사실은 여러 문헌에서 보고해 왔다²⁷⁾. 특히 칼슘의 섭취량과 식이의 칼슘 공급원이 많은 영향을 미친다고 보고되어 왔으며²⁸⁾, 충분한 칼슘섭취를 통한 최대 골질량의 획득이 골다공증의 예방에 효과적이라는 주장이 관심을 끌어 왔다⁵⁾²⁹⁾.

본 실험에서 500mg/day의 칼슘을 구강으로 24주간 보충시키면 에어로빅 운동시와 마찬가지로 노화성 골밀도의 상실을 막을 수 있는 것으로 나타났다. 즉 Ca의 보충급여로 여분의 Ca를 섭취하지 않은 Control군과 달리 Ca군과 Ex·Ca군의 제2요추(L2)와 대퇴골의 ward's triangle 골밀도는 감소되지 않았다(Table 5, 6). 대퇴골의 경우 ward's triangle 부위는 평소의 활동량에 따른 영향을 받지 않아 골밀도 상실이 일어나기 쉬운 곳으로²⁰⁾ 이 부위의 골밀도가 증가한 것은 Ca 보충의 영향으로 사료된다. 본 실험대상자들의 Ca 섭취량은 권장량 수준이었다. 그럼에도 불구하고 500mg/day 정도의 Ca 보충급여로 골밀도 상실이 억제된 것은 우리나라의 일상식이를 섭취하는 대부분의 노인들에게

골다공증을 예방하기 위해 Ca의 보충이 필요함을 시사하는 것으로 본다.

노중 Ca/creatinine의 수준은 실험전, 후 모두 실험군간에 유의적 차이가 없었다(Table 7). 그러나 Control군의 경우 실험후 Ca/creatinine 수준이 증가하는 경향을 나타낸 반면 Ca군의 노중 Ca/creatinine 수준은 실험전 0.42±0.09(mg/mg)에서 실험후 0.19±0.02(mg/mg)로 유의적 감소를 나타냈다(P<0.05). 이는 실험전 Ca군의 노중 Ca/creatinine 수치가 특히 높았기 때문에 초래된 결과인 것 같으나, 이렇게 다른 세군에 비하여 Ca군의 수치가 높았던 까닭은 확실하지 않다. 또 Table 8에 의하면 Ca군의 혈청 PTH 함량은 Ca 보충부여후에 크게 변화되지 않았으나, 혈청 calcitonin의 함량이 유의하게 떨어졌다. 그럼에도 불구하고 혈청내 Ca 수준은 유의하게 증가되었는데(Table 9), 증가폭이 대단히 큰 것은 아니었다.

본 실험에서 나타난 일련의 이러한 대사반응은 Ca군의 혈청 Ca 함량의 상승이 골격의 resorption으로 인하여 초래된 것이 아니고, 장내 Ca의 흡수량 증가로 인한 것이었음을 나타낸다고 본다. 결국은 혈청 Ca 수준을 올리면서 골밀도 상실을 막는 효과를 나타냈으리라고 추측된다.

일찌기 Caniggia등³⁰⁾은 폐경기 여성에게서 Ca의 장내 흡수가 감소한다고 하였고 Heaney와 Recker²⁹⁾도 Ca 균형연구를 통하여 동일한 주장을 하였다. 그러나 칼슘 동위원소를 사용한 많은 연구에서는 아직도 상당한 논란이 계속되고 있으며, 골다공증 환자에게서 대조군보다 Ca 흡수율이 저하되는지에 관하여도 이론이 많다³¹⁾³²⁾.

Table 9. Serum Ca and P levels before and after experimental treatment

Group	Serum Ca		Serum P	
	Before	After	Before	After
	(mg/dl)			
Control	9.46±0.27 ^{1)N.S}	10.23±0.58	1.51±0.07	1.41±0.17
Ex	9.60±0.22	9.65±0.33	1.46±0.15	1.46±0.08
Ca	9.44±0.30	10.50±0.39 [*]	1.49±0.12	1.23±0.08
Ex·Ca	9.64±0.26	10.17±0.82	1.69±0.18	1.49±0.13

1) Values are Mean±SE.

N.S.: Not significantly different between groups at α=0.05 level by Duncan's multiple range test

*: Significantly different as compared with pre-experimental value at α=0.05 level by paired t-test

4. 운동과 칼슘보충이 골밀도와 칼슘대사에 미치는 영향

운동과 Ca 보충을 함께 실시한 Ex·Ca군의 골밀도는 Ca군, 또는 Ex군과 같은 수준을 유지하였다 (Table 5, 6). 즉 운동과 Ca 보충투여를 동시에 했다 하더라도 골밀도에 미치는 두요인의 부가적인 효과는 없는 것으로 사료된다.

Ex·Ca군의 뇨중 Ca/creatinine과 P/creatinine은 Ex군에서와 마찬가지로 실험후 모두 감소하는 경향이었고 (Table 7), 혈청 Ca 농도는 실험후 증가되었으나 이 모든 변화는 Ex군에서와 마찬가지로 통계적 유의성은 없었다 (Table 9). 즉 Ca군에서 보인 혈청 Ca 농도의 유의한 상승과 혈청 calcitonin 농도의 유의한 감소가 Ca 보충과 동시에 운동을 병행하였을 때에는 사라졌다.

Ex·Ca군이 나타난 결과중에서 흥미로운 것은 혈청 PTH와 calcitonin의 함량이 실험후 모두 큰 폭으로 증가하였다는 점이다 (Table 8). Ex군에서도 혈청 PTH가 실험후 증가하였으나 calcitonin의 함량은 변화되지 않았다. 그러나 실험전·후해서 나타난 이러한 혈청 hormone의 농도변화는 모두 통계적으로 유의한 것은 아니었다. 그렇다고 하더라도 Ex·Ca군에서 보인 혈청 hormone의 이와 같은 농도 변화는 특이한 결과로서 운동과 동시에 Ca을 보충투여하므로써 체내 Ca대사가 활발해지고 bone의 calcification과 resorption도 활발하게 일어날 수 있음을 시사하는 것으로 추측한다.

요약 및 결론

본 실험에서 나타난 결과는 다음과 같다.

- 1) 요추와 대퇴부의 골밀도는 운동과 칼슘 보충시 실험군간에 유의적 차이가 없었다. 그러나 Control군의 제2요추와 대퇴부의 ward's triangle의 골밀도는 실험후 유의적으로 감소하였고(P<0.05), 다른 실험군의 골밀도는 증가하는 경향이거나 또는 같은 수준을 유지하였다.
- 2) 뇨중 Ca/creatinine과 P/creatinine의 수준은 운동과 칼슘 보충시 실험군간에 유의적 차이가

없었다. 그러나 Ca군에서 Ca/creatinine의 수준이 실험후 유의적으로 감소하였다(P<0.05).

3) 혈청내 Ca와 P는 운동과 칼슘 보충시 실험군간에 유의적 차이가 없었다. 그러나 Ca군의 혈청내 Ca 수준이 실험후 유의적으로 증가하였다 (P<0.05).

4) 혈청내 PTH 함량은 운동과 칼슘 보충시 실험군간에 유의적 차이가 없었다. 그러나 혈청내 calcitonin의 수준은 Ca 보충섭취로 인하여 실험후 유의적으로 낮아졌다(P<0.05).

이상의 모든 결과들은 권장량을 대체로 충족시키는 한국인 일상식을 섭취하는 노인들이라 하더라도 계획적인 운동이나 칼슘의 보충섭취 없이 노인성 골격의 퇴화를 막기 어려움을 보여주고 있다. 또 운동이나 칼슘 보충섭취로 노인들의 골밀도가 증가되는 것은 아니나 골격의 상실을 어느 정도 억제하므로써 골다공증의 발병이 예방될 수 있음을 암시하였다. 또한 골격상실을 막기 위하여는 운동을 지속적으로 하거나, 칼슘의 보충섭취만을 하는 것으로 충분하며 운동과 동시에 칼슘을 보충섭취할 필요는 없는 것으로 시사되었다.

본 실험에서는 운동이나 칼슘 보충섭취시 체내 Ca 대사상의 여러 변화가 나타났으나, 이러한 Ca 대사상의 여러 변화와 골밀도 변화와의 관계규명을 하기 위하여는 앞으로 더 많은 연구가 필요하다고 본다.

(본 실험이 완성될 수 있도록 칼슘정제와 placebo를 만들어 제공해 준 동화약품주식회사와 bone densitometer를 사용할 수 있도록 베풀어 준 차병원에 감사드립니다.)

Literature cited

- 1) 보건 사회부. 질병 상해 통계 조사 보고, 1986
- 2) Yuen DE, Draper HH. Long-term effects of excess protein and phosphorus on bone homeostasis in adult mice. *J Nutr* 113: 1374-1380, 1983
- 3) Mazess RB. On aging bone loss. *Clin Ortho Rel Res* 165: 239-252, 1982
- 4) Alan D, Martin C. Osteoporosis: calcium and physical activity. *CMAJ* 136: 587-593, 1987

- 5) Riggs BL, Melton III J. Involutional osteoporosis. *N Engl J Med* 314(26): 1676-1686, 1986
- 6) Nordin BEC, Noward AM. The calcium deficiency model for osteoporosis. *Nutr Rev* 47(3): 65-72, 1989
- 7) Pacock NA, Eismam JA, Yeates MG. Physical fitness is a major determinant of femoral neck and lumbar spine bone mineral density. *J Clin Invest* 78: 618-621, 1986
- 8) Dalsky GP, Stocke KS, Ehsani AA, Slatopolsky E, Lee WC, Birge SJ, Missouri L. Weight-bearing exercise training and lumbar bone mineral content in postmenopausal women. *Ann Intern Med* 108: 824-828, 1988
- 9) Stillman RJ, Lohman TG, Slaughter MH, Massey BH. Physical activity and bone mineral content in women aged 30 to 85 years. *Med Sci Sports Exerc* 18(5): 576-580, 1986
- 10) Rousseau P. Exercise in the elderly. *Postgraduate Med* 85(6): 113-116, 1989
- 11) Oyster N, Morton M, Linnell S. Physical activity and osteoporosis in postmenopausal women. *Med Sci Sports Exerc* 16: 44-50, 1984
- 12) Cooper C, Baker DJP, Wickham C. Physical activity, muscle strength, and calcium in fracture of the proximal femur in Britain. *Brit Med J* 297(3): 1443-1446, 1988
- 13) Lau E, Donnan S, Barker DJP, Cooper C. Physical activity and calcium intake in fracture of the proximal femur in Hong Kong. *Brit Med J* 297(3): 1441-1443, 1988
- 14) Nials L, Christiansen C, Rodbro P. Calcium supplementation and postmenopausal bone loss. *Brit Med J* 289: 1103-1106, 1984
- 15) Bauer JD. Clinical laboratory methods, CV Mosby company, 1982
- 16) 이귀녕, 김진규. 임상 화학. 의학문화사, 1988
- 17) 한국 식품 공업 협회. 식품섭취 실태조사를 위한 식품 및 음식의 눈대중량. 1988
- 18) 한국 인구 보건 연구원. 한국인의 영양 권장량. 고문사, 1989
- 19) Luginbuhl RC, Schlotzhauer SD. SAS/STATTM guide for personal computers, version 6.03 edition, SAS, 1987
- 20) 대한정형외과학회. 정형외과학, 1990
- 21) Garn SM, Rohamann CG, Wagner B. Bone loss as a general phenomenon in men. *Fed Proceedings* 26(6): 1729-1734, 1967
- 22) Spencer H, Kramer L. NIH consensus conference: osteoporosis, factors contributing to osteoporosis. *J Nutr* 116: 314-319, 1986
- 23) Spencer H, Kramer L, Osis D. Factors contributing to calcium loss in aging. *Am J Clin Nutr* 36: 776-780, 1982
- 24) Heaney RP. Calcium nutrition and bone health in the elderly. *Am J Clin Nutr* 36: 986-989, 1982
- 25) Lip P, van Ginkel FC, Netelenbos JC, Wiersinga A, van der Vijgh WJF. Lower mobility and makers of bone resorption in the elderly. *Bone and Mineral* 9: 49-57, 1990
- 26) 장준섭. 골 대사와 흡몬 조절. 최신의학 30(1): 11-15, 1987
- 27) British Medical Association. Calcium supplementation of the diet-II. *Brit Med J* 298(28): 205-208, 1989
- 28) Riggs BL, Wahner HW, Melton III LJ, Richelson LS, Judd HL, O'Fallon WM. Dietary calcium intake and rates of bone loss in women. *J Clin Invest* 80: 979-982, 1987
- 29) Heaney RP, Recker RR. Menopausal changes in calcium balance performance. *J Lab Clin Med* 92: 953-959, 1978
- 30) Caniggia A, Gennar C, Bianchi V, Guideri R. Intestinal absorption of Ca⁴⁵ in senile osteoporosis. *Acta Med Scand* 173: 613-616, 1963
- 31) Jasani C, Nordin BEC, Smith DA, Swanson I. Spinal osteoporosis and the menopause. *Proc Royal Soc Med* 58: 441-444, 1965
- 32) Gallagher JC, Riggs BL, Eisman J, Hamstra A, Atmand SB, Deluca HF. Intestinal calcium absorption and serum vitamin D metabolites in normal subjects and osteoporotic patients. *J Clin Invest* 64: 729-735, 1979