

# 신체구성성분, 영양상태 및 월경기능이 여자체조선수의 골밀도에 미치는 영향(제 2 보)\*

우 손 임 · 조 성 숙

서울여자대학교 자연과학대학 영양학과

## The Influence of Diet, Body Fat, Menstrual Function, and Activity upon the Bone Density of Female Gymnasts

Woo, Soon Im · Cho, Seong Suk

Department of Nutrition, College of Natural Science, Seoul Women's University, Seoul 139-774, Korea

### ABSTRACT

This study was conducted with 20 female gymnasts and 23 age-matched controls to examine the relationship of diet, menstrual function and bone mineral density(BMD). The results obtained are summarized as follows : Energy intake of gymnasts was  $968.9 \pm 421.4$  kcal, and energy expenditure was  $2091.4 \pm 361$  kcal showing negative energy balance ( $-1,122.5 \pm 534.6$  kcal). The average intakes of calcium, iron, vitamin A, thiamin, riboflavin and niacin did not meet the Recommended Dietary Allowances for their age groups. Mean age at menarche in gymnasts is  $15.8 \pm 1.2$  years compared with  $11.8 \pm 2.8$  years in age-matched controls. The profile of estradiol, progesterone, and luteinizing hormone was lower than age-matched controls but not significant. Athletic amenorrheic gymnasts( $n=12$ ) have the menstrual irregularity( $n=10$ ) and amenorrhea( $n=2$ ). A number of variables as such nutritional deficiency in diet, negative energy balance and hypogonadotropic hormonal status were included. The bone mineral density(BMD) of female gymnasts were significantly higher than controls for the femoral neck( $p < 0.001$ ), trochanter( $p < 0.01$ ), and Ward's triangle( $p < 0.001$ ), but there were no significant differences for the lumbar spine and forearm. The lumbar spine BMD had a positive correlation with age and lean body weight. The femoral neck BMD was significantly associated with age, group and lean body mass. The trochanter BMD had significant relationship with group, body mass index, energy expenditure and follicular stimulating hormone. Ward's triangle BMD were related to body mass index and follicular stimulating hormone. The significant association was detected between forearm BMD and age and lean body weight. The major finding of this investigation is that the BMD of gymnasts were higher than age-matched controls despite the fact that gymnasts as a group had inadequate dietary calcium and a higher propensity to have an interruption of their menstrual cycle. These data indicate that gymnasts involved in sports producing significant impact loading on the skeleton had greater femoral neck, trochanter and Ward's triangle bone density than age-matched controls. (*Korean J Nutrition* 32(1) : 50~63, 1999)

KEY WORDS : female gymnasts · diet · menstrual function · bone mineral density · higher propensity.

### 서 론

운동을 규칙적으로 하면 골의 피질량이 증가되므로 골다공증의 예방 뿐 아니라 내분비질환에 있어서도 골에 대한 평가와 함께 운동을 하도록 유도하고 있다<sup>1)</sup>. 지속적으로 높은 강도의 운동을 하게 되면 골밀도가 증가하는 이유<sup>1)</sup>는 혈액순환(골격근의 반복적인 수축으로 골내의 혈류량이 증가하는 것), 골의 압전기적 성질(piezoelectricity, 골에 기계

체택일 : 1998년 12월 14일

\*This research was supported by 1998 grants of Seoul Women's University

적인 자극으로 변형성 전위가 생기고 이로 인한 전기 에너지가 기계적 자극에 따라 골생성을 유발시키는 것), 칼슘 및 hydroxyproline 농도 증가 등으로 볼 수 있다. 만성적으로 에스트로겐 농도가 감소되면 운동을 했을지라도 골손실을 초래할 것이다라는 주장은 체중부하운동을 하면 남자와 폐경기 여자에서 골밀도가 증가한다는 증거에 반박이 된다. Cann과 동료들<sup>2)</sup>이 1982년 무월경 운동선수에게서 골밀도가 감소되었다는 보고를 했을 때 의외로 생각했으며, 1984년 Drinkwater 등<sup>3)</sup>도 저에스트로겐 상태인 무월경 달리기 선수가 정상적으로 월경을 하는 달리기 선수보다 골질량이 감소된 것으로 보고했다. Cann 등(1985)<sup>4)</sup>은 ACSM

(American College of Sports Medicine) 연차회의에서 무월경인 운동선수들의 척추(vertebral) 골밀도를 제시하여 운동을 하면 운동성 무월경 상태에서 저에스트로겐의 영향을 막을 수 있을 것이라는 믿음을 무너뜨렸다. 후속 연구를 통해 무월경인 운동선수들의 골밀도는 폐경기 여자처럼 처음에는 연간 4%씩 손실되고 점차적으로 감소율이 낮아진다고 했으며 무월경인 운동선수에서 일어나는 골손실을 막기 위한 조기치료의 중요성을 강조했다. 1986년 Drinkwater 등<sup>3)</sup>도 15개월 동안의 후속 연구를 통해 무월경인 운동선수들의 척추 골밀도는 3.4% 감소되고 정상적으로 월경을 하는 운동선수들의 골밀도는 변화가 없었고 또 무월경이었다가 정상적인 월경상태가 되면 운동선수들의 척추 골밀도는 6.3%가 증가되었음을 보여 주었다. Cann 등<sup>4)</sup>은 무월경인 운동선수의 골손실이 4~5년 이상되면 에스트로겐이나 칼슘 보충으로도 비가역적이었음을 보여 주었다.

1994년 NIHCC(National Institute of Health Consensus Conference)<sup>6)</sup>에서는 폐경기 이후 에스트로겐 치료를 하는 여자의 하루 칼슘 권장량은 1,000mg이고 에스트로겐이 부족한 여자(무월경 운동선수)는 하루에 1,500mg을 권장하며 이런 정도로 많은 양의 칼슘을 섭취하기 위해서는 음식섭취에 관심을 가져야 한다. 특히 식사 섭취량이 적은 여자 운동선수들은 다른 영양소의 섭취량도 부족하기 쉬우므로 칼슘을 권장량만큼 섭취하기가 어렵다. Kanders와 Lindsay<sup>7)</sup>는 칼슘과 운동이 척추 골밀도에 미치는 영향에 대해 연구한 결과 칼슘 섭취가 많고 운동을 많이 하는 경우에는 골밀도는 증가되었고 칼슘 섭취를 많이 하고 운동을 많이 하는 경우와 운동을 적게 하는 경우(하루 운동으로 인한 에너지 소모량이 500kcal 이하)에도 골밀도에 도움이 되었지만 칼슘 섭취량이 적고 운동을 많이 하는 경우에는 골밀도가 좋지 않았다고 했다.

무월경인 운동선수의 골밀도는 에스트로겐과 프로게스테론 농도가 낮은 것에 영향을 받을뿐 아니라 혈중 코티졸 농도가 증가되므로서 골밀도가 낮아지는 역할을 하게 될지도 모른다. 코티졸은 골흡수를 자극하는 반면 골형성을 방해하므로써 골질량에 영향을 미치는 것으로 알려졌다. 코티졸은 소화관에서 칼슘 흡수를 방해하고 소변으로 칼슘 분비를 증가시키므로 골밀도를 간접적으로 낮추게 된다<sup>8)</sup>. 그러므로 운동성 월경기능장애를 가진 여자의 호르몬 분비기능의 이상은 골의 재흡수율을 증가시키는 반면 골형성을 방해한다.

무월경인 운동선수의 골밀도를 정상적인 운동을 하는 여자와 비교했을 때 골밀도가 감소된다는 것이 모든 연구에서 같은 결과를 나타내는 것은 아니다. Willmore 등<sup>9)</sup>은 무월

경인 선수와 정상적인 월경을 하는 달리기 선수 사이에 척추의 골밀도는 차이가 없다고 했다. Dueck 등<sup>10)</sup>도 지구력 운동을 하는 무월경인 선수가 정상적으로 월경을 하는 선수보다 대퇴부에서의 골밀도가 더 높다는 것을 알아냈다. 이러한 불일치에 대해서는 골밀도를 해석할 때 여러 가지를 생각해 보게 한다. 즉 골질량은 골형성과 골흡수의 관계로서 연령, 활동량, 유전적인 요인, 호르몬 그리고 영양적인 요인이 관여하는 것이다<sup>10,11)</sup>. 최대 골질량의 발달은 사춘기 때의 에스트로겐과 프로게스테론 농도에 의해서만 결정되는 것도 아니고, 15~16세에 근골격계의 성장과 발달이 완성되는 것도 아니다. 골질량은 유전적인 요인과 칼슘 섭취와 에너지 문제 등 식이 요인에 의해서도 크게 영향을 받는다. 더우기 개인의 운동종목이 관계되며 운동을 한 기간도 골질량의 증대에 중요한 역할을 하게 된다는 것을 염두에 두어야 한다.

따라서 본 연구에서는 1. 여자체조선수들과 연령을 대조시킨 운동을 하지 않는 여자들을 대상으로 골밀도, 생식 호르몬 농도, 영양소 섭취상태 등에 차이가 있는지를 비교·분석하고 2. 영양소 섭취상태, 섭식패턴, 생식호르몬 및 골밀도 사이의 관계를 분석하여 골밀도에 영향을 미치는 요인을 조사하였다.

## 연구내용 및 방법

### 1. 연구대상 및 연구기간

태릉선수촌에 입촌하여 훈련 중인 국가대표 여자체조선수 14명과 서울체육고등학교에서 훈련 중인 여자체조선수 6명을 선정하여 본인의 동의를 구한 후 코우치와 감독의 승인을 받아 20명을 실험군으로 선정하였다.

여자체조선수들의 영양상태, 월경기능, 골밀도 등을 비교하기 위하여 서울 시내 일부 중·고등학교에서 ① 월경을 시작한 지 1년이 지났고 ② 현재까지 3개월 이상 월경이 중지된 적이 없고 ③ 규칙적으로 운동을 하지 않고(1주일에 3회 이상 규칙적인 운동을 하는 사람은 제외) ④ 골질상을 당한 적이 없고 ⑤ 실험군과 비슷한 연령의 여학생으로 본 연구의 목적을 이해하고 자발적으로 참여를 원하는 27명을 선정하여 학부모의 동의를 받은 후 대조군으로 선정하였다. 그러나 개인적인 사정으로 연구에 끝까지 참여하지 못한 4명을 제외하고 23명이 대조군으로 참여하였다.

1997년 12월 10일부터 1998년 1월 20일까지 조사를 실시하였다.

## 2. 연구내용

본 연구를 위하여 개발된 설문지로 연구대상자의 사회·환경적 변인, 식생활 관련요인, 섭식패턴, 활동량 등을 조사하였고 응답이 불완전한 설문지는 개인 면담을 통하여 보완하였다.

### 1) 사회·환경적인 변인과 건강에 대한 조사

연령, 교육정도, 운동기간, 병력, 영양제 및 건강보조식품 복용여부, 초경연령, 월경주기, 월경의 규칙성 등에 대하여 조사하였다.

### 2) 영양소 섭취상태 및 섭식패턴

영양소 섭취량을 정확히 측정하기 위하여 식사기록법(dietary record method)을 이용하여 대상자가 직접 기록하였으며 연구자가 사전에 작성한 기록시의 주의사항 및 목적량에 대한 자세한 지침서를 참고하도록 나누어 주었다. 3일간(주중 2일, 주말 1일)의 식품명, 목적량, 식사시간, 함께 식사한 사람, 식사 전 후의 기분, 식사를 안했다면 왜 안했는지의 이유 등을 기록하도록 한 후, 훈련된 면접자가 면접을 하여 수정·보완하였다. 조사된 식품섭취량은 영양정보센터(한국영양학회)와 에이펙 인텔리전스에서 공동으로 제작하였으며 신뢰도가 검증된 바 있는<sup>12)</sup> 일반용 영양소 분석 프로그램(Computer Aided Nutritional analysis program)을 이용하여 영양소 섭취상태를 조사하였다. 섭식패턴에 대한 연구내용은 제 1보에 보고한 바와 같다.

### 3) 신체활동량 및 에너지 소비량

신체활동량은 영양소 섭취량을 조사한 날과 같은 날 아침 일어난 시간부터 다음날 기상까지 24시간 동안의 각종 활동을 분단위로 상세하게 기록하는 24시간 활동시간 기록법을 이용하였다. 활동내용과 시간을 3일간 기록하게 한 후 활동내용을 열량소모량에 따라 6단계로 구분하여 활동량을 구하였다<sup>46)</sup>. 1일 에너지 소비량은 연령, 성별, 운동 강도별 환산 계수를 적용하여 계산하였다<sup>13)</sup>.

### 4) 신체 계측

신체조성에 대한 평가를 위하여 신체계측을 하였다. 신체구성성분의 변화를 최소화하기 위하여 측정하기 8시간 전에 운동을 하지 않은 상태에서 수분섭취는 자유롭게 하고 식사를 하기 전에 신장, 체중 및 체구성성분을 측정하였다.

신장과 체중은 전자식 측정기기인 Helmas(SH-9600A)를 이용하여 신장은 0.1cm, 체중은 0.1kg까지 측정하였다. 체지방량을 측정하기 위하여 디지털 방식의 Skindex(Cadwell, Justiss & Company, Inc.)를 이용하여 피하지방두

께를 측정하였으며 측정자간의 오차를 줄이기 위해 동일인이 0.1mm까지 견갑골(subscapular), 장골위(suprailiac), 삼두박근(triceps), 대퇴(upper thigh)부위에서 측정하였다. 피부두께 측정방법은 Lohman 등<sup>14)</sup>이 제시한 방법을 이용하였고 체지방을 계산하는 공식은 타당성이 검증된 SI-slaughter 등이<sup>15)</sup>이 제시한 8~18세의 어린이와 청소년들에게 적용되는 체지방량 환산공식을 이용하였다.

### 5) 생식호르몬 농도 측정

혈액 채취는 한국체육과학연구원 부설 국민체력센터의 학실에서 하였으며 생식호르몬 농도를 분석하기 위하여 아침식사를 하지 않도록 한 후 공복시 혈액을 일회용 주사기로 15ml씩을 채취하였다.

월경을 규칙적으로 하는 대상자의 혈액채취는 초기 여포기(early follicular phase)인 월경시작 후 2~5일 이내의 공복시 혈액을 채취하였고, 월경을 시작하지 않았거나 불규칙적으로 월경을 하는 대상자는 편리한 날의 공복시 혈액을 채취하였다<sup>16)17)</sup>. 채취한 혈액은 3,000rpm으로 5분간 원심분리시켜 혈청을 분리한 후 냉동 보관하였다가 검사시작 30분 전에 실온에서 자연 해빙시킨 후 1,500×g에서 15분간 원심분리하여 이물질 제거한 후 상층액을 화학형광면역 반응법(CLIA)으로 자동분석기기인 IMMULITE Kit를 이용하여 estradiol( $E_2$ ), progesterone, luteinizing hormone(LH), follicular stimulating hormone(FSH)농도를 측정하였다.

### 6) 골밀도 측정

골밀도 측정은 이중 에너지 방사선 골밀도 측정기(dual energy x-ray absorptiometry, DEXA; QDR-4500, Hologic Inc.)를 이용하여 요추(lumbar spine), 대퇴골의 3부위 즉 대퇴경부(femoral neck), 대퇴 전자부(trochanter), Ward's triangle 그리고 원위요골부위(right forearm)의 골밀도를 측정하였으며 이 방법은 정확도와 예민도가 높으며 검사시간이 짧고 방사선 노출이 적은 것이 장점으로 제시되고 있다<sup>18)</sup>. 요추골밀도는 전·후면 투명(anteroposterior projection)으로 측정하였고, 요추골밀도로 표현되는 수치는 제 1요추에서 제 4요추까지의 평균 수치를 사용하였다.

### 3. 자료의 분석방법

조사된 자료는 SAS PC package program을 이용하여 통계처리하였다<sup>19)</sup>. 모든 결과의 평균값과 표준편차를 산출하였고 실험군과 대조군의 통계적인 유의성은 t-test를 실시하여 검증하였다. 실험군과 대조군의 분포의 차이는 Chi-

square test에 의해 비교하였고<sup>19)20)21)</sup> 각 변수들간의 상관성 분석을 위해서는 pearson correlation과 multiple regression을 수행하고 위계적 회귀분석(hierarchical regression)을 사용하여 변인들의 영향력을 규명하였다. 부분적으로 관련인자의 상관성을 검토함에 있어 연령에 대한 차이를 배제하고 분석(partial correlation coefficient)하기 위하여 SPSS package program을 사용하였다.

## 연구결과

### 1. 연구대상자의 실태조사

#### 1) 연구대상자의 특성

본 연구에 참여한 대상자는 실험군(여자체조선수) 20명과 대조군(연령을 대조시킨 비운동선수) 23명이었다. 연구대상자의 나이는 만 12~18세의 여자 중·고등학생으로 평균 연령은 대조군이 15.2±1.8세이었고 실험군이 15.4±1.8세이었고 실험군인 여자체조선수들의 운동을 해 온 기간은 3.4~11.4년으로서 평균 8년 이상의 운동경력을 갖고 있었다. 조사대상자의 신체적 특성 및 영양소 섭취상태는 선행 연구논문 제 1 보에 보고한 바 있다.

### 2) 월경기능과 생식호르몬 농도

연구대상자들의 월경기능을 조사한 결과(Table 1) 대조군은 정상적으로 월경을 하는 대상을 선정하였으므로 모두 초경을 했으며 실험군은 10명(50%)이 초경을 시작했으며 초경을 시작한 실험군의 대상자 10명 모두가 2~3개월 동안 월경을 하지 않거나 1년에 1~2회 월경을 하는 것으로 조사되었다. 초경 시작 연령은 실험군이 15.8±1.2세로 대조군 11.8±2.8세보다 늦었다(p<0.001). 월경주기는 실험군에서 매우 불규칙하므로 응답을 하지 않은 대상이 대부분이었고 월경기간은 대조군이 7.0±5.0일로서 실험군 4.6±1.4일보다 길었다.

운동성 무월경과의 관계를 알아보기 위하여 여성 생식호르몬 농도를 조사한 결과 에스트라디올, 프로게스테론, 황체형성호르몬(LH)의 농도는 대조군이 실험군보다 높았지만 유의적인 차이는 나지 않았고 여포자극호르몬(FSH) 농도는 실험군이 높았지만 유의적인 차이는 없었다.

### 3) 골밀도

골격 발달상태를 평가하기 위하여 요추, 대퇴골 3부위 그리고 원위요골부위의 골밀도를 측정된 결과(Table 2) 조사대상자의 요추와 원위요골부위의 골밀도는 대조군과 실험군간에 유의적인 차이가 없었고, 대퇴골의 3부위인 대퇴경부

Table 1. Reproductive endocrine status and menstrual characteristics<sup>1)</sup>

		Controls		Gymnasts	
		Number <sup>2)</sup>	(%) <sup>3)</sup>	Number	(%)
Menarche	Yes	23	(100)	10	(50.0)
	No	0	( 0 )	10	(50.0)
Regularity of menstruation	Yes	23	(100)	0	( 0 )
	No	0	( 0 )	10	(50.0)
	No response	0	( 0 )	10	(50.0)
Oligomenorrheic (Absence of menstrual cycle during 2 ~ 3 months)	Yes	0	( 0 )	10	(50.0)
	No	23	(100)	0	( 0 )
	No response	0	( 0 )	10	(50.0)
		Controls		Gymnasts	
		Mean ± SD	Range	Mean ± SD	Range
Age of menarche(years)		11.8 ± 2.8***	11.0 - 14.0	15.8 ± 2	14.1 - 17.4
Cycle length(days)		28.3 ± 2.7	21.0 - 32.0	-	-
Duration of menstruation(days)		7.0 ± 5.0*	4.0 - 9.0	4.6 ± 1.4	3.0 - 7.0
Years of training prior to menarche		-	-	6.3 ± 1.6	4.0 - 9.0
Years since menarche		3.6 ± 3.0***	1.2 - 6.0	1.2 ± 0.9	0.1 - 2.8
Hormonal status					
Estradiol(pg/ml)		35.9 ± 23.0	20.0 - 130.0	31.4 ± 15.4	20.0 - 70.3
Progesterone(ng/ml)		0.8 ± 0.3	0.2 - 1.7	0.7 ± 0.3	0.2 - 1.2
Luteinizing hormone(mIU/ml)		2.6 ± 1.6	1.0 - 5.8	2.5 ± 2.4	0.7 - 9.7
Follicle stimulating hormone(mIU/ml)		2.7 ± 1.2	1.0 - 5.2	2.8 ± 1.4	1.0 - 5.0

1) Early follicular phase(2~5 days of the menstrual cycle) 2) Number of subjects 3) % of subjects \*p<0.05 \*\*\*p<0.001

**Table 2.** Bone mineral densities of controls and gymnasts

	Controls		Gymnasts	
	Mean ± SD	Range	Mean ± SD	Range
Lumbar spine(g/cm <sup>2</sup> ) (L <sub>1</sub> ~L <sub>4</sub> )	0.90 ± 0.11	0.51 - 1.13	0.96 ± 0.12	0.70 - 1.19
L <sub>1</sub> (g/cm <sup>2</sup> )	0.85 ± 0.09	0.70 - 1.07	0.91 ± 0.14	0.64 - 1.23
L <sub>2</sub> (g/cm <sup>2</sup> )	0.91 ± 0.10	0.64 - 1.17	0.96 ± 0.14	0.70 - 1.23
L <sub>3</sub> (g/cm <sup>2</sup> )	0.93 ± 0.09	0.77 - 1.15	0.97 ± 0.14	0.72 - 1.22
L <sub>4</sub> (g/cm <sup>2</sup> )	0.93 ± 0.09	0.72 - 1.13	0.97 ± 0.11	0.72 - 1.20
Femoral neck(g/cm <sup>2</sup> )	0.82 ± 0.10***	0.66 - 1.10	0.95 ± 0.09	0.78 - 1.15
Trochanter(g/cm <sup>2</sup> )	0.72 ± 0.10**	0.57 - 1.03	0.79 ± 0.06	0.70 - 0.90
Ward's Triangle(g/cm <sup>2</sup> )	0.82 ± 0.13***	0.65 - 1.18	0.93 ± 0.09	0.77 - 1.14
Right forearm(g/cm <sup>2</sup> )	0.67 ± 0.05	0.57 - 0.76	0.68 ± 0.07	0.53 - 0.77

\*\*p<0.01      \*\*\*p<0.001

**Table 3.** Correlation coefficient between age of menarche and anthropometric values, eating pattern and energy expenditure

	Age of menarche	
	Correlation coefficient	P-value
Height	-0.302	0.105
Weight	-0.240	0.201
Body mass index	-0.182	0.335
% of body fat	-0.406*	0.026
Body fat weight	-0.329	0.076
Lean body weight	0.025	0.895
Sum of skinfold thickness	-0.439*	0.015
Eating pattern	-0.225	0.232
Energy expenditure	0.030	0.872
Energy balance	-0.171	0.365
Energy in take	-0.200	0.289

\*p<0.05

(p<0.001), 대퇴전자부(p<0.01), Ward's triangle(p<0.01)의 골밀도는 실험군이 대조군보다 유의적으로 높았다.

**4) 조경지연과 관련된 요인**

초경 연령과 신체계측치, 섭식패턴, 에너지 소비량, 에너지 균형 및 에너지 섭취량의 상관관계를 분석한 결과(Table 3) 체지방량(r=-0.406)과 피하지방두께(r=-0.439)가 유의적인 음의 상관관계가 있으므로 체지방량이 많을수록 초경 시작 연령이 빠른 것으로 조사되었다.

**2. 골밀도와 여러 요인과의 관련성**

**1) 신체계측치 및 체구성 성분과의 상관관계**

신체계측치 및 체구성 성분과 골밀도와의 상관관계를 조사한 결과(Table 4), 요추와의 관계는 대조군에서 체중(r=0.60, p<0.01), 체질량지수(r=0.60, p<0.01), 팔뚝둘레(r=0.47, p<0.05), 체지방중량(r=0.49, p<0.05), 체지방량(r=0.47, p<0.05)과 유의적인 양의 상관관계를 보였고, 실험군에서는 유의적인 상관관계가 있는 변수는 없었다.

**Table 4.** Age-adjusted partial correlation coefficient between bone mineral density and anthropometric values

	Lumbar spine	Femoral neck	Trochanter	Ward's triangle	Forearm
<b>Controls</b>					
Height	0.38	0.27	0.54**	0.30	-0.14
Weight	0.60**	0.37	0.71***	0.26	-0.18
Body mass index	0.60**	-0.36	0.65**	0.20	-0.15
Wrist circumference	0.47*	0.27	0.29	0.13	0.16
% of body fat	0.20	0.30	0.46*	0.08	-0.31
Body fat weight	0.49*	0.24	0.81***	0.11	-0.36
Lean body weight	0.47*	0.38	0.21	0.35	0.18
Skinfold thickness	0.17	0.26	0.48*	0.10	-0.33
<b>Gymnasts</b>					
Height	-0.16	0.45	0.36	0.22	0.02
Weight	0.08	0.54*	0.77***	0.16	0.57*
Body mass index	0.20	0.24	0.53*	0.03	0.53*
Wrist circumference	0.12	0.64*	0.69*	0.58*	0.46
% of body fat	-0.04	0.42	0.08	0.34	-0.08
Body fat weight	-0.00	0.10	0.45	-0.28	0.50
Lean body weight	0.10	0.55*	0.57*	0.39	0.30
Skinfold thickness	-0.06	0.43	0.25	0.22	-0.11

\*p<0.05      \*\*p<0.01      \*\*\*p<0.001

대퇴 3부위와 골밀도와의 상관관계에서 대퇴경부와의 관계는 대조군에서 신체계측치와 통계적으로 유의한 상관관계가 있는 변수는 없었고, 실험군에서는 체중(r=0.54, p

**Table 5.** Correlation coefficient between bone mineral density and nutrient intakes, eating pattern and energy expenditure

	Lumbar spine	Femoral neck	Trochanter	Ward's triangle	Forearm
<b>Controls</b>					
Energy	-0.04	-0.29	-0.32	0.02	0.02
Protein	0.07	-0.36	-0.35	-0.09	-0.01
Animal	0.22	0.46	0.11	-0.08	0.11
Plant	-0.22	0.16	0.34	0.08	-0.11
Calcium	0.17	-0.11	-0.25	0.31	0.13
Animal	0.62**	0.31	0.36	0.39	0.26
Plant	-0.59**	-0.30	-0.36	-0.38	-0.22
Eating pattern	0.08	-0.34	-0.37	0.20	0.18
Energy expenditure	0.46*	0.32	0.71***	0.22	-0.09
Energy expenditure(kcal/kg of body weight)	0.39	0.07	0.13	0.35	0.58**
<b>Gymnasts</b>					
Energy	0.31	-0.20	0.04	-0.02	0.03
Protein	0.06	-0.21	-0.02	-0.12	-0.14
Animal	-0.08	0.20	0.31	-0.12	0.00
Plant	0.15	-0.15	-0.32	0.16	-0.00
Calcium	0.26	0.40	0.36	0.15	0.18
Animal	-0.15	-0.09	-0.01	-0.36	0.11
Plant	0.11	-0.08	0.03	0.18	-0.17
Eating pattern	-0.26	-0.40	-0.60**	-0.34	-0.36
Energy expenditure	0.78**	0.67**	0.55*	0.51*	0.77***
Energy expenditure(kcal/kg of body weight)	0.68**	0.35	0.06	0.39	0.69***

\*p<0.05    \*\*p<0.01    \*\*\*p<0.001

<0.05), 팔목둘레(r=0.64, p<0.05), 제지방량(r=0.55, p<0.05)이 유의한 양의 상관관계를 나타냈다. 대퇴전자부의 관계에서 대조군에서는 신장(r=0.54, p<0.05), 체중(r=0.71, p<0.001), 체질량지수(r=0.65, p<0.01), 체지방율(r=0.46, p<0.05), 체지방중량(r=0.65, p<0.01), 피하지방두께(r=0.48, p<0.05)와 유의한 양의 상관관계를 보였고, 실험군에서는 체중(r=0.77, p<0.01), 체질량지수(r=0.53, p<0.05), 팔목둘레(r=0.69, p<0.05), 제지방량(r=0.57, p<0.05)과 유의적인 양의 상관관계를 나타냈다. Ward's triangle과의 상관관계는 대조군에서 통계적으로 유의한 변수가 없었으며 실험군에서는 팔목둘레(r=0.58, p<0.05)와 유의한 양의 상관관계가 있었다.

원위요골부위와 골밀도와 유의한 양의 상관관계는 대조군에서는 통계적으로 유의한 상관성이 없었으며, 실험군에서는 체중(r=0.57, p<0.05), 체질량지수(r=0.53, p<0.05)와 유의한 양의 상관관계를 나타냈다.

**2) 섭취패턴, 영양상태 및 에너지 소비량과의 상관관계**

섭식패턴, 영양상태, 에너지 소비량과 골밀도와 유의한 양의 상관관계는(Table 5) 대조군에서 요추 골밀도와 동물성 칼슘섭취비율(r=0.62, p<0.01)과 양의 상관관계를 보였으므로 동

물성 칼슘섭취비율이 증가할수록 요추 골밀도가 높았고 다른 영양소와는 유의적인 상관성이 없었으며, 실험군에서는 영양소 섭취량과 유의적인 상관관계를 보이지 않았다. 섭취패턴과 요추 골밀도간의 관계는 대조군과 실험군에서 유의적인 상관관계를 보이지 않았으며 에너지 소비량과는 대조군(r=0.46, p<0.05)과 실험군(r=0.78, p<0.001) 모두에서 유의적인 양의 상관관계를 보여 에너지 소비량이 증가할수록 요추 골밀도가 높아지는 것으로 조사되었다.

대퇴경부 골밀도와 영양소 섭취량과는 대조군과 실험군에서 유의적인 상관관계를 실험군에서 에너지 소비량과 대퇴경부 골밀도(r=0.67, p<0.01)와 유의적인 양의 상관관계를 보였다. 즉 실험군에서 에너지 소비량이 증가할수록 대퇴경부 골밀도가 증가하였다. 대퇴전자부 골밀도는 대조군과 실험군에서 영양소 섭취량과 유의적인 상관성을 보이지 않았다. 섭취패턴과 대퇴전자부 골밀도와의 상관관계는 대조군에서는 유의성이 없었고 실험군(r=-0.60, p<0.01)에서 유의적인 음의 상관성이 있었으며 에너지 소비량과는 대조군(r=0.71, p<0.001), 실험군(r=0.55, p<0.05)에서 유의적인 양의 상관관계가 있었다. 즉 대조군과 실험군에서 대퇴전자부의 골밀도는 에너지 소비량이 증가할수록 증가하였다. Ward's triangle의 골밀도와 영양소 섭취량

및 섭식패턴과는 대조군과 실험군에서 유의성이 없었으며 에너지 소비량은 실험군( $r=0.51, p<0.05$ )에서 유의적인 양의 상관관계가 있었으므로 실험군의 Ward's triangle 골밀도는 에너지 소비량이 증가할 수록 높았다.

원위요골부위의 골밀도와 영양소 섭취량 및 섭식패턴과의 상관관계는 대조군과 실험군에서 유의성이 없었으며 에너지 소비량은 실험군( $r=0.77, p<0.05$ )에서 유의적인 양의 상관관계가 있었다.

**3) 생식호르몬과의 상관관계**

초경 연령 및 생식호르몬과 연령을 배제하고 난 후의 골밀도와 상관관계는 Table 6과 같다. 요추 골밀도와 관계에서 대조군에서 초경 연령 및 생식호르몬 농도와 유의적인 상관성 있는 변수는 없었으며, 실험군에서는 프로게스테론과 유의성이 있었다( $p<0.05$ ).

대퇴 3부위의 관계에서 대퇴경부 골밀도와 대조군에서 통계적으로 유의한 상관성이 있는 변수는 없었고, 실험군에서는 에스트라디올( $r=0.48, p<0.05$ )과 유의적인 양의 상관관계가 있었다. 대퇴전자부 골밀도와 상관관계에서 대조군과 실험군에서 통계적으로 유의한 상관성이 있는 변수는 없었고, Ward's triangle 골밀도와 관계에서는 대조군에서 통계적으로 유의한 변수가 없었으며, 실험군에서는 에스트라디올( $r=0.54, p<0.05$ ), 여포자극호르몬( $r=0.50, p<0.05$ )과 유의적인 상관관계가 있었다.

원위요골부위와의 상관관계는 대조군과 실험군에서는 유의적인 상관성이 있는 변수는 없었다.

**4) 골밀도와 관련인자와의 위계적 회귀분석**

연령, 신체계측치, 영양소 섭취상태 및 호르몬 농도가 골

밀도에 미치는 영향력을 알아보기 위하여 각 부위별(요추, 대퇴경부, 대퇴전자부, Ward's triangle, 원위요골부위) 골밀도와 관련있는 변수들을 상관성이 높게 조사된 변수들의 순서대로 4개의 모델을 정하여 위계적 회귀분석(hierarchical regression)을 하였다(Table 7-11). Model 1에서는 골밀도와 관련있는 변수인 연령과 집단을 model 2에서는 신체계측치로서 체질량지수, 체지방량, 체지방율을 model 3에서는 영양과 관련된 변수로서 섭식패턴, 동물성 칼슘 섭취량, 에너지 소비량, 에너지 섭취량, 단백질 섭취량을 model 4에서는 호르몬의 농도로서 에스트라디올과 여포자극 호르몬 농도를 변수로 사용하였다.

**(1) 요추 골밀도**

요추 골밀도에 각각의 변수들이 미치는 영향력을 조사한 결과(Table 7) model 1에서 연령과 집단이 요추 골밀도의 38% 변량을 설명했으며( $R^2=0.38$ ) 연령( $\beta=0.59$ )이 요추 골밀도에 유의한 영향을 미치므로 연령이 많을수록 골밀도는 낮았지만( $p<0.001$ ), 집단간( $\beta=0.18$ )에는 통계적으로 유의성이 없었으므로 대조군과 실험군간에 요추 골밀도에 유의한 차이가 없었다.

Model 2에서 연령, 집단, 체질량지수(BMI), 체지방량, 체지방율이 요추 골밀도의 60% 변량을 설명했으며 연령과 집단이 설명한 변량이외에 22%( $R^2=0.22$ )를 추가로 신체계측치가 설명하였다. 체질량지수( $\beta=0.50$ ), 체지방량( $\beta=0.36$ )이 유의한 영향을 미쳤으므로 체질량지수가 높을수록 체지방량이 많을수록 요추골밀도가 높은 것으로 조사되었다.

Model 3에서 연령, 집단, 체질량지수(BMI), 체지방량, 체지방율, 섭식패턴, 동물성 칼슘섭취량, 에너지 소비량, 에

**Table 6.** Age-adjusted partial correlation coefficient between bone mineral density and age of menarche, reproductive endocrine status

	Lumbar spine	Femoral neck	Trochanter	Ward's triangle	Forearm
<b>Controls</b>					
Age of menarche	-0.26	-0.23	0.07	-0.07	-0.08
Years since menarche	0.26	0.23	-0.07	0.07	0.08
Estradiol	-0.11	-0.43	-0.34	0.17	0.03
Progesterone	-0.37	-0.22	-0.04	-0.07	-0.08
Luteinizing hormone	-0.26	-0.22	-0.04	-0.07	-0.08
Follicle stimulating	-0.18	0.02	0.10	0.37	-0.15
<b>Gymnasts</b>					
Age of menarche	-0.14	0.26	0.05	0.35	-0.15
Years since menarche	0.14	-0.26	-0.05	-0.35	0.15
Estradiol	-0.19	0.48*	0.19	0.54*	0.09
Progesterone	0.56*	0.09	0.67*	0.14	0.34
Luteinizing hormone	-0.44	0.40	0.21	0.39	-0.25
Follicle stimulating hormone	0.26	-0.44	0.03	0.50*	-0.19

\* $p<0.05$

너지 섭취량, 단백질 섭취량이 요추 골밀도의 67% 변량을 설명하였으며 model 2에서 설명한 변량 이외에 에너지 및 영양과 관련된 인자가 나머지 7%를 추가로 설명하였고, 각각 변수들이 요추 골밀도에 미치는 영향은 통계적 유의성은 없었다.

Model 4에서는 model 3에서 설명한 변량 이외에 에스

트라디올과 여포자극호르몬이 요추 골밀도에 미치는 영향력은 없는 것으로 조사되었다.

(2) 대퇴경부

대퇴경부에 미치는 변수들의 영향력을 조사한 결과(Table 8), model 1에서 연령과 집단이 대퇴경부 골밀도의 39% 변량( $R^2=0.39$ )을 설명하였고, 연령( $\beta=0.25$ )과 집단( $\beta=$

**Table 7.** Hierarchical regression analysis of factors on lumbar spine(L<sub>1</sub>~L<sub>4</sub>)

	Model 1 Characteristics of age and group		Model 2 Anthromometric measurements		Model 3 Nutritional factors		Model 4 Hormonal status	
	b	$\beta$	b	$\beta$	b	$\beta$	b	$\beta$
Age	0.04	0.59***	0.02	0.36**	0.02	0.27*	0.17	0.30
Group(Gymnasts=1)	0.04	0.18	0.06	0.25	0.05	0.19	0.02	0.15
Body mass index			0.02	0.50*	0.00	0.09	0.04	0.18
Lean body mass			0.01	0.36*	0.01	0.41*	0.01	0.40
% of body fat			-0.01	-0.48	-0.01	-0.44	-0.01	-0.45
Eating pattern					0.00	0.17	0.00	0.17
Calcium(animal source)					0.00	0.25	0.00	0.26
Energy expenditure					0.00	0.50	0.00	0.57
Energy intake					0.00	0.55	0.00	0.56
Protein intake					-0.00	-0.29	-0.00	-0.29
Estradiol							-0.00	-0.05
Follicle stimulating hormone							-0.00	-0.02
Intercept	0.30		-0.07		-0.24		-0.31	
R <sup>2</sup>	0.38***		0.60***		0.67***		0.67***	
R <sup>2</sup> increase			0.22**		0.07*		0.00	

\*p<0.05    \*\*p<0.01    \*\*\*p<0.001

**Table 8.** Hierarchical regression analysis of factors on femoral neck

	Model 1 Characteristics of age and group		Model 2 Anthromometric measurements		Model 3 Nutritional factors		Model 4 Hormonal status	
	b	$\beta$	b	$\beta$	b	$\beta$	b	$\beta$
Age	0.02	0.25***	0.00	0.05	0.00	0.06	0.02	0.24
Group(Gymnasts=1)	0.13	0.57***	0.21	0.90**	0.14	0.59	0.10	0.43
Body mass index			-0.00	-0.05	-0.02	-0.39	-0.04	-0.94
Lean body mass			0.01	0.48**	0.01	0.45	0.01	0.45
% of body fat			0.00	0.15	0.00	0.22	0.00	0.28
Eating pattern					-0.00	-0.05	-0.00	-0.04
Calcium(animal source)					0.00	0.17	0.00	0.24
Energy expenditure					0.00	0.22	0.00	0.64
Energy intake					-0.00	-0.01	-0.00	-0.10
Protein intake					-0.00	-0.21	-0.00	-0.23
Estradiol							0.00	0.21
Follicle stimulating hormone							0.01	0.21
Intercept	0.56		0.35		0.54		0.76	
R <sup>2</sup>	0.39***		0.54***		0.59***		0.63***	
R <sup>2</sup> increase			0.15**		0.04*		0.04*	

\*p<0.05    \*\*p<0.01    \*\*\*p<0.001

0.57)이 유의한 영향을 미쳤다. 즉 연령이 증가할수록 대퇴경부의 골밀도가 증가하였고, 실험군이 대조군보다 대퇴경부 골밀도가 더 높았다.

Model 2에서 연령, 집단, 체질량지수(BMI), 제지방량, 체지방율이 대퇴경부 골밀도의 54%의 변량을 설명하였고, 연령과 집단이 설명한 변량 이외에 15%를 신체계측치가 추가로 설명하였다. Model 3에서 제지방량, 체지방율, 섭취패턴, 동물성 칼슘섭취량, 에너지 소비량, 에너지 섭취량, 단백질 섭취량이 대퇴경부의 59%의 변량을 설명하였고 model 2에서 설명한 변량 이외에 에너지 및 영양과 관련된 인자가 나머지 4%를 설명하였고, 각각 변수들이 대퇴경부 골밀도에 미치는 영향은 통계적 의의가 없었으며, model 4에서는 model 3에서 설명한 변량 이외에 에스트라디올과 여포자극호르몬이 대퇴골밀도에 미치는 영향은 4%이었고, 각각의 변수들이 대퇴경부 골밀도에 미치는 영향은 통계적 유의성은 없었다.

(3) 대퇴전자부

대퇴전자부의 골밀도에 여러 변수들이 미치는 영향력을 분석한 결과(Table 9) model 1에서 연령과 집단이 대퇴전자부 골밀도의 17% 변량을 설명하였고 집단( $\beta=0.41$ )이 유의한 영향을 미쳤으므로 실험군이 대조군보다 대퇴전자부의 골밀도가 더 높은 것으로 조사되었다.

Model 2에서 연령, 집단, 체질량지수(BMI), 제지방량, 체지방율이 대퇴전자부 골밀도의 50%의 변량을 설명하였

으며, 연령과 집단이 설명한 변량 이외에 33%를 신체계측치가 추가로 설명하였고 체질량지수( $\beta=0.94$ )가 유의한 영향을 미쳤으므로 체질량지수가 증가할수록 대퇴전자부의 골밀도가 높은 것으로 조사되었다.

Model 3에서 연령, 집단, 체질량지수(BMI), 제지방량, 체지방율, 섭취패턴, 동물성 칼슘섭취량, 에너지 소비량, 에너지 섭취량, 단백질 섭취량이 72%의 변량을 설명하였고 model 2에서 설명한 변량 이외에 에너지 및 영양과 관련된 인자가 나머지 22%의 변량을 설명하였다. 통계적으로 유의한 변수는 에너지 소비량( $\beta=0.99$ )이었으므로 에너지 소비량이 많을수록 대퇴전자부 골밀도가 높았다.

Model 4에서는 model 3에서 설명한 변량 이외에 에스트라디올과 여포자극호르몬이 대퇴전자부 골밀도에 미치는 변량은 12%이었고, 통계적으로 유의성 있는 변수는 에스트라디올과 여포자극호르몬이었다. 즉 에스트라디올과 여포자극호르몬 농도가 높을수록 대퇴전자부 골밀도가 높았다.

(4) Ward's triangle

Ward's triangle의 골밀도에 여러 변수들이 미치는 영향력을 분석한 결과(Table 10) model 1에서 연령과 집단이 36%의 변량을 설명하였고 연령( $\beta=0.38$ )과 집단( $\beta=0.47$ )이 유의한 영향을 미쳤다. 즉 Ward's triangle의 골밀도는 연령이 증가할수록 증가하였으며 실험군의 Ward's triangle 골밀도가 대조군보다 더 높았다.

Model 2에서 연령, 집단, 체질량지수(BMI), 제지방량,

Table 9. Hierarchical regression analysis of factors on trochanter

	Model 1		Model 2		Model 3		Model 4	
	Characteristics of age and group		Anthromometric measurements		Nutritional factors		Hormonal status	
	b	$\beta$	b	$\beta$	b	$\beta$	b	$\beta$
Age	-0.00	-0.08	-0.01	-0.18	-0.01	-0.10	-0.01	-0.18
Group(Gymnasts=1)	0.08	0.41*	0.15	0.84*	0.04	0.24	0.01	0.04
Body mass index			0.03	0.94**	0.01	0.31	0.04	1.26
Lean body mass			-0.00	-0.16	-0.01	-0.53	-0.01	-0.52
% of body fat			0.00	0.08	0.00	0.14	0.00	0.30
Eating pattern					-0.00	-0.31**	-0.00	-0.30
Calcium(animal source)					0.00	0.25	0.00	0.35
Energy expenditure					0.01	0.99**	0.01	0.99**
Energy intake					0.00	0.02	0.00	0.20
Protein intake					-0.00	-0.12	-0.00	-0.15
Estradiol							0.00	0.31**
Follicle stimulating hormone							0.03	0.41***
Intercept		0.65		0.31		0.86		0.89
R <sup>2</sup>		0.17***		0.50***		0.72***		0.84***
R <sup>2</sup> increase				0.33*		0.22*		0.12*

\*p<0.05      \*\*p<0.01      \*\*\*p<0.001

체지방율이 Ward's triangle 끝밀도의 44% 변량을 설명하였고, 연령과 집단이 설명한 변량 이외에 체질량지수, 체지방량, 체지방율이 나머지 8%를 설명하였다. 체지방량 ( $\beta=0.42$ )은 통계적으로 유의하여 체지방량이 증가할수록 Ward's triangle의 끝밀도가 증가하였다.

Model 3에서는 연령, 집단, 체질량지수(BMI), 체지방

량, 체지방율, 섭취패턴, 동물성 칼슘섭취량, 에너지 소비량, 단백질 섭취량이 Ward's triangle에 미치는 변량은 47%이고, model 2에서 설명한 변량 이외에 에너지 및 영양과 관련된 인자가 나머지 3%를 추가로 설명하였고, 각각 변수들이 Ward's triangle에 미치는 영향은 통계적 의의가 없었다.

**Table 10.** Hierarchical regression analysis of factors on Ward's triangle

	Model 1 Characteristics of age and group		Model 2 Anthromometric measurements		Model 3 Nutritional factors		Model 4 Hormonal status	
	b	$\beta$	b	$\beta$	b	$\beta$	b	$\beta$
Age	0.03	0.38**	0.02	0.27	0.01	0.20	0.02	0.35
Group(Gymnasts=1)	0.12	0.47***	0.12	0.49	0.12	0.47	0.16	0.66**
Body mass index			-0.00	-0.08	-0.01	-0.17	-0.05	-0.06
Lean body mass			0.01	0.42*	0.01	0.52*	0.01	0.48
% of body fat			-0.00	-0.14	-0.00	-0.19	-0.01	-0.40
Eating pattern					0.00	0.14	0.00	0.14
Calcium(animal source)					0.00	0.10	0.00	0.21
Energy expenditure					0.00	0.06	0.00	0.61
Energy intake					0.00	0.36	0.00	0.78*
Protein intake					-0.00	-0.35	-0.01	-0.66*
Estradiol							0.00	0.13
Follicle stimulating hormone							0.00	0.54**
Intercept		0.40		0.27		0.11		0.52
R <sup>2</sup>		0.36***		0.44***		0.47**		0.63**
R <sup>2</sup> increase				0.08*		0.03		0.16**

\*p<0.05    \*\*p<0.01    \*\*\*p<0.001

**Table 11.** Hierarchical regression analysis of factors on right forearm

	Model 1 Characteristics of age and group		Model 2 Anthromometric measurements		Model 3 Nutritional factors		Model 4 Hormonal status	
	b	$\beta$	b	$\beta$	b	$\beta$	b	$\beta$
Age	0.02	0.71***	0.02	0.64***	0.02	0.59***	0.02	0.59***
Group(Gymnasts=1)	-0.00	-0.01	-0.02	-0.14	-0.02	-0.15	-0.01	-0.11
Body mass index			0.00	-0.08	0.00	0.02	0.00	0.19
Lean body mass			0.01	0.43*	0.01	0.56*	0.00	0.54
% of body fat			-0.00	-0.35	-0.00	-0.30	-0.00	-0.17
Eating pattern					0.00	0.00	0.00	0.01
Calcium(animal source)					0.00	0.14	0.00	0.25
Energy expenditure					-0.00	-0.22	-0.00	-0.13
Energy intake					0.00	0.20	0.00	0.43
Protein intake					-0.00	-0.28	-0.00	-0.43
Estradiol							0.00	0.03
Follicle stimulating hormone							0.00	0.03
Intercept		0.32		0.27		0.26		0.25
R <sup>2</sup>		0.50***		0.58***		0.61***		0.65***
R <sup>2</sup> increase				0.08*		0.03		0.04*

\*p<0.05    \*\*p<0.01    \*\*\*p<0.001

Model 4에서는 model 3에서 설명한 변량 이외에 에스트라디올과 여포자극호르몬이 Ward's triangle 골밀도에 미치는 영향력은 16%이고, 여포자극호르몬( $\beta=0.54$ )이 통계적으로 유의한 것으로 조사되었다. 즉 여포자극호르몬 농도가 증가할수록 Ward's triangle의 골밀도는 증가되었다.

#### (5) 원위요골부위

원위요골부위의 골밀도에 영향을 미치는 여러 변수들의 영향력을 분석한 결과(Table 11) model 1에서 연령과 집단이 원위요골부위의 변량 50%를 설명하였고, 연령( $\beta=0.71$ )이 통계적으로 유의한 영향을 미쳤으며 집단은 통계적으로 의의가 없었다. 즉 연령이 증가할수록 원위요골부위의 골밀도는 증가하였지만, 실험군과 대조군간에는 원위요골부위의 골밀도에 차이가 없었다.

Model 2에서 연령, 집단, 체질량지수, 제지방량, 체지방율이 원위요골부위 골밀도의 58%의 변량을 설명하였고, 연령과 집단이 설명한 변량 이외에 8%를 신체계측치가 추가로 설명하였으며, 제지방량( $\beta=0.43$ )이 통계적으로 유의한 것으로 조사되었으므로 즉 제지방량이 많을수록 원위요골부위의 골밀도는 높았다.

Model 3에서 연령, 집단, 체질량지수(BMI), 제지방량, 체지방율, 섭취패턴, 동물성 칼슘 섭취량, 에너지 소비량, 에너지 섭취량, 단백질 섭취량이 model 2에서 설명한 변량 이외에 나머지 3%를 설명하였으며 통계적으로 유의한 변수는 없었다.

Model 4에서 model 3에서 설명한 변량 이외에 에스트라디올과 여포자극호르몬이 나머지 4%의 변량을 설명하였고 통계적으로 유의한 변수는 없었다.

## 고 찰

성장기 아동들의 골격 증가에 대한 관심은 골다공증을 막기 위해서 최대 골질량에 도달하는 것이 가장 효과적인 예방책이 될 수 있다는 인식에 기초를 두고 있다. 성장기의 칼슘 섭취가 골발달에 중요한 결정 요인이 될 것으로 보고 있지만, 성장기에서 칼슘 급원, 총 칼슘 섭취량, 호르몬 농도, 신체활동과 골질량의 관계에 대한 연구는 초보적인 단계에 머물러 있다<sup>20</sup>. 청소년기는 영양부족이 일어날 수 있는 시기이므로 이들의 칼슘 섭취량이 최대 골질량을 형성할 만큼 충분하다는 잘 알려져 있지 않다. 최근 어린이의 골발달에 대한 단면적인 연구(cross-sectional study)에서<sup>23,24,25</sup> 성장하는 어린이들의 골상태는 나이, 신장, 체중, 사춘기 발달 상태 등과 양의 상관관계가 있지만 체중과 사춘기 발달 상

태(pubertal status)를 통제한다면 다른 변수들의 중요성이 크게 강조되었다<sup>26</sup>. 그러나 칼슘 섭취량과 골질량 증가에 대한 연구 결과는 일치하지 않는다.

본 연구결과에서도 대상자들의 골밀도를 신체발육상태와 비교했을 때 성장발달상태에 따라 즉 신장이 클수록 체중이 많을수록 골밀도가 증가했다. 특히 신체계측치(체질량지수, 제지방량, 체지방율)가 영향력을 많이 미치는 골부위는 요추, 대퇴경부, 대퇴전자부로서 각각 22%, 15%, 33%의 변량을 설명할 수 있었으므로 신장, 체중, 제지방량 등이 골밀도에 미치는 영향이 큰 것을 알 수 있었다. 그러나 영양소 중에서 칼슘 섭취량과의 관계를 보면 본 연구대상자 중 실험군인 체조선수들의 특징은 성장기에 있지만 신체상(body image)을 의식하고 체중감량에 대한 스트레스로 인해 부정적인 섭취패턴을 갖고 있으며 영양소 섭취상태도 매우 낮은 것으로 조사되었다. 특히 칼슘 섭취량은 권장량의 42.9%인  $337.5 \pm 197.8\text{mg}$ 으로서 매우 낮았으나 다행스러운 것은 동물성 급원으로부터의 섭취율이 67.7%로 높다는 것이다. 칼슘 섭취량과 골밀도와의 관계는 대조군의 요추 골밀도와 유의한 양의 상관관계( $r=0.62$ )를 나타냈지만 실험군인 체조선수들에게서는 골밀도와 칼슘 및 영양소 섭취량은 유의적인 상관관계가 없었다. 또한 위계적 통계분석기법을 이용하여 영양소 섭취와 관련된 변수(섭취패턴, 칼슘의 동물성 급원, 에너지 섭취량, 단백질 섭취량, 에너지 소비량)가 골밀도에 미치는 영향력을 알아 본 결과에서도 요추 골밀도는 변량의 7%, 대퇴경부 골밀도는 변량의 4%, 대퇴전자부 골밀도는 변량의 22%, Ward's triangle의 골밀도는 변량의 3%, 원위요골부위의 골밀도는 변량의 3%만을 설명하였다. 대퇴전자부의 골밀도에 영향을 미치는 유의성 있는 변수는 에너지 소비량( $\beta=0.99$ )이었고 칼슘이나 다른 영양상태는 골밀도에 영향력을 크게 미치지 못한 것으로 조사되었다. 그러나 Avila 등<sup>26</sup>은 골밀도와 식이적 요인에 대하여 칼슘 및 비타민 D 섭취가 골밀도에 중요한 영향을 미치며 카페인 섭취는 골밀도를 낮추는 역할을 하고 있음을 제시하였다. 또한 비타민 D의 급원 중 자외선 노출이 골밀도에 미치는 영향이 분명하게 관찰된 바 있다<sup>27</sup>. 본 연구에서는 칼슘의 흡수를 도와 골밀도에 중요한 역할을 할 수 있는 체내 비타민 D의 급원이 되는 두 가지 즉 비타민 D의 식이적 섭취량과 자외선의 노출에 대한 조사를 실시하지 못하였으며, 실제 체조선수들의 운동 특성상 실내에서의 운동시간이 많은 것으로부터 비타민 D가 골밀도에 미칠 수 있는 영향을 고려한 연구가 앞으로 시행되어야 할 것으로 생각된다.

Matkovic 등<sup>28</sup>의 14세 청소년기의 소녀를 대상으로 24개월간의 연구를 했을 때 칼슘 보충군은 대조군보다 요골의

골질량은 증가했지만 척추에서 골질량의 증가는 유의적인 차이가 없었다. 또 Lloyd 등<sup>29)</sup>의 연구에서 12세의 여자들을 대상으로 18개월의 연구를 통하여 식이로부터의 평균 칼슘 섭취량이 약 960mg(RDA의 80%)이었던 두 그룹에게 칼슘을 보충한 군은 1,200mg의 칼슘을 섭취하게 하고 500mg의 칼슘을 추가로 보충시켰더니(RDA의 115%) 칼슘 보충군의 골밀도가 증가했다. 이것이 칼슘 섭취량을 증가시켰기 때문인지는 정확히 알지 못했지만 12세인 여자들에게 칼슘을 보충했을 때 골밀도는 유의적으로 증가했음을 알 수 있었고 성장단계에서 최대 골질량에 도달할 수 있도록 한다면 인생후반에 골다공성 골절(osteoporotic fracture)의 위험이 낮아질 것으로 보인다<sup>29)</sup>. 본 연구대상자들은 성장기에 있지만 체중과 신체상을 의식하는 선수들로서 부정적인 섭식패턴을 갖고 있으며 월경에 관여하는 생식호르몬의 농도가 유의적인 차이는 없었지만 낮고, 골밀도와 관련된 영양소 중에서 특히 에너지 섭취율(에너지 소비량의 47.0%), 칼슘 섭취율(권장량의 42.9%) 등이 매우 낮았다. 그럼에도 불구하고 여자체조선수들의 골밀도를 연령이 같은 대조군과 비교했을 때 대퇴경부, 대퇴전자부, Ward's triangle은 유의적으로 더 높았고 요추와 원위요골부위는 대조군과 유의적인 차이가 없었다.

본 연구의 여자체조선수들의 요추 골밀도는  $0.96 \pm 0.12 \text{g/cm}^2$ 로서 이전의 연구 결과 체조선수<sup>30)</sup>는  $1.202 \text{g/cm}^2$ , 수영선수<sup>31)</sup>는  $1.06 \text{g/cm}^2$ 보다는 낮았고, Fechling<sup>32)</sup>의 15.2세의 여자체조선수들의 골밀도  $1.069 \text{g/cm}^2$ 보다도 낮았으며, 본 연구에서 연령을 대조시킨 비운동선수의 요추 골밀도  $0.90 \pm 0.11 \text{g/cm}^2$ 보다는 높았다. 비운동선수와 비교한 체조선수들에 대한 연구결과<sup>33)</sup>를 보면 여자체조선수들의 요추, 대퇴경부, 대퇴전자부, 몸전체, Ward's triangle의 골밀도가 비운동선수보다 더 높았으며, Robinson 등<sup>34)</sup>은 체조선수와 비운동선수의 골밀도에서 부위에 따른 차이가 있다고 보고했는데 요추 골밀도는 차이가 없었으며 대퇴경부에서는 체조선수들의 골밀도가 더 높다고 했다. 성장하는 청소년기에 운동을 하면 최대 골밀도에 도달한다는 가정은 여러 연구 결과에서 어린 남·여 역도, 보디빌딩 선수, 테니스 선수 등<sup>35)</sup>에게서 관찰되었다. 또한 근력과 힘을 요구하는 운동 종목 선수들은 부하를 주는 골부위(bone sites)에 따라 골밀도에 차이가 있으며 지구력이나 체중 부하를 주지 않는 장거리 달리기나 수영선수에서는 다양한 결과를 보여주고 있다. 지속적으로 근력을 요하는 운동을 하는 것과 골밀도가 높은 것과는 관계가 있으며, 이런 골질량의 차이는 체중부하(local weight bearing)나 유전적인 영향 등에 따라 다양하다<sup>35)</sup>. Kelly 등<sup>36)</sup>은 신체활동과 식이 칼슘섭취가 상호작용하

여 최대 골밀도에 도달하는데 큰 영향을 미친다고 했으며, 더욱 최근 Eisman 등<sup>37)</sup>은 쌍둥이 자매에 대한 연구를 통해 요추 골밀도는 가족적, 유전적 요소에 의해 크게 영향을 받지만 대퇴경부의 골밀도는 신체적인 부하를 주는 것과 같은 환경적 요소에 더 예민하다고 결론지었다. Slemenda 등<sup>38)</sup>의 연구에서도 어린시절에 신체활동을 많이 하면 요추보다는 원위요골과 대퇴부에서의 골격량이 증가된다고 했다. 본 연구결과에서도 체조선수들의 골밀도가 대퇴부 3부위에서 대조군보다 유의적으로 높았으므로 이런 이론<sup>35)38)</sup>을 지지해 주었다. 그러나 여자체조선수들의 대퇴부 3부위의 골밀도가 정상적인 월경을 하는 비운동선수보다 더 높았으므로 이런 결과는 본 연구의 가설(또는 다른 연구결과) 즉 운동과 관련하여 무월경이나 희발월경인 여자선수들의 골량은 비운동선수보다 낮다<sup>39)41)</sup>는 것을 완전히 지지하지는 못했다. 결국 강한 근육수축을 통하여 골에 특정하게 전달되는 부하(specific loading)가 가장 큰 영향을 미치는 대퇴부에서 여자체조선수들의 골밀도를 증가시키는 것으로 보인다<sup>40)</sup>. 저체중, 저체지방량, 저호르몬증 등에도 불구하고 여자체조선수들의 골밀도가 비운동선수들보다 높은 것은 체조훈련으로부터 받는 골량 증대에 미치는 자극이 생식호르몬의 농도가 낮으므로 오는 골흡수의 영향을 넘을(override) 수 있기 때문이다<sup>40)</sup>. 또한 골밀도를 증가시키는데는 골에 미치는 부하의 크기가 중요하며 체조를 해서 생기는 요추에 미치는 힘은 체중의 10~12배인 반면 달리기 선수는 약 2~5배이다<sup>42)</sup>. Frost<sup>43)</sup>의 이론에 따르면 에스트로겐 농도가 높거나 정상이면 골형성-재형성 과정(modeling and remodeling set points)이 더 낮아지고 에스트로겐 농도가 낮아지면 골형성-재형성 과정이 증가된다. 후자의 경우는 골질량을 유지하거나 증가시키기 위해서는 기계적인 부하가 더 많이 필요하다고 했다. 결과적으로 여자체조선수들의 훈련에 의한 기계적인 부하가 월경기능장애가 있는 체조선수들에게서 나타날 것으로 예상했던 낮은 골밀도를 충분히 극복할 수 있었다.

현재의 연구에서는 여자체조선수들의 저에스트로겐 혈중에 노출된 기간이 짧고 대조군과 비교했을 때 칼슘을 동물성 급원으로부터 섭취한 비율이 높다는(실험군 67.7%, 대조군 50.1%) 점과 운동에 의한 자극 등의 요인이 포함되어 골밀도가 특히 대퇴부위에서 유의적으로 높은 것으로 조사되었다. 그렇지만 앞으로 낮은 생식호르몬 농도, 저체지방량, 저체중, 낮은 칼슘 섭취율, 음의 에너지 균형이 계속된다면 최대 골밀도에 도달하는데 미치는 영향에 대해서는 지속적으로 관찰되어야 할 것으로 사료된다.

## 요약 및 결론

본 연구는 여자체조선수 20명과 비운동선수 23명을 대상으로 생식호르몬 농도와 골밀도를 조사하였으며 선행연구에서의 신체계측치와 섭식패턴, 영양섭취상태에 대한 결과와 함께 여자체조선수들의 골밀도에 미치는 요인들을 분석하였다.

여자체조선수들의 초경연령은  $15.8 \pm 1.2$ 세로 비운동선수들의 초경연령  $11.8 \pm 2.8$ 세보다 늦었으며 ( $p < 0.001$ ) 생식호르몬 농도는 에스트라디올, 프로게스테론, 황체형성호르몬 농도가 비운동선수보다 낮았으나 유의적인 차이는 없었다. 운동성 무월경인 체조선수는 12명으로서 만 16세 이상인데 월경을 한 적이 없는 선수가 2명, 초경을 시작했어도 2~3개월씩 월경을 하지 않는 희발월경인 선수가 10명이었으며 신장은  $154.1 \pm 3.2$ cm, 체중은  $46.6 \pm 2.9$ kg, 체지방률은  $16.1 \pm 2.3\%$ 이었고, 영양소 섭취상태는 권장량에 도달하지 못했으며 에너지 섭취상태는  $-1,331.8 \pm 558.0$ kcal의 음의 에너지 균형을 나타냈다. 호르몬 농도는 에스트라디올  $38.9 \pm 16.1$ pg/ml, 프로게스테론  $0.6 \pm 0.3$ ng/ml, 황체형성호르몬  $3.5 \pm 2.7$ mIU/ml, 여포자극호르몬  $3.6 \pm 1.0$ mIU/ml로서 에스트라디올과 프로게스테론 농도가 비운동선수보다 낮았다. 초경지연과 관련있는 변수는 체지방률( $r = -0.406$ )으로서 체지방률이 적을수록 초경이 지연되는 것으로 조사되었다.

요추와 원위요골부위의 골밀도는 여자체조선수와 비운동선수 사이에 유의적인 차이가 없었으며 대퇴골의 3부위인 대퇴경부( $p < 0.01$ ), 대퇴전자부( $p < 0.01$ ), Ward's triangle( $p < 0.01$ )의 골밀도는 여자체조선수가 비운동선수보다 유의적으로 높았다. 골밀도에 미치는 변수들의 영향력을 조사한 결과 요추골밀도는 연령( $\beta = 0.59$ ), 체질량지수( $\beta = 0.50$ )가 높을수록 증가하였으며 대퇴경부의 골밀도는 여자체조선수( $\beta = 0.50$ )가 비운동선수보다 높았으며 연령( $\beta = 0.25$ ), 체질량지수( $\beta = 0.48$ )가 증가할수록 증가하였다. 대퇴전자부의 골밀도는 여자체조선수( $\beta = 0.41$ )가 비운동선수보다 높았고, 체질량지수( $\beta = 0.94$ ), 에너지 소비량( $\beta = 0.99$ )이 증가할수록 골밀도가 높았다. Ward's triangle의 골밀도는 여자체조선수( $\beta = 0.47$ )가 비운동선수보다 높았으며, 연령( $\beta = 0.38$ ), 체지방률( $\beta = 0.42$ ), 여포자극호르몬농도( $\beta = 0.54$ )가 증가할수록 Ward's triangle의 골밀도가 증가하였다. 원위요골부위는 연령( $\beta = 0.71$ ), 체지방률( $\beta = 0.43$ )이 많을수록 골밀도가 증가하였다. 현재의 연구에서는 월경장애(초경지연, 희발월경, 무월경)가 있는 것으로 조사

된 여자체조선수들의 골밀도는 저체중, 저체지방량 그리고 칼슘 섭취량이 적지만 운동에 의한 자극 등의 요인 때문에 대퇴 3부위에서의 골밀도가 유의적으로 높은 것으로 조사되었다.

본 연구대상자인 여자체조선수들은 초경 시작이 늦었으므로 낮은 생식호르몬 농도에 노출된 기간이 짧고, 사춘기의 성적인 성숙이 완료되지 않았으므로 비정상적인 월경기능이 2차적으로 미칠 영향에 대해서는 고려되지 않았지만 비정상적인 월경기능이 지속된다면 근골격계, 신경계 및 운동수행력에 미칠 영향은 다각적으로 검토되어야 할 것으로 보인다. 또한 낮은 생식호르몬 농도, 저체지방량, 저체중, 낮은 칼슘 섭취율, 음의 에너지 균형이 계속된다면 최대 골밀도에 도달하는데 미치는 영향은 달라질 수 있을 것이다. 이에 대해서도 앞으로 연령, 체중, 신장을 대조시킨 정상적인 월경을 하는 체조선수들과 비교 분석하여 장애가 되는 요인을 알아내고 지속적인 관리가 되어야 할 것이다.

## Literature cited

- 1) Lee GY, Kim SS. Differential effects of exercise on bone density in male athletes. *Korean Sports Med* 13(1) : 67-76, 1995
- 2) Cann CE, Martin MC, Genant HK. Detection of premenopausal women at risk for the development of osteoporosis. *Abstract. Athletic Amenorrhea Bulletin* 1 : 3, 1982
- 3) Drinkwater BR, Nelson K, Chesnut CH, Bremner WJ, Sheinholtz SS, Srowthworth MB. Bone mineral content of amenorrheic and eumenorrheic athletes. *New Engl J Med* 311 : 277-281, 1984
- 4) Cann CE, Martin MC, Jaffe RB. Duration of amenorrhea affects rate of bone loss in women runners : Implications for therapy. *Abstract. Med Sci Sports Exerc* 17 : 214, 1985
- 5) Cann CE, Cavanaugh DJ, Schnurpfel K, Martin MC. Menstrual history is the primary determinant of trabecular bone density in women runners. *Abstract, Med Sci Med Exerc* 20(2) : S59, 1988
- 6) National Institute of Health Consensus Conference. Optimal calcium intake. *J Am Med Assoc* 272(24) : 1942-1948, 1994
- 7) Kanders BS, Lindsay R. The effect of physical activity and calcium intake on the bone density of young women aged 24-35. *Abstract. Med Sci Sports Exerc* 17 : 284-285, 1985
- 8) Dueck CA, Matt KS, Manore MM, Skinner JS. Treatment of athletic amenorrhea with a diet and training intervention program. *Int J Sport Nutr* 6 : 24-40, 1996
- 9) Willmore JH, Wambsgans KC, Brenner M, Broeder CE, Pajmans I, Volpe JA, Willmore KM. Is there energy conservation in amenorrheic compared with eumenorrheic distance runners? *J Appl physiol* 72 : 5-22, 1992
- 10) Allen KH. Calcium and osteoporosis. *Nutrition Today* 6-10, 1986
- 11) Kim WY. Osteoporosis and dietary factors. *Korean J Nutr* 27(6) : 636-645, 1994
- 12) Kim JH, Jang OO, Kim MH, Lee YM, Moon SJ. CAN program evaluation using database of food : Dietary status of female college. *Korean J Nutr* 30(10) : 1317, 1997
- 13) Sung DJ. Sports Nutrition : V. Energy expenditure and energy needs. pp.81~88. Hong Keung, Seoul, 1997

- 14) Lohman TG, Roche AF, Martorell R. Anthropometric Standardization Reference Manual Champaign, I ll : Human Kinetics Books, 1988
- 15) Slaughter MH, Lohman TG, Boileau RA. Skinfold equations for estimation of body fatness in children and youth. *Hum Biol* 60 : 709-723, 1988
- 16) Nelsen ME, Fisher EC, Catsos PD, Meredith CN, Turksoy RN, Evans WJ. Diet and bone status in amenorrhic runners. *Am J Clin Nutr* 43 : 910-916, 1986
- 17) Micklesfield LK, Lambert EV, Fataar AB, Noakes TD, Myburgh KH. Bone mineral density in mature, premenopausal ultramarathon runners. *Med Sci Sports exerc* 27(5) : 688-696, 1995
- 18) Lee HJ, Choi MJ, Lee IK. The effect of anthropometric measurement and body composition on bone mineral density of Korean women in Taegu. *Korean J Nutr* 29(6) : 622-633, 1996
- 19) Hong JS. SAS and Statistical Analysis, Tamjin, Seoul, 1996
- 20) Gang SJ. Physical Statistical Analysis, 21C Education Company, Seoul, 1994
- 21) Kim JT. Exercise statistics, Taekyun, Seoul, 1998
- 22) Lloyd T, Andon MB, Rollings N, Martel JK, Landis JR, Demers LM, Eggl DF, Kieselhorst Kulin HE. Calcium supplementation and bone mineral density in adolescent girls. *JAMA* 270(7) : 841-844, 1993
- 23) Katzman DK, Bachrach LK, Carter DR, Marcus R. Clinical and anthropometric correlates of bone mineral acquisition in health adolescent girls. *J Clin Endocrinol Metab* 73 : 1332-1339, 1991
- 24) Dhuper S, Warren MP, Brook-Gunn J, Fox R. Effects of hormonal status on bone density in adolescent girls. *J Clin Endocrinol Metab* 71 : 083-1088, 1990
- 25) Benardot D, Schwarz M, Heller DW. Nutrient intake in young, highly competitive gymnasts. *J Am Dietet Assoc* 89(3) : 2-9, 1995
- 26) Avila MH, Stampfer MJ. Caffeine and other predictor of bone density among pre-and peri-menopausal women. *Epidemiology* 4 : 128-134, 1993
- 27) Moon SJ, Kim JH. The effects of Vitamin D status on bone mineral density of Korean adults. *Korean J Nutr* 31(1) : 46-61, 1998
- 28) Matkovic V, Fontana D, Tomincac C, Goel P, Chesnut CH. III Factors that influence peak bone mass formation : A study of calcium balance and the inheritance of bone mass in adolescent females. *Am J Clin Nutr* 52 : 878-888, 1990
- 29) Lloyd T, Rolling N, Andon MB. Determinants of bone density in young women, relationships among pubertal development, total body bone mass, and total body bone density in premenarche females. *J Clin Endocrinol Metab* 75 : 383-387, 1992
- 30) Kirchner EM, Lewis RD, O'connor PJ. Bone mineral density and dietary intake of female college gymnasts. *Med Sci Sports Exerc* 27(4) : 543-549, 1995
- 31) Risser WL, Lee LE, Leblanc A, Poindexter HBW, Risser JMH, Schneider V. Bone density in eumenorrhic female college athletes. *Med Sci Sports Exerc* 22 : 570-574, 1990
- 32) Fechling PC, Rector A, Alekel L. A comparison of bone mineral densities at axial and appendicular sites among collegiate athletes. *Med Sci Sports Exerc* 25(11) : 1197-1202, 1993
- 33) Tilbner SA, Schiller MR. Dietary intakes of female college athletes : The need for nutrition education. *J Am Dietet Assoc* 89(7) : 967-969, 1989
- 34) Robinson TC, Gillis SH D, Shaw J. Bone mineral density and menstrual cycle status in comparative female runners and gymnasts. (Abstract) *Med Sci Sports Exerc* 25 : S49, 1993
- 35) Davee AM, Rosen CJ, Adlel RA. Exercise patterns and trabecular bone density in college women. *J Bone Miner Res* 5 : 245-250, 1990
- 36) Kelly PJ, Eisman JA, Sambrook PN. Interaction of genetic and environmental influences on peak bone density. *Osteo Inter* 1 : 56-60, 1990
- 37) Eisman JA, Kelly PJ, Pocock NA, Birmingham J, Sambrook PN. Exercise and its interaction with genetic effects on bone : Cotwin control studies of exercise and bone density. Abstracts of the 3rd International Conference on physical activity, aging and sports, P. 38, Jyv"askyla", May 31-June 4, 1992
- 38) Slemenda CW, Miller JZ, Hui SL, Reister TK, Johnston Jr CC. Role of physical activity in the development of skeletal mass in children. *J Bone Miner Res* 6 : 1227-1233, 1991
- 39) Cann CE, Martin MC, Genant HK, Jaffe RB. Decreased spinal mineral content in amenorrhic women. *JAMA* 251(5) : 626-629, 1984
- 40) Robinson TL, Snow-harter C, Taaffe DR, Gillis D, Shaw J, Marcus R. Gymnasts exhibit higher bone mass than runners despite similar prevalence of amenorrhea and oligomenorrhea. *J Bone Miner Res* 10(1) : 26-35, 1995
- 41) Myburgh KH, Bachrach LK, Lewis B, Kent K, Marcus R. Low bone mineral density at axial and appendicular sites in amenorrhic athletes. *Med Sci Sports Exerc* 25(11) : 1197-1202, 1993
- 42) Rubin CT, Lamyon LE. Regulation of bone formation by applied dynamic loads. *J Bone Joint Surg* 66 : 397-402, 1984
- 43) Frost HM. The role of changes in mechanical usage set points in the pathogenesis of osteoporosis. *J Bone Miner Res* 7(3) : 253-261, 1992
- 44) Katzman DK, Bachrach LK, Carter DR, Marcus R. Clinical and anthropometric correlates of bone mineral acquisition in healthy adolescent girls. *J Clin Endocrinol Metabol* 73 : 1332-1339, 1991
- 45) Finkelstein JS, Neer RM, Biller BM, Crawford JD, Klibanski A. Osteopenia in men with a history of delayed puberty. *N Engl J Med* 326(9) : 600-604, 1992
- 46) Taylor CM, Pye OF. Foundation of nutrition. Macmillian Company, NY, 1996