

일부 한국 여성에 있어 칼륨과 단백질의 섭취량에 의한 NEAP(net rate of endogenous noncarbonic acid production)와 골밀도와의 관련성

배윤정¹, 최미경², 김미현^{3†}, 김은영¹, 이주연¹, 승정자¹

¹숙명여자대학교 식품영양학과

²청운대학교 식품영양학과

³강원대학교 식품영양학과

The Relation between Net Rate of Endogenous Noncarbonic Acid Production from Diet Potassium and Protein Intakes and Bone Mineral Density in Korean Women

Yun-Jung Bae¹, Mi-Kyeong Choi², Mi-Hyun Kim^{3†}, Eun-Young Kim¹,
Joo-Yeon Lee¹ and Chung-Ja Sung¹

¹Dept. of Food and Nutrition, Sookmyung Women's University, Seoul 140-742, Korea

²Dept. of Human Nutrition & Food Science, Chungwoon University, Chungnam 350-701, Korea

³Dept. of Food and Nutrition, Kangwon National University, Gangwon 245-711, Korea

Abstract

The purpose of this study was to investigate the relation between NEAP (net rate of endogenous noncarbonic acid production) from dietary potassium and protein intakes, and bone mineral density and urinary deoxypyridinoline (DPD) in Korean women. The subjects were 276 women aged 18~81, and they were asked about general characteristics and nutrient intake using 24-hr recall method. Also, their bone mineral density of spine and femoral neck were measured using DEXA. Urinary DPD analysis was done in 106 postmenopausal women. The average energy, protein and potassium intake were 1503.0 kcal, 57.7 g and 60.8 mEq, respectively. Mean NEAP [$54.5 \times \{\text{protein intake (g)/potassium intake (mEq)}\} - 10.2$] was 44.6. NEAP showed a significantly negative correlation with spine bone mineral density of the subjects after controlling for confounding factors (age, height and weight) ($p < 0.05$). The lowest quartile of protein intake had the highest spine bone mineral density after controlling for confounding factors ($p < 0.05$). There was no significant correlation between urinary DPD and calculated NEAP. These results provided positive relation between a ratio of lower protein to higher potassium dietary intake and bone mineral density.

Key words: NEAP, potassium, protein, bone mineral density, deoxypyridinoline, Korean women

서 론

골격건강은 장기간의 식사요인과 생활습관, 체형, 유전 등 다양한 요인에 의해 결정되는데, 칼슘의 섭취부족과 단백질의 과다섭취와 같은 식생활 요인이 골격건강에 부정적인 영향을 미치는 것으로 알려졌다(1). 특히 서구사회의 경우 단백질의 과잉섭취가 골격건강에 부정적인 영향을 미치는 주요한 요인으로 제시되고 있다. 육식위주의 식습관을 가지고 있어 동물성 단백질의 섭취가 높은 에스키모인의 골밀도가 미국에 거주하는 백인에 비하여 낮고 골절 사고율도 높은 것으로 나타났으며(2,3), 12년 동안 85,900명의 여성(35~59세)을 대상으로 실시한 전향적 연구에서도 총 단백질의 섭취량과 동물성 단백질의 섭취량이 많을수록 상완(forearm)의

골절 위험도가 높았다(4). 중년과 노인여성을 대상으로 한 중국의 연구에서도 소변 중 칼슘과 산의 배설량은 낙농제품을 제외한 동물성 단백질의 섭취량과 유의적인 양의 상관관계를 보였고, 식물성 단백질의 섭취량과는 음의 상관관계를 나타내었다(5). 이 밖에도 식이성 단백질의 섭취증가가 골절의 위험을 증가시켰다는 다양한 역학연구 결과들이 보고되고 있다(6,7). 이와 같이 단백질의 과잉섭취가 골격건강에 부정적인 영향을 미치는 원인은 단백질이 대사되는 과정에서 체내에서 산을 생성하고, 이를 중화시키기 위한 기전으로 신장으로서의 칼슘배설을 증가시키기 때문으로 알려져 있다(5,8). 때문에 최근에는 단백질의 섭취가 높은 서구사회를 중심으로 식이 중 산염기 평형에 영향을 미치는 요인과 골밀도 및 골대사의 관련을 알아보는 연구들이 보고되고 있

†Corresponding author. E-mail: mhkim1129@kangwon.ac.kr
Phone: 82-33-570-6883, Fax: 82-33-570-6883

다(9,10). 그 중에서도 칼슘은 단백질과 반대로 체내에서 알칼리성 대사물을 생성하여 산을 중화시킴으로써 골밀도 및 골대사에 긍정적인 영향을 미치는 요인으로 제시되었다(9,11). New 등은 칼슘과 단백질의 섭취로 계산한 NEAP(net rate of endogenous noncarbonic acid production)이 골밀도와 음의 상관관계를 보였고, 골조직에서만 발견되며 파골세포에 의해 파괴되면서 골기질에서 빠져 나와 대사되지 않은 상태 그대로 소변으로 배설되므로 유용한 골용해 생화학지표(12)로 알려진 소변 디옥시피리디놀린의 배설량이 NEAP가 낮을수록 적다고 보고하였다(13).

우리나라의 전통적인 식생활은 곡류와 채식을 위주로 하고 있어 서양인에 비하여 동물성 단백질의 섭취가 낮았으나 식생활의 서구화로 육류섭취가 증가하여 동물성 단백질의 섭취 또한 증가추이를 보이고 있다. 2001년 국민건강영양조사에 의하면 1일 단백질과 동물성 섭취량은 각각 71.6 g, 34.3 g으로 서구인과 비교할 때 비교적 낮은 수준이지만 우리나라 국민의 칼슘섭취의 부족은 좀처럼 해결되지 못하고 있어 골격건강을 위한 식사관리로서 동물성 단백질의 섭취 증가를 간과할 수 없다(14). 지금까지 우리나라 식생활의 서구화로 인한 여러 가지 건강상의 우려에 대한 논의는 비만, 심혈관계 질환에 집중되었으며, 단백질과 칼슘의 섭취패턴이 골밀도에 미치는 영향에 대한 체계적인 연구는 부족하여 이에 대한 연구가 필요한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 우리나라 18~81세의 여성 276명을 대상으로 설문조사와 식사섭취조사를 실시하였으며, 또한 Dual energy X-ray absorptiometry(DEXA)를 이용한 요추와 대퇴경부의 골밀도 측정 및 골용해지표인 소변의 디옥시피리디놀린의 배설량을 측정하였다. 이러한 측정결과를 바탕으로 단백질과 칼슘의 섭취비율에 의한 식이패턴과 골밀도 및 골대사와의 관련성을 평가하여 골다공증 예방을 위한 영양관리에 필요한 기초자료를 제시하고자 하였다.

내용 및 방법

연구대상자

본 연구는 서울과 경기도 일부지역에 거주하는 만 18~81세의 성인여성 276명을 대상으로 하였다. 본 연구에는 갑상선질환, 신장질환, 고혈압, 당뇨병이 있거나 여성호르몬 치료, 난소 및 자궁적출을 한 대상자는 포함시키지 않았다.

신체계측

신장과 체중은 신체 자동계측기(DS-102, JENIX, Korea)를 사용하여 가벼운 옷차림 상태에서 신발을 벗고 직립한 자세로 측정하였다. 신장과 체중을 이용하여 체질량지수[BMI, body mass index=체중(kg)/{신장(m)}²]를 산출하였다.

골밀도

연구대상자들의 연령 및 신장, 체중을 측정한 후, 이 중 에

너지 방사선 골밀도 측정기(Dual energy X-ray absorptiometry; DEXA, Hologic, USA)를 이용하여 요추(lumbar spine, L1-L4)와 대퇴경부(femoral neck)의 골밀도를 측정하였다. 요추의 골밀도로 표현되는 수치는 제2요추에서 제4요추까지의 골밀도의 평균을 사용하였다.

소변 분석

소변은 연구대상자 중 소변의 채취에 동의한 폐경 후 여성 106명에게 아침 첫 뇨를 250 cc의 플라스틱 채뇨용기에 수집하게 하였고, -20°C에 냉동보관하여 분석에 사용하였다. 골용해지표인 디옥시피리디놀린은 competitive enzyme immunoassay 방법으로 Pylilinks-D kit(Metra Biosystems, USA)를 사용하여 분석한 후 소변 중 크레아티닌 수치로 보정하였다(nmol/mmol Cr)(12).

식사섭취조사

식사섭취조사는 조사원이 직접 인터뷰를 통하여 식기와 음식모형을 제시하면서 하루간의 식이섭취를 24시간 회상법에 의해 조사하였다. 식사섭취조사 후 영양분석 프로그램 Can-pro 2.0(한국영양학회)을 이용하여 영양소 섭취량을 분석하였다.

NEAP 산출

NEAP는 Frassetto 등(15)이 마련한 공식 $[54.5 \times \{\text{단백질 섭취량(g)}/\text{칼슘 섭취량(mEq)}\} - 10.2]$ 을 이용하여 산출하였다.

통계분석

모든 조사결과는 SAS program(v 8.0)을 이용하여 평균과 표준편차를 구하였다. NEAP와 단백질 및 칼슘 섭취수준에 따라 4분위수로 나누고 이에 따른 군간 비교는 분산분석(ANOVA)을 실시하고, Duncan's multiple range test를 하였다. 또한 연령, 신장, 체중의 차이를 보정하기 위해 NEAP와 단백질 및 칼슘 섭취수준에 따라 나눈 4분위수에 따른 군간 비교는 공분산분석(ANCOVA)을 실시하였다. NEAP 및 영양소 섭취량과 골밀도와의 상관관계는 연령, 신장과 체중을 보정한 partial correlation coefficient(r)로 유의성 검정을 실시하였다. 또한 단백질의 섭취수준에 따라 권장섭취량 이상을 섭취하는 대상자와 권장섭취량에 미달하는 대상으로 재분류한 NEAP, 단백질, 칼슘 섭취량과 골밀도와의 상관관계도 분석하였다.

결과 및 고찰

일반사항

연구대상자들의 평균연령은 50.5세였으며, 평균신장은 155.6 cm(141.7~170.0 cm), 체중은 59.3 kg(41.0~91.7 kg)이었다. 대상자의 연령별 분포를 살펴보았을 때 20세 미만은 7.6%, 20~29세는 9.4%, 30~39세는 1.4%, 40~49세는 11.9%, 50~59세는 41.5%, 60~69세는 24.2%, 70세 이상은 3.6%로

Table 1. General characteristics of the study population

		Value (n=276)	Range
Age (yrs)		50.56±15.42 ¹⁾	18 ~ 81
<20		21 (7.6%)	
20 ~ 29		26 (9.4%)	
30 ~ 39		4 (1.4%)	
40 ~ 49		33 (11.9%)	
50 ~ 59		115 (41.5%)	
60 ~ 69		67 (24.2%)	
≥70		10 (3.6%)	
Menopausal	Yes	207 (75.0%)	
	No	69 (25.0%)	
Height (cm)		155.63±5.67	141.7 ~ 170.0
Weight (kg)		59.34±8.57	41.0 ~ 91.7
BMI (kg/m ²)		24.51±3.42	16.6 ~ 36.7
BMD-S (g/cm ²) ²⁾		0.87±0.15	0.47 ~ 1.27
BMD-F (g/cm ²) ³⁾		0.76±0.12	0.25 ~ 1.24
DPD ⁴⁾ (nM/mM Cr)		7.47±2.36	2.3 ~ 18.1

¹⁾Mean±SD.

²⁾Bone Mineral Density-Spine.

³⁾Bone Mineral Density-Femoral neck.

⁴⁾Deoxypridinoline, n=106.

나타났으며, 본 연구대상자 중 폐경 후 여성은 75.0%(207명)였다. 신장과 체중으로 산출한 체질량지수는 평균 24.5 kg/m²였다(Table 1). 대상자들의 평균 요추 골밀도는 0.87 g/cm²였고, 대퇴경부 골밀도는 0.76 g/cm²였다. WHO에서 제시된 골다공증 기준(T-score≤-2.5)에 근거할 때 대상자의 18.5%가 골다공증에 속하였으며, 이들은 모두 만 49세 이상의 폐경 후 여성이었다. 본 연구에서 골다공증에 속하는 대상자의 경우 기타 대사성질환으로 인한 것이 아니므로, 골밀도라는 연속변수와 NEAP와의 관련성을 해석하는데 문제가 없을 것으로 생각된다.

뼈의 표면에서는 골재형성(bone remodeling)이 계속하여 일어나 파골세포(osteoclast)에 의해 손상을 제거하고, 조골세포(osteoblast)에 의해 새로운 뼈로 채워진다. 그러나 골재형성이 병적으로 증가하면 골용해가 증가하여 골다공증의 위험을 증가시키므로 골용해의 속도를 통해 앞으로의 골밀도 변화를 예측하는 것이 임상적으로 도움이 될 수 있다(16). 이에 본 연구에서 폐경 후 여성 106명의 골용해지표로 소변 중 디옥시피리디놀린 배설량을 측정된 결과 평균 7.47 nM/mN Cr이었으며, 이는 폐경 후 여성을 대상으로 한 Oh 등의 8.07 nM/mN Cr보다는 낮은 수준이었다(17).

영양소 섭취량 및 NEAP

연구대상자의 영양소 섭취량에 대한 결과는 Table 2와 같으며, 1일 평균 에너지 섭취량은 1503.0 kcal이었다. 평균 단백질 섭취량은 57.7 g이었으며, 최소 6.2 g에서 최대 121.8 g의 범위에서 섭취하고 있었다. 표에는 제시하지 않았으나, 2005년도에 새로이 개정된 한국인영양섭취기준(한국영양학회, 2005)의 성인이기 이후 여성의 단백질 평균 필요량인 35 g 이상을 섭취하는 대상자는 전체 대상자의 90.2%였다(18). 평균칼슘의 섭취량은 483.3 mg이었는데, 칼슘은 국민건강

Table 2. NEAP, energy and nutrient intakes of the subjects

	Value (n=276)	Range
NEAP ¹⁾	44.62±16.89 ²⁾	5.2 ~ 116.2
Energy (kcal)	1503.05±402.35	369.1 ~ 3050.2
Protein (g)	57.74±18.84	6.2 ~ 121.8
Animal protein	23.60±13.47	0.0 ~ 74.2
Plant protein	34.14±10.72	6.2 ~ 86.1
Carbohydrate (g)	245.06±64.68	73.6 ~ 522.5
Fat (g)	38.58±18.03	1.3 ~ 123.8
Calcium (mg)	483.33±224.82	18.6 ~ 1385.0
Potassium (mEq)	60.84±20.68	4.2 ~ 129.6

¹⁾Estimated of NEAP using an algorithm in 54.5×{protein intake (g)/potassium intake (mEq)}-10.2.

²⁾Mean±SD.

영양조사 보고서(14)에서도 지속적으로 섭취가 부족한 것으로 보고되고 있으며, 본 연구대상자의 단백질 섭취량을 한국인 영양섭취기준(18)의 성별연령별 칼슘의 평균필요량과 비교 시 본 연구대상자의 73.5%가 평균필요량보다 적게 섭취하고 있는 것으로 나타나 칼슘의 섭취부족은 골격건강에 있어 영양상의 큰 문제점으로 보여진다. 칼슘은 평균 60.8 mEq의 섭취수준을 보였고 최소 4.2에서 최대 129.6 mEq의 범위에 있었다.

단백질과 칼슘의 섭취량에 근거하여 계산한 NEAP은 평균 44.6(5.2~116.2)이었다. 이는 New 등(13)이 1,056명의 폐경 전후 여성을 대상으로 보고한 41.5와 유사한 수준이었으나, New 등의 연구대상자의 경우 단백질의 평균 섭취량이 82.5 g, 칼슘의 평균 섭취량이 87.1 mEq로 단백질과 칼슘의 섭취수준이 모두 본 대상자에 비하여 높았다.

NEAP, 단백질, 칼슘 섭취량과 골밀도와의 상관성

대상자들의 NEAP, 단백질, 칼슘 섭취량과 골밀도 및 디옥시피리디놀린과의 상관관계를 분석한 결과는 Table 3과 같다. 전체대상자의 NEAP 수준은 요추 골밀도(p<0.05)와 유의적인 음의 상관성을 보였고, 대퇴경부 골밀도와도 유의적인 수준은 아니었으나 음의 상관성을 보였다. 이는 일상식을 통한 NEAP와 골밀도간 음의 관련성이 제시된 서양의 연구결과와 일치하였다(11,13).

본 연구에서는 NEAP와 디옥시피리디놀린의 배설량 간에는 유의적인 상관성이 나타나지 않았으나, Buclin 등(19)은 식이의 변화가 칼슘과 골대사에 미치는 영향을 알아본 실험에서 산 형성 식사는 알칼리 형성 식사에 비하여 소변으로의 칼슘배설과 골용해지표인 C-terminal peptide의 배설을 각각 74%와 19% 이상 증가시킬 수 있다고 보고하였고, New 등(13)도 NEAP가 감소할수록 소변 중 디옥시피리디놀린 배설이 감소하는 유의적인 관련성을 보고하였다.

본 연구대상자의 단백질 섭취량의 범위는 6.2~121.8 g으로 다양하며, 단백질의 섭취수준이 아주 낮은 대상자들도 포함하고 있기 때문에 단백질의 섭취수준에 따라 골대사에 미치는 영향이 다를 수 있을 것으로 보고, 단백질의 섭취수준에 따라 권장 섭취량 이상을 섭취하는 대상자와 권장섭취

Table 3. Partial correlation coefficients among bone mineral density, NEAP and nutrient intakes of the subjects, adjusted for age, height and weight (n=276)

	NEAP ⁴⁾	Dpd	Protein intake	Animal protein intake	Plant protein intake	Potassium intake
BMD-S ¹⁾	-0.2157 ⁵⁾	-0.0571	-0.1687	-0.1984	-0.0591	-0.0176
BMD-F ²⁾	-0.1069	0.0688	-0.1146	-0.1357	-0.0386	-0.0370
DPD ³⁾	0.0435	-	-0.1894	-0.1347	-0.1926	-0.1519

¹⁾Bone Mineral Density-Spine, ²⁾Bone Mineral Density-Femoral neck, ³⁾Deoxypyridinoline, n=106.

⁴⁾Estimated of NEAP using an algorithm in $54.5 \times \{ \text{protein intake (g)} / \text{potassium intake (mEq)} \} - 10.2$.

⁵⁾Pearson's correlation coefficient. *p<0.05.

Table 4. Partial correlation coefficients among bone mineral density, NEAP and nutrient intakes of the subjects, adjusted for age, height and weight

	Group of %RI ¹⁾ for protein intake<100 (n=65)		Group of %RI for protein intake≥100 (n=211)	
	BMD-S ²⁾	BMD-F ³⁾	BMD-S	BMD-F
NEAP ⁴⁾	0.0806	0.2427	-0.2770 ⁵⁾	-0.1834
Protein intake	-0.1100	0.0479	-0.1992	-0.2031
Animal protein intake	-0.1774	0.0784	-0.2140	-0.1964
Plant protein intake	0.0092	-0.0054	-0.0399	-0.0747
Potassium intake	-0.0841	-0.2244	0.0236	-0.0336

¹⁾Recommended intake, ²⁾Bone Mineral Density-Spine, ³⁾Bone Mineral Density-Femoral neck.

⁴⁾Estimated of NEAP using an algorithm in $54.5 \times \{ \text{protein intake (g)} / \text{potassium intake (mEq)} \} - 10.2$.

⁵⁾Pearson's correlation coefficient. *p<0.05.

량에 미달되게 섭취하는 대상자로 분류하여 NEAP, 단백질, 칼슘 섭취량과 골밀도와의 상관관계를 분석한 결과(Table 4), NEAP는 단백질의 섭취량이 RI 미만인 군에서는 유의적인 수준은 아니었으나 유추 및 대퇴경부 골밀도와 양의 상관성을 보였고, RI 이상인 군에서는 유추(p<0.05) 골밀도와 유의적인 음의 상관성을 나타내었다. 단백질은 근육격계 및 골질량 형성과 유지에 중요한 요인으로서, 단백질의 섭취부족은 골다공증의 주요 요인이 될 수 있다(20). 또한 충분한 단백질의 섭취는 골질치료에 유효하게 작용하였고(21), Munger 등(22)은 55~69세의 폐경 후 여성을 대상으로 한 연구에서 44명의 골반골절 환자를 32,006명의 대조군과 비교했을 때 환자군의 단백질 섭취량이 낮았다고 보고하였다.

이러한 선행연구 보고와 본 연구결과를 종합하여 볼 때, 골격건강을 위해 적절한 단백질 영양상태의 유지는 중요하며, 단백질의 과잉섭취와 알칼리 형성 무기질 섭취와의 불균형으로 인한 산의 생성증가는 오랫동안 단백질의 과잉섭취 문제가 지적되어온 서양뿐만 아니라 우리나라에도 관심을 가져야 할 요인임을 알 수 있다.

NEAP 및 단백질, 칼슘의 섭취량과 골밀도와의 사분위수 분석

전체 연구대상자를 NEAP의 수준에 따라 4분위수로 분류하여 골밀도를 비교하였을 때 Table 5와 같이 군간에 유의적인 차이를 보이지 않았다. 또한 연구대상자를 골밀도가 증가

Table 5. The bone mineral density by percentiles group of calculated NEAP

		1 ³⁾	2	3	4	Significance ⁴⁾
Total	BMD-S ¹⁾	0.880±0.140 ⁶⁾	0.877±0.157	0.863±0.165	0.890±0.169	NS ⁵⁾
	BMD-F ²⁾	0.768±0.126	0.758±0.131	0.746±0.110	0.781±0.140	NS
<35 yrs (n=49)	BMD-S	0.901±0.093	0.911±0.098	0.997±0.130	1.006±0.140	NS
	BMD-F	0.806±0.135	0.785±0.094	0.866±0.164	0.881±0.114	NS
35~49 yrs (n=35)	BMD-S	1.047±0.114	0.982±0.122	1.006±0.130	0.924±0.162	NS
	BMD-F	0.851±0.139	0.810±0.100	0.808±0.089	0.741±0.068	NS
≥50 yrs (n=192)	BMD-S	0.843±0.124	0.862±0.153	0.822±0.168	0.813±0.159	NS
	BMD-F	0.745±0.120	0.752±0.105	0.715±0.134	0.737±0.123	NS
Premenopausal (n=69)	BMD-S	1.002±0.123	0.939±0.135	0.984±0.123	0.991±0.142	NS
	BMD-F	0.842±0.141	0.789±0.100	0.833±0.150	0.839±0.121	NS
Postmenopausal (n=207)	BMD-S	0.863±0.127	0.867±0.152	0.832±0.165	0.817±0.157	NS
	BMD-F	0.749±0.122	0.760±0.106	0.720±0.131	0.739±0.120	NS

¹⁾Bone Mineral Density-Spine, ²⁾Bone Mineral Density-Femoral neck.

³⁾1: NEAP<25 percentile, 2: 25 percentile≤NEAP<50 percentile, 3: 50 percentile≤NEAP<75 percentile, 4: NEAP≥75 percentile.

⁴⁾Significance as determined by ANOVA test according to NEAP. ⁵⁾NS: not significant.

⁶⁾Mean±SD.

하는 시기인 35세 미만, 골밀도가 유지 또는 감소하는 35~50세, 골밀도 감소가 증가하는 폐경 연령인 50세 이상의 세 연령군으로 나누어, NEAP의 수준에 따른 4분위수로 분류하여 골밀도를 비교한 결과, Table 5와 같은 결과를 보였다. 35세 이하의 연령군에서는 NEAP 수준이 증가함에 따라 골밀도가 증가하는 경향을 보였고, 35세 이상~50세 미만 및 50세 이상의 연령군에서는 NEAP 수준이 증가함에 따라 골밀도가 감소하는 경향을 보였으나, 통계적으로 모두 유의적인 수준은 아니었다. 또한 대상자를 폐경여부에 따라 폐경 전 여성과 폐경 후 여성으로 나누어 NEAP의 수준에 따른 4분위수로 분류하여 골밀도를 비교한 결과, 폐경 후 여성의 경우 NEAP이 증가함에 따라 요추 골밀도가 감소하는 경향을 보였으나 역시 통계적인 유의성을 보이지는 않았다. 이러한 결과를 통하여 NEAP와 골밀도와의 관련성이 연령대에 따라서 다소 다르게 나타날 수 있음을 알 수 있었다. 특히 NEAP의 증가에 따른 골밀도의 감소는 골 형성기보다는 골밀도의 감소가 시작되는 연령대에서 영향이 있음을 추론할 수 있으나, 연령 그룹별 대상자의 수가 적고 통계적인 유의성이 제시되지 않아 일반화된 결론을 내리기는 어렵다고 보여진다. 따라서 향후 연령대별로 더 많은 대상자를 포함한 연구 분석이 이루어져야 할 것으로 본다.

연령별로 NEAP와 골밀도와의 관련성이 다르게 나타난 경향을 고려하여 NEAP의 수준에 따른 요추 골밀도에 대해 연령과 신장, 체중의 차이를 보정한 후 공분산분석을 실시한 결과는 Fig. 1과 같다. NEAP 수준이 가장 낮은 군의 요추 골밀도가 가장 높고, NEAP의 증가에 따라 골밀도가 감소하는 경향을 보였다. 대퇴경부 골밀도의 경우도 요추 골밀도에서와 같이 연령, 체중, 신장을 보정한 후 NEAP 수준이 가장

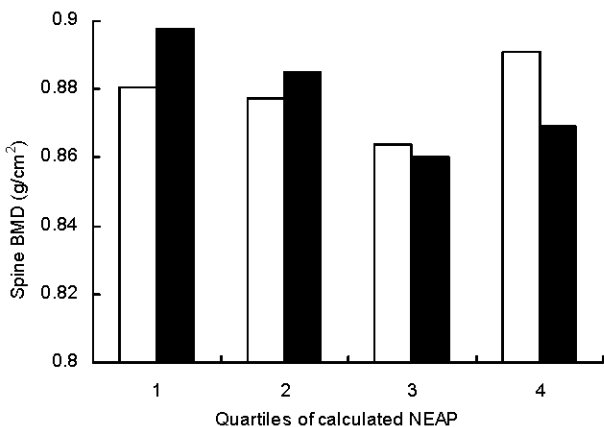


Fig. 1. The mean spine bone mineral density by percentile groups of calculated NEAP after controlling for the age, height and weight.

□ Indicates mean BMD before adjusting for age, height and weight; ■ Indicates mean BMD after adjusting for age, height and weight. Among group mean values were compared by one way ANOVA and ANCOVA when controlling for the age, height and weight; NS, 1: NEAP<25 percentile, 2: 25 percentile≤NEAP<50 percentile, 3: 50 percentile≤NEAP<75 percentile, 4: NEAP≥75 percentile.

낮은 군의 대퇴경부 골밀도가 높은 경향을 보였으나 유의적인 차이는 없었다(Fig. 2). 이와 같은 결과는 New 등이 NEAP에 따른 4분위수 분석결과 NEAP가 증가함에 따라 대퇴부과 요추 골밀도가 유의적으로 감소하였다고 보고한 결과와는 차이를 보였다(13).

본 연구대상자들의 단백질 섭취량의 4분위수에 따라 요추 및 대퇴경부 골밀도를 비교한 결과(Fig. 3, 4), 요추의 경우 연령, 체중, 신장을 보정 후 단백질의 섭취량이 증가함에 따라

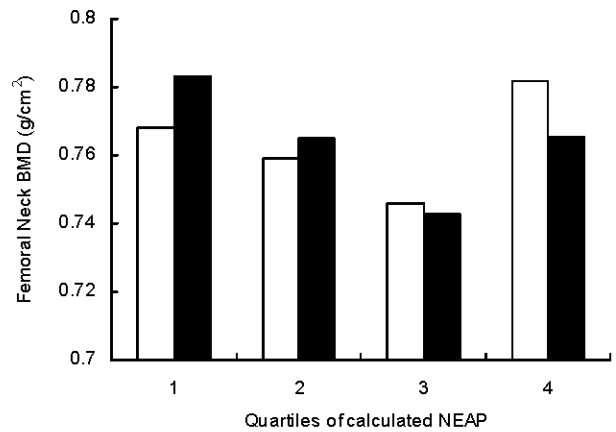


Fig. 2. The mean femoral neck bone mineral density by percentile groups of calculated NEAP after controlling for the age, height and weight.

□ Indicates mean BMD before adjusting for age, height and weight; ■ Indicates mean BMD after adjusting for age, height and weight. Among group mean values were compared by one way ANOVA and ANCOVA when controlling for the age, height and weight; NS, 1: NEAP<25 percentile, 2: 25 percentile≤NAEP<50 percentile, 3: 50 percentile≤NEAP<75 percentile, 4: NEAP≥75 percentile.

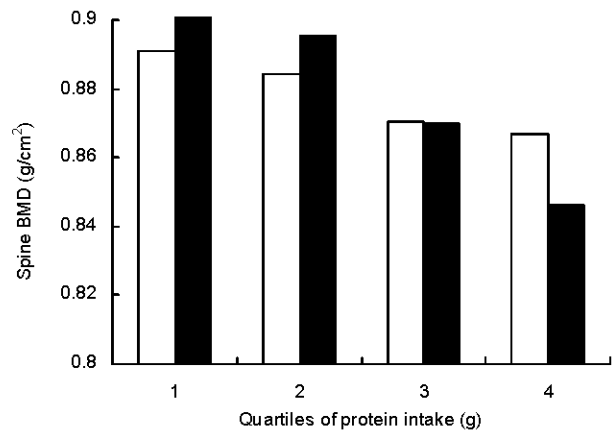


Fig. 3. The mean spine bone mineral density by percentile groups of protein intake after controlling for the age, height and weight.

□ Indicates mean BMD before adjusting for age, height and weight; ■ Indicates mean BMD after adjusting for age, height and weight. Among group mean values were compared by one way ANOVA and ANCOVA when controlling for the age, height and weight; p<0.05.

1: protein intake<25 percentile, 2: 25 percentile≤protein intake<50 percentile, 3: 50 percentile≤protein intake<75 percentile, 4: protein intake≥75 percentile.

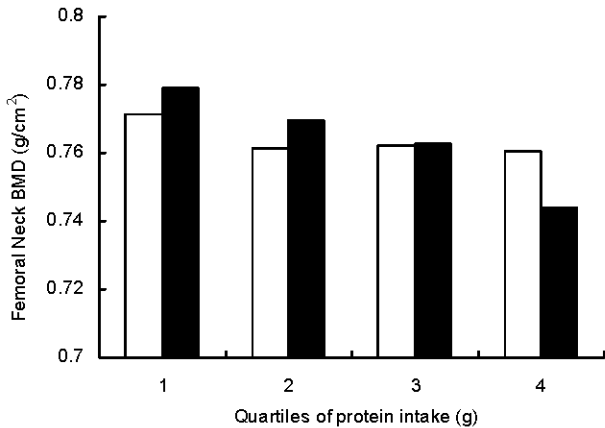


Fig. 4. The mean femoral neck bone mineral density by percentile groups of protein intake after controlling for the age, height and weight.

□ Indicates mean BMD before adjusting for age, height and weight; ■ Indicates mean BMD after adjusting for age, height and weight. Among group mean values were compared by one way ANOVA and ANCOVA when controlling for the age, height and weight; NS, 1: protein intake<25 percentile, 2: 25 percentile≤protein intake<50 percentile, 3: 50 percentile≤protein intake<75 percentile, 4: protein intake≥75 percentile.

라 골밀도가 감소하였다($p<0.05$). 칼슘섭취량의 4분위수에 따라 골밀도를 비교한 결과(Fig. 5, 6)에서는 군간에 유의적인 차이를 보이지 않았으나 칼슘의 섭취가 가장 높은 군의 골밀도가 가장 높은 경향을 나타내었다. 칼슘은 채소와 과일, 두류와 같은 식물성 식품에 풍부하게 함유되어 있으며, 채소와 과일의 섭취가 골밀도에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 보고한 여러 연구결과에서도 채소와 과일에 함유된 칼

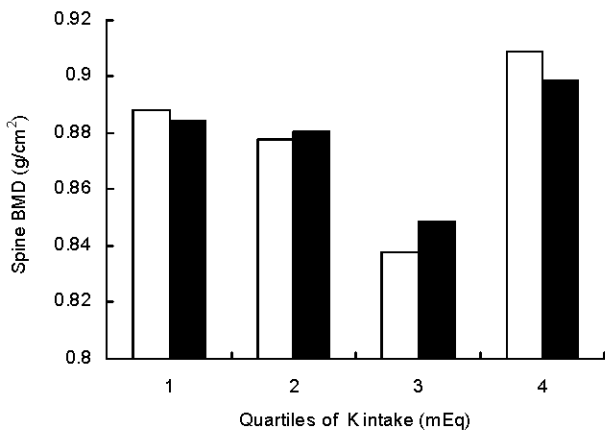


Fig. 5. The mean spine bone mineral density by percentile groups of potassium intake after controlling for the age, height and weight.

□ Indicates mean BMD before adjusting for age, height and weight; ■ Indicates mean BMD after adjusting for age, height and weight. Among group mean values were compared by one way ANOVA and ANCOVA when controlling for the age, height and weight; NS, 1: potassium intake<25 percentile, 2: 25 percentile≤potassium intake<50 percentile, 3: 50 percentile≤potassium intake<75 percentile, 4: potassium intake≥75 percentile.

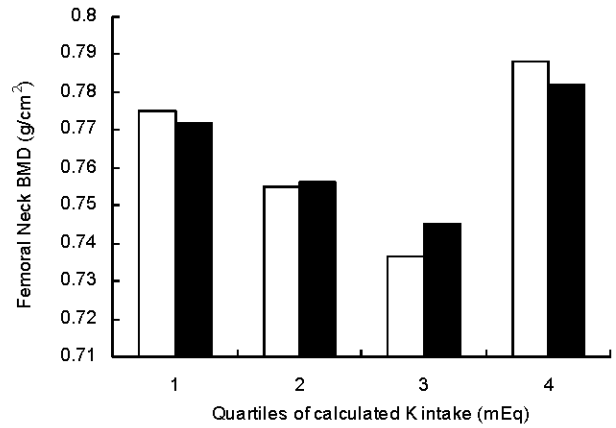


Fig. 6. The mean femoral neck bone mineral density by percentile groups of potassium intake after controlling for the age, height and weight.

□ Indicates mean BMD before adjusting for age, height and weight; ■ Indicates mean BMD after adjusting for age, height and weight. Among group mean values were compared by one way ANOVA and ANCOVA when controlling for the age, height and weight; NS, 1: potassium intake<25 percentile, 2: 25 percentile≤potassium intake<50 percentile, 3: 50 percentile≤potassium intake<75 percentile, 4: potassium intake≥75 percentile.

슘이 체액의 pH를 높여 소변으로의 칼슘배설을 감소시키는 것으로 보고하고 있다(23-25). 또한 다양한 인체실험을 통하여서도 높은 수준의 칼슘보충이 칼슘과 골격대사를 유의적으로 향상시켰다는 연구가 보고되어(26-30), 칼슘의 섭취가 골밀도에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 생각된다.

요 약

단백질과 칼슘의 섭취량으로 산출한 NEAP와 여성의 골밀도 및 골대사지표와의 관련성을 알아보기 위하여 18~81세의 여성 276명을 대상으로 설문조사와 식사섭취조사, 요추와 대퇴경부의 골밀도 측정, 소변의 디옥시피리디놀렌을 분석한 결과는 다음과 같다. 대상자들의 NEAP 수준은 요추 골밀도($p<0.05$)와 유의적인 음의 상관성을 보였고 대퇴경부 골밀도와도 유의적인 수준은 아니었으나 음의 상관성을 보였다. NEAP의 수준에 따라 대상자를 4분위수로 분류하고 연령, 신장, 체중의 차이를 보정하여 골밀도를 비교하였을 때 NEAP 수준이 가장 낮은 군의 요추 및 대퇴경부 골밀도가 가장 높았으나 유의적인 차이를 보이지는 않았다. 또한 단백질의 섭취량에 따른 골밀도의 4분위수 분석결과 단백질의 섭취량이 증가함에 따라 요추 골밀도가 감소하였다($p<0.05$). 이상의 연구결과를 통하여 체내에서 알칼리를 생성하는 칼슘의 섭취증가와 체내에서 산을 생성하는 단백질의 섭취감소를 통한 체내 산도의 감소가 여성의 골밀도와 긍정적인 관련성을 나타낼 수 있음이 제시되었다. 따라서 칼슘섭취의 부족문제가 좀처럼 해결되고 있지 않은 우리나라의 식생활에서 골용해와 칼슘의 배설을 줄임으로써 골격건강을 유지

할 수 있는 방안으로 단백질의 과잉섭취를 제한하고 체내 알칼리를 형성할 수 있는 무기질이 풍부한 식품의 섭취를 늘일 수 있도록 하는 식사지침의 마련이 필요하다고 생각한다. 또한 본 연구에서는 골밀도에 긍정적인 영향을 미치는 체내 알칼리성 유도 영양소를 칼륨으로만 한정했지만, 마그네슘이나 칼슘 등도 체내 알칼리성에 영향을 미치는 요인이기 때문에 다양한 알칼리성 영양소의 섭취가 골밀도에 미치는 영향에 대한 추후 연구가 요구된다.

문 헌

- Ilich JZ, Kerstetter JE. 2000. Nutrition in bone health revisited: a story beyond calcium. *J Am Coll Nutr* 19: 715-737.
- Mazess RB, Mather W. 1974. Bone mineral content of North Alaskan Eskimos. *Am J Clin Nutr* 27: 916-925.
- Mazess RB, Mather WE. 1975. Bone mineral content in Canadian Eskimos. *Hum Biol* 47: 44-63.
- Feskanich D, Willett WC, Stampfer MJ, Colditz GA. 1996. Protein consumption and bone fractures in women. *Am J Epidemiol* 143: 472-479.
- Hu JF, Zhao XH, Parpia B, Campbell TC. 1993. Dietary intakes and urinary excretion of calcium and acids: a cross-sectional study of women in China. *Am J Clin Nutr* 58: 398-406.
- Abelow BJ, Holford TR, Insogna KL. 1992. Cross-cultural association between dietary animal protein and hip fracture: a hypothesis. *Calcif Tissue Int* 50: 14-18.
- Sebastian A, Harris ST, Ottaway JH, Todd KM, Morris RC. 1994. Improved mineral balance and skeletal metabolism in postmenopausal women treated with potassium bicarbonate. *N Engl J Med* 330: 1776-1781.
- Kerstetter JE, O'Brien KO, Insogna KL. 1998. Dietary protein affects intestinal calcium absorption. *Am J Clin Nutr* 68: 859-865.
- Tucker KL, Hannan MT, Chen H, Cupples LA, Wilson PW, Kiel DP. 1999. Potassium, magnesium, and fruit and vegetable intakes are associated with greater bone mineral density in elderly men and women. *Am J Clin Nutr* 69: 727-736.
- Alexy U, Remer T, Manz F, Neu CM, Schoenau E. 2005. Long-term protein intake and dietary potential renal acid load are associated with bone modeling and remodeling at the proximal radius in healthy children. *Am J Clin Nutr* 82: 1107-1114.
- Macdonald HM, New SA, Fraser WD, Campbell MK, Reid DM. 2005. Low dietary potassium intakes and high dietary estimates of net endogenous acid production are associated with low bone mineral density in premenopausal women and increased markers of bone resorption in postmenopausal women. *Am J Clin Nutr* 81: 923-933.
- Min YK. 1998. Clinical usefulness of biochemical makers for the side of new medicine. '98 New Horizon of Osteoporosis (Osteoporosis Symposium). p 15-21.
- New SA, MacDonald HM, Campbell MK, Martin JC, Garton MJ, Robbins SP. 2004. Lower estimates of net endogenous noncarbonic acid production are positively associated with indexes of bone health in premenopausal and peri-menopausal women. *Am J Clin Nutr* 79: 131-138.
- Ministry of Health and Welfare. 2002. 2001 national health and nutrition survey-overview, health examination, nutrition Survey I, II.
- Frassetto L, Todd K, Morris RC Jr, Sebastian A. 1998. Estimation of net endogenous noncarbonic acid production in humans from dietary protein and potassium contents. *Am J Clin Nutr* 68: 576-583.
- Kim KS. 1996. A plan of selection and application to biochemical makers. The third Osteoporosis Symposium, Korea. p 41-45.
- Oh SI, Lee HS, Lee MS, Kim CI, Kwon IS, Park SC. 2002. Some factors affecting bone mineral status of postmenopausal women. *Korean J Community Nutrition* 7: 121-129.
- The Korean nutrition society. 2005. Dietary reference intakes for Koreans. Seoul.
- Buclin T, Cosma M, Appenzeller M, Jacquet AF, Decosterd LA, Biollaz J, Burchhardt P. 2001. Diet acids and alkalis influence calcium retention in bone. *Osteoporosis Int* 12: 493-499.
- Lawrence GR, Smith JA. 1989. Pathogenesis, prevention and treatment of osteoporosis. *Ann Rev Med* 40: 251-267.
- Bonjour JP, Rapin CH, Rizzoli R, Tkatch L, Delmi M, Chevalley T, Nydegger V, Slosman D, Vasey H. 1992. Hip fracture, femoral bone mineral density, and protein supply in elderly patients. In *Nutrition of the elderly*. Munro H, Schliert G, eds. Nestle Nutrition Workshop Series 29: 151.
- Munger RG, Cerhan JR, Chiu BCH. 1999. Prospective study of dietary protein intake and risk of hip fracture in postmenopausal women. *Am J Clin Nutr* 69: 147-152.
- New S, Robbins S, Reid D. 1998. Fruit and vegetable consumption and bone health: is there a link? In *Nutritional aspects of osteoporosis 97*. Burckhardt P, Dawson-Hughes B, RP Heaney, eds. Ares-Serono Symposia Publications, Rome. p 199-207.
- New SA, Robins SP, Campbell MK, Martin JC, Garton MJ, Bolton-Smith C, Grubb DA, Lee SJ, Reid DM. 2000. Dietary influences on bone mass and bone consumption and bone health? *Am J Clin Nutr* 71: 142-151.
- Appel LJ, Moore TJ, Obarzanek E, Vollmer WM, Svetkey LP, Sacks FM, Bray GA, Vogt TM, Cutler JA, Windhauser MM, Lin PH, Karanja N. 1997. A clinical trial of the effects of dietary patterns on blood pressure. *N Engl J Med* 336: 1117-1124.
- Sebastian A, Harris ST, Ottaway JH, Todd KM, Morris RC Jr. 1994. Improved mineral balance and skeletal metabolism in postmenopausal women treated with potassium bicarbonate. *N Engl J Med* 330: 1776-1781.
- Sellmeyer DE, Schloetter M, Sebastian A. 2002. Potassium citrate prevents increased urine calcium excretion and bone resorption induced by a high sodium chloride diet. *J Clin Endocrinol Metab* 87: 2008-2012.
- Sakhaee K, Maalouf NM, Abrams SA, Pak CY. 2005. Effects of potassium alkali and calcium supplementation on bone turnover in postmenopausal women. *J Clin Endocrinol Metab* 90: 3528-3533.
- Frassetto L, Morris RC Jr, Sebastian A. 2005. Long-term persistence of the urine calcium-lowering effect of potassium bicarbonate in postmenopausal women. *J Clin Endocrinol Metab* 90: 831-834.
- Remer T. 2004. Estimates of renal net acid excretion and bone health. *Am J Clin Nutr* 80: 786-797.