

## 칼슘급원식품의 체내이용성 연구

이성현 · 황보영숙 · 김지연 · 이연숙\*

농촌진흥청 농촌생활연구소, 서울대학교 식품영양학과\*

### A Study on the Bioavailability of Dietary Calcium Sources

Lee, Sung Hyen · Hwangbo, Young Sook · Kim, Ji Yeon · Lee, Yeon Sook\*

Rural Living Science Institute Rural Development Administration  
Department of Food and Nutrition,\* Seoul National University, Seoul, Korea

#### ABSTRACT

This study was conducted to investigate the effect of various types of calcium sources on calcium metabolism. Sprague-Dawley male rats weighing approximately 82g were divided into 6 groups and fed experimental diets containing about 0.2% calcium for 4 weeks. Perilla leaves, dried sea mustard, mulberry leaves, loach, skim milk powder, and CaCO<sub>3</sub> were used as calcium sources for this study. Food intake of experimental groups showed no significant difference from that of control group, but food efficiency ratio were higher in group fed loach as a calcium source. Apparent calcium absorption from perilla leaves, mulberry leaves, and skim milk powder groups as good as that in CaCO group. Femur length showed no significant difference among experimental groups with different calcium sources. The breaking force of bone was higher in loach and dried sea mustard groups. Weight, ash weight, and calcium content of the femur were higher in the loach diet group than in the others. Thus, calcium from not only skim milk powder but also perilla leaves, dried sea mustard, mulberry leaves, and loach appears readily available and all of these can be recommended as calcium sources. (*Korean J Nutrition* 30(5) : 499~505, 1997)

**KEY WORDS** : calcium metabolism · perilla leaves · dried sea mustard · mulberry leaves · loach · skim milk powder.

#### 서 론

칼슘은 한국인에게서 가장 부족되기 쉬운 영양소 중의 하나로, 칼슘의 섭취 부족은 거의 모든 연령층에서 나타나고 있다<sup>1)</sup>. 제 6차 한국인의 영양권장량에 의하면 연령과 성별에 따라 칼슘의 권장량이 상향조정 되었으나<sup>2)</sup>, 실제 평균 섭취량은 낮은 수준에 머무르고 있다. 1996년에 발표된 '94 국민영양조사결과에 의하면 전국 1인 1일 당 평균 칼슘섭취량은 523mg이며, 영양권장량의 75% 미만을 섭취하는 가구가 전체 조사대상의 51.0%로 나타났다. 채택일 : 1997년 3월 26일

나고 있다<sup>1)</sup>.

일반적으로 식품 중 칼슘 급원으로서의 가치는 그 함량 뿐 아니라 체내 이용성에 의해서 평가되고 있으며 칼슘의 체내 이용성은 칼슘염의 형태 뿐 아니라 동물의 체내 요구도, 연령, 신체생리상태 및 단백질, 인산, 수산, 피틴산, 섬유소, 지방 등 여러 가지 식이 인자에 의해서 다양하게 영향을 받는다<sup>3)</sup>. 칼슘의 섭취량보다는 흡수량이 골질량과 더욱 밀접한 관련이 있어서 칼슘이 소장벽 세포로 얼마나 통과되는가 하는 것이 중요한데, 성인의 칼슘흡수율은 30%이하이며 최대 45%를 넘지 못하고 노인이나 골다공증 환자에서는 그 적응 능력이 떨어진다 고 한다<sup>4)</sup>. 따라서 칼슘 흡수율이 고칼슘식에서 낮더라도

흡수된 절대량은 저칼슘식에서보다 높으므로 고칼슘섭취가 권장되며<sup>5)</sup>, 이를 위해서는 고칼슘 식품인 우유 및 유제품, 녹색 엽채류의 섭취를 늘여야 한다. 그러나 동양인이나 흑인은 대부분 유당불내증이 있고 유제품의 섭취가 일상화 되어있지 않으므로 유제품외의 다른 칼슘함유 식품인 녹색 엽채류 등에 의존하고 있다. 이것은 식품의 칼슘흡수율이 낮은 것으로 나타나고 있어 일부에서는 칼슘제를 이용할 것을 권하고 있으나 칼슘제의 과량 복용 시에는 신결석, 식욕상실, 멀미, 현기증, 변비, 복통, 구갈 등의 부작용이 생길수 있다<sup>6)</sup>. 또한 단백질 섭취량이 증가하면 뇨중 칼슘 배설량이 증가하는데 이는 단백질에 함유되어 있는 함황아미노산의 대사산물인 황산이 칼슘과 염을 형성하여 뇨중으로 배설되어 세뇨관에서의 칼슘 재흡수를 억제함으로써 뇨중 칼슘배설량을 증가시키는 것이다 한다<sup>7)</sup>. 한편 육류에는 인이 다량 함유되어 있고<sup>8)</sup> 일상식에는 단백질과 인이 함께 존재하므로 골손실과는 무관했다<sup>9)</sup>는 결과도 있다. 칼슘 흡수와의 관련요인으로 섬유소는 소장에서 칼슘흡수를 억제하여 분중으로의 칼슘배설을 증가시키므로 섬유소 섭취량이 증가하면 칼슘 평형은 부(-)로 기울어져 18g의 섬유소를 섭취할 때마다 칼슘 섭취량을 100mg 증가시켜야 한다고 지적한 보고도 있다<sup>10)</sup>.

최근 각국에서 화학 형태가 다른 여러 가지 칼슘염이나 소뼈분말(bone meal), 난각분말(egg shell), 굴피분말(oyster shell) 등을 주체로 한 칼슘 강화식품, 칼슘 보충제 및 체내 칼슘 이용성 증진 물질들이 개발되어 시판되고 있으며, 이들 칼슘 공급원에 대한 유효성과 영양 효과가 정상 혹은 골다공증 모델 동물을 이용하여 다양하게 비교·검토되어 왔다<sup>11-14)</sup>. 또한 식이 칼슘 섭취 부족으로 인한 영양문제를 성장기 및 성인기 이후의 골격 질환 뿐 아니라, 순환기계질환이나 대장질환 등 각종 성인병과 관련지어 칼슘영양의 중요성이 새삼 강조되고 있다<sup>15-16)</sup>. 그러나 칼슘은 안전성을 고려할 때 식품의 형태로 섭취하는 것이 바람직하다고 여겨지고, 이미 성장기의 흰쥐를 이용하여 밀치, 두부, 탈지분유 및 치즈의 칼슘급원으로서의 유효성과 시금치에 함유된 칼슘의 낮은

이용성이 보고된 바 있으나<sup>3)14)</sup>, 칼슘 급원식품중 칼슘의 체내 이용성을 검토한 연구는 여전히 미흡한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 칼슘함량이 많은 식품중에서 통째로 먹는 관계로 어느 육류보다 우수 칼슘급원인 미꾸라지와 당뇨병치료에 효과가 있어 그 조리법이 연구중인 빵잎<sup>17)</sup>, 그리고 한국인의 식생활에서 섭취빈도나 양적인 측면으로 주요 칼슘급원이라고 할 수 있는 미역과 들깻잎<sup>1)</sup> 중 칼슘의 이용성을 CaCO<sub>3</sub>의 이용성과 비교하고, 나아가서는 양질의 칼슘급원으로 알려진 탈지분유 중 칼슘의 체내이용성과 비교함으로써 이들 식품의 칼슘급원으로서의 가치를 평가해 보고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 실험동물 및 식이

체중 약 82g의 Sprague-Dawley종 수컷 흰쥐를 환경 조절된 실험동물 사육실 (온도 22±2℃, 상대습도 65±5%, 조명 6:00 a.m.~ 6:00 p.m.)에서 stainless-steel wire cage에 한 마리씩 분리 사육하였다. 모든 실험식이와 탈이온수를 자유섭취 방법(ad libitum)으로 급여하였으며, 대사 cage와 사육에 사용된 모든 기구는 무기질 오염방지를 위해 0.4% EDTA(ethylene diamine tetraacetic acid) 용액으로 씻은 후 탈이온수로 행구어 사용하였다. 칼슘의 체내이용성을 평가하기 위해서 동물을 6군으로 나누었으며, 체중에 따라 완전염의 배치하였다.

본 실험에 사용된 칼슘급원식품은 냉동건조하여 성분을 분석한 후, 성분분석결과 Table 1를 기초로 Table 2에 제시한 바와 같이 칼슘 0.2%, 인 0.4%, 단백질 20%, 지방 5%, 섬유소 5%가 되도록 실험식이를 조정하였다.

### 2. 시료수집 및 분석방법

#### 1) 시료수집

##### (1) 혈 액

실험동물을 시료 채취 전 하룻밤 절식시킨 후, ethyl

Table 1. Composition of freeze-dried calcium sources<sup>1)</sup>

Test food	Water	Protein	Lipid	Ash	Calcium	Phosphorus	Crude fiber
L <sup>2)</sup>	2.21	65.00	7.80	18.92	3.33	4.36	-
SMP	1.47	36.40	0.32	7.92	1.80	1.46	-
PL	4.38	18.80	5.38	8.23	2.00	0.41	19.63
DSM	3.77	22.40	1.91	24.12	0.92	0.41	24.62
ML	3.0	24.83	3.88	7.77	1.88	0.23	40.60

1) Values are means of 3 determinations.

2) L : loach, SMP : skim milk powder(Seoul Milk CO., Seoul, Korea), PL : perilla leaves, DSM : dried sea mustard ML : mulberry leaves

**Table 2.** Composition of experimental diets

Ingredient	(g/kg diet)					
	CaCO <sub>3</sub>	L	SMP	PL	DSM	ML
Product <sup>1)</sup>	-	60.06	111.11	100.00	217.39	106.38
Casein	221.73	178.45	176.90	200.89	167.74	192.45
Corn oil	50	45.31	49.60	44.62	45.65	45.87
Vitamin mix. <sup>2)</sup>	10	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
Mineral mix <sup>3)</sup> (Ca, P free)	40	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0
α-cellulose <sup>4)</sup>	50	50.0	50.0	30.37	0	6.81
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	18.0	6.22	10.71	16.17	13.98	13.85
Corn starch	600.27	604.96	546.68	552.95	500.24	579.64
DL-methionine	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
CaCO <sub>3</sub>	5.0	-	-	-	-	-
Choline chloride	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0

1) Loach, skim milk powder, perilla leaves, dried sea mustard and mulberry leaves were provided as sources of calcium  
 2~3) AIN-76 vitamin mixture and AIN-76(Ca, P free) mineral mixture, supplied by U.S. CORNING Laboratory Services Company. TEKLAD TEST DIETS, Madison, Wisconsin  
 4) α-Cellulose, Sigma

ether로 마취하여 경동맥혈을 채취하였다. 채취한 혈액은 냉장고(4℃)에서 하룻밤 동안 방치한 후 분리하여 혈청을 얻었으며 분석 전까지 냉동 보관하였다.

(2) 간, 신장 및 뼈(femur)조직

혈액 채취 후 즉시 간, 신장 및 대퇴골을 각각 적출하였다. 간과 신장조직은 부착되어 있는 지방이나 근육을 깨끗이 제거한 후 냉장 생리식염수(0.9% NaCl 용액)로 세척하여 혈액을 제거한 다음 여과지로 물기를 닦고 무게를 측정하였다. 뼈조직은 부착되어 있는 근육, 지방, 인대 등을 전부 제거한 후 무게와 길이 및 강도(breaking force)를 측정하였고 모든 시료는 회화·처리 전까지 냉동 보관하였다.

(3) 변, 뇨

변과 뇨는 실험식이 급여기간 중 실험 종료전 4일간 metabolic cage에서 수집하였으며, 변은 그대로 뇨는 여과지에 거른 후 총량을 측정하여 분석할 때까지 냉동 보관하였다.

2) 시료분석

(1) 조직, 변 및 뇨중의 칼슘 함량

간, 신장과 뼈는 105±10℃ 건조기에서 12시간동안 예비 건조시키고 550~600℃ 회화로에서 6~8시간 회화하여 얻은 회분을 HCl(1N) 용액으로 용해한 후, LaCl<sub>2</sub> 용액으로 희석하여 원자흡광도계(Atomic absorption spectrophotometer)로 422.7nm에서 칼슘을 정량하였다. 변 중의 칼슘은 뼈조직과 거의 동일한 방법으로, 뇨의 칼슘은 습식분해한 후 LaCl<sub>2</sub> 용액으로 희석하여 뼈나 변중 칼슘의 분석과 동일한 방법으로 정량하였다.

(2) 뼈의 강도(breaking force) 측정

뼈의 강도<sup>13)</sup>는 textrometer(Stable Micro Systems, TA-XT2; Test Speed 0.5mm/s)를 이용하여 길이의 중심 부위에서 일정하게 측정하였다.

(3) 혈청의 alkaline phosphatase activity

뼈 형성(bone formation)과 관련이 깊은 것으로 알려져 있는 alkaline phosphatase(Alpase) 활성<sup>18)</sup>은 Kind King의 비색법을 이용한 Kit(영동제약)를 사용하여 측정하였다.

(4) 뇨 중의 hydroxyproline 함량

Hydroxyproline 함량은 Bergman과 Loxley의 방법<sup>19)</sup>으로 spectrophotometer를 이용하여 558nm에서 비색정량을 하였다.

3. 통계처리

실험의 결과는 SAS program을 이용하여 각 실험군마다 평균과 표준편차를 계산하였고, 군간의 차이를 α=0.05 수준에서 Duncans multiple range test에 의해 검증하였다.

결과 및 고찰

1. 식이섭취량 및 체중 변화

실험동물의 식이섭취량, 체중 변화 및 식이효율은 Table 3와 같다. 식이섭취량에서 각 실험군은 대조군과 유의적인 차이를 보이지 않았으나, 체중증가량과 식이효율은 칼슘급원의 종류에 따라 차이를 보여 미꾸라지군이 대조군과 다른 네 군에 비해 유의적으로 식이효율이 높게 나타났다. 한편 미역군에서 낮은 식이효율을 나타내

었으나 들깨잎과 뽕잎군의 식이효율은 대조군과 유의적인 차이를 보이지 않았으며, 식물성 칼슘급원으로서 두 부가 사용된 경우에도 식이효율이 대조군과 유의적인 차이가 없었다<sup>14)</sup>.

**2. 장기 무게와 칼슘 함량**

간의 무게에서 미꾸라지군은 대조군보다 유의적으로 높게, 탈지분유군은 대조군보다 유의적으로 낮게 나타났고, 신장의 무게에서는 미꾸라지군만이 대조군보다 유의적으로 높게 나타났다(Table 4). 칼슘급원의 종류에 따라 최종 체중이 달랐으므로 체중대비 장기의 무게를 비

교했을 때, 체중대비 간과 신장의 무게에서 들깨잎군이 대조군보다 유의적으로 높게 나타났지만 간과 신장의 칼슘함량을 보면 칼슘급원에 의한 유의적인 차이는 보이지 않았으며, 이는 실험기간 중 총칼슘섭취량에서 군간에 유의적인 차이가 없었기 때문으로 보인다. 그러나 칼슘 섭취량이 같더라도 칼슘급원의 종류에 따라 간과 신장에서 유의적인 차이를 보인 결과도 있고<sup>13)</sup>, 칼슘섭취 수준을 요구량의 50%, 100%, 200%로 공급했을 때 간에서 각 군간에 유의적인 차이가 없는 경우<sup>20)</sup>도 있었기 때문에 칼슘의 급원이나 섭취수준에 의한 간과 신장의 칼슘 함량에서 일관적인 경향을 찾지는 못하고 있다.

**3. 뼈의 중량, 길이 및 강도**

대퇴골(femur)의 중량, 길이 및 강도를 Table 5에 제시하였다. 뼈의 중량에서 미꾸라지군은 대조군보다 높게 나타났고 탈지분유군과 들깨잎군은 대조군보다 낮게 나타났지만, 뼈의 길이에서는 실험군간에 유의적인 차이가 없었다. 이는 식물성 칼슘급원으로 사용된 두부군에서 대퇴골의 중량이나 길이가 동물성 칼슘급원으로 사용된 멸치나 탈지분유의 값들과 유의적인 차이가 없었던 것과 유사한 양상을 보여<sup>14)</sup> 본 실험에 사용된 식물성 칼슘급원도 대퇴골의 길이성장에 지장을 주지 않았음을 알 수 있다. 그리고 뼈의 강도에서는 칼슘급원에 따라 다른 변

**Table 3.** Daily food intake and weight gain and food efficiency ratio in rats fed experimental diets

Ca source	Daily food intake (g/d)	Daily weight gain (g/d)	Food efficiency ratio
CaCO <sub>3</sub>	16.29 ± 0.67 <sup>1)ab2)</sup>	5.11 ± 0.31 <sup>b</sup>	0.31 ± 0.02 <sup>b</sup>
L	16.99 ± 1.10 <sup>a</sup>	5.76 ± 0.42 <sup>a</sup>	0.33 ± 0.02 <sup>a</sup>
SMP	15.72 ± 0.79 <sup>b</sup>	4.86 ± 0.42 <sup>b</sup>	0.31 ± 0.02 <sup>b</sup>
PL	15.48 ± 0.55 <sup>b</sup>	4.76 ± 0.26 <sup>b</sup>	0.31 ± 0.02 <sup>b</sup>
DSM	16.77 ± 0.97 <sup>a</sup>	4.87 ± 0.40 <sup>b</sup>	0.29 ± 0.02 <sup>c</sup>
ML	16.22 ± 0.90 <sup>ab</sup>	5.07 ± 0.33 <sup>b</sup>	0.31 ± 0.02 <sup>b</sup>

- 1) Mean ± SD
- 2) Different superscripts in the same row indicate significant differences(p < 0.05) between groups by Duncan's multiple range test

**Table 4.** Weights and contents of calcium in liver and kidney

Ca source	Liver			Kidney		
	Weight(g)	Weight(g/100g BW)	Ca(µg/g)	Weight(g)	Weight(g/100g BW)	Ca(µg/g)
CaCO <sub>3</sub>	7.16 ± 0.60 <sup>1)ab2)</sup>	3.23 ± 0.18 <sup>bc</sup>	33.14 ± 6.05 <sup>NS3)</sup>	1.88 ± 0.12 <sup>bc</sup>	0.86 ± 0.05 <sup>cd</sup>	48.84 ± 9.65 <sup>NS</sup>
L	8.05 ± 1.03 <sup>a</sup>	3.33 ± 0.36 <sup>b</sup>	33.79 ± 7.71	2.06 ± 0.16 <sup>a</sup>	0.85 ± 0.04 <sup>d</sup>	48.32 ± 6.05
SMP	6.19 ± 0.45 <sup>c</sup>	3.01 ± 0.18 <sup>c</sup>	32.73 ± 9.10	1.80 ± 0.15 <sup>c</sup>	0.87 ± 0.07 <sup>cd</sup>	52.06 ± 17.88
PL	7.47 ± 0.71 <sup>ab</sup>	3.65 ± 0.31 <sup>a</sup>	35.30 ± 8.26	1.92 ± 0.16 <sup>abc</sup>	0.95 ± 0.08 <sup>ab</sup>	48.28 ± 8.14
DSM	7.09 ± 0.44 <sup>b</sup>	3.32 ± 0.19 <sup>b</sup>	32.48 ± 6.61	1.89 ± 0.13 <sup>bc</sup>	0.91 ± 0.04 <sup>bc</sup>	47.46 ± 8.43
ML	7.01 ± 0.52 <sup>b</sup>	3.29 ± 0.18 <sup>bc</sup>	31.95 ± 6.08	1.93 ± 0.14 <sup>abc</sup>	0.89 ± 0.05 <sup>bcd</sup>	49.20 ± 8.71

- 1) Mean ± SD
- 2) Different superscripts in the same row indicate significant differences(p < 0.05) between groups by Duncan's multiple range test
- 3) NS : Not significant

**Table 5.** Weight, length and breaking force of femur in rats fed experimental diets

Ca source	Wet weight (mg)	Dried weight (mg)	Length (mm)	Breaking force (kg)
CaCO <sub>3</sub>	596.22 ± 54.57 <sup>1)ab2)</sup>	303.44 ± 20.56 <sup>b</sup>	32.17 ± 0.56 <sup>NS3)</sup>	5.53 ± 0.92 <sup>b</sup>
L	661.71 ± 57.85 <sup>a</sup>	344.38 ± 24.96 <sup>a</sup>	31.81 ± 1.19	7.23 ± 1.88 <sup>a</sup>
SMP	540.02 ± 32.59 <sup>c</sup>	256.78 ± 15.12 <sup>c</sup>	31.75 ± 0.46	3.72 ± 0.36 <sup>c</sup>
PL	510.15 ± 62.40 <sup>c</sup>	246.13 ± 25.98 <sup>d</sup>	31.00 ± 0.80	4.02 ± 0.62 <sup>c</sup>
DSM	610.69 ± 42.64 <sup>b</sup>	307.00 ± 22.35 <sup>b</sup>	31.13 ± 0.64	6.66 ± 0.71 <sup>a</sup>
ML	554.70 ± 52.69 <sup>bc</sup>	273.56 ± 20.26 <sup>c</sup>	31.25 ± 0.87	4.33 ± 0.51 <sup>c</sup>

- 1) Mean ± SD
- 2) Different superscripts in the same row indicate significant differences(p < 0.05) between groups by Duncan's multiple range test
- 3) NS : Not significant

화를 보여, 미꾸라지와 미역군은 대조군보다 높게 나타났고, 탈지분유, 들깨잎, 뽕잎군은 대조군보다 유의적으로 낮게 나타났으며, 뼈의 강도는 그 무게의 영향을 받는 것으로 보인다.

**4. 뼈중 조회분과 칼슘 함량**

대퇴골의 회분과 칼슘 함량은 Table 6와 같다. 대퇴골의 회분과 칼슘의 함량을 살펴 본 결과에 의하면, 미꾸라지군이 대조군보다 유의적으로 높았고, 들깨잎, 뽕잎군은 대조군보다 유의적으로 낮게 나타났으며 대퇴골의 회분과 칼슘 함량이 비슷한 경향을 보였다. 그러나 회분함량에 대한 칼슘의 비율은 군간에 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 뼈의 구성에서 칼슘급원별로 섭취 효과를 보면 미역군은 대조군과 유의적인 차이가 없었으나 들깨잎군과 뽕잎군은 대조군보다 유의적으로 낮게 나타났으며, 미역군은 식물성 칼슘급원이지만 골격대사에 미치는 영향은 대체로 양호하게 나타났다. 많은 연구들에서 칼슘이나 단백질 급원이 골격의 발달에 미치는 영향을 보여주고 있는데, 이성현과 장순옥<sup>14)</sup>의 연구에서 밀치, 두부, 탈지분유를 칼슘급원으로하여 대퇴골에서의 골격발달을 보았을 때 회분함량에서 같은 수준의 CaCO<sub>3</sub>군과 유의적인 차이가 없었으나 총칼슘함량에서는 밀치군이 CaCO<sub>3</sub>군보다 높게 나타났다. 김혜영 등<sup>21)</sup>은 카제인, 흰살 생선 단백질과 글루텐을 단백질 급원으로 실험하였을 때, 카제인이 뼈회분 함량에 가장 영향을 줌을 제시한 바

있다. 이 실험에서 식이내 단백질이 실험동물의 골격에 미치는 영향은 다르게 나타나서, 어린 동물일수록 단백질의 종류와 수준이 골격발달에 큰 영향을 주었고 그 영향은 카제인, 복어, 글루텐의 순으로 나타났다.

일부 보고에서는 성장기 쥐를 대상으로 한 실험결과들에서 식이에 의한 골격대사의 차이가 잘 나타나지 않기도 하지만, 본 연구에서는 실험기간이 비교적 단기간이었음에도 불구하고 칼슘급원의 종류에 따라 골격대사의 차이를 관찰할 수 있었다. 이는 성장기의 비교적 짧은 기간 동안의 칼슘섭취도 골밀도나 골격칼슘 함량에 영향을 줄 수 있음을 의미하고, 결국 성장기 이후의 골격대사에도 영향을 줄 가능성이 크므로, 어려서부터 칼슘을 양질의 급원으로부터 충분히 섭취하여야 함을 시사한다고 하겠다.

**5. 칼슘의 소화 흡수량**

칼슘 섭취량, 변중 칼슘 배설량, 뇨중 칼슘 배설량 및 칼슘 흡수율은 Table 7에 제시하였다. 칼슘섭취량에서 미역군은 다소 낮은 경향을 들깨잎군은 다소 높은 경향을 보였으나 모든 실험군이 대조군과 유의적인 차이를 나타내지는 않았다. 그러나 변중 칼슘 배설량의 경우, 미꾸라지와 미역군이 대조군보다 유의적으로 높아서 칼슘 흡수율이 이 두 군에서 대조군보다 유의적으로 낮게 나타났는데, 피재은과 백희영은 하루 600mg의 칼슘을 섭취하는 사람들에서 단백질급원을 육류와 두류로 하였을

**Table 6.** Contents of ash, calcium and phosphorus of femur in rats fed experimental diets

Ca source	Ash weight (mg)	Ca (mg)	Ca / Ash (%)
CaCO <sub>3</sub>	152.33 ± 9.66 <sup>1)ab2)</sup>	66.24 ± 9.59 <sup>b</sup>	43.44 ± 5.20 <sup>NS3)</sup>
L	182.38 ± 14.79 <sup>a</sup>	77.86 ± 9.73 <sup>a</sup>	42.70 ± 4.08
SMP	115.78 ± 6.40 <sup>cd</sup>	61.43 ± 7.58 <sup>bcd</sup>	46.09 ± 3.67
PL	111.88 ± 10.91 <sup>d</sup>	55.40 ± 8.93 <sup>d</sup>	49.33 ± 4.35
DSM	149.75 ± 11.20 <sup>b</sup>	65.36 ± 6.75 <sup>bc</sup>	43.75 ± 4.55
ML	124.33 ± 12.56 <sup>c</sup>	57.73 ± 7.34 <sup>cd</sup>	45.85 ± 3.86

1) Mean ± SD

2) Different superscripts in the same row indicate significant differences(p<0.05) between groups by Duncan's multiple range test

3) NS : Not significant

**Table 7.** Calcium intake, fecal and urinary Ca excretion and Apparent Ca absorption in rats fed experimental diets

Ca source	Ca intake(mg/d)	Fecal Ca excretion(mg/d)	Urinary Ca excretion(mg/d)	Apparent Ca absorption(%)
CaCO <sub>3</sub>	41.46 ± 5.43 <sup>1)ab2)</sup>	4.72 ± 0.71 <sup>c</sup>	0.16 ± 0.04 <sup>abc</sup>	88.62 ± 0.87 <sup>a</sup>
L	40.63 ± 6.84 <sup>ab</sup>	12.02 ± 1.81 <sup>b</sup>	0.24 ± 0.13 <sup>a</sup>	70.42 ± 0.74 <sup>b</sup>
SMP	35.00 ± 1.95 <sup>ab</sup>	3.98 ± 0.65 <sup>c</sup>	0.20 ± 0.05 <sup>ab</sup>	88.63 ± 0.66 <sup>a</sup>
PL	42.84 ± 4.03 <sup>a</sup>	4.42 ± 1.39 <sup>c</sup>	0.12 ± 0.09 <sup>bc</sup>	89.68 ± 0.66 <sup>a</sup>
DSM	34.73 ± 2.47 <sup>b</sup>	16.62 ± 3.54 <sup>a</sup>	0.14 ± 0.07 <sup>abc</sup>	52.15 ± 4.34 <sup>c</sup>
ML	38.94 ± 4.87 <sup>ab</sup>	5.49 ± 0.96 <sup>c</sup>	0.08 ± 0.04 <sup>c</sup>	85.89 ± 0.80 <sup>a</sup>

1) Mean ± SD

2) Different superscripts in the same row indicate significant differences(p<0.05) between groups by Duncan's multiple range test

때 변증 칼슘 배설량에서 유의적인 차이를 발견할 수 없었다<sup>22)</sup>. 또한 시금치와 같은 식물성 식품은 oxalate나 phytate 등에 의해 칼슘 흡수율이 10% 이하로 떨어진다<sup>23)</sup>. 들깨잎군과 뽕잎군은 식물성 칼슘급원이지만 칼슘 흡수율이 대조군과 유의적인 차이를 보이지 않은 점과, 칼슘흡수율이 높은 것으로 알려진 탈지분유와도 유의적인 차이를 보이지 않음으로써 들깨잎과 뽕잎의 칼슘급원으로서의 가능성이 재검토된다. 노중 칼슘 배설량에서 모든 실험군은 대조군과 유의적인 차이를 보이지 않았으나 칼슘급원의 종류에 따라 다소 차이를 보여, 미꾸라지군이 들깨잎군이나 뽕잎군보다 높게 나타났고 동물성 칼슘급원 섭취군에서 노중 칼슘배설량이 높은 경향을 나타내었다. 그리고 소뼈회분을 가지고 단백질의 급원을 달리하여 칼슘의 체내이용성을 보았을 때 카제인군에서 대두단백질군보다 노중 칼슘배설량이 높게 나타났으나, calcium phosphate의 경우 단백질의 급원에 따라 노중 칼슘배설량에 유의적인 차이가 없었다<sup>13)</sup>.

## 6. 혈청 및 뇨의 성분

골격형성의 지표로 측정된 혈청 alkaline phosphatase의 활성<sup>18)</sup>은 칼슘급원의 종류에 따라 다소 차이를 나타내어, 미꾸라지와 탈지분유군이 대조군이나 다른 세 개의 실험군보다 유의적으로 낮은 값을 보였다(Table 8). Hamalainen은 성장기 초기와 칼슘결핍시 Al-pase가 증가된다고 하였는데, 이는 조골세포(osteoblast)의 활성을 증가시키기 위한 골격 isoenzyme의 분비를 Al-pase의 활성증가가 자극시키기 때문이라고 한다<sup>24)</sup>. 따라서 미꾸라지와 탈지분유를 칼슘급원으로 섭취한 군들의 골격상태가 양호하다고 생각되나, Long-Evonts rats에 0.2%, 1.0% 칼슘을 11주동안 피하 주사한 결과 Al-pase 활성이 칼슘의 함량이 높을수록 증가한다고 발표한 보고도 있다<sup>25)</sup>. 골격분해의 지표인 hydroxyproline은 collagen에 주로 존재하고 뼈의 breakdown metabolism activity를 판정하는데 사용된다<sup>18)</sup>. 본 연구에서 노

중 hydroxyproline/creatinine은 모든 실험군과 대조군 간에 유의적인 차이를 보이지는 않았지만 들깨잎군과 뽕잎군이 높은 경향을 나타내었다. 보고에 의하면 어른보다 어린이에서 뼈 형성율과 뼈 용출율이 더 크기 때문에 hydroxyproline의 배설량이 증가한다고 하며, 뼈 장애가 있을 때 저칼슘섭취군에서 유의적으로 그 배설량이 증가하였으나<sup>26)</sup> calcium carbonate, calcium phosphate, calcium lactate, calcium gluconate를 칼슘급원으로 한 연구에서는 실험군간에 유의적인 차이가 없었다<sup>27)</sup>.

## 요약 및 결론

칼슘급원의 종류가 칼슘흡수율과 골격대사에 미치는 영향을 알아보고자, 성장기의 수컷 흰쥐에게 칼슘 0.2% 수준에서 6종(CaCO<sub>3</sub>, 미꾸라지, 탈지분유, 들깨잎, 미역, 뽕잎)의 실험식으로 4주간 사육하였으며 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

칼슘급원의 종류에 따른 식이섭취량에서 모든 실험군은 대조군과 유의적인 차이를 보이지 않은 반면 식이효율은 미꾸라지군이 다른 군에 비해 유의적으로 높았다. 칼슘의 흡수율에서 들깨잎과 뽕잎 및 탈지분유군은 대조군과 유의적인 차이가 없어, 들깨잎군과 뽕잎군의 칼슘 흡수율도 양호함을 알수 있었다. 대퇴골의 길이는 각 군간에 유의적인 차이를 보이지 않았지만, 대퇴골의 무게, 회분함량, 칼슘 함량은 칼슘급원에 의한 차이를 보여 미꾸라지군이 다른 실험군들보다 유의적으로 높게 나타났다. 그리고 미역군은 칼슘흡수율이 낮았지만 뼈의 강도가 미꾸라지군과 함께 대조군보다 높게 나타났다.

칼슘 급원을 주로 식물성 식품에 의존하는 중년층 이상의 식생활 현황과 그들의 영양적, 신체적, 생리적 요인이 취약함을 고려할 때, 그들의 칼슘영양상태의 개선은 현안의 가장 큰 영양문제중의 하나라고 생각한다. 그러나 일단은 기호에도 맞고 부작용이 없는 양질의 칼슘급원을 권장해야 할 것으로 보이며, 한국인의 식습관상 섭취시 부담이 적고 체내이용성이 높은 칼슘급원식품의 개발과 조리법이 요구된다고 하겠다. 이 시점에서 미꾸라지와 미역은 탈지분유와 마찬가지로 뼈의 대사 측면에서, 들깨잎과 뽕잎은 식물성 식품으로서 대체로 높은 칼슘의 흡수율을 보임으로써 양호한 칼슘의 체내이용성을 가지고 있다고 하겠다.

## Literature cited

- 1) 94 국민영양조사 결과보고서. 보건사회부, 1996
- 2) 한국인 영양 권장량. 한국영양학회, 제 6 차개정, 1995

**Table 8.** Serum alkaline phosphatase(Alpase) activity and urinary hydroxyproline /creatinine ratio

Ca source	Alpase activity(KA Unit)	OHP/ Cr( $\mu$ g/mg)
CaCO <sub>3</sub>	24.84 $\pm$ 3.43 <sup>1a2)</sup>	16.72 $\pm$ 6.77 <sup>ab</sup>
L	14.86 $\pm$ 2.07 <sup>c</sup>	9.87 $\pm$ 2.15 <sup>b</sup>
SMP	19.23 $\pm$ 3.09 <sup>b</sup>	12.31 $\pm$ 5.51 <sup>b</sup>
PL	21.32 $\pm$ 3.60 <sup>ab</sup>	20.75 $\pm$ 7.71 <sup>a</sup>
DSM	20.82 $\pm$ 2.32 <sup>ab</sup>	12.82 $\pm$ 5.78 <sup>b</sup>
ML	22.95 $\pm$ 2.30 <sup>ab</sup>	17.62 $\pm$ 8.98 <sup>ab</sup>

1) Mean  $\pm$  SD

2) Different superscripts in the same row indicate significant differences( $p < 0.05$ ) between groups by Duncan's multiple range test

- 3) JL Greger. Calcium Bioavailability. *Cereal Foods World* 33(9) : 796-799, 1988
- 4) McLean FC, Urist MR. Bone : fundamentals of the physiology of skeletal tissue. ed. 3. University of Chicago Press, Chicago, 1968
- 5) Gallagher JC, et al. 1,25-dihydroxy vitamin D<sub>3</sub> : Short- and longterm effects on bone and calcium metabolism in patients with postmenopausal osteoporosis. *Proc Natl Acad Sci* 79 : 3325, 1982
- 6) Spencer H, Kramer L. NIH Consensus Conferance : Osteoporosis. factors contributing to osteoporosis. *J Nutr* 166 : 316-319, 1986
- 7) Heaney RP, Recker RR. Effects of nitrogen, phosphorus, and caffeine on calcium balance in women. *J Lab Clin Med* 99 : 46-55, 1982
- 8) Hegsted, et al. Urinary calcium and calcium balance in young men as affected by levels of protein and phosphorus intake. *J Nutr* 111 : 553, 1981
- 9) Spencer H, Kramer L, Osis D. Factors contributing to calcium loss in aging. *Am J Clin Nutr* 36 : 776, 1982
- 10) Allen LH. Calcium and osteoporosis. *Nutr Today*(May/June) 6, 1986
- 11) Recker RR, Bammi A, Barger-Lux J, Heaney RP. Calcium absorbability from milk products, immitation milk and calcium carbonate. *Am J Clin Nutr* 47 : 93-95, 1988
- 12) Greger JL, Krzykowski CE, Khazen RR, Krashoc CL. Mineral utilization by rats fed various commercially available calcium supplements or milk. *J Nutr* 117 : 717-724, 1987
- 13) 이연숙 · 오주환. 골다공증 실험모델 흰쥐의 칼슘대사에 대한 소뼈회분과 인산칼슘의 섭취효과. *한국영양학회지* 28(5) : 434-441, 1995
- 14) 이성현 · 장순옥. 칼슘공급원으로서 건멸치, 두부, 탈지분유의 체내이용성 연구. *한국영양학회지* 27(5) : 473-482, 1994
- 15) 이연숙 · 고정숙. 고지방식이를 섭취한 흰쥐의 체내지질함량에 대한 대두단백질과 칼슘의 섭취 효과. *한국영양학회지* 27(1) : 3-11, 1994
- 16) Scalmati A, Lipkin M, Newmark H. Calcium, Vitamin D and colon cancer. In : Cheronoff R, Heaney RP. : *Clinics in Applied Nutrition*, pp67-74, Andover Med, 1992
- 17) 최남순 · 한귀정 · 장경숙 · 신선영. 뽕잎 및 고추냉이잎의 조리이용 시험. 시험연구보고서. 농촌 생활연구소, 농촌진흥청 : 327-340, 1995
- 18) Delmas PD. Biochemical markers of bone turnover : Theoretical consideration and clinical use in osteoporosis. *Am J Med* 95(supple 5A) : 11S-16S, 1993
- 19) Bergman I and Roy Loxley. Two improved and simplified methods for the spectrometric determination of hydroxyproline. *Anal Chem* 35 : 1961-1965, 1963
- 20) 승정자. 칼슘의 섭취수준이 연령이 다른 암쥐의 칼슘, 나트륨 및 칼륨대사에 미치는 영향. *한국영양학회지* 28(4) : 309-320, 1995
- 21) 김혜영 · 조미숙 · 김화영 · 김숙희. 식이 단백질의 종류와 수준이 연령이 다른 흰쥐에서 뇨Ca 배설 및 뼈에 미치는 영향. *한국영양학회지* 19(1) : 66-73, 1986
- 22) 피재은 · 백희영. 단백질의 종류가 체내칼슘대사에 미치는 영향. *한국영양학회지* 19(1) : 32-40, 1986
- 23) Allen LH. Calcium bioavailability and absorption. *Am J Clin Nutr* 35 : 738~808, 1982
- 24) Hamalainen MM. Bone repair in calcium deficient rats : Comparison of xyritol + calcium carbonate, calcium lactate and calcium citrate on the replication of calcium. *J Nutr* 124 : 874-881, 1994
- 25) Sinha R, Smith JC and Soares JH. The effect of dietary calcium on bone metabolism in young and aged female rats using a short-term in vivo model. *J Nutr* 118 : 1217-1222, 1988
- 26) Dull TA and PH Henneman. Urinary hydroxyproline as an index of collagen turnover in bone. *N Engl J Med* 268 : 132-134, 1963
- 27) 정혜경 · 장남수 · 이현숙 · 장영은. 칼슘공급원의 종류가 흰쥐의 체내 칼슘 및 골격대사에 미치는 영향. *한국영양학회지* 29(5) : 480-488, 1996