

## 성인남녀의 혈청칼슘 및 체질량지수와 골초음파상태와의 관계

김민경<sup>1)</sup> · 김희선<sup>2)†</sup>

순천향대학교 지역혁신센터<sup>1)</sup> · 순천향대학교 식품영양학과<sup>2)</sup>

### Relation of Serum Calcium and Body Mass Index with Quantitative Ultrasound Attenuation of Adult Men and Women

Min - Kyoung Kim<sup>1)</sup> · Hee - Seon Kim<sup>2)†</sup>

*Regional Innovation Center, Soonchunhyang University<sup>1)</sup>*

*Department of Food Science and Nutrition, Soonchunhyang University<sup>2)</sup>*

#### ABSTRACT

The objective of this study was to investigate the relation of serum calcium level, body mass index(BMI) with bone status expressed as broadband ultrasound attenuation(BUA) measured by quantitative ultrasound (QUS) and the occurrence of osteopenia among adult men and women. Two hundred eleven(63 male and 148 female) workers who worked in 4 different battery factories were recruited from March 2005 to October 2005. BUA was used as a surrogate of bone mineral density and measured at left calcaneus bone area. The BUA value transformed into T-score by WHO standard conversion criteria to determine osteopenia ( $-2.5 < t\text{-score} < -1.0$ ). Serum calcium(Ca) was analyzed from fasting venous serum. Information on age, gender, smoking and drinking status were collected using questionnaire. Results of one-way ANOVA did not show any differences in BUA and serum calcium levels among different BMI groups in both men and women. BUA was correlated with age( $r=-0.335$ ), weight( $r=0.326$ ), height( $r=0.382$ ) and serum Ca( $r=0.192$ ). BMI and serum Ca showed significant main effects on BUA after adjustment with age, sex, smoking and drinking. In the logistic regression analysis of serum Ca and BMI on the prevalence of osteopenia after adjustment of related covariates, only BMI showed significant protective effect on risk of osteopenia(OR=0.855, 95% confidence interval=0.768, 0.951). When weight and height were added to the logistic regression model separately rather than as BMI value, weight showed a significant protective effect(OR=0.937, 95% confidence interval=0.897, 0.980), while height did not show a significant effect on the risk of osteopenia. This study confirms the protective effect of BMI on bone mineral density. The protective effect of BMI may be mainly attributable to weight rather than height.

**Key Words** : Osteopenia, Serum calcium, Bone status, Quantitative ultrasound

접수일 : 2007년 6월 5일, 채택일 : 2007년 7월 9일

† Corresponding author : Hee-Seon Kim, Department of Food Science and Nutrition, Soonchunhyang University, 646 Eupnae-ri, Shinchang-myun, Asan-si, Choongnam 336-745, Korea

Tel : 041)530-1263, Fax : 041)530-1264, E-mail : hskim1@sch.ac.kr

## 서론

평균수명 연장으로 인한 고령인구의 증가는 골다공증의 발생률을 높이며, 골다공증은 골절로 인한 합병증으로 의료비를 증가시켜 최근 공중보건의 중요한 문제로 대두되고 있다(1). WHO 진단 기준(2)에 의해 평가된 골다공증은 미국에서 45세 이상 인구 중 1,500~2,000만 명이 골다공증환자이며(3), 50대 이상 남성을 대상으로 한 NHANES III(Third National Health and Nutrition Examination Survey) 분석결과, 6%가 골다공증, 47%가 골감소증인 것으로 보고되었다(4). 우리나라의 경우에는 연령별 골다공증 유병률에 대한 정확한 통계가 없으나, 약 200만 명의 골다공증 환자가 있을 것으로 추산되며, 골다공성 골절 환자도 약 5만명에서 10만명 정도로 예상되는데 이는 매년 증가 추세에 있음이 발표된 바 있어 우리나라에서도 심각한 공중보건 문제 중의 하나로 관심이 증가되고 있다(5). 골다공증은 뼈의 구성은 변화가 없고 골의 양(quantity)이 유의하게 감소하는 질환으로, 골다공증으로 판정되기 바로 직전의 골량 감소상태를 골감소증으로 분류하는데, WHO의 진단 기준(2)에 의해 일생 중 골건강이 정점에 달하여 최대 골밀도를 나타내는 시기의 골밀도값을 기준으로 하여 골감소증으로 판정된 경우 골다공증으로의 악화를 예방하기 위한 조치가 절실히 요구된다.

골밀도에 영향을 미치는 요인으로는 유전, 내분비, 영양상태를 포함 한 환경인자 등이 있는데, 유전적 요인 중에서 성별, 인종, 가족력 등 일반적인 유전요인과 함께 동물성 단백질과 나트륨의 다량 섭취, 칼슘 및 비타민 D와 K의 결핍 등의 장기간의 식이요인과 운동부족, 음주와 흡연 등의 생활습관과 불규칙한 식습관 등이 골밀도에 부정적인 요인으로 보고 되고 있다(6-9). 여성의 경우 폐경에 의한 호르몬 분비의 변화로 급격한 골밀도 감소를 겪으며 골다공증의 위험도가 남성에 비해 상대적으로 높은 관계로 골다공증과 관련된 연구는 주로 폐경기 이후 여성을 대상으로 한 연구가 많다. 특히 신체계측

을 나타내는 지표인 BMI(Body Mass Index)가 골밀도 감소에 대해 보호효과가 있다는 결과가 발표되면서(10), BMI가 높은 경우 지방세포에서 분비되는 에스트로겐 농도가 높거나(11), 여성의 경우 에스트로겐이 지방세포에 저장되고(12), 지방세포에서 분비되는 렙틴 농도가 높아져(13) 혹은 높은 체중에 의한 중력효과에 의해 BMI에 의한 골밀도 보호효과가 설명되고 있다. 그러나 한편으로 android phenotype의 매우 비만한 여성의 경우 오히려 골흡수가 골생성보다 증가하여 골밀도가 감소한다는 보고도 있다(14). 즉, 체중 혹은 BMI가 최근 증가추세에 있는 골다공증에 미치는 영향에 대해서는 상반된 연구결과가 보고되고 있어, 이에 대한 심층연구의 필요성이 대두되고 있다. 골다공증에 대한 연구는 주로 여성, 특히 폐경기후 노년기 여성에 대한 연구가 대부분이며 남성을 대상으로 한 연구는 많지 않은 실정이다. 2005년도 국민건강 · 영양조사 보고서(15)에 의하면 우리나라 성인 남성의 경우 특히 칼슘섭취량이 저조하며, 음주 및 흡연률이 높은 관계로 뼈의 건강에 해로운 생활 습관을 나타내고 있어 이에 따른 남성들의 골감소증, 나아가 골다공증의 위험요인이 매우 높은 수준임에도 이에 대한 연구는 아직까지 매우 저조하다. 따라서 본 연구에서는 산업체에서 정기적으로 실시하는 건강검진에서 남 · 여 피검자를 대상으로 골밀도와 관계있는 요인을 분석하여 현대인에게 야기된 잠재적 골감소증 위험성을 예방하는 방안을 마련하고자 하였다.

## 연구대상 및 방법

### 1. 연구대상

본 연구는 2005년 3월부터 10월까지 원주 및 천안지역 4개 축전지제조공장에 근무하는 근로자 중 2005년도 정기 근로자 건강검진에 참석하여 본 연구의 취지에 동의하고 골밀도 검사를 완료한 31~69세

의 남성 근로자 63명 및 39~67세의 여성 근로자 148명의 총 211명을 대상으로 선정하였다. 조사대상 업체의 근로자는 생산직과 사무직 직종이 혼합되어 있었으며, 연구대상자 전원에 대하여 연구 참여를 위한 동의서의 내용을 읽게 한 후 본인이 연구 참여를 희망할 경우 동의서 서명을 받은 후 연구에 참여하도록 하였다.

## 2. 연구방법

연구대상자 211명은 연구당일, 조사가 이루어지는 지역별 의료원에 방문하여 얇은 옷을 입은 상태에서 신장, 체중을 측정하였고, 이들 계측치로부터 BMI를 산출하였다. 개인관련 연구변수인 연령, 음주 및 흡연여부 등은 표준화된 설문지를 이용하여 연구자가 개별 면담으로 확인하였으며, 혈청 칼슘 영양상태판정을 위한 혈액은 총 211명의 대상자들로부터 본인의 동의를 얻어 12시간 이상 절식한 후 공복 상태의 정맥혈에서부터 채취하였다. 채취한 혈액은 원심분리 후 분석시 까지 -20℃에서 냉동 보관하였다. 혈청 칼슘은 자동 혈청생화학분석기(TOSHIBA TBA-40FR, Japan)로 혈액 채취 후 일주일 이내에 분석하였다.

골밀도의 측정은 정량적 초음파 측정(Quantitative ultrasound, QUS)을 통하여 골량(bone mass)과 골의 질(bone quality)에 의해 초음파의 주파수에 따른 감쇠를 표시하는 BUA(broadband ultrasound attenuation)를 측정하여 골밀도와 골의 미세구조의 질을 나타내는 방법을 사용하였다. QUS를 이용한 BUA의 측정은 골질의 예측에 민감하며, 경제성이 뛰어나고 간편한 공간 이동성과 사용방법, 방사선의 위험성이 없다는 장점을 가지고 있어 현재 여러 기종이 이용되고 있다(16). 또한 골밀도(단위 :  $g/m^2$ )를 측정하는 이중 에너지 방사선 흡수법(Dual Energy X-ray Absorptiometry : DEXA)의 결과와 매우 높은 상관성을 보여 정밀도와 타당도가 높은 측정도구임이 증명되었다(17). 본 연구에서는 현장에서의 측정을 위

해 이동성이 용이한 QUS-2(Metra Biosystems Inc., USA)를 이용하여 대상자의 우측 종골에서 BUA를 측정하였다. 대상자는 편히 의자에 앉은 자세에서 무릎을 직각으로 하고, 종골 부분의 피부에 젤을 바른 후 초음파의 전달을 측정하였다. QUS-2로 측정된 BUA값은 dB/MHz로 표시하였다. 또한 QUS-2로 측정된 2~30대 한국인의 BUA값의 평균과 표준편차를 이용하여 WHO 기준(2)에 의해 대상자들의 골격 상태를 분류하였다. 즉, 산출된  $t\text{-score}[T\text{-score}_{\text{subject}} = (BUA_{\text{subject}} - BUA \text{ Mean}_{\text{young normal}})/BUA \text{ SD}_{\text{young normal}}]$ 를 이용하여  $t\text{-score}$ 가 -1.0 보다 작고 -2.5 보다 큰 경우 골감소증, -2.5 보다 작은 경우를 골다공증으로 판정하였다.

## 3. 통계처리

자료의 분석은 SPSS 12.0 통계 프로그램을 이용하여 실시하였다. 남자와 여자의 일반사항 지표는 카이제곱 분석을 실시하여 성별에 따른 차이를 비교하였고, 남·여 대상자의 칼슘과 골격상태의 BMI에 따른 비교는 one-way ANOVA로 분석하였다. 각 지표들과 BUA와의 상관분석은 Pearson 상관계수를 이용하였다. 혈청 칼슘상태와 BMI가 BUA에 미치는 영향을 보기 위하여 교란변수(연령, 성별, 음주, 흡연)를 통제된 후 다중회귀분석을 실시하였다. 다중회귀분석 결과 유의한 영양요인이었던 혈청 칼슘과 BMI가 골감소증 유병률에 미치는 영향을 보기 위하여 교란변수를 통제된 후 로지스틱회귀분석을 실시하였다.

## 연구결과 및 고찰

### 1. 일반사항, 신체계측치, 혈청 칼슘 및 골격상태

연구대상자들의 일반적 특성은 Table 1과 같다. 대상자의 평균연령은 54.5세로 여성의 경우가 남성

Table 1. General characteristics of the subjects

	Male (n=63)	Female (n=148)	Total (n=211)
	Mean±SD		
Age (yr)	50.9±10.2	56.1±5.2	54.5±7.4
(Age range)	(31-69)	(39-67)	(31-69)
Age at menopause <sup>1)</sup> (yr)	-	49.0±4.3	-
Weight (kg)	65.6±8.5	59.9±8.0	61.3±8.5
Height (cm)	166.7±5.3	153.6±4.8	156.0±7.7
Body mass index (kg/m <sup>2</sup> )	23.6±2.6	25.4±3.1	24.8±3.1
	N(%) <sup>2)</sup>		
Job characteristic			
Labor	50(79.4)	105(70.9)	155(73.5)
Office	13(20.6)	43(29.1)	56(26.5)
Smoking			$\chi^2=136.382^{***}$
Yes	50(79.4)	4(2.7)	54(25.6)
No	13(20.6)	144(97.3)	157(74.4)
Drinking			$\chi^2=7.893^{**}$
Yes	49(77.8)	85(57.4)	134(63.5)
No	14(22.2)	63(42.6)	77(36.5)
BMI group			$\chi^2=9.309^{**}$
≤23.0	27(42.9)	35(23.6)	62(29.4)
23.1~25.0	15(23.8)	34(23.0)	49(23.2)
≥25.1	21(33.3)	79(53.4)	100(47.4)

\*\* : p&lt;0.01, \*\*\* : p&lt;0.001

<sup>1)</sup> N of postmenopausal women = 82(55%)<sup>2)</sup> Results are from the Chi square tests

보다 약간 높았다. 평균 신장과 체중은 남자의 경우 166.7cm와 65.6kg이었고, 여성의 경우 153.6cm와 59.9kg으로 나타나 한국인 영양섭취기준 설정을 위한 체위기준치에서 본 연구대상자의 평균연령이 속한 50~64세 기준치인 남자 166cm, 60.6kg, 여자 154cm, 52.2kg(18)과 비교하여 남·여 모두 신장은 비슷하나 체중은 높아, 대상자의 연령분포가 높은 중년 이후의 체중관리에 더 관심을 가져야함을 보여주고 있다. 근로자를 대상으로 한 연구에서 체중이 한국인의 표준체중보다 높은 경향을 나타낸 결과는 본 연구대상자보다 연령분포가 낮고 사무직 근로자의 비율이 높았던 Park 등(19)의 연구에서도 비슷한 결과를 나타내고 있어 산업체 근로자의 경

우 업무특성이나 근로여건 상 과체중의 경향이 있는 것으로 보여진다. 본 연구 대상자들의 남·여별 종사하는 직종의 분포에는 차이가 없었으나, 흡연자는 남성에서 79.4%로 여성 2.7%에 비해 유의하게 높았으며, 음주자의 경우 남성이 77.8%, 여성이 57.4%로 남·여 간에 유의한 차이를 보였다(p<0.05). BMI에 따른 그룹별 비교에서 대부분의 남성대상자(66.7%)가 BMI 25미만이었으며, 아시아-태평양 비만 기준 분류에 의해 정상에 속하는 BMI 23이하의 대상자는 42.9%이었으나, 여성대상자의 경우 53.4%가 BMI 25 이상을 나타내었고, 정상체중에 속하는 BMI 23이하는 23.6%에 불과해 여성 대상자의 비만도가 남성에 비해 더 높았다(p<0.01).

혈청 칼슘 영양상태와 골격 상태를 남·여별로 BMI 분포에 따라 비교한 결과는 Table 2와 같다. 대상자의 혈청 칼슘 농도(범위 : 8.1~10.2mg/dl)는 남·여 모두 정상범위(8.2~10.2mg/dl)에 속해 항상성이 매우 엄격하게 유지되는 혈청칼슘의 특성을 잘 반영하고 있다. 남·여 대상자 모두에서 혈청칼슘, BUA, t-score의 BMI 그룹에 따른 유의한 차이를 보이지 않았다. 이는 노년기 여성(60~67세)을 대상으로 BMI에 따른 골밀도를 비교한 연구(20)에서 네 그룹으로 분류한 BMI 그룹 중 BMI가 높은군의 요추 골밀도가 BMI가 낮은군에 비해 유의하게 높았던 결과와 상반된다. 또 다른 노인대상 연구(21)에서는 여성의 경우 BMI가 증가할수록 골밀도가 증가하였으며, 요추, 대퇴경부, 대퇴전자부 골밀도 모두 BMI가 높은 군에서 유의하게 높았다. 폐경 이후 노년기 여성의 경우, 활성화된 여성호르몬의 양이 체질량 지수가 높은 경우 더 많아져 골밀도의 차이를 나타내는 것으로 보고되었으므로(20), 본 연구와의 차이는 대상자의 폐경여부 및 폐경 후 경과시간, 폐경 연령 등과 관련있는 요소들과 이에 따른 여성호르몬 분비상태와 관련된 것으로 사료된다. 즉, 본 연구의 여성대상자 중 폐경이후의 대상자는 55%이므로 나머지 45%의 폐경 이전 여성은 높은 양의 여성호르몬이 계속 분비되고 있는 상태이므로 체지방세포에

Table 2. Serum calcium and bone health status of the subjects by sex and the BMI group<sup>1)</sup>

Sex	BMI group		
	≤ 23.0	23.1~25.0	≥ 25.1
<b>Male</b>			
	Mean±SD		
Serum Ca (mg/dℓ)	9.25±0.36	9.00±0.52	9.21±0.34
BUA <sup>2)</sup> (dB/MHz)	93.3±21.7	92.6±14.8	95.8±13.4
T-score	0.35±1.75	0.29±1.19	0.54±1.07
<b>Bone health</b>			
	N(%)		
Normal	20(74.1)	12(80.0)	19(90.5)
Osteopenia	7(25.9)	3(20.0)	2( 9.5)
Total	27(100.0)	15(100.0)	11(100.0)
<b>Female</b>			
	Mean±SD		
Serum Ca (mg/dℓ)	9.12±0.38	8.98±0.46	9.00±0.39
BUA (dB/MHz)	76.4±16.4	76.3±15.6	81.2±16.3
T-score	-1.01±1.32	-1.02±1.26	-0.63±1.31
<b>Menopausal status</b>			
	N(%)		
Yes	19(54.3)	21(63.2)	42(53.2)
No	16(45.7)	12(36.7)	37(46.8)
<b>Bone health</b>			
	N(%)		
Normal	19(54.3)	14(41.2)	47(59.5)
Osteopenia	12(34.3)	16(47.1)	26(32.9)
Osteoporosis	4(11.4)	4(11.8)	6( 7.6)
Total	35(100.0)	34(100.0)	79(100.0)

<sup>1)</sup> Results are not significantly different by BMI groups from one-way ANOVA (serum Ca, BUA, t-score) or Chi square tests (bone health and menopausal status)

<sup>2)</sup> Broadband ultrasound attenuation (dB/MHz)

서 분비되는 여성호르몬의 영향이 폐경 이후 여성에 비해 상대적으로 적기 때문인 것으로 보여진다. 남성 노인의 경우(21) 요추, 대퇴경부, 대퇴전자부 골밀도 중 요추 골밀도만 BMI에 따른 차이를 나타내, 측정부위에 따라 결과가 달라질 수 있음을 알 수 있으며, 본 연구결과와의 차이는 측정부위, 측정기기 및 방법의 차이, 대상자의 연령분포 및 생활습관의 차이 등 여러 요인 때문인 것으로 사료된다.

BUA와 t-score로 나타난 뼈의 건강상태는 남성대상자가 여성대상자보다 양호한 상태를 나타냈다. WHO기준에 의한 골다공증, 골감소증의 유병률은 남성에서는 골다공증은 없었고, BMI 분포에 따라

골감소증 빈도의 차이는 나타나지 않았다. 여성의 경우 골다공증 및 골감소증의 빈도가 BMI 25 이상인 경우에 조금 낮았으나 통계적으로 유의하지는 않았다. 생화학적 지표로 살펴본 혈청 칼슘 및 뼈의 건강에서 공히 여성의 건강상태가 남성에 비해 열악함을 알 수 있었다. Park 등(22)의 연구결과에서는 남성의 건강상태가 여성보다 좋지 않게 나타나 본 연구 결과와 상반되었으나, 이는 연구대상자의 특성이나, 지역, 연구시기 등의 차이 때문인 것으로 사료된다. 즉, Park 등(22)의 연구대상자의 경우 여성대상자는 대부분(83%)이 10~20대이었으며, 섬유회사 산업체에 근무하는 근로자가 대상으로 이는 여성이 선호하는 생산직이라 할 수 있으나, 본 연구는 축전지 제조회사에 근무하는 근로자로서 생산직 여성의 경우 육체적으로 매우 힘든 작업의 특성상 젊은 여성이 기피하는 경향이 있어 본 연구의 여성대상자의 경우 연령이 높고 사회·경제적 배경이 열악하여 이에 따른 건강상태도 상대적으로 타 직종 여성 근로자나 본 연구의 남성근로자에 비해 열악한 것으로 파악된다. 따라서 근로자를 대상으로 한 연구는 대상자의 직종별로 차이가 나타날 수 있음을 염두에 두어야 하겠다.

## 2. 골밀도와 상관관계가 있는 요인분석

측정된 각 변수와 BUA의 상호관련성을 보기 위한 상관분석의 결과는 Table 3과 같다. 남성 대상자의 경우만 고려한 경우 유의한 상관성을 보인 변수가 없었으나 여성의 경우 연령과 유의한 음의 상관관계( $p < 0.001$ )를, 체중( $p < 0.01$ ), 신장( $p < 0.05$ ), BMI ( $p < 0.01$ )와 유의한 양의 상관관계를 나타내었다. 전체 대상자를 대상으로 한 상관성은 여성에서와 같이 연령과는 유의한 음의 상관관계( $p < 0.001$ )를 나타냈으며, 체중( $p < 0.001$ ), 신장( $p < 0.001$ ) 및 혈청 칼슘 ( $p < 0.01$ )과는 유의한 양의 상관관계를 나타냈다. 남성 대상자의 경우, 단순상관성 분석에서 유의한 관련성을 보인 인자가 하나도 없었던 것은 본 연구의

**Table 3.** Correlation between BUA<sup>1)</sup> and age, anthropometric and biochemical variables

	Male	Female	Total
Age	-0.054	-0.434***	-0.335***
Weight	0.157	0.274**	0.326***
Height	0.081	0.182*	0.382***
Body mass index	0.152	0.219**	0.077
Serum calcium	0.194	0.117	0.192**

\* : p&lt;0.05, \*\* : p&lt;0.01, \*\*\* : p&lt;0.001

<sup>1)</sup> Broadband ultrasound attenuation

남성 대상자의 수(n=63)가 적었기 때문인 것으로 사료되나, 골격상태에 영향을 미치는 다른 인자, 즉, 남성대상자의 넓은 연령분포(31~69세)나 높은 흡연률(79%) 등의 영향을 받았을 가능성도 배제할 수 없다. 그러나 성인남성을 대상으로 신체계측치와 골밀도와와의 상관성을 분석한 Choi 등(23)의 연구(n=164)에서는 본 연구보다 남성대상자의 수가 많았음에도 연령을 제외한 신장, 체중, BMI 등의 인자가 유의한 상관관계를 나타내지 않았다. 남성 대상자의 수가 좀 더 많았던 노인 대상 Barrera 등(10)의 연구(n=230)에서는 신장(r=0.12), 체중(r=0.45), BMI(r=0.43)와 골밀도의 유의한 상관성이 관찰되었고, 성인 남성을 대상으로 한 Lee 등(17)의 연구(n=106)는 골밀도와 BMI는 유의한 상관성이 없었으나 체중과는 유의한 관계(r=0.244)가 관찰되었으며, 청소년 대상의 Ahn 등(24)의 연구에서도 남학생(n=83)에서 골밀도와 체중 및 BMI의 유의한 음의 상관관계가 관찰되었다. 이러한 상반된 결과에 대한 해석은 매우 신중하게 이루어져야 할 것으로 보여지는데, 이는 각 연구에서 사용된 골격상태의 측정방법이 서로 달랐기 때문이다. 본 연구와 Choi 등(23), Lee 등(17)의 연구는 정량적 초음파 측정기를 사용하는데 반해, Barrera 등(10)의 연구는 Lunar Prodigy double beam densitometer를, Ahn 등(24)의 연구는 DEXA를 사용하였으므로, 남성 대상자에서의 상반된 연구결과와의 해석은 좀 더 많은 심층연구가 필요할 것으로 사료된다.

**Table 4.** Multiple linear regression analysis of nutritional factors on BUA<sup>1)</sup>

Variable	$\beta$ coefficient	SE $\beta$	t-Value	p-Value
<b>Model 1</b>				
Intercept	43.894	28.968	1.514	0.131
Sex	-17.753	4.100	-4.330	0.000
Age(yr)	-0.563	0.156	-3.619	0.000
Smoke	-7.105	4.152	-1.711	0.089
Drink	3.643	2.286	1.594	0.113
Serum calcium	5.377	2.702	1.991	0.048
Body mass index	1.256	0.365	3.437	0.001
<b>Model 2</b>				
Intercept	43.286	50.682	0.854	0.394
Sex	-13.562	4.980	-2.724	0.007
Age(yr)	-0.497	0.163	-3.045	0.003
Smoke	-7.278	4.149	-1.754	0.081
Drink	4.204	2.306	1.823	0.070
Serum calcium	5.468	2.700	2.025	0.044
Weight	0.494	0.150	3.300	0.001
Height	-0.039	0.258	-0.153	0.879

<sup>1)</sup> Broadband ultrasound attenuation

따라서 본 연구에서는 단순상관관계 분석결과 남·여 간의 혹은 전체대상자에 대한 각 변수들과 BUA와의 상관관계 결과가 다르게 나타난 이유가 성별에 따른 차이인지 혹은 단순히 남성의 수가 여성에 비해 적었기 때문인지를 구별하기 위해 유의한 상관성을 나타낸 변수들을 독립변수로, BUA를 종속변수로 하고, 성별과 연령 및 음주·흡연 등 교란변수를 통제한 후 다중 회귀분석을 실시하였으며, 그 결과는 Table 4와 같다.

단순상관분석에서 얻어진 각 변수와 골밀도의 관련성을 고려하여 성별 및 연령, 음주·흡연 여부를 교란변수로 통제하고 유의한 영양요인을 분석한 결과, 혈청칼슘(p=0.048)과 BMI(p=0.001)가 유의하게 BUA에 영향을 주는 인자로 분석되었다. 즉, 성별·연령 등이 같다고 전제한 경우 혈청칼슘과 BMI가 높을수록 BUA가 높아지는 것으로 분석되었다(Table 4, Model 1). 체중과 신장으로 계산된 지표인 BMI가 아닌 체중과 신장 자체가 각각 독립변수로

포함된 Model 2에서는 체중은 BUA와 유의한 양의 상관관계( $p=0.001$ )를 나타냈으나 신장의 경우는 유의한 효과를 보이지 않았다(Table 4, Model 2). 모든 교란변수를 통제한 Model 1, 2에서 유의성( $p$ -value)으로 비교한 BMI 혹은 체중과 BUA의 관계는 BMI (Model 1)와 체중(Model 2)이 같은 유의성을 보여( $p=0.001$ ) 골격상태에 미치는 효과가 비슷한 것으로 분석되었다. 이 결과는 성별에 따라 골격상태에 영향을 미치는 체성분이 각각 다른 것으로 분석된 Lim 등(25)의 연구결과와 폐경기 여성에서 체중이 BMI보다 골밀도를 더 효과적으로 반영한다는 연구결과(26-28)와는 상반되는 결과이다. 본 연구에서는 BMI 외에 체성분 분석이 이루어지지 않아 남·여별 체성분과 골밀도의 관계의 차이는 비교할 수 없었으나 성별을 통제한 결과 체중과 BMI가 골격상태에 미치는 효과는 큰 차이가 없었다. Lee 등(26)과 Shin 등(27)의 연구가 폐경 이후 여성을 대상으로 이루어진 점, 골밀도 측정 부위와 측정방법(DEXA)이 달랐던 점 등은 본 연구와의 차이점으로 비교시 참고하여야 할 것으로 사료된다. 남·여 1,000명이 넘는 Framingham 골밀도 연구(28)에서는 체중과 BMI가 특히 여성에게 신체의 하중을 주어 뼈에 영향을 준다고 밝혔다. 이것은 일반적으로 체중감소가 음의 칼슘평형을 가져와 비만할수록 골다공증의 위험요인을 감소시키는데, 이는 골격에 대한 기계적인 부담을 줄여주는 방어기전이며, 여성의 경우 지방조직에서 에스트로젠을 분비하거나 저장하는 것으로 설명되고 있어(11,12) 체중 혹은 BMI가 골밀도에 미치는 효과는 남·여별로 차이가 있을 것으로 보여진다. 그러나 본 연구에서는 BUA에 영향을 미치는 BMI와 성별의 교호관계는 관찰되지 않았다(data not shown).

### 3. 골감소증의 위험요인 분석

다중회귀분석결과 유의한 요인으로 분석된 칼슘 영양과 BMI를 독립변수로, 기타관련변수를 교란변

Table 5. Logistic regression modelling of osteopenia (T-score $\leq$ -1.0)

Variable	Odds Ratio	Low 95% CI	Up 95% CI
Model 1			
Sex	20.984	2.589	170.054
Age(yr)	1.082	1.027	1.139
Smoke	8.334	1.009	68.841
Drink	0.967	0.506	1.846
Serum calcium	0.626	0.284	1.382
Body mass index	0.855	0.768	0.951
Model 2			
Sex	14.150	1.498	133.616
Age(yr)	1.076	1.019	1.135
Smoke	8.349	1.011	68.950
Drink	0.913	0.474	1.757
Serum calcium	0.624	0.283	1.377
Weight	0.937	0.897	0.980
Height	1.018	0.946	1.059

수로 정하고 골감소증의 위험도를 측정된 로지스틱 회귀분석을 실시한 결과는 Table 5와 같다. BMI는 유의한 골감소증의 보호인자로 나타났으나(Odds Ratio=0.855, 95% Confidence Interval : 0.768-0.951), 혈청칼슘은 유의한 영향이 없었다. 로지스틱회귀분석 모델에 포함된 독립변수들 중 연령과 성별 및 흡연은 유의한 위험인자로 분석되어 연령이 높을수록, 여성의 경우 그리고 흡연자에게 골감소증의 위험이 증가되는 것으로 분석되었으며, 이들 인자들을 통제하면 BMI가 유의한 보호인자로 나타났다(Table 5, Model 1). 다중회귀분석 결과와 같이 BMI 대신 체중과 신장이 각각 독립변수로 로지스틱회귀분석 모델에 포함되었을 경우, 체중은 유의한 보호효과를 나타냈으나(Odds Ratio=0.937, 95% Confidence Interval : 0.897-0.980), 신장은 유의한 효과가 없는 것으로 나타났다(Table 5, Model 2). 로지스틱 Model 1과 2의 비교에서 Model 1의 BMI가 Model 2의 체중보다 보호효과가 더 큰 것으로 나타났다. 신장과 체중을 함께 고려한 지표인 BMI로 분석했을 때의 보호효과

가 더 컸음은 비록 신장만의 보호효과는 유의하지 않았으나, 체중만의 효과보다는 체중과 신장이 함께 골감소증의 보호에 기여한다고 볼 수 있을 것으로 사료된다. 그러나 이는 폐경기 여성에서 체중이 BMI 보다 더 골밀도 반응에 효과적이라는 결과(26)와는 상반되는 결과로 이는 대상자의 특성이 달랐기 때문인 것으로 사료되며, 앞으로 골밀도에 영향을 미치는 체성분 및 신체 계측치에 대한 연구는 폐경기 이후 여성 이외의 연령층과 남성을 포함한 좀 더 많은 대상자에서 자세히 규명되어야 할 것으로 보여 진다.

다중회귀분석에서는 유의한 인자로 분석되었던 혈청 칼슘이 로지스틱회귀 분석에서는 골감소증에 대한 보호효과가 나타나지 않았다. 골조직은 28%의 collagen 섬유들과 5%의 noncollagenous 섬유들(osteocalcin, osteonectin 등), 67%의 hydroxyapatite의 결정들로 구성되어 있으며, collagen의 골간질을 형성하는데 관여하는 골조직세포는 골아세포(osteoblast)들이다(29). 이들 골아 세포의 성장과 발육에는 여러 성장인자와 호르몬들이 관여하여 성숙된 뼈를 만들기 위하여 세포와 간질들을 합성하고 무기질화하므로 칼슘섭취량은 골밀도와 밀접한 관계가 있는 것으로 나타나고 있으나(30-33), 또 한편 다른 연구들에서는 칼슘섭취가 골밀도의 변화를 예측하지 못하는 것으로 나타나는 상반된 결과들이(34,35) 발표되었다. 따라서 본 연구에서는 이러한 모순된 결과를 규명하기 위해 칼슘 섭취량이 아닌 직접 골아세포의 무기질화를 위해 칼슘을 제공하는 혈청 칼슘과의 관계를 분석해 보고자 하였으나 유의한 영향을 나타낸 다중회귀분석결과와는 달리 로지스틱회귀분석에서는 혈청 칼슘의 골감소증에 대한 보호 작용이 나타나지 않았다. 이는 혈청 칼슘량은 매우 엄격한 항상성이 유지되는 지표로서 칼슘 섭취량이나 다른 생리적인 요인에 의해 큰 영향을 받지 않기 때문에(32,36) 본 연구대상자의 혈청 칼슘량의 범위가 매우 좁아(7.1~10.1mg/dl) 로지스틱회귀 분석에서는 유의하게 분석되지 않은 듯하다. 다만,

성숙한 뼈를 무기질화하기 위한 칼슘의 공급은 혈액을 통해 이루어지므로 비록 혈청 칼슘농도가 칼슘섭취량 등 외부적 요인에 의해 크게 영향을 받지 않는더라도, 생리적 작용에 의해 근소한 양의 차이라도 나타난다면, 혈중 칼슘 농도가 골밀도에 영향을 미칠 수 있으므로 다중회귀분석에서는 유의한 지표로 분석된 것으로 보여 진다. 갱년기 이후 여성의 경우 에스트로겐 감소로 인한 골흡수에 의해 혈청 칼슘의 농도가 증가할 수 있으므로(29), 본 연구와 같이 광범위한 연령층의 남녀를 포함하는 경우와 갱년기 이후 여성의 경우는 다른 결과를 나타낼 것으로 사료된다. 그러나 현재까지 칼슘섭취량과 골밀도의 관계에 대한 연구는 다양한 대상자에서 많이 진행되어왔으나(30-35), 혈청칼슘과 골밀도의 관계에 대한 연구는 미미한 관계로 이에 대한 심층연구가 필요할 것으로 사료된다.

## 결론 및 제언

본 연구는 축전기 제조공장에서 근무하는 성인 남·여 211명(생산직 근로자 73%, 사무직 근로자 27%)을 대상으로 골초음파 상태와 혈청 칼슘 영양 상태 및 체중, 신장, BMI 등의 신체 계측치와의 관계를 연구하였다. 대상자들을 BMI 상태별로 3군으로 나누어 one-way ANOVA로 분석한 결과 남·여 모두 골격상태에 유의한 차이를 보이지 않았다. 그러나 골격상태에 영향을 주는 인자로 나타난 연령, 성별, 음주, 흡연 등 교란변수를 통제했을 때 혈청 칼슘과 BMI는 골격상태와 유의한 상관성을 나타냈으며, 골감소증에 대한 보호 작용은 BMI가 가장 큰 것으로 분석되었다. 이러한 BMI의 골감소증 보호효과는 체중만의 효과보다 더 큰 것으로 나타나, 폐경기 이후의 여성에서 체중의 보호효과가 BMI의 효과보다 컸던 결과와는 상반되게 나타났다. 따라서 남·여의 다양한 연령층을 대상으로 한 본 연구의 경우, 골감소증에 대한 보호효과는 체중만의 효과보다 체



중과 신장이 함께 작용하여 더 큰 보호효과가 나타남을 관찰할 수 있었으므로, 향후 다양한 연령층을 대상으로 혈청 칼슘과 BMI가 골격상태에 미치는 영향에 대한 심층 연구가 이루어져, 각 연령 및 성별의 특성에 맞게 골밀도를 효율적으로 증진할 수 있는 방안이 마련되어야 할 것으로 사료된다.

## 참고 문헌

- Mussolino ME, Jennifer H, Madans JH, Gillum RF. Bone mineral density and mortality on women and men: the NHANES I epidemiologic follow-up study. *Ann Epidemiol* 13:692-697, 2003
- Kanis JA, Melton LJ, Christiansen C, Johnston CC, Khaltav N. The diagnosis of osteoporosis. *J Bone Miner Res* 9:1137-1141, 1994
- Jo SH. Menopause and osteoporosis. *J Korean Med Assoc* 35:587-598, 1992
- Looker AC, Orwoll ES, Johnston CC, Lindsay RL, Wahner HW, Dunn WL, Calvo MS, Harris TB, Heyse SP. Prevalence of low femoral bone density in older US adults from NHANES III. *J Bone Miner Res* 12:1761-1768, 1997
- Yu CH, Lee JS, Lee LH, Kim SH, Lee SS, Jung IK. Nutritional factors related to bone mineral density in the different age groups of Korean women. *Korean J Nutrition* 35:779-790, 2002
- Yook TH, Lee HI, Byun DS. A clinical study on bone mineral density in 407 male. *J Korean Acupuncture & Moxibustion Soc* 16:37-46, 1999
- McKay HA, Petit MA, Khan KM, Schutz RW. Lifestyle determinants of bone mineral: a comparison between prepubertal Asian- and Caucasina- Canadian boys girls. *Calcif Tissue Int* 66:320-324, 2000
- Munger RG, Cerhan JR, Chiu BC. Prospective study of dietary protein intake and risk of hip fracture in postmenopausal women. *Am J Clin Nutr* 69:147-152, 1999
- Barzel US, Massey LK. Excess dietary protein can adversely affect bone. *J Nutr* 128:1051-1053, 1998
- Barrera G, Bunout D, Gattas V, de la Maza M, Leiva L, Hirsch S. A high body mass index protects against femoral neck osteoporosis in healthy elderly subjects. *Nutr* 20:769-771, 2004
- Chen Z, Lohman TG, Stini WA, Ritenbaugh C, Aickin M. Fat or lean tissue mass. Which one is the major determinant of bone mineral mass in healthy postmenopausal women? *J Bone Miner Res* 12:144-150, 1997
- Matkovic V, Kostial K, Simonovic L, Buzina R, Brodarec A, Nordin BE. Bone status and fracture rates in two regions of Yugoslavia. *Am J Clin Nutr* 32:540-549, 1979
- Karsenty G. Leptin controls bone formation through a hypothalamic relay. *Rec Progr Horm Res* 56:401-408, 2001
- Joo IW, Park YS, Kim KS, Oh HJ. BMI-related changes in bone mineral density and predictors of bone loss. *J Korean Acad Fam Med* 27:481-487, 2006
- Report on 2005 National Health and Nutrition Survey. Ministry of Health and Welfare, 2006
- Oh HJ, Kim JH, Chung HY, Yoon HK, Han IK. Broadband ultrasound attenuation in Korean women measured by QUS-2: Normative data. *J Kor Soc Menopause* 5:40-47, 1999
- Lee SW, Lee SH, Kweon YR, Lee HJ. Factors relating to bone mineral density of adults man in Korea. *J Korean Acad Fam Med* 24:158-165, 2003
- Korean Society of Nutrition. Dietary Reference Intakes for Koreans. Hanareum Publishing Co, Seoul, 2005
- Park YO, Choi IS, Lee SS, Oh SH. A study of the eating habits and nutrient intake of industrial workers who work day and night shifts. *Korean J Community Nutr* 7:615-627, 2002
- Ostrowska Z, Zwirska-Korczala K, Buntner B, Pardela M, Drozd M. Assessment of bone metabolism in obese women. *Endocr Regul* 32:177-181, 1998
- Son SM, Chun YN. Association of bone densities with anthropometric indices and lifestyles in elderly people. *Korean J Community Nutr* 7:327-335, 2002
- Park MH, Choi YS, Lee MA, Choi BS, Jung HJ. A study on the food behaviors and nutritional status of industrial workers. *Korean J Community Nutr* 4:194-206, 1999
- Choi JS, Kwon SO, Paik HY. Nutritional status and

- related factors of residents aged over 50 in longevity areas - II. Effect of dietary factors on bone ultrasound measurements in aged men. *Korean J Nutr* 39:171-183, 2006
24. Ahn HS, Kim SH, Lee SS. A study of factors affecting bone mineral density in Korean adolescents: Anthropometric measurements, life style and other environmental factors. *Korean J Nutr* 38:242-250, 2005
  25. Lim S, Joung H, Shin CS, Lee HK, Kim KS, Shin EK, Kim HY, Lim MK, Cho SI. Body composition changes with age have gender-specific impacts on bone mineral density. *Bone* 35:792-798, 2004
  26. Lee KC, Yoon CH, Lee JB. Comparison of body weight and body mass index as predictors for osteoporosis among postmenopausal Korean women. *J Korean Acad Fam Med* 26:609-613, 2005
  27. Shin GO, Park KW, Lee DW, Park TJ, Lee K. Comparison of body components and mineral mass between women with osteoporosis and non-osteoporosis postmenopausal women. *J Korean Acad Fam Med* 23:934-941, 2002
  28. Felson DT, Zang Y, Hannan MT, Anderson JJ. Effects of weight and body mass index on bone mineral density in men and women: the Framingham study. *J Bone Miner Res* 8:567-573, 1993
  29. 한인규. 골다공증의 진단과 치료의 최신지견. 가정의학 회지 18:1291-1298, 1997
  30. Kim HS, Jung GH, Jang DM, Kim SH, Lee BK. Increased calcium intake through milk consumption and bone mineral density of elderly women living in Asan. *J Korean Diet Assoc* 11:242-250, 2005
  31. Glynn NW, Meilahn EN, Charron M, Anderson SJ, Kuller LH, Cauley JA. Determinants of bone mineral density in older men. *J Bone Miner Res* 10:1769-1777, 1995
  32. Ilich JZ, Kerstetter JE. Nutrition in bone health revisited: a story beyond calcium. *J Am Coll Nutr* 19:715-737, 2000
  33. Tanaka T, Latorre MR, Jaime PC, Florindo AA, Pippa MG, Zerbini CA. Risk factors for proximal femur osteoporosis in men aged 50 years or older. *Osteoporosis* 12:942-949, 2001
  34. Nguyen TV, Kelly PJ, Sambrook PN, Gilbert C, Pocock NA, Eisman JA. Lifestyle factors and bone density in elderly: implications for osteoporosis prevention. *J Bone Miner Res* 9:1339-1346, 1994
  35. Bendavid EJ, Shan J, Barrett-Connor E. Factors associated with bone mineral density in middle-aged men. *J Bone Miner Res* 11:1185-1190, 1996
  36. Kim HS, Song OY, Kim K, Lee SS, Hwangbo Y, Ahn KD, Lee BK. Association of dietary calcium intake and serum calcium level with blood lead levels in Korean male lead workers. *J Community Nutr* 3:96-102, 2001