

## 단백질의 종류가 체내 칼슘대사에 미치는 영향에 관한 연구

피 재 은・백 희 영

숙명여자대학교 식품영양학과

### The Effect of Meat Protein and Soy Protein on Calcium Metabolism in Young Adult Korean Women

Pie, Jae-Eun and Paik, Hee Young

*Department of Food & Nutrition, Graduate School, Sookmyung Women's University*

= ABSTRACT =

The present study was conducted to examine the effects of proteins from different sources on Ca excretion in 6 healthy young adult Korean women. The subjects were given meat protein diet for 5 days and soy protein diet for subsequent 5 days. The two diets were similar in protein and Ca contents. Urinary and fecal samples were collected for the last 2 days of each diet period and were analyzed for Ca and P.

The results were as following :

1) Mean daily urinary calcium excretion was  $126.5 \pm 22.70$  mg for meat protein diet and  $83.7 \pm 17.19$  mg for soy protein diet and the difference was significant ( $P < 0.025$ ).

2) Fecal Ca excretion did not show significant difference between two experimental period :  $466.9 \pm 73.68$  mg for meat protein diet  $284.4 \pm 54.96$  mg for soy protein diet.

3) Three out of six subjects showed negative balance on meat protein diet, but only one showed negative balance on soy protein diet. The average of the balances on meat protein diet was  $-65.4 \pm 68.19$  and that of soy protein diet was  $155.3 \pm 52.28$  ; the difference was significant ( $P < 0.025$ ).

4) Urinary P excretion tended to be higher on meat protein diet but was not significant compared to soy protein diet. Fecal P excretion was significantly higher ( $P < 0.001$ ) on soy protein diet. Overall P balances for meat protein diet and soy protein diet were 219.49 mg and 229.46mg respectively ( $P > 0.05$ ).

The above results show that urinary Ca excretion was significantly higher on meat protein diet but fecal excretion did not show significant difference between meat protein diet and soy protein diet. The overall Ca balance was significantly higher on Soy protein diet compared to meat protein diet.

## 서 론

인체내에서 칼슘 대사는 단백질, 인, 비타민 C, 비타민 D, Lactic acid, Fat, Fiber, Oxalate, Phytate 등 여러요인에 의해 영향을 받는데 칼슘 대사에 영향을 미치는 인자들 중 가장 많은 관심을 끌어온 것은식이 단백질과의 관계이나, 일찌기 Johnson et al<sup>1)</sup>은 칼슘 대사와 단백질 섭취량의 관계에 대한 연구 논문에서 노중 칼슘 배설량은 식이 단백질이 증가할수록 증가하는데 이는 칼슘 섭취량 보다는 단백질 섭취량과 더 밀접한 관련이 있다고 보고하였으며 이 연구는 Walker & Linkswiler<sup>2)</sup>, 그외 여러 학자들의 연구에서 재확인되었다<sup>3)-16)</sup>.

식이 단백질 중에서도 특히 동물성 단백질의 섭취가 높을때(2g/체중 kg) 노중 칼슘 배설량이 증가한다는 보고가 많은 반면에<sup>17)18)</sup> 식물성 단백질이 칼슘 대사에 미치는 영향에 대하여는 연구된 바가 적으나 식물성 단백질 섭취의 증가는 노중 칼슘 배설량에 유의한 영향을 끼치지 않거나, 감소시킨다는 보고가 있다<sup>19)</sup>. 고 단백질 식이 중에서도 동물성 단백질의 섭취 증가가 노중 칼슘 배설을 증가시키는 원인은 동물성 단백질의 대사 산물인 Ammonium ion 이나 Free organic acid, Sulfate, Phosphate, Oxalate가 생성되기 때문인 것으로 추측한다<sup>11)</sup>. 동물성 단백질에는 식물성 단백질보다 Methionine 과 인이 더 많이 함유되어 있으며, Methionine의 섭취를 정상수준(1729mg)에서 높은 수준( 3272 mg)으로 섭취 시켰을때 노중 칼슘 배설이 177mg에서 228mg으로 증가하는 것은 Methionine의 대사로부터 생성되는 sulfate 때문인 것으로 생각 되어져 왔으나<sup>11) 20)</sup>, 최근 이에 상반되는 의견도 나오고 있어<sup>21)</sup> 그 기전은 아직 확실치 않다. 이와같은 식이 단백질의 섭취 수준과 종류가 칼슘 대사에 미치는 효과에 대한 연구들은 칼슘의 필요량이 식이 조성에 따라 달라질 수 있음을 뜻한다<sup>22)</sup>.

우리나라 성인의 칼슘 권장량은 구미제국의 1일 800 mg 보다 낮은 1일 600mg으로 권장하고 있으나<sup>23)</sup> 우리나라의 칼슘 섭취량은 보사부에서 시행한 1984년 국민 영양 조사에 의하면<sup>24)</sup> 전국 평균이 481mg으로 조사 대상자의 평균 1인 1일당 칼슘소요량의 78.5 %이며, 특히 농촌의 칼슘 섭취량은 416mg으로 대단히 낮으며 총 섭취량의 80.40%를 식물성 식품으로부터 섭취하고 있는 것으로 나타났다.

이제까지의 단백질과 칼슘 대사와의 관계에 대한 연

구는 주로 구미제국의 식생활에서 많이 섭취하는 동물성 단백질의 섭취량과 칼슘 배설에 대한 연구에만 중점을 두어 왔다. 그러나 우리나라의 식생활은 단백질의 섭취량이 비교적 낮고<sup>24)</sup>, 특히 동물성 단백질의 섭취량이 낮아 동물성 단백질의 섭취가 많은 구미제국의 식사에 비해 칼슘 대사에 미치는 영향이 다를것으로 생각된다. 따라서 본 연구에서는 단백질의 종류가 칼슘 대사에 미치는 영향을 알아보기 위해 식물성 단백질인 콩과 동물성 단백질인 소고기를 단백질의 주요 급원으로 선택하여 이들 단백질이 칼슘 대사에 미치는 영향을 비교해 보고자 하였다.

## 실험대상 및 방법

### 1) 실험설계

6명의 실험 대상자에게 칼슘과 단백질의 양은 동일하나 단백질의 종류를 달리한 식이를 섭취시키고 소변과 대변으로 배설되는 칼슘의 양을 비교하였다. 실험 시작 전에 각 대상자의 3일간의 식이 섭취를 식품 기록법(Food record)으로 조사하여서 이를 토대로 평소의 식이 섭취량과 흡사하도록 식이 구성을 하였다. 전 실험기간은 13일간으로 처음 3일간의 적응기간을 가진 후 그다음 5일간은 고기 단백질 식이를 마지막 5일간은 콩단백질 식이를 섭취시켰고, 각 식이 기간의 마지막 2일의 소변, 대변의 시료를 수집하여 분석하였다 (그림 1 참조).

### 2) 실험대상

본 실험의 대상자들은 외견상 건강하며 실험기간 동안 월경기간이 아닌 22~23세 여학생들로 자의에 의하여 실험에 참가하였다. 대상자들은 실험기간 동안 동일한 실험 식이를 섭취하였으며 같은 APT에 거주하면서 일상 생활은 평소와 다름없이 자유로이 행동하도록 하였다. 각 대상자는 매일 기상후 아침식사 전에 체온과 체중을 측정하였고 실험기간 동안 수시로 건강상의 불편 유무를 확인하였다.

### 3) 실험식이

대상자들의 실험 시작전 식이 섭취 조사 결과를 토대로 하루 총 열량 1800Kcal, 단백질 70g, 칼슘 600 mg으로 조정하여 실험 식이를 구성하였다. 고기 단백질 식이에서는 1일 71.89g의 단백질 섭취량 중 63.43 %를 고기 단백질로 구성하였으며, 콩단백질 식이에서는 총 단백질 섭취량 70.25g중 콩단백질이 차지하는 비율은 63.45%였다. 식단 구성상의 어려움으로 인의 섭취량은

Date	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Diet	← Adaptation Period →			← Meat protein diet Period →					← Soy protein Diet Period →					
Blood sample														
Urine sample														
Feces sample														

Fig. 1. Experimental design.

조정치 않았으나, 그양을 정확히 측정하였다. 이 식단은 한국인 영양 권장량과<sup>23)</sup> 식품 분석표<sup>25)</sup>에서 한국인의 영양 권장량에 맞추어 설정한 5가지의 기초 식품군을 기준으로 하여 한국인의 상용 식단을 주로 선택하였으며 대상자의 식습관도 함께 배려하여 구성하였다. 영양소 섭취량은 조리하기전 식품의 중량으로 간주하여 식품분석표에 의하여 1일 1인당 열량, 단백질, 칼슘, 인의 섭취량을 산출하였다.

사용된 모든 식품은 변질되기 쉬운 두부를 제외하고는 실험기간 동안에 필요한 전량을 한꺼번에 구입하였다. 식기나 조리에 필요한 모든 기구는 가능한한 유리제품이나 플라스틱으로 선택하여 사용하기 전 EDTA 용액(4g/ℓ)으로 12시간 이상 담구어 둔다음, 사용하기 직전에 반드시 이온 제거수로 3번 이상 헹구어 사용하였다. 식이 준비시에도 항상 이온 제거수가 사용되었고 실험 대상자들에게 음료수로 사용된 이온 제거수는 무제한 공급하였다. 각 실험기간 동안 섭취 식이와 동일량의 하루 식이를 따로 준비하여 Mixer에 전량을 넣고 갈아 총 중량을 잰 다음 그 일부를 취하여 냉동 보관하였다가 식이 성분 분석을 하였다.

#### 4) 시료수집 및 사전처리

##### (1) 소 변

각 식이 섭취 기간의 4일에 대상자별로 24시간 ( 각

날의 공복시 소변후, 두번째 소변부터 다음날 아침 공복시 소변까지) 소변을 toluen 약1ml가 들어있는 용량 2ℓ 플라스틱 채뇨용기에 수집하였다. 채뇨용기는 소변 수집시 이외에는 언제나 냉장고에 보관하였다. 수집한 24시간 소변은 실온에 약 1시간 방치한 후 Mass Cylinder로 총량을 측정후 다음 정확히 총량의 1/10을 냉장고에 보관하였다가 동일한 방법으로 수집한 5일째의, 소변의 1/10과 합쳐서 잘섞은 다음 냉동 보관하였다가 칼슘과 인의 분석에 사용하였다.

##### (2) 대 변

대변 시료는 각 실험기간 5일 중 최종 연2일간 (즉 4일과 5일)의 대변을 한 용기에 함하여 수집하였다. 대변은 용량 2kg정도의 두께가 있는 플라스틱제 채변 용기내에 2중 vinyl 막을 깔아서 수집하여 냉장고 내에 비치하였다. 수집된 2일간의 대변은 그 중량을 정확히 측정후 다음 vinyl막과 함께 용기내에서 꺼내어 vinyl막을 잘 묶은후 그내용물인 대변 시료를 vinyl 막 외부근처부터 손으로 잘 주물러 혼합하여 균질화 한다음 그 일부를 취하여 냉동 보관하였다가 칼슘과 인의 함량을 분석하였다.

##### (3) 혈 액

실험 제1일, 6일 및 최종일에 아침 식사전, 공복상태에서 앉은 자세에서 진공 채혈관으로 정맥혈을 7 ml

씩 채취하여 2,000~3,000rpm에서 10분간 원심 분리하여 혈청을 얻은후 냉동 보관하였다가 혈청의 칼슘 함량 측정에 사용하였다.

5) 시료분석

실험에 사용된 모든 실험 기구들은 오염 방지를 위해 깨끗이 씻은후 0.1N HNO<sub>3</sub>에 24시간 담가둔후 이온제거수로 3번 이상 세척하여 사용하였다.

(1) 식이분석

식이의 칼슘은 시료 10g 정도를 정확히 취해 105 ± 5℃를 유지시킨 Drying oven에서 24시간 건조한 후 건식회화법으로 전처리하여 50ml의 이온제거수에 녹인후 일부를 취해 1% LaCl<sub>3</sub> 용액으로 20배 희석하여 Atomic Absorption Spectrophotometer(Perkin-Elmer-380)로 422.7nm에서 정량하였고<sup>26)27)</sup> 식이의 인은 전처리는 칼슘과 같으나 1% LaCl<sub>3</sub> 용액 대신에 이온제거수로 20배로 희석하여서 올리브덴산 암모늄 비색 분석법으로 정량하였다<sup>28)29)</sup>. 단백질은 micro-kjeldahl법으로<sup>28)30)31)</sup> 지방은 Soxhlet 추출법으로<sup>28)31)</sup>, 회분은 건식회화법으로<sup>28)31)</sup>, 수분은 105℃-110℃ 건조량으로<sup>28)31)</sup>, 섬유소는 Henneberg-Stohman 법을 개량한 AOAC 방법으로 정량하였다<sup>28)31)</sup>. 탄수화물은 시료 총량에서 수분, 단백질, 지방, 섬유소 및 회분량을 뺀 량으로 산출하였고<sup>28)31)</sup> 열량은 단백질, 지방, 탄수화물 함량으로부터 계산하였다.

(2) 소 변

소변의 칼슘은 냉동고에 보관한 시료를 꺼내어 상온에 방치하여 녹인후 2,000~3,000rpm에서 10분간 원심분리시킨후 상등액을 1% LaCl<sub>3</sub> 용액으로 20배 희석하여 Atomic Absorption Spectrophotometer(Perkin-Elmer 380)로 422.7nm에서 정량하였고<sup>26)27)</sup>, 소변의 인은 전처리는 칼슘과 같으나, 1% LaCl<sub>3</sub> 용액 대신에 이온 제거수로 20배 희석하여서 올리브덴산 암모늄 비색 분석법으로 측정하였다<sup>28)29)</sup>.

(3) 대 변

냉동고에 보관한 대변 시료를 꺼내어 상온에 방치하여 녹인후 약 2g을 채취하여 건식회화법으로 전처리하여 고기 단백질 식이의 변은 100ml의 이온제거수에 녹였고, 콩단백질 식이는 25ml의 이온제거수에 녹여서 1% LaCl<sub>3</sub> 용액으로 20배 희석한후 Atomic Absorption Spectrophotometer로 칼슘 함량을 측정하였고<sup>26)</sup> 대변의 인은 전처리는 칼슘과 같으며 고기 단백질

식이의 변은 100ml의 이온제거수에 녹인 용액을 그대로 사용하였고, 콩단백질 식이의 변은 25ml의 이온제거수에 녹인 용액을 8 배로 희석한 후 올리브덴산 암모늄 비색분석법으로 정량하였다<sup>28)29)</sup>.

(4) 혈 청

냉동고에 보관한 혈청을 꺼내어 상온에 방치하여 녹인후 1% LaCl<sub>3</sub> 용액으로 20 배 희석하여 Atomic Absorption Spectrophotometer로 칼슘 함량을 측정하였다<sup>26)27)</sup>.

6) 통계분석

모든 결과는 평균치와 표준오차를 계산하였으며 고기 단백질 식이때와 콩단백질 식이때의 소변, 대변의 배설량의 차이는 student's t-test에 의하여 유의성 검정을 하였다.

실험결과 및 고찰

실험 대상자들은 실험기간 동안 다른 건강상의 이상은 관찰되지 않았다. 실험 시작전, 고기단백질 식이때와 콩단백질 식이때의 평균 체중은 각각 51.25 ± 3.7 kg, 51.08 ± 3.23kg, 51.19 ± 3.32kg 이었고, 혈청의 칼슘 함량은 각각 11.52 ± 0.64mg/100ml, 11.38 ± 0.59mg, 11.95 ± 0.44mg으로 전 실험기간을 통하여 체중과 혈청 칼슘함량에 유의적인 변화가 없었다.

1) 실험식이

실험식이의 일반성분 분석 결과는 표 1에 기록하였고 실험 대상자들의 실험전 식이섭취 조사 결과와 각 실험 식이의 영양소 함량을 식품분석표와 식이 시료로부터 분석한 결과를 비교한 것은 표 2와 같다. 표 1에서 알수 있듯이 고기 단백질 식이와 콩단백질 식이의 일반성분

Table 1. Composition of experimental diets

Period Composition	Meat protein diet (g/100g)	Soy protein diet (g/100g)
Moisture	81.87	81.67
Crude Ash	0.45	0.65
Crude protein	3.5	3.63
Crude fat	4.91	2.84
Crude fiber	0.31	0.49
Carbohydrate	8.96	10.72

**Table 2.** Pre-experimental dietary intake of subjects and comparison of two experimental diets

	Pre-experimental dietary survey *	Meat protein diet		Soy protein diet	
		By food comp. table	By Analysis	By food comp. table	By analysis
Energy(kcal)	1847.6 ± 79.29	1802.18	1903.4	1794.00	1895.7
Protein(g)	77.7 ± 8.11	71.89	70.84	70.25	82.95
Ca (mg)	654.7 ± 95.90	616.63	528.01	605.60	521.40
P(mg)	1126.60 ± 42.15	775.72	769.10	1020.20	1032.95

\* Food intake records of the 6 subjects were conducted by 3-day. The values are mean ± S.E of the 6 subjects.

**Table 3.** Calcium balance in the subjects

Period	Ca Intake	Urinary ca excretion	Fecal ca excretion	Ca balance
Meat protein	528.0 ± 91.94 *	126.5 ± 22.7	466.9 ± 73.68	- 65.4 ± 68.19
Soy protein	521.4 ± 64.64	83.7 ± 17.79	282.4 ± 54.96	155.3 ± 52.28
Significance of the difference	N.S	P < 0.025	N.S	P < 0.025

\* Mean ± S.E. of six subjects.

분석결과 고기단백질 식이에서는 조지방의 함량이 높았고, 콩 단백질 식이에서는 조섬유소의 함량이 높음을 알 수 있다.

실험식이의 식품분석표로부터 계산한 영양소 함량과 실제 식이분석 결과는 상당한 차이를 보이고 있다. 고기 단백질 식이와 콩 단백질 식이의 단백질 함량은 식품분석표로부터 각각 71.89g, 70.25g 으로 조정했는데 식이 분석 결과는 70.84g, 82.95g 으로 특히 콩 단백질 식이시에 10g이상의 증가를 보이고 있고 칼슘의 함량에 있어서도 두기간 동안에 각각 613.63mg, 605.60mg 이 되도록 식단을 구성하였으나 식이분석 결과는 528.01mg, 521.40mg 으로 모두 80mg 이상 감소된 수치를 보이고 있다. 또한 총 열량도 식품분석표상으로는 두기간 동안에 각각 1802.18Kcal, 1794.0Kcal 로 약 1800Kcal 로 조절을 하였는데 식이 분석 결과는 각각 1903.4 Kcal, 1895.7Kcal로 두 실험기간 모두에서 100Kcal 이상의 증가된 수치를 보이고 있다. 이런 차이는 여러가지 원인으로부터 올 수 있는데 식품분석표에 나와있는 식이함량의 정확성, 실험기간 동안 식품을 계량하는데 있어서의 오차, 실험기간 동안 소비하는 식품 자체로부터의 차이등으로 설명할 수 있겠다. 또한 실험기간 동안

사용하는 식품의 전량을 한꺼번에 구입했어야 하는데 여름철이라 변질되기 쉬운 두부나, 채소류는 그날, 그날 구입하였으므로 실제 매일매일의 영양소 함량은 식이 분석치와도 약간의 차이가 있을수도 있다고 사료된다.

## 2) 칼슘의 배설

대상자들이 두 실험기간 동안 소변 및 대변으로 배설한 칼슘량은 표3과 같다.

소변중의 칼슘 배설량은 고기 단백질 식이때 보다 콩 단백질 식이때에 유의적으로 감소하였다( $P < 0.025$ ). 두기간 동안에 거의 동일한 양의 칼슘을 섭취시켰는데 콩 단백질 식이때 보다 고기 단백질 식이때에 소변중의 칼슘 배설량이 더 큰 결과는 Robertson<sup>32)</sup>의 동물성 단백질의 섭취량을 증가시켰을때 뇨중 칼슘 배설량이 유의적으로 증가한다는 보고와 Koo<sup>18)</sup>의 동물성 단백질의 섭취수준이 저(1일 총 단백질 섭취량 53g 중 동물성 단백질 35g) 중(87g 중 63g) 상(117g 중 86g)으로 증가함에 따라 뇨중 칼슘 배설량은 176 ± 44mg, 196 ± 74mg, 220 ± 80mg 으로 유의적인 증가를 보였다는 보고와 유사하다. 본 연구에서는 두 실험기간 동안의 단

백질의 양을 약70g 으로 동일수준으로 실험 식이를 구성하였지만 식이 분석 결과는 고기 단백질 식이때와 콩 단백질 식이때에 각각 약70g, 82g으로 콩 단백질 식이때가 단백질의 양을 약 12g을 더 섭취한 결과가 되었다. 이렇게 콩 단백질의 식이때에 단백질의 섭취량이 더 높았음에도 불구하고 칼슘의 뇨중 배설량이 고기 단백질 식이때 보다 콩 단백질 식이때에 감소한 결과는 동물성 단백질이 뇨중 칼슘 배설량을 증가시킨다는 이론을 확실히 해주는 결과라 생각된다.

또한 인 섭취량의 증가는 뇨중 칼슘 배설량을 감소시키는 것으로 보고되었는데<sup>33)34)</sup> 본 연구에서는 고기 단백질 식이와 콩 단백질 식이의 인의 섭취량이 각각  $769.1 \pm 15.9\text{mg}$ ,  $1033.0 \pm 8.45\text{mg}$  이었고, 뇨중 칼슘 배설량은 각각  $126.5 \pm 22.70\text{mg}$ ,  $83.7 \pm 17.19\text{mg}$ 으로 인의 섭취량이 더 높았던 콩 단백질 식이에서 뇨중 칼슘 배설량이 더 낮았다. 따라서 콩 단백질 식이때 뇨중 칼슘의 배설량이 감소한 것은 높아진 인의 섭취량에 기인한다고 생각할 수도 있겠다. Spencer<sup>34)</sup>의 연구 보고서에서 칼슘의 섭취량이 약 800mg 일때 인의 섭취량을 800mg에서 2,000mg으로 증가시키면 뇨중 칼슘의 배설량은 234mg에서 126mg으로 46.2%가 감소하였다. 이때의 인의 섭취 증가량은 약 2.5배 정도인데 본 연구에서 콩 단백질 식이때에 증가한 인의 섭취량은 1.3배 정도이었다. 본 실험에서는 인섭취의 증가가 이와 비슷한 비율로 칼슘 배설에 영향을 미쳤다면 콩 단백질 식이에서 인섭취량의 1.3배의 증가는 고기 단백질 섭취시의 뇨중 칼슘 배설량 126.5mg에 비하여 약 9.23%를 감소시킬 수 있

을 것이므로 11.7mg 정도의 감소 효과가 있을 수 있다. 그러나 콩 단백질 식이시의 뇨중 칼슘 배설량은 42.8mg이나 감소하였으므로 이러한 감소의 대부분은 인섭취의 차이보다 단백질의 종류의 차이에 기인하는 것으로 생각할 수 있다.

대변 중의 칼슘 배설량은 두 실험기간에서 유의적인 차이가 보이지 않았다. 단백질의 섭취수준에 따른 소변의 칼슘 배설에 관한 연구는 많지만 대변의 칼슘 배설에 대한 연구는 적은 것으로 이런 결과에 대해 논의는 어렵다고 사료된다.

고기 단백질 식이때와 콩 단백질 식이때의 칼슘 평형의 평균값은 각각  $-65.4 \pm 68.19\text{mg}$ ,  $155.3 \pm 52.28\text{mg}$ 으로 콩 단백질 식이때가 유의적으로 높았다( $P < 0.025$ ). 각 대상자별로 살펴보았을때 고기 단백질 식이때에는 대상자 6명중 3명의 대상자가 음의 평형을 나타내었으며 콩 단백질 식이때는 대상자 6명중 1명의 대상자만이 음의 평형을 나타내었다. 음의 평형을 나타내는 대상자들은 모두 양의 평형을 나타내는 대상자들과 소변중의 칼슘 배설량은 거의 비슷하였으나 대변중의 칼슘 배설량에 큰 차이가 있었다. 또한 고기 단백질 식이에서 음의 평형을 나타낸 대상자 3명은 실험기간 중 시료수집 기간 동안에 외출을 했으며 따라서 집에 있었던 대상자들보다 육체적, 정신적 stress가 많았으리라 생각된다. 이런 결과는 정신적, 육체적 stress가 칼슘의 흡수율을 저하시키고, 칼슘의 배설을 증가시킨다는 이전의 보고<sup>35)</sup>와 어느정도 일치한다고 볼 수 있겠다.

Table 4. P excretion and balance

Subject No.	Meat protein diet period					Soy protein diet period				
	Intake (mg/day)	Urinary (mg/day)	P % of intake	Fecal (mg/day)	P % of intake	Intake (mg/day)	Urinary (mg/day)	P % of intake	Fecal (mg/day)	P % of intake
1		$374.1 \pm 6.45^*$	48.64	$209.9 \pm 5.91$	27.29	$364.4 \pm 3.00$	35.28	483.3 ± 1.65	45.79	
2		$351.1 \pm 15.55$	45.65	$144.4 \pm 0.11$	18.78	$287.2 \pm 14.67$	27.80	$646.1 \pm 24.68$	62.55	
3		$471.4 \pm 2.70$	61.29	$84.7 \pm 0.04$	11.01	$433.9 \pm 6.86$	42.97	$570.2 \pm 28.97$	55.55	
4	769.1	$201.4 \pm 1.51$	26.19	$101.6 \pm 0.12$	13.21	1033.0	$255.0 \pm 6.86$	24.69	$310.4 \pm 5.55$	30.05
5	$\pm 15.9$	$560.2 \pm 5.98$	72.84	$181.9 \pm 4.06$	23.65	$\pm 8.45$	$277.6 \pm 6.43$	26.87	$404.9 \pm 2.52$	39.20
6		$522.1 \pm 1.96$	67.88	$94.9 \pm 4.82$	12.34	$359.5 \pm 23.05$	34.80	$418.7 \pm 6.24$	40.53	
Average		$413.38 \pm 53.88$	53.75 ± 7.01	$136.23 \pm 20.93$	17.71 ± 2.72		$331.27 \pm 28.99$	32.07 ± 2.81	$472.27 \pm 49.51$	45.72 ± 4.79

\* Mean ± SE.

### 3) 인의 배설

고기단백질 식이때와 콩단백질 식이때의 인의 섭취량과, 소변과 대변을 통한 인의 배설량은 표 4와 같다.

소변중의 인의 배설량은 콩단백질 식이때에 1033.0 mg으로 고기단백질 식이때의 769.1mg보다 1.34배나 높은 섭취량에도 불구하고 고기단백질 식이때가 평균 413.38mg으로 콩단백질의 331.27mg보다 유의성은 없었으나 다소 높은 경향을 보이고 있다. 그러나 대변중의 인의 배설량은 고기단백질 식이와 콩단백질 식이에서 현저히 높았다( $P < 0.001$ ). Spencer<sup>36)</sup>는 인체내 칼슘 대사에 인이 미치는 영향에 대한 연구 보고서에서 칼슘의 섭취량은 약 800mg으로 조정하고 인은 845mg, 1977mg으로 섭취시켰을때 인의 섭취량이 높을때 소변, 대변으로의 배설이 모두 유의적으로 증가하였다고 ( $P < 0.001$ )하였고 Schuette & Linkswiler<sup>22)</sup>도 칼슘 섭취량을 1일 590mg으로 조정하고 인의 섭취량은 890 mg, 1660mg으로 섭취시켰을때 인의 섭취량이 증가함에 따라 소변 대변 모두에서 인의 배설량이 증가하였다고 보고하고 있다. 그러나 본 실험의 결과는 대변중의 인의 배설량은 콩단백질 식이에서 현저히 높았으나 소변중의 인의 배설량은 콩단백질 식이보다 인의 섭취량이 더적이었던 고기단백질 식이에서 다소 높게 나타났다. 그러나 Spencer<sup>36)</sup>와 Schuett & Linkswiler<sup>22)</sup>의 연구에서는 인의 섭취 증가량이 각각 2.34배, 1.87배였던 반면에 본 실험에서의 콩단백질 식이때의 인의 섭취증가량은 1.34배로 인의 증가비율이 매우 낮으므로 이들의 연구 결과와 비교하여 논의하기는 어렵다고 생각된다. 콩단백질 식이때에 인의 섭취량이 더 높았음에도 불구하고 고기단백질 식이때에 소변중의 인의 배설량이 더 높게 나타난 결과는 단백질의 종류가 인의 대사에 영향을 미치는 것으로 사료될 수 있겠으나 여기에 대해서는 연구 보고가 거의 없으므로 계속 연구되어야 할 과제라 하겠다.

이상의 결과로부터 6명의 건강한 한국인 성인 여성을 대상으로 한국인 영양 권장량(600mg/day)과 자신의 평소 칼슘 섭취량(654.7mg/day)보다는 약간 낮은 1일 520mg 정도의 칼슘을 섭취시켰을때 단백질의 주요 급원에 따라 뇨중 칼슘 배설량과 칼슘 평형이 달라짐을 알 수 있다. 고기 단백질을 주로한 보통수준의 단백질(1일 70.84g)을 섭취 시켰을때 소변중의 칼슘 배설량은 126.5mg이고 총 배설량은 593.4mg이었으나 콩 단백질(1일 82.95g)을 섭취시켰을때 소변중의 칼슘 배설량은 83.7mg이고 총 배설량은 366.1mg으로 고기 단백질을

섭취시켰을때 보다 현저히 낮았다. 앞으로 우리나라 사람들이 주로 섭취하는 식물성 단백질인 콩 단백질의 섭취수준이 칼슘 대사에 미치는 영향에 대하여 더 많은 연구가 이루어져야 할 것이다.

## 결 론

고기 단백질 식이와 콩 단백질 식이가 인체내 칼슘 대사에 미치는 영향을 알아보기 위해 성인 여성 6명을 대상으로 하여 1일 총 열량 약 1,900kcal, 칼슘 약 520mg, 단백질 약 70-80g으로 조정된 식이를 각각 5일간의 실험 기간 동안 섭취시켜 칼슘 배설량은 비교한 결과는 다음과 같다.

1) 소변중의 칼슘 배설량은 고기 단백질 식이때 126.5 ± 22.70mg에 비하여 콩 단백질 식이때 83.7 ± 17.19mg으로 콩 단백질 식이시에 유의적으로 감소하였다( $P < 0.025$ ).

2) 대변중의 칼슘 배설량은 고기 단백질 식이때 466.9 ± 73.68mg이고, 콩 단백질 식이때 282.4 ± 54.96mg으로 두 실험 기간에서 유의적인 차이는 존재하지 않았으나 고기 단백질 식이에서 더 높았다.

3) 칼슘 Balance는 고기 단백질 식이때는 6명중 3명이 Negative Balance를 나타내었고, 콩 단백질 식이때는 대상자 1명만이 Negative Balance를 나타내었다. 고기 단백질 식이때와 콩 단백질 식이때의 평균 칼슘 Balance는 각각 -65.4 ± 68.19mg, 155.3 ± 52.28mg으로 콩 단백질 식이시에 유의적으로 높았다( $P < 0.025$ ).

4) 인의 소변 중의 배설량은 고기 단백질 식이때와 콩 단백질 식이때에 각각 413.38mg, 331.27mg으로 고기 단백질 식이시에 통계적 유의성은 없었으나 다소 높은 경향을 보였고 대변중의 인의 배설량은 고기 단백질 식이 (136.23mg)에 비하여 콩 단백질 식이(472.27mg)에서 현저히 높게 나타났다( $P < 0.001$ ). 그러나 인의 Balance는 두 실험 기간에서 각각 219.49mg, 229.46mg으로 거의 비슷하였다.

이상의 결과에서 소변중의 칼슘 배설량과 칼슘 평형은 단백질의 급원에 따라 영향을 받는 것으로 나타났다. 즉 콩 단백질 식이보다 고기 단백질 식이에서 소변중의 칼슘 배설량이 더 높았으나 대변중의 칼슘 배설량은 개 인차가 심하고 소변보다 단백질의 급원에 따른 영향이 뚜렷하지 않았다. 칼슘 평형은 고기 단백질 식이에 비하여 콩 단백질 식이에서 유의하게 높았다( $P < 0.025$ ).

## REFERENCES

- 1) Johnson, N.E., Alcantara, E.N., and Linkswiler, H.M.: *Effect of level of protein intake on urinary and fecal Calcium and Calcium retention of young adult males*. *J. Nutr.*, 100 : 1425-1430, 1970
- 2) Walker, R.M. and Linkswiler, H.M. : *Calcium retention in the adult human male as affected by protein intake*. *J. Nutr.*, 102 : 1297-1302, 1972.
- 3) Schwartz, R., Woodcock, N.A., Blakely, J.D. and Mackellar, I. : *Metabolic responses of adolescent boys to two levels of dietary magnesium and protein*. *Am. J. Clin. Nutr.*, 26 : 519-523, 1973.
- 4) Anand, C.R. and Linkswiler, H.M. : *Effect of protein intake on calcium balance of young men given 500 mg calcium daily*. *J. Nutr.*, 104 : 695-700, 1974.
- 5) Margen, S., Chu, J.Y., Kaufmann, N.A. and Calloway, D.H. : *Studies in Calcium metabolism I. The Calcuretic effect of dietary protein*. *Am. J. Clin. Nutr.*, 27 : 584-589, 1974.
- 6) Chu, J.Y., Margen, S. and Costu, F.M. : *Studies in Calcium metabolism II. Effects of low Calcium and variable protein intake on human calcium metabolism*. *Am. J. Clin. Nutr.* 28 : 1028, 1975.
- 7) Allen, L.H., Oddoye, E.A. and Margen, S. : *Protein-induced hypercalciuria : A longer-term study* *Am. J. Clin. Nutr.*, 32 : 741-749, 1979.
- 8) Allen, L.H., Bartlet, R.S. and Block, G.D. : *Reduction of renal Calcium reabsorption in man by consumption of dietary protein*. *J. Nutr.*, 109 : 1345-1350, 1979.
- 9) Licata, A.A., Bow, E., Bartler, F.C. and Cox, J. : *Effect of dietary protein on urinary calcium in normal subjects and in patients with nephrolithiasis*. *Metabolism*, 28 : 895-900, 1979.
- 10) Kim, Y. and Linkswiler, H.M. : *Effect of level of protein intake on calcium metabolism and on parathyroid and renal function in the adult human male*. *J. Nutr.* 109 : 1399-1404, 1979.
- 11) Schuette, S.A., Zemel, M.B. and Linkswiler, H. M. : *Studies on the mechanism of protein induced hypercalciuria in older men and women*. *J. Nutr.*, 110 : 305-315, 1980.
- 12) Hegsted, M. and Linkswiler, H.M. : *Long-term effects of level of protein intake on calcium metabolism in young adult women*. *J. Nutr.*, 111 : 244-251, 1981.
- 13) Block, G.D., Wood, R.J. and Allen, L.H. : *A Comparison of the effects of feeding sulfur amino acids and protein on urine calcium in man*. *Am. J. Clin. Nutr.*, 33 : 2128-2136, 1980.
- 14) Lutz, J. and Linkswiler, H.M. : *Calcium metabolism in postmenopausal and osteoporotic women consuming two levels of dietary protein*. *Am. J. Clin. Nutr.*, 43 : 2178-2186, 1981.
- 15) Hegsted, M., Schuette, S.A., Zemel, M.B. and Linkswiler, H.M. : *The effect of level of protein and phosphorus intake on calcium balance in young adult men*. *Fed. Proc.*, 38 : 765, 1979.
- 16) Schmeider, W. and Menden, E. : *Untersuchungen Zum Calcium und phosphatstoffwechsel junger ratten in Abhangigkeit von der Hohe der proteinzufuhr*. *Ernahr. Umschau*, 31 : 249, 1984.
- 17) Spencer, M.D., Lois Kramer, B.S., Osis D. and Clemontrain Norris, R.N. : *Effect of a high protein(meat) intake on calcium metabolism in man*. *Am. J. Clin. Nutr.* 31 : 2167-2180, 1978.
- 18) Koo, J.O. : *The effect of dietary protein and Calcium on Urinary Calcium in young men*. *Korean, J. Nutr.* 15 : 235, 1982.
- 19) Cavallini, L., Lucchetti, G. and Carnesecchi, C. : *Auswirkung'en einer Ernahrungs mit Soja-Inhaltsstoffen auf den Calciumstoffwechsel*. *Ernahr. Umschau*, 26 : 186, 1979.
- 20) Whiting, S.M. and Draper, H.H. : *The role of sulfate in the calciuria of high protein diets in adult rats*. *J. Nutr.* 110 : 212, 1980.
- 21) Sulfur Amino acids and the calciuretic effect



- of dietary protein: *Nutr. Review*, 39 :127, 1981.
- 22) Schutte, S.A. and Linkswiler, H.M. :*Effect on Ca and P metabolism in Humans by adding Meat, Meat Plus milk, or purified proteins plus Ca and P to a Low protein Diet. J. Nutr.* 112 : 338, 1982.
- 23) 한국인구보건 연구원 : 한국인 영양 권장량, 제 4 차 개정, 1985.
- 24) 보건사회부 : 국민 영양 조사보고서, 1984.
- 25) 농촌진흥청 : 농촌영양개선 연수원, 식품분석표, 제 2개정판, 1981.
- 26) Willis, J.B. : *Determination of Ca and Mg in urine by Atomic Absorption Spectroscopy. Anal. Chem.* 33 : 556- 559, 1961.
- 27) Anonymous : *Analytical methods for Atomic Absorption Spectrophotometry. The perkin Elmer Corp*, 1976.
- 28) 신호선 : 식품분석, 신광출판사, 1983.
- 29) Fisk, C.H. and Subbarow, Y. : *The Colorimetric determination of phosphorus. J. Biol. Chem.* 66 : 375-400, 1925.
- 30) Scale, F.M. and Harrison, . A.P. : *Boric acid modification of Kjeldahl method for crops and soil analysis. J. Ind. Eng. Chem.* 12 :350-352. 1920.
- 31) 남궁석·심상석 : 최신 식품화학실험, 신광출판사, 1982.
- 32) Robertson, W.G., Hegburn, P.J., Peacock, M., Hanes, F.A. and Swamination, R. : *The effect of high animal protein intake on the risk of calcium stone-formation in the urinary track, Clin. Sci.*, 57 : 285-288, 1979.
- 33) Hegsted, M., Schuette, S.A., Zemel, M.B. and Linkswiler, H.M. : *Urinary Calcium and Calcium Balance in young men as affected by level of protein and phosphorus intake. J. Nutr.* 111 : 553-562, 1981.
- 34) Spencer, H., Kramer L. and Osis, D. : *Effect of Calcium on phosphorus metabolism in man. Am. J. Clin. Nutr.* 40 : 219-225, 1984.
- 35) Howe, P.S. : *Basic Nutrition in Health and Disease, 7th. ed.*, 11 : 92-96, 142-146, 198, 1981.
- 36) Spencer, H., Kramer, L., Osis D. and Norris, C. : *Effect of phosphorus on the Absorption of Calcium and on the Calcium Balance in Man. J. Nutr.* 108 : 447-457, 1978.