

일부 사춘기 여중생의 혈청 렙틴, 지질, 골대사 지표 및 영양 섭취 상태와의 관계

이다홍¹ · 배윤정^{2*} · 승정자²

¹원광대학교 식품영양학과, ²숙명여자대학교 식품영양학과

The Study of Relation among Serum Leptin, Lipids, Bone Metabolism Marker and Nutrient Intakes of Middle-school Girls

Da-Hong Lee¹, Yun-Jung Bae^{2*} and Chung-Ja Sung²

¹Dept. of Food and Nutrition, Wonkwang University, Iksan 570-749, Korea

²Dept. of Food and Nutrition, Sookmyung Women's University, Seoul 140-742, Korea

Abstract

The purpose of this study was to investigate the relationship between serum leptin, lipids, bone metabolism markers and nutrient intakes of obese middle-school girls compared to those of normal subjects. Each subject was assigned to either the normal($n=22$) or obese groups($n=25$) according to their BMI. The subjects were asked for their general characteristics and nutrient intakes using a questionnaire and 24-hr recall method. The serum leptin, lipids and osteocalcin(bone metabolism marker) were measured using blood analyses. The average ages of the subjects in the normal and obese groups were 13.9 and 14.0 years, respectively. The average weight($p<0.001$) and BMI($p<0.001$) of normal group were significantly lower than those of the obese group. The plant protein intake of the girls in the obese group was lower than that of the normal group($p<0.01$). The levels of serum leptin in the obese and normal groups were 18.0 and 10.0 ng/mL, respectively($p<0.001$). The serum LDL-cholesterol($p<0.01$) and triacylglyceride($p<0.05$) of the obese girls were higher than those in the normal group. Also, the serum osteocalcin(bone formation marker) in the obese group was lower than that in the normal group($p<0.001$). The BMI was negatively correlated to osteocalcin($p<0.001$), but positively correlated to the serum leptin($p<0.001$). The serum osteocalcin was also positively correlated to the plant protein intake($p<0.05$). In conclusion, the excessive increase in weight and % body fat in middle-school students appeared to have a negative impact on bone health. Based on these results, further studies will be needed on the effects of bone metabolism markers, obesity and nutrient intakes for proper bone health.

Key words : Serum leptin, serum osteocalcin, serum lipids, middle-school girl.

서론

급속한 경제 성장과 생활 수준의 향상으로 생활이 편리해지고 식생활 패턴이 변화되면서 비만 인구가 증가하고 있다. 비만은 어느 시기에나 발생할 수 있으나 신체적으로 급성장이 이루어지며 호르몬 작용으로 체형에 변화가 일어나는 청소년기에 발생률이 특히 높은 것으로 보고되고 있다(Kang *et al* 1997). 이 시기의 비만은 성인 비만으로 이행될 확률이 크다는 연구 보고(Must *et al* 1992, Whitaker *et al* 1997)가 있고 과체중이나 비만이었다던 경우, 그들의 약 80%는 성인 비만증이 되며 성인 비만증 환자들의 30%는 이미 아동기 때부터 체중이 많이 나갔던 병력이 있다고 한다(Guo *et al* 1994).

비만과 관련하여, 체지방의 상승에 따라 지방 조직에서 분

비가 증가되는 호르몬의 일종인 렙틴에 대한 관심이 집중되고 있다. 렙틴은 지방 세포의 비만 유전자에 의해 형성되는 16 kDa 크기의 단백질로 시상하부에 작용하여 음식 섭취를 억제시키고 에너지 소비를 증가시켜 비만을 조절하는 역할을 담당하고 있으며(Isse *et al* 1995, Pelleymounter *et al* 1995, Caro *et al* 1996, Halaas *et al* 1997), 체지방량과 높은 상관성이 보고되고 있다(Considine *et al* 1996, Dagogo-Jack *et al* 1996, Haffner *et al* 1997, Kim & Sung 2000). 또한 동물과 인체 실험 모두에서 렙틴 함량은 체지방과 상관성이 있고, Havel *et al*(1996)도 높은 혈중 렙틴 함량이 지방 축적의 정도를 직접적으로 반영한다고 하여, 혈중 렙틴 함량과 비만도와의 관련성을 보고하였다.

또한 렙틴은 성장 호르몬과 함께 골대사의 조절 기능을 수행하는 피드백 기전의 하나로 간주된 바 있으며(Blum WF 1997), 골수에 직접 영향을 미쳐 조골세포로의 분화를 촉진

* Corresponding author : Yun-Jung Bae, Tel : +82-2-710-9465, Fax : +82-2-701-2926, E-mail : swingtru@hanmail.net

함으로써 골대사에 영향을 미친다고 하였다(Gainsford *et al* 1996). Hamrick *et al*(2005)은 렙틴이 결핍된 비만 쥐에게 렙틴을 투여한 후 골생성의 활성화를 나타내는 것으로 보고하였으나, Ducey *et al*(2000)은 오히려 골 생성을 저해한다고 보고하였다. 인체 연구에서도 렙틴이 골량을 증가시킨다는 주장(Thomas *et al* 1999)과 렙틴이 골형성 및 흡수 지표와 관련성이 낮다는 상반된 결과(Goulding & Taylor 1998)가 보고된 바 있다. 이상에서 살펴본 바와 같이 혈중 렙틴 농도는 명확히 밝혀지지는 않았지만 골격 건강에 영향을 미치는 것(Friedman & Halaas 1998)을 비롯하여 체내 지방량 및 대사 기능 변화에 영향을 미치는 요인들의 분비 및 활성화와 높은 관련성을 가진다고 볼 수 있다. 그러나 사람에서 혈청 렙틴과 골격 건강과의 상관관계에 대해서는 소수의 연구만이 보고되어 있으며, 뚜렷한 상관관계가 관찰되고 있지 않다(Rauch *et al* 1998, Odabasi *et al* 2000).

그러므로 본 연구에서는 체형의 변화가 급격히 일어날 수 있는 사춘기 여중생을 대상으로 식사 섭취 조사, 신체 계측, 렙틴과 골대사 관련 혈액 분석을 실시하고, 체질량지수에 따라 비만군과 정상군으로 분류하여 혈청 렙틴과 골대사 지표와의 관련성을 알아보았다.

연구 방법 및 내용

1. 연구 대상자

본 연구는 2000년 12월에 전라북도 I시 지역의 중학교 2학년에 재학 중인 여학생들을 대상으로 학기 초에 실시한 신체 검사 결과를 바탕으로 체질량지수를 산정하고, 이를 기준으로 비만군과 정상군을 구분하여 총 47명을 표집하였다. 신체 계측, 식사 섭취 조사, 혈액 채취를 실시하였으며, 측정된 신장과 체중을 기준으로 다시 체질량지수를 산출하여 한국 소아의 표준 발육치(Korean Pediatric Society 1999)의 85 백분위수 미만에 해당하는 대상자를 정상군(22명), 85 백분위수 이상에 해당하는 대상자를 비만군(25명)으로 분류하였다(Dorsey *et al* 2005).

2. 신체 계측

신장과 체중은 가벼운 옷차림 상태에서 맨발로 직립 자세를 취하게 하고 신장 자동 계측기(Fitness measuring system, DS-102, JENIX, Seoul, Korea)를 사용하여 측정하였다. 측정된 신장과 체중을 이용하여 체질량지수(BMI: Body Mass Index= kg/m^2)를 계산하였으며, 체지방율, 체지방량(LBM: Lean Body Mass), 체수분율(TBW: Total Body Water)은 체지방 측정기(Bio-electrical impedance analyzer, TBF-105, TANITA, Tokyo, Japan)를 사용하여 연령과 신장을 기준으로 계산하였

다. 신체 둘레는 줄자를 이용하여 허리둘레, 엉덩이 둘레를 측정하였고, 허리와 엉덩이 둘레를 기준으로 WHR(waist hip ratio)을 산정하였다. 혈압은 자동 혈압기(Fully automatic blood pressure monitor, BP-750A, ITOco, Tokyo, Japan)를 사용하여 공복 상태에서 측정하였다.

3. 식사 섭취 조사

식사 섭취는 훈련된 조사원이 Food model과 일상생활에서 사용하는 식기를 이용하여 조사자의 회상을 도와주면서 개인 인터뷰를 하는 방법으로 조사하였다. 조사된 자료를 기초로 하여 1일 영양소 섭취량은 영양 평가 프로그램(Can-Pro: Computer Aided Nutritional analysis program for professionals, 한국영양학회 부설 영양정보센터)을 이용하여 분석하였다.

4. 혈액 분석

공복 상태에서의 진공 채혈관을 이용하여 정맥혈 15 mL를 채취하였다. 채취된 혈액은 3,000 rpm의 속도로 15분간 원심분리하여 혈청을 얻은 후 분석에 사용하였다. 혈청 중 총 콜레스테롤, 중성지질, HDL-콜레스테롤 함량은 효소법을 이용한 kit(Boeringer mannheim, Germany)를 사용하여 측정하였다. 혈청 중 LDL-콜레스테롤 함량은 Friedwald의 공식에 의거하여 산출하였으며(Friedewald *et al* 1972), 이외에도 동맥경화지수(Atherogenic Index: AI={총 콜레스테롤 - HDL-콜레스테롤}/HDL-콜레스테롤)를 산출하였다(Lauer *et al* 1988). 혈청 렙틴 함량은 렙틴 측정용 kit(Human Leptin RIA kit, LINCO Research, INC)를 사용하여 Radio Immuno Assay 법으로 측정하였으며, 혈청 오스테오칼신 농도는 Competitive법에 의하여 OSCA test osteocalcin kit(Brahms, Germany)를 사용하여 γ -counter(COBRA 5010 Quantumn, USA)에서 활성을 측정하였다.

5. 통계 분석

본 실험에서 얻은 모든 결과는 SAS program(version 8.1)을 이용하여 평균과 표준 편차를 구하였고, 체질량지수에 따른 비만군과 정상군 간의 신체 계측, 영양소 섭취 상태, 혈액 성분 비교는 Student's *t*-test를 이용하여 유의성을 검정하였다. 모든 변수간의 상관관계는 Pearson's correlation coefficient(*r*)로 유의성 검정을 실시하였다.

결과 및 고찰

1. 신체 계측 사항

연구 대상자들의 신체 계측 사항은 Table 1과 같이 평균 연령은 정상군과 비만군 각각 13.9세와 14.0세였으며, 신장

Table 1. General characteristics of the subjects

	Normal (n=22)	Overweight (n=25)	Significance ²⁾
Age(yr)	13.9± 0.3	14.0± 0.0	N.S ⁹⁾
Height(cm)	157.9± 6.1	158.8± 3.9	N.S
Weight(kg)	54.7± 6.2	72.0± 6.7	p<0.001
BMI ³⁾ (kg/m ²)	21.8± 1.3	28.5± 2.2	p<0.001
%Body fat	30.2± 3.9	42.3± 4.8	p<0.001
LBM(% ⁴⁾)	69.8± 3.9	57.7± 4.8	p<0.001
TBW(% ⁵⁾)	53.0± 9.7	42.3± 3.5	p<0.001
SBP(mmHg ⁶⁾)	115.8±11.2	124.0±12.4	p<0.05
DBP(mmHg ⁷⁾)	72.9± 9.9	74.0± 8.4	N.S
Waist(cm)	68.0± 4.5	80.0± 5.5	p<0.001
Hip(cm)	91.5± 4.3	101.5± 4.9	p<0.001
WHR ⁸⁾	0.7± 0.0	0.8± 0.0	p<0.001

¹⁾ Mean±Standard Deviation.

²⁾ Significance as determined by student *t*-test.

³⁾ Body Mass Index.

⁴⁾ Lean Body Mass.

⁵⁾ Total Body Water.

⁶⁾ Systolic Blood Pressure.

⁷⁾ Diastolic Blood Pressure.

⁸⁾ Waist Hip Ratio.

⁹⁾ Not significant.

과 체중은 각각 정상군에서 157.9 cm, 54.7 kg, 비만군에서 158.8 cm, 72.0 kg이었다. 비만군이 정상군에 비하여 체중($p<0.001$), 체질량지수($p<0.001$), 체지방률($p<0.001$), 수축기 혈압($p<0.05$), 허리 둘레($p<0.001$), 엉덩이 둘레($p<0.001$), 허리 와 엉덩이 둘레의 비($p<0.001$)가 유의적으로 높았으며, 체지방률($p<0.001$)과 체수분율($p<0.001$)은 유의적으로 낮게 나타났다. 본 연구 대상자의 신장과 체중을 한국인 영양 섭취 기준(The Korean Nutrition Society 2005)에 나타난 성별·연령별(여자, 12~14세) 체위 기준치인 155 cm, 46.5 kg과 비교하여 볼 때 두 군 모두 신장과 체중에서 기준치를 초과하는 것으로 나타났다.

2. 영양소 섭취량

연구 대상자들의 영양소 섭취량 및 한국인 영양 섭취 기준(The Korean Nutrition Society 2005)에 대한 섭취 비율은 Table 2, 3과 같다. 열량 섭취량은 정상군이 1,931.0 kcal, 비만군이 1,685.7 kcal로 군간에 유의적인 차이가 없었다. 단백질 섭취량의 경우 정상군과 비만군 각각 60.3 g, 56.0 g으로

Table 2. Mean daily energy and nutrient intakes of subjects

	Normal (n=22)	Overweight (n=25)	Significance ²⁾
Energy(kcal)	1931.0± 501.9 ¹⁾	1685.7±411.3	N.S
Protein(g)	60.3± 17.1	56.0± 17.7	N.S
Animal protein	23.5± 11.6	27.4± 19.8	N.S
Plant protein	36.7± 9.3	28.6± 8.4	p<0.01
Fat(g)	49.9± 22.2	45.7± 20.5	N.S
Animal fat	14.0± 9.2	17.7± 14.7	N.S
Plant fat	35.8± 17.1	28.0± 13.8	N.S
Carbohydrate(g)	311.8± 74.6	264.5± 78.2	N.S
Crude fiber(g)	4.7± 1.8	3.9± 1.1	N.S
Ash(g)	15.6± 4.0	13.5± 2.9	N.S
Calcium(mg)	385.3± 133.6	367.2±256.7	N.S
Animal calcium	172.2± 129.4	209.5±253.2	N.S
Plant calcium	213.1± 73.2	157.6± 60.7	p<0.05
Phosphorus(mg)	905.5± 210.4	852.9±317.4	N.S
Sodium(mg)	3654.5± 936.9	2857.8±801.2	p<0.01
Potassium(mg)	2079.4± 648.4	1886.8±652.4	N.S
Iron(mg)	9.2± 4.3	8.0± 2.4	N.S
Animal iron	2.2± 1.3	2.6± 1.4	N.S
Plant iron	7.3± 3.7	5.6± 2.3	N.S
Zinc(mg)	6.8± 2.0	6.3± 2.0	N.S
Vitamin A(μg RE)	483.3± 320.2	422.1±196.6	N.S
Retinol	95.1± 106.2	133.9±139.1	N.S
Carotene	2221.4±1528.9	1731.2±928.1	N.S
Vitamin B ₁ (mg)	1.1± 0.4	1.1± 0.3	N.S
Vitamin B ₂ (mg)	0.8± 0.3	0.8± 0.5	N.S
Niacin(mg)	12.2± 4.7	11.1± 3.4	N.S
Vitamin C(mg)	121.0± 12.6	145.5±135.7	N.S
Cholesterol(mg)	180.9± 162.8	241.1±167.0	N.S

¹⁾ Mean±Standard Deviation.

²⁾ Significance as determined by Student *t*-test.

두 군간 유의적인 차이를 보이지 않았으며, 권장 섭취량 대비 섭취율은 두 군 모두 100%를 상회하는 섭취 양상을 보였다. 식물성 단백질의 경우 정상군이 36.7 g으로 비만군의 28.6 g 보다 유의적으로 높은 섭취를 보였으며($p<0.01$), 지방 섭취

Table 3. The percent of Korean DRI of subjects

	Normal (n=22)		Overweight (n=25)	
	%RI ³⁾	%People <EAR ⁴⁾	%RI	%People <EAR
Protein(%) ²⁾	133.9±38.0 ¹⁾	13.6	124.5± 39.3	24.0
Vitamin A(%)	74.4±49.3	63.6	64.9± 30.2	64.0
Vitamin B ₁ (%)	113.8±35.5	27.3	106.1± 34.3	36.0
Vitamin B ₂ (%)	67.3±23.4	77.3	69.4± 41.4	80.0
Niacin(%)	93.7±35.9	31.8	85.3± 25.9	56.0
Vitamin C(%)	134.4± 14.0	45.5	161.7±150.8	56.0
Calcium(%)	42.8±14.8	100.0	40.8± 28.5	96.0
Phosphorus(%)	100.6±23.9	18.2	94.8± 35.3	48.0
Iron(%)	76.7±35.8	59.1	66.8± 20.1	72.0
Zinc(%)	97.1±29.0	45.5	90.2± 28.9	60.0

¹⁾ Mean±Standard Deviation.
²⁾ Significance as determined by Student *t*-test N.S.
³⁾ Percent of Recommended Intake.
⁴⁾ Percent of people whose intakes do not meet Estimated Average Requirement(EAR).

량은 정상군 49.9 g, 비만군 45.7 g으로 두 군간 유의적인 차이는 보이지 않았다. 섭취 열량에 대한 탄수화물, 지방, 단백질의 섭취비율은 정상군의 경우 64.6 : 22.9 : 12.5, 비만군은 62.8 : 24.4 : 12.8이었으며, 한국인 영양 섭취 기준(The Korean Nutrition Society 2005)에서 권장하는 13~19세의 적정 비율인 55~70 : 15~30 : 7~20과 비교시 두 군 모두 적정 비율의 섭취 양상을 보였다. 체질량지수에 따른 비만군과 정상군의 열량 영양소 섭취 상태는 유의적인 차이를 보이지 않은 여러 연구 결과들(Yim *et al* 1993, Sim *et al* 1994, Kim *et al* 2001)과 일치하였고, 비만군의 영양소 섭취량이 정상군에 비하여 오히려 낮은 경향을 나타내었다. 이것은 비만군의 경우, 식사 섭취 조사시 섭취량을 적게 보고하였을 가능성이 있으며, 결식과 과식 등의 불규칙적인 식습관으로 인하여 다른 군에 비하여 낮은 섭취량을 보일 수 있는 것으로 생각된다.

칼슘의 섭취량은 정상군과 비만군 각각 385.3 mg, 367.2 mg으로 두 군간 유의적인 차이는 없었으나, 식물성 칼슘의 경우 정상군(213.1 mg)이 비만군(157.6 mg)에 비해 유의적으로 높은 섭취를 보였다($p<0.05$). 또한 칼슘의 경우, 권장 섭취량 대비 섭취량이 정상군과 비만군에서 각각 42.8%와 40.8%를 보였으며, 평균 필요량(EAR: Estimated Average Requirement)에 부족되게 섭취하는 비율이 정상군에서 100.0%, 비만군에서 96.0%로 나타나, 두 군 모두에서 매우 부족한 섭취

양상을 보였다. 또한 비타민 A, 비타민 B₂, 철 등의 영양소도 권장 섭취량 대비 섭취량이 75% 미만이었으며, 평균 필요량에 부족되게 섭취하는 비율도 50% 이상으로 높게 나타나 부적절한 섭취를 나타내었다.

칼슘은 지속적으로 섭취 부족이 보고되고 있는 영양소 중의 하나로, 특히 우리나라는 칼슘 섭취 부족에 따라 골격 건강에 대한 관심이 크게 증가하고 있다. 골격 건강은 신체의 성장, 발달과 밀접한 관계를 가지고 있으며, 모든 질환과 마찬가지로 골격 건강도 치료보다는 예방 관리가 다양한 측면에서 효율적이기 때문에 성장시기에 적절한 골격 및 신체 발달을 위한 노력이 이루어져야 할 것이다.

3. 혈액 성상

혈청 렙틴, 지질 및 오스테오칼신 함량은 Table 4와 같다. 혈청 렙틴 함량은 정상군이 10.0 ng/mL, 비만군이 18.0 ng/mL로 유의적인 차이를 나타내었다($p<0.001$). 비만 유전자 산물인 렙틴은 지방 조직에서 분비되는 호르몬의 일종으로 체내 지방의 양과 비례하여 증가한다(Zhang *et al* 1994, Pellemounter *et al* 1995, Halaas *et al* 1997). 체질량지수는 지방의 양과 직접적인 연관이 있어 신체의 지방을 측정하는 간접적인 방법으로 사용되어지는데, 여러 연구에서 체질량지수가 증가함에 따라 렙틴이 증가하는 것으로 보고되어 본 연구 결과와 일치하였다(Considine *et al* 1996, Ferron *et al* 1997, Kim & Sung 2000).

혈청 지질 함량에서, 총 콜레스테롤은 정상군과 비만군 각각 154.3 mg/dL, 169.9 mg/dL로 두 군간에 유의적인 차이를 보이지 않았다. LDL-콜레스테롤($p<0.01$), 중성지질($p<0.05$), 동맥경화지수($p<0.001$)는 비만군이 정상군에 비하여 유의적으로 높았으며, HDL-콜레스테롤 함량은 비만군이 44.4 mg/

Table 4. Serum parameters in subjects

	Normal (n=22)	Overweight (n=25)	Significance ²⁾
Cholesterol(mg/dL)	154.3±35.4 ¹⁾	169.9±29.0	N.S
Triglyceride(mg/dL)	65.4±29.4	92.9±29.0	$p<0.05$
HDL-Cholesterol(mg/dL)	50.6± 7.4	44.4±10.5	$p<0.01$
LDL-Cholesterol(mg/dL)	90.6±27.9	106.9±25.9	$p<0.01$
AI ³⁾	2.1± 0.6	3.0± 1.0	$p<0.001$
Leptin(ng/mL)	10.0± 4.1	18.0± 5.9	$p<0.001$
Osteocalcin(ng/mL)	13.7± 1.9	9.2± 3.0	$p<0.001$

¹⁾ Mean±Standard Deviation.
²⁾ Significance as determined by Student *t*-test.
³⁾ Atherogenic Index.

dL로 정상군의 50.6 mg/dL에 비하여 유의적으로 낮게 나타났다($p < 0.01$). 이상의 결과에서 청소년기에 있어서도 성인에서와 마찬가지로 체질량지수의 증가는 심혈관계 질환 및 성인병의 유발 가능성과 관련이 있는 혈중 지질 수준을 증가시키는 것으로 나타났다.

혈청 오스테오칼신(osteocalcin)은 정상군과 비만군에서 각각 13.7 ng/mL, 9.2 ng/mL로 나타나, 두 군간 유의적인 차이를 나타내었다 ($p < 0.001$). 오스테오칼신은 골과 상아질에 특이성을 가지는 단백질로서, 조골세포에서 만들어지기 때문에 조골세포의 활동력을 알 수 있으며, 골다공증 환자와 골 상태에 관한 연구에 지표 물질로 널리 사용되고 있다(Brown *et al* 1984). 오스테오칼신은 젊은 연령층에서 혈청 중 함량의 증가가 골형성의 증가를 의미한다고 보고되어(Liu & Peacock 1998), 본 연구에서 정상군이 비만군에 비해 골형성률이 증가되어

있음을 알 수 있었다.

4. 혈청 렙틴과 오스테오칼신, 체질량지수, 영양소 섭취량과의 상관관계

본 연구에서 혈청 렙틴과 오스테오칼신 및 체질량지수와 상관관계는 Fig 1~3과 같으며, 혈청 렙틴 함량은 오스테오칼신과 유의적이지는 않으나 음의 관련성의 경향을 나타내었다. 혈청 렙틴은 체질량지수($p < 0.001$)와 양의 상관관계를, 오스테오칼신은 체질량지수($p < 0.001$)와 음의 상관성을 보였다. 체중은 골의 재생성과 구조 형성에 물리적인 부하로 작용하므로 골밀도 변화에 영향을 미친다고 하며, 골밀도를 예측하는 유력한 변인으로 인정되고 있다(Reid *et al* 1992, Douchi *et al* 2000). 또한 비만은 칼슘 배설을 감소시키고 골용해를 저하시키는데, 이러한 결과는 체지방 조직에서 유발되는

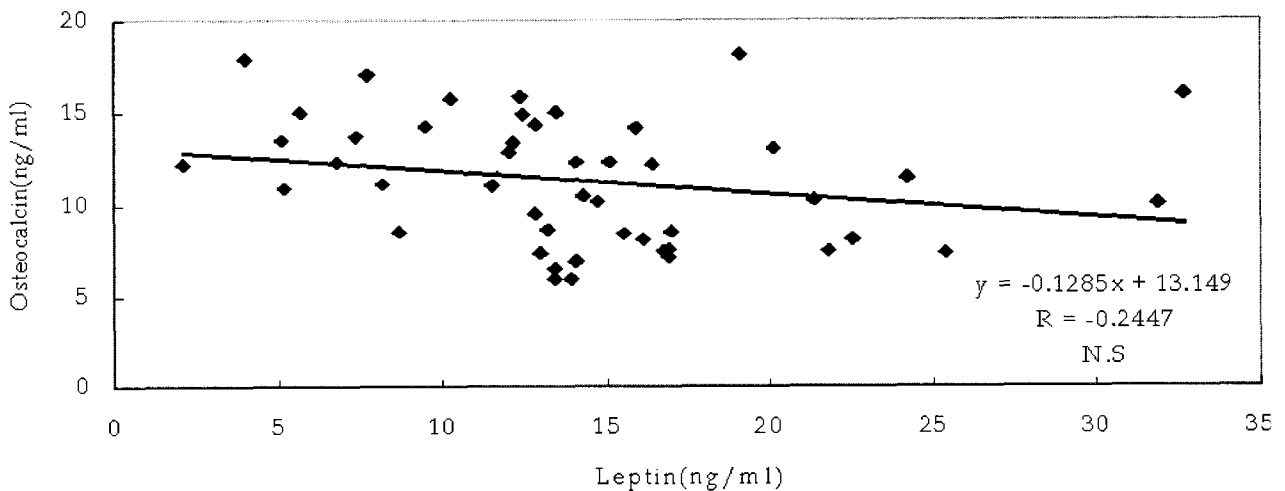


Fig. 1. Correlation coefficients between leptin and osteocalcin.

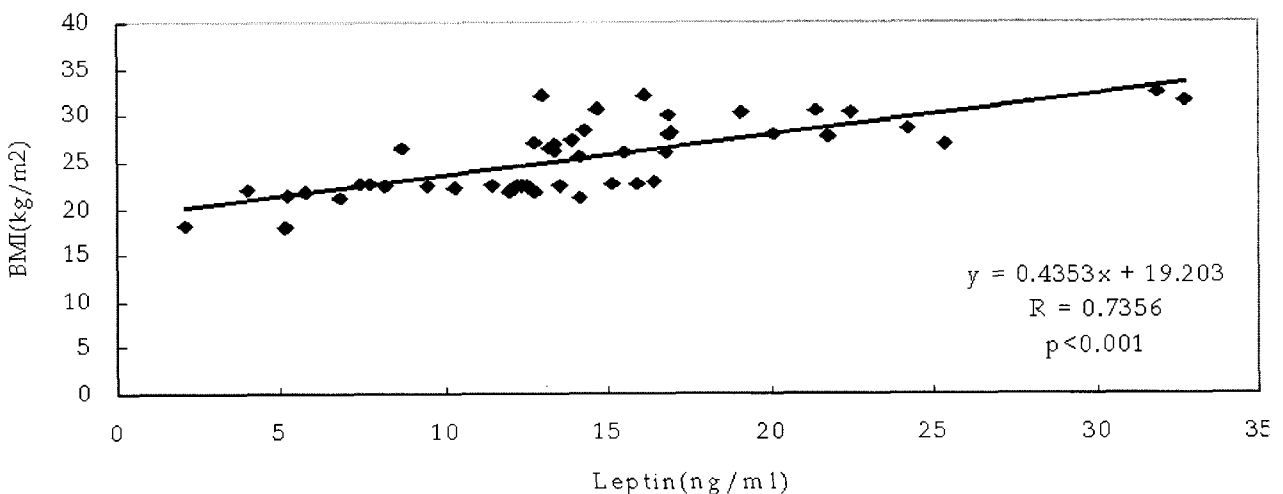


Fig. 2. Correlation coefficients between leptin and BMI.

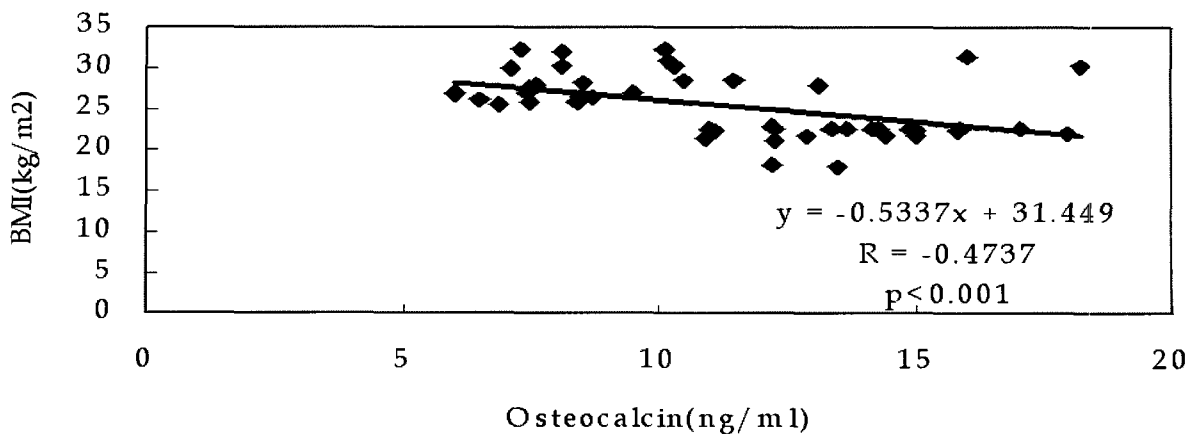


Fig. 3. Correlation coefficients between osteocalcin and BMI.

안드로젠(androgen)의 방향화(aromatization)에 의한 에스트로젠 생성의 증가가 주된 이유라는 보고도 있다(Frumar *et al* 1980). Grodin *et al*(1973)은 지방 조직량이 많을수록 인슐린 저항성이 증가되며 이로 인해 고인슐린혈증이 유발되며, 이때 인슐린은 골성분을 유지시키는 작용이 있어서 고인슐린혈증은 골밀도 유지에 긍정적으로 작용한다고 보고되었다.

이와 같이 비만의 경우 골에 대한 기계적인 부하를 증가시켜 골격의 보호 효과를 지닌다는 결과가 보고되었으나(Hla *et al* 1996), 일부 연구에서는 청소년기의 체중 증가는 오히려 골절의 위험도를 증가시킨다고 보고하여(Goulding *et al* 2000) 본 연구 결과를 뒷받침해 주고 있다. 따라서 청소년기 여학생에서 체질량지수에 따라 비만으로 분류될 경우, 골형성 인자인 오스테오칼신의 수준이 정상 체중 여학생에 비해 낮게 나타남으로써, 청소년기 비만 여학생을 대상으로 하여 골격 건강을 위해 꾸준한 영양 교육과 식사 요법을 이용한 관리가 필요할 것으로 생각된다.

본 연구에서 혈청 렙틴, 오스테오칼신과 영양소 섭취량과의 상관관계는 Table 5와 같다. 혈청 렙틴은 동물성 단백질($p < 0.05$), 동물성 지방($p < 0.05$), 동물성 칼슘($p < 0.05$), 동물성 철($p < 0.05$)과 같은 동물성 영양소와 비타민 B₂($p < 0.05$)와는 유의적인 양의 상관관계를, 식물성 단백질($p < 0.05$)과는 유의적인 음의 관련성을 보였다. 혈청 오스테오칼신은 식물성 단백질($p < 0.05$)과 양의 관련성을 나타내었다. 단백질은 골격 건강 유지에 있어 최대 골질량의 형성과 유지에 중요한 요인으로서, 단백질 섭취와 골격 건강의 양의 관련성을 나타낼 수 있다(Tkatch *et al* 1992). 그러나 동물성 단백질의 함유량 아미노산으로 인한 chemical sulfate는 신장에서 칼슘의 재흡수를 저해하고, 동물성 단백질의 섭취가 높을수록 소변 중 칼슘 배설이 증가하여 골격 건강에 부정적인 영향을 미칠 수 있다고 보고되고 있다(Schuette *et al* 1981). 따라서 동물성 단백질과 식물성 단백질의 적절한 섭취 비율이 골격 건강에

유용할 것으로 생각된다.

요약 및 결론

체형의 변화가 급격히 일어날 수 있는 사춘기 여중생을 대상으로 식사 섭취 조사, 신체 측정, 렙틴과 골대사 관련 혈액 분석을 실시하고, 체질량지수에 따라 비만군과 정상군으로 분류하여 혈청 렙틴과 골대사 지표와의 관련성을 알아본 결과는 다음과 같다.

1. 신장과 체중은 각각 정상군에서 157.9 cm, 54.7 kg, 비만군에서 158.8 cm, 72.0 kg이었다. 비만군이 정상군에 비하여 체중($p < 0.001$), 체질량지수($p < 0.001$), 체지방률($p < 0.001$), 수축기 혈압($p < 0.05$), 허리 둘레($p < 0.001$), 엉덩이 둘레($p < 0.001$), 허리와 엉덩이 둘레의 비($p < 0.001$)가 유의적으로 높았으며, 체지방률($p < 0.001$)과 체수분율($p < 0.001$)은 유의적으로 낮게 나타났다.
2. 열량 섭취량은 정상군이 1,931.0 kcal, 비만군이 1,685.7 kcal로 군간에 유의적인 차이가 없었으나, 식물성 단백질의 경우 정상군이 36.7 g으로 비만군의 28.6 g보다 유의적으로 높은 섭취를 보였다($p < 0.01$). 또한 섭취 열량에 대한 탄수화물, 지방, 단백질의 섭취 비율은 정상군의 경우 64.6 : 22.9 : 12.5, 비만군은 62.8 : 24.4 : 12.8으로 나타났으며, 칼슘의 섭취 부족 양상을 보였다.
3. 혈청 렙틴 함량은 정상군이 10.0 ng/mL, 비만군이 18.0 ng/mL로 유의적인 차이를 나타내었으며($p < 0.001$), 혈청 지질 함량에서, LDL-콜레스테롤($p < 0.01$), 중성지질($p < 0.05$), 동맥경화지수($p < 0.001$)는 비만군이 정상군에 비하여 유의적으로 높았으며, HDL-콜레스테롤 함량은 비만군이 44.4 mg/dL로 정상군의 50.6 mg/dL에 비하여 유의적으로 낮게 나타났다($p < 0.01$). 또한 오스테오칼신은 정상군과 비만군에서 각각 13.7 ng/mL, 9.2 ng/mL로 나

Table 5. Correlation coefficients between leptin, osteocalcin and nutrient intakes

	Leptin	Osteocalcin
Energy(kcal)	-0.1191	0.2617
Protein(g)	0.1624	0.2914
Animal protein	0.3989*	0.1133
Plant protein	-0.3751*	0.3311*
Fat(g)	0.0513	0.1674
Animal fat	0.3654*	0.0503
Plant fat	-0.2135	0.1854
Carbohydrate(g)	-0.2484	0.2150
Crude fiber(g)	-0.0906	0.2210
Ash(g)	-0.0963	0.2389
Calcium(mg)	0.2315	0.2480
Animal calcium	0.3356*	0.1865
Plant calcium	-0.2790	0.1798
Phosphorus(mg)	0.0956	0.2938
Sodium(mg)	-0.2569	0.2011
Potassium(mg)	0.1029	0.2354
Iron(mg)	-0.0720	0.0998
Animal iron	0.3416*	0.0453
Plant iron	-0.2437	0.1019
Zinc(mg)	-0.0532	0.2516
Vitamin A(μ g RE)	0.0823	-0.0114
Retinol	0.2181	-0.0952
Carotene	-0.0655	0.0155
Vitamin B ₁ (mg)	-0.0041	0.1638
Vitamin B ₂ (mg)	0.3429*	0.2009
Niacin(mg)	0.0120	0.0836
Vitamin C(mg)	0.1472	-0.1124
Cholesterol(mg)	0.1421	0.0349

¹⁾ Pearson's correlation coefficient. * $p < 0.05$.

타나, 두 군간 유의적인 차이를 나타내었다($p < 0.001$).

4. 혈청 렙틴 함량은 오스테오칼신과 유의적이지는 않으나 음의 관련성의 경향을 나타내었으며, 혈청 렙틴은 체질량지수($p < 0.001$)와 양의 상관관계를, 오스테오칼신은 체질량지수($p < 0.001$)와 음의 상관성을 보였다. 또한 혈청 렙틴은 동물성 영양소와 비타민 B₂($p < 0.05$)와 유의

적인 양의 상관관계를, 식물성 단백질($p < 0.05$)과 유의적인 음의 관련성을 보였으며, 혈청 오스테오칼신은 식물성 단백질($p < 0.05$)과 양의 관련성을 나타내었다.

이상의 연구 결과를 종합할 때 본 연구 대상자인 여중생의 경우 골격 건강에 효과적인 칼슘의 섭취 부족 양상을 보였으며, 비만도가 증가함에 따라 혈중 지질 수준, 렙틴의 수준이 증가하였고, 골형성 인자인 오스테오칼신은 감소하여 청소년기 비만 여학생을 대상으로 하여 골격 건강을 위해 꾸준한 영양 교육과 식사 요법을 이용한 관리가 필요할 것으로 생각된다.

문헌

- Blum WF (1997) Leptin: the voice of the adipose tissue. *Horm Res* 48 Suppl 4: 2-8.
- Brown JP, Delmas PD, Malaval L, Edouard C, Chapuy MC, Meunier PJ (1984) Serum bone Gla-protein: A specific marker for bone formation in postmenopausal osteoporosis. *Lancet* 19: 1091-1093.
- Caro JF, Sinha MK, Kolaczynski JW, Zhang PL, Considine RV (1996) Leptin: The tale of an obesity gene. *Diabetes* 45: 1455-1462.
- Considine RV, Sinha MK, Heiman ML, Kriauciunas A, Stephens TW, Nyce MR, Ohannesian JP, Marco CC, McKee LJ, Bauer TL (1996) Serum immunoreactive-leptin concentrations in normal-weight and obese humans. *N Engl J Med* 334: 292-295.
- Dagogo-Jack S, Fanelli C, Paramore D, Brothers J, Landt M (1996) Plasma leptin and insulin relationships in obese and nonobese humans. *Diabetes* 45: 695-698.
- Dorsey KB, Wells C, Krumholz HM, Concato JC (2005) Diagnosis, evaluation, and treatment of childhood obesity in pediatric practice. *Arch Pediatr Adolesc Med* 59: 632-638.
- Douchi T, Yamamoto S, Kuwahata R, Oki T, Yamasaki H, Nagata Y (2000) Effect of non-weight-bearing body fat on bone mineral density before and after menopause. *Obstet Gynecol* 96: 13-17.
- Ducy P, Amling M, Takeda S, Priemel M, Schilling AF, Beil FT, Shen J, Vinson C, Rueger JM, Karsenty G (2000) Leptin inhibits bone formation through a hypothalamic relay: a central control of bone mass. *Cell* 100: 197-207.
- Ferron F, Considine RV, Peino R, Lado IG, Dieguez C, Casanueva FF (1997) Serum leptin concentrations in patients with anorexia nervosa, bulimia nervosa and non-specific eating disorders correlate with the body mass index but are

- independent of the respective disease. *Clin Endocrinol* 46: 289-293.
- Friedewald WT, Levy RI, Fredrickson DS (1972) Estimation of the concentration of low-density lipoprotein cholesterol in plasma, without use of the preparative ultracentrifuge. *Clin Chem* 18: 499-502.
- Friedman JM, Halaas JL (1998) Leptin and the regulation of body weight in mammals. *Nature* 395: 763-770.
- Frumar AM, Meldrum DR, Geola F, Shamonki IM, Tatarzyn IV, Deftos LJ, Judd HL (1980) Relationship of fasting urinary calcium to circulating estrogen and body weight in postmenopausal women. *J Clin Endocrinol Metab* 50: 70-75.
- Gainsford T, Willson TA, Metcalf D, Handman E, McFarlane C, Ng A, Nicola NA, Alexander WS, Hilton DJ (1996) Leptin can induce proliferation, differentiation, and functional activation of hemopoietic cells. *Proc Natl Acad Sci USA* 93: 14564-14568.
- Goulding A, Taylor RW (1998) Plasma leptin values in relation to bone mass and density and to dynamic biochemical markers of bone resorption and formation in postmenopausal women. *Calcif Tissue Int* 63: 456-458.
- Goulding A, Taylor RW, Jones IE, McAuley KA, Manning PJ, Williams SM (2000) Overweight and obese children have low bone mass and area for their weight. *Int J Obes Relat Metab Disord* 24: 627-632.
- Grodin JM, Siiteri PK, MacDonald PC (1973) Source of estrogen production in postmenopausal women. *J Clin Endocrinol Metab* 36: 207-214.
- Guo SS, Roche AF, Chumlea WC, Gardner JD, Siervogel RM (1994) The predictive value of childhood body mass index values for overweight at age 35 y. *Am J Clin Nutr* 59: 810-819.
- Haffner SM, Miettinen H, Karhapaa P, Mykkanen L, Laakso M (1997) Leptin concentrations, sex hormones, and cortisol in nondiabetic men. *J Clin Endocrinol Metab* 82: 1807-1809.
- Halaas JL, Boozer C, Blair-West J, Fidahusein N, Denton DA, Friedman JM (1997) Physiological response to long-term peripheral and central leptin infusion in lean and obese mice. *Proc Natl Acad Sci USA* 94: 8878-8883.
- Hamrick MW, Della-Fera MA, Choi YH, Pennington C, Hartzell D, Baile CA (2005) Leptin treatment induces loss of bone marrow adipocytes and increases bone formation in leptin-deficient ob/ob mice. *J Bone Miner Res* 20: 994-1001.
- Havel PJ, Kasim-Karakas S, Dubuc GR, Mueller W, Phinney SD (1996) Gender differences in plasma leptin concentrations. *Nat Med* 2: 949-950.
- Hla MM, Davis JW, Ross PD, Wasnich RD, Yates AJ, Ravn P, Hosking DJ, McClung MR (1996) A multicenter study of the influence of fat and lean mass on bone mineral content: evidence for differences in their relative influence at major fracture sites. Early Postmenopausal Intervention Cohort (EPIC) Study Group. *Am J Clin Nutr* 64: 354-360.
- Isse N, Ogawa Y, Tamura N, Masuzaki H, Mori K, Okazaki T, Satoh N, Shigemoto M, Yoshimasa Y, Nishi S (1995) Structural organization and chromosomal assignment of the human obese gene. *J Biol Chem* 270: 27728-27733.
- Kang YJ, Hong CH, Hong YJ (1997) The prevalence of childhood and adolescent obesity over the last 18 years in Seoul area. *Korean J Nutr* 30: 832-839.
- Kim MH, Lee YS, Lee DH, Park JS, Chung CJ (2001) The study of relation among serum copper, zinc, leptin and lipids of middle-school girls. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 30: 540-546.
- Kim MH, Sung CJ (2000) The study of relationship among serum leptin, nutritional status, serum glucose and lipids of middle-school girls. *Korean J Nutr* 33: 49-58.
- Korean Pediatric Society (1999) Standard growth charts of Korean children and adolescent in 1998, Seoul. pp 30.
- Lauer RM, Lee J, Clarke WR (1988) Factors affecting the relationship between childhood and adult cholesterol levels: the Muscatine Study. *Pediatrics* 82: 309-318.
- Liu G, Peacock M (1998) Age-related changes in serum undercarboxylated osteocalcin and its relationships with bone density, bone quality, and hip fracture. *Calcif Tissue Int* 62: 286-289.
- Must A, Jacques PF, Dallal GE, Bajema CJ, Dietz WH (1992) Long-term morbidity and mortality of overweight adolescents. A follow-up of the Harvard Growth Study of 1922 to 1935. *N Engl J Med* 327: 1350-1355.
- Odabasi E, Ozata M, Turan M, Bingol N, Yonem A, Cakir B, Kutlu M, Ozdemir IC (2000) Plasma leptin concentrations in postmenopausal women with osteoporosis. *Eur J Endocrinol* 142: 170-173.
- Pelleymounter MA, Cullen MJ, Baker MB, Hecht R, Winters D, Boone T, Collins F (1995) Effects of the obese gene product on body weight regulation in ob/ob mice. *Science* 269: 540-543.
- Rauch F, Blum WF, Klein K, Allolio B, Schonau E (1998) Does

- leptin have an effect on bone in adult women? *Calcif Tissue Int* 63: 453-455.
- Reid IR, Ames R, Evans MC, Sharpe S, Gamble G, France JT, Lim TM, Cundy TF (1992) Determinants of total body and regional bone mineral density in normal postmenopausal women a key role for fat mass. *J Clin Endocrinol Metab* 75: 45-51.
- Schuette SA, Hegsted M, Zemel MB, Linkswiler HM (1981) Renal acid, urinary cyclic AMP, and hydroxyproline excretion as affected by level of protein, sulfur amino acid, and phosphorus intake. *J Nutr* 111: 2106-2116.
- Sim JK, Jeon MJ, Hwang MS (1994) A study on serum levels of cholesterol and HDL-cholesterol in normal elementary children. *J Korean Pediatr Soc* 37: 1579-1584.
- The Korean Nutrition Society (2005) Dietary Reference Intakes for Koreans, Seoul.
- Thomas T, Gori F, Khosla S, Jensen MD, Burguera B, Riggs BL (1999) Leptin acts on human marrow stromal cells to enhance differentiation to osteoblasts and to inhibit differentiation to adipocytes. *Endocrinology* 140: 1630-1638.
- Tkatch L, Rapin CH, Rizzoli R, Slosman D, Nydegger V, Vasey H, Bonjour JP (1992) Benefits of oral protein supplementation in elderly patients with fracture of the proximal femur. *J Am Coll Nutr* 11: 519-525.
- Whitaker RC, Wright JA, Pepe MS, Seidel KD, Dietz WH (1997) Predicting obesity in young adulthood from childhood and parental obesity. *N Engl J Med* 337: 869-873.
- Yim KS, Yoon EY, Kim CI, Kim KT, Kim CI, Mo SM (1993) Eating behavior, obesity and serum lipid levels in children. *Korean J Nutr* 26: 56-66.
- Zhang Y, Proenca R, Maffei M, Barone M, Leopold L, Friedman JM (1994) Positional cloning of the mouse obese gene and its human homologue. *Nature* 372: 425-432.
- (2006년 12월 26일 접수, 2007년 1월 25일)