韓國營養學會誌 : 第22卷 · 第6號 · 516~530, 1989
Korean J. Nutr. Vol. 22, No.6, 516~530, 1989

콩단백질과 고기단백질 식이가 인체내 단백질과 칼슘 · 인 · 마그네슘 대사에 미치는 영향 : 중기간 급식 효과*

주 은 정* · 백 희 영**

*전주 우석대학 식품영양학과
**숙명여자대학교 가정대학 식품영양학과

Effects of Soy Protein and Meat Protein Diets on Protein, Calcium, Phosphorus, and Magnesium Metabolism in Young Korean Adults : Mid-Term Feeding Study

Eun-Jung Joo* · Hee-Young Paik**

**Dept. of Food and Nutrition, Chonju Woosuk University.*
***Dept. of Food and nutrition, Sookmyung Women's University*

=ABSTRACT=

A 44-day metabolic study was conducted to compare the effects of soy protein and meat protein on N, Ca, P, and Mg metabolism in young Korean males. Meat protein diet(MPD) and soy protein diet(SPD) were provided for 3 weeks each. For MPD, meat protein Supplied 50.3% of total protein and mean daily supplies of Ca, P, and Mg were 533.28mg, 1013.01mg, 226.81mg respectively. For SPD, soy protein supplied 51.8% of total protein and mean contents of Ca, P, and Mg were 737.86mg, 1261.76mg, and 451.33mg.

Mean daily fecal and urinary excretions of Ca were 350.6mg and 113.3mg for MPD and 515.0mg and 118.3mg for SPD. Apparent absorption rates in MPD and SPD were 34.3% and 30.2%. Mean daily excretions of P in feces and urine were 348.2mg and 68 4.2mg in MPD and 700.4mg and 475.1mg in SPD. Apparent absorption rates were 65.6% in MPD and 44.5% in SPD($p<0.01$). For Mg, fecal and urinary excretions were 144. 8mg and 81.2mg in MPD and 292.4mg and 65.5mg in SPD. Apparent absorption rates were 37.5% in MPD and 35.2% in SPD. The correlations between urinary Ca, P, and their balance were significant($p<0.001$) in MPD, but not in SPD. Urinary Ca was significantly correlated with urinary N, P, Mg($p<0.001$) in MPD, but not in SPD. From these results, meat protein seems to increase the excretions of major minerals compared to soy protein.

*본 연구는 문교부 학술 연구 조성비 지원에 의하여 이루어졌음.
접수일자 : 1989년11월 7일

Ⅰ. 서 론

칼슘대사는 단백질, 인, 비타민C, 비타민D, 유당, 지방, 섬유소, 수산, 피틴산, 생리적인 산태 그리고 스트레스등 여러요인에 의하여 영향을 받으며[1], 이들 요인 중에서 가장 많은 관심을 끌어온 것이 식이 단백질과의 관계이다. 칼슘대사에 대한 연구를 보면 여러연구들에서 칼슘대사는 칼슘 섭취량보다 단백질 섭취량이 오히려 큰영향을 미치며, 식이 단백질의 증가는 소변의 배설을 증가시키는 것으로 나타났는데[2-13], 이 때의 단백질은 대부분 동물성 단백질, 특히 고기 단백질이었다.

Whiting과 Draper[11]는 단백질이 소변중 Ca을 증가시키는 것은 황의 함량에 비례한다고 하였으나, 이에 대하여 상반된 보고도 있어[12-13] 그 기전은 확실하지 않으며, 우리나라 사람들을 대상으로 한 연구에서도[14-20] 이러한 효과가 관찰되었다.

서구에서는 식이 단백질의 주요 급원이 동물성 단백질이나 우리나라는 식물성 단백질이 주요 급원이므로 단백질의 종류에 따른 효과를 비교할 필요가 있다. 최근 피와 백[15]은 식물성 단백질인 콩과 동물성 단백질인 쇠고기를 급원으로 선택하여 칼슘대사에 미치는 영향을 비교한 결과, 소변중 칼슘 배설이 고기단백질 식이시에 126.5mg으로 콩단백질 식이시의 83.7mg보다 유의적인 증가를 보였다.

Spencer등[22]은 대조군과 high meat diet을 섭취시킨 대사실험을 장기간(70-132일)과 단기간(18-30일)으로 연구하였을때 소변중 칼슘이 증가하지 않았는데, 이는 고단백 식이에서 인의 함량이 증가하는 것에 기인된다고 하였다. 다른 연구들에서[22-23]인 함량의 증가는 대변중 칼슘 배설을 증가시켜 칼슘의 절대 흡수량과 흡수율을 감소시킴으로써 소변중 칼슘 배설을 감소시키는 것으로 나타났다.

그리고 칼슘대사에 섭취단백질과 마그네슘 함량이 미치는 영향을 연구한 보고[24]에서 식이 단백질 함량을 증가함에 따라 소변중 칼슘 배설량이 현저하게 증가되었으나, 마그네슘 섭취량의 변화에는 소변중 칼슘 배설량이 영향을 받지않음을 보고하였다.

Mahalko등[25]과 Schwartz등[26]은 단백질 섭취량을 증가시켰을때 소변중 마그네슘 배설량이 유의적으로 증가되었음을 보고했으나, 김과김[20]은 단백질 섭취량을 증가시켰을때 소변중 마그네슘 배설량에는 차이가 없으며, 대변중 마그네슘 함량이 감소한다는 상반된 보고를 하고있다. 특히 Fisler와 Drenick[27]의 연구에서 soy diet(116mg Mg / day)과 collagen diet(23mg Mg / day)을 섭취시켰을때 소변중 마그네슘 배설량이 collagen diet에서 높게 나타났었다.

따라서 칼슘대사는 단백질, 인, 칼슘및 그외 여러 식이인자들과 복합적인 상호작용엔 의해서 영향을 받으며, 연구기간에 따라서도 다르게 나타나고 있었다. 또한 식이 단백질의 종류가 무기질 대사에 영향을 미치고 있음을 알 수 있었다.

우리나라 성인 남녀 칼슘 섭취량이 국민영양조사 보고서[28]에 의하면 1976년과 1982년에는 402mg과 466mg였으나, 1986년에는 593mg으로 권장량에 가깝게 나타났다. 단백질 섭취량은 1976년 60.4 g, 1982년 67.4 g 및 1986년 74.2 g 으로 해마다 증가되며, 총단백질중에서 동물성 단백질이 차지하는 비율도 각각 20.2%, 32.6% 및 41.2%로 현저히 증가하고있다. 그러므로 현재 우리나라의 식생활 변화를 반영할 수 있고, 연구기간도 중·장기간인 대사실험이 꼭 필요하다.

본 연구는 식물성 단백질인 콩과 동물성단백질인 쇠고기를 단백질의 급원으로 선하여 남자 대학생 8명에게 고기단백질과 콩단백질 식이를 각기 3주간씩 먹이면서, 질소대사 및 칼슘, 인, 마그네슘대사와 이들간의 상관관계를 비교하였다.

Ⅱ. 실험대상 및 방법

1. 실험설계(Experimental Design)

8명의 실험 대상자가 44일간의 단백질, 무기질

대사 실험에 참여 하였다. 첫날은 적응기간으로 하고, 다음날 부터 3주일씩 2가지 실험식이를 공급하였다. 첫째 기간에 고기단백질식이(meat protein diet)를 섭취시킨 후, 둘째 기간에는 콩단백질식이(soy protein diet)로 이행하였다. 각 실험식이는 3가지 식단으로 이루어졌으며 각 식이섭취기간중 매주 마지막 3일의 대변및 소변을 수집하였다. 혈액은 실험전날과 각 실험 식이 기간이 끝난 후 1일, 23일, 44일 채취하였다. 대변 및 소변의 분석은 주별로 pool하여 시행하였으며 특별한 차이가 발견되지 않는한 전 기간의 평균치만을 제시하였다.

2. 실험대상

본 실험의 대상자들은 대학에 재학중인 남학생으로, 외견상 건강한 8명이 자원에 의해서 선정되었다. 실험 대상자들의 신체적 특징은 Table 1과 같다. 각 대상자는 매일 식전에 배뇨 배변토록 하고 아침식사전에 체중을 측정 하였으며, 실험기간 동안 수시로 신체 상태의 불편 유무를 확인하였다. 실험 대상자들은 실험기간 동안 제공된 식이와 식수만을 섭취 하도록 하였으며 인체대사 연구 시설내에 평상시대로 자유로이 활동을 하도록 하였다. 대상자들에게는 이 연구의 목적과 의의를 설명하고 실험 대상자들로서의 의무를 성실히 이행하도록 사전 교육을 한 후 대사 실험을 시행하였다.

Table 1. Age, Weight, Height and BMI of subjects

No	Age (years)	Body Weight (kg)	Height (cm)	BMI *
A	20	53.0	171	18.15
B	20	62.0	176	20.00
C	26	62.0	168	21.99
D	26	69.0	179	21.56
E	26	71.0	174	23.43
F	26	65.0	175	21.24
G	23	63.0	182	19.03
H	28	90.0	168	31.91
Mean	24	66.9	174	22.16
±S.D.	±3	±10.8	±5	±4.28

*BMI = Weight(kg) / ⟨Height(m)⟩^{2}

실험 대상자들이 섭취한 식이의 식단은 한국인 영양 권장량에 맞추어 설정한 5가지의 기초 식품군을 기준으로 하여 한국인의 상용식품군을 주로 선택하였으며, 총 열량 2500kcal, 단백질 90 g, 칼슘 600㎎정도로 조정하여 구성하였다. 단백질 종류에 따라서 고기단백질 식이와 콩단백질 식이로 나누었으며, 고기단백질 식이는 단백질 섭취량 중 50.27%인 45.60 g 을 쇠고기로 사용하였으며, 곡류단백질 26.31 g, 채소및 과일단백질9.32 g, 어류 및 유류단백질4.85 g 이었다. 콩단백질 식이는 단백질 섭취량중 콩단백질이 차지하는 비율은 51.83%인 46.81 g 이였으며, 곡류단백질 27.39 g, 채소 및 과일단백질 10.1 g, 어류 및 난류단백질 3.26 g 이었다. 식품 무게는 조리하기전 식품의 가식부 중량을 기준으로 하였다. 두 종류의 실험식이 구성은 한 종류의 실험식이당 3가지 메뉴를 반복하여 섭취하도록 하였다[29].

조리에 필요한 기구및 식기류는 사용하기전 4 g / 1l EDTA 용액으로 12시간 이상 담구어 둔 다음, 사용하기 직전에 반드시 이온 제거수로 3번 이상 헹구어 사용하였으며 실험 대상자들의 식수도 이온 제거수를 무제한 제공하였다. 매일의 식사는 9:00, 12:30 및 17:30 시로 하였으며 간식은 10:30, 15:00, 및 밤참으로 제공하였다. 식이 공급시에는 무게를 정확히 달아 배분 하였으며, 대상자 모두는 실험기간 동안 각자에게 주어진 식이를 전부 섭취하였다. 각 실험식이는 일인분을 더 준비하여 총 중량을 측정한 후 blender에 전량을 넣고 갈아 그 일부를 취하여 냉동 보관 하였다가 식품 분석에 사용하였다.

4. 시료수집 및 분석

실험기간 동안 실험 식이와 대상자들의 대변, 소변, 혈액은 피와 백[15]의 방법으로 수집하여 분석에 사용하였다. 한 시료에 대한 각 영양소의 분석은 최소한 2회 이상 측정하여 그 평균치를 구하였

다.

(1) 식이분석

식이내 일반성분은 AOAC 법[30]에 의하여 분석하였다. 탄수화물은 시료총량에서 수분, 단백질, 지방, 섬유소 및 회분량을 뺀량으로 산출하였고, 열량은 단백질, 지방 및 탄수화물의 함량으로부터 Atwater계수를 사용하여 계산하였다. 식이내 칼슘과 마그네슘 함량은 냉동고에 보관한 식이시료를 꺼내어 상온에 방치하여 녹인후 10 g 정도를 정확히 취해 105±5℃를 유지시킨 drying oven에서 24 시간 건조하여 건식 회화법[31]으로 회화한후 그재를 묽은염산(1:1)으로 가열하면서 녹이고 이온 제거수로 50ml로 맞춘 후 1% $LaCl_3$ 용액으로 20배 희석하여 Atomic Absorption Spectrophotometer(Pye unicam)로 wavelength 422.7nm와 285.2nm에서 측정하였다.

식이내 인의 전처리는 칼슘과 같으며 1% LaCl3용액 대신에 이온 제거수로 10배 희석하여 몰리브덴산 암모늄 비색 분석법[32,33]으로 인의 함량을 측정하였다.

(2) 소변분석

냉동고에 보관한 소변시료를 꺼내어 상온에 방치하여 녹인후 잘 흔들고 1ml를 취하여 micro-kjeldahl 법[34]으로 총 질소량을 분석하였다. 소변 중의 요소 질소의 정량은 urease 효소법에 의한 정량 kit(영동시약, urea N-E kit)를 사용하였다.

소변중 칼슘, 인, 마그네슘함량은 2000-3000 rpm에서 10분간 원심분리 시킨후 상등액을 1% LaC13 용액과 이온 제거수로 20배 희석하여 식이와 같은 방법으로 분석하였다.

(3) 대변분석

냉동고에 보관한 대변시료를 꺼내어 상온에 방치하여 녹인후 0.1 g 정도를 정확히 취하여 micro-kjeldahl법[34]으로 총 질소량을 분석하였으며, 칼슘, 인, 마그네슘함량은 대변시료 약 2 g을 취하여 건식 회화법[31]으로 전처리하여 식이분석방법과 동일하게 실시하였다.

(4) 혈액분석

혈액은 실험 제1일, 28일, 44일에 공복시 혈액을 채취하였다. 진공 채혈관에 혈액을 채취하여 일부는 hemoglobin농도와 hematocrit치를 측정하고, 나머지는 응고시킨 후 3000rpm에서 20-30분간 원심 분리하여 혈청을 얻었다. 혈청중의 Ca, P, total protein, albumin, K, Na 및 Mg 함량은 Boehringer Mannheim diagnostics clinical analyzers[35-36]로서 측정하고, Fe은 Kyokuto Fe reagents 90을 사용하였으며, globulin은 total serum protein에서 albumin을 뺀 값으로 계산하였다.

5. 자료통계 분석

본 연구의 모든 실험결과는 평균치와 표준편차를 계산하였다. 고기단백질 식이와 콩단백식이의 섭취량, 배설량 및 평형 등의 차이는 t-test[37]와 sign test[37-38]에 의하여 유의성 검정을 하였다. 대상자들에 있어서 각 영양소의 소변중 배설량과 평형 등과의 관계는 상관 분석법과 회귀분석으로 분석하였다.

Ⅲ. 실험결과 및 고찰

1. 실험식이

실험대상자들이 섭취한 고기단백질식이와 콩단백질식이의 식품분석표상의 함량과 식이시료를 분석한 결과를 비교한 것은 Table 2와 같다. Table 2와 같이 실험식이의 일반성분은 단백질이 콩단백질식이가 87.10 g 으로 고기단백질식이인 83.62 g 보다 약 3.5 g 더 많았으나 유의적인 차이는 아니었다. 회분은 콩단백질식이에서 30.93 g 으로 고기단백질식이인 24.33 g 보다 많았으며($p<0.05$), 특히 나트륨과 마그네슘은 콩단백질에서 295.25mg, 451.33mg으로 고기단백질식이인 220.49mg, 226.81mg보다 현저하게 많았다($p<0.05$, $p<0.001$).

식품분석표상의 함량과 실제 식이를 분석하여 비교했을때 상당한 차이가 있었으며, 특히 인분석치는 계산치 보다 두 실험식이 모두 평균 285.

Table 2. Comparison of Nutrient Contents of the Experimental Diet by Calculation and Analysis

(Mean±S.D.)

Diet	Meat protein diet		Soy protein diet	
Nutrient	Caculated[1)]	Analyzed	Caculated	Analyzed
Energy(kcal)	2514.15±10.54[a]	2500.79±147.54	2507.96± 4.33	2609.98±170.79
Protein(g)	90.73± 0.94	83.62± 4.04	90.33± 0.25	87.10± 2.56
Fat(g)	–	64.59± 10.71	–	80.62± 12.05
Carbohydrate(g)	–	396.10± 41.09	–	384.10± 13.48
Ash(g)	–	24.33± 1.97	–	30.93± 1.99*
Ca(mg)	613.58± 6.10	533.28±119.77	655.22± 5.50	737.86±153.74
P(mg)	728.04±72.88	1013.01± 81.71	834.70±62.4	1261.76±135.85+
Na(mg)	–	220.49± 29.58	–	295.25±15.45*
Mg(mg)	–	226.81± 17.00	–	451.33±70.07***
Fiber(g)	–	7.10± 0.13	–	7.82± 3.06

1) by Food Composition Table

Values are the mean of 3 menus of each experimental period.

* Significantly different from meat protein diet period(* $P<0.05$, *** $P<0.001$)

+ • Significantly different from caculated(+$P<0.05$)

00-427.06mg이 유의적으로 높게 나타났다($P<0.05$). 이러한 차이는 여러가지 원인으로 올수 있다고 생각된다. 즉 식품분석표에 나타나는 성분 함량의 정확성, 실험기간 동안 식품을 계량하는데 있어서의 오차, 실험기간 동안 섭취하는 식품자체로 부터의 차이등으로 설명할 수 있다. 또한 실험기간 동안 사용하는 식품의 전량을 한번에 구입하여 사용하려고 노력했으나 식품에 따라 보관상의 어려움이나 변질을 우려하여 그때마다 구입하여 사용한 것도 있으므로 매일 매일의 영양소 함량은 식이 분석치와도 약간의 차이가 있었을 것으로 생각된다.

2. 단백질 대사

단백질 대사 결과는 질소량으로 나타났으며, 평균 대변과 소변중 질소 배설량과 질소 평형 및 이들의 섭취량에 대한 비율은 Table 3과 같다.

고기단백질 식이와 콩단백질 식이의 질소 섭취량과 소변중 배설량 및 평형은 비슷하였으나, 실험기간 동안 대변중 질소량은 주별로 큰 차이가 없었으며 3주간 평균치는 고기단백질 식이시에 2.23 g / day로 콩단백질 식이시의 2.82 g / day 보다 유의적으로 낮았다($P<0.05$). 그러나 섭취량에 대한 대변중 질소 배설량의 비율에는 유의적인 차이가 없으며 본 실험 식이의 외견적 단백질 소화 흡수율은 각기 85%와 80%가량이 된다. 단백질의 외견적 소화 흡수율은 식이 섬유소가 증가할수록 감소하며[40-41], 식이 단백질이 증가하면 증가하는 것으로 보고되고 있다[42-45]. Spencer[43]등이 서구인을 대상으로 한 식이 연구에서는 성인 남자에게 13-16 g 의 질소를 섭취시켰을때 대변중 질소 배설량은 1.4-1.6 g 이었고 질소 흡수율이 약 89%를 나타냈으며, 육류를 첨가하여 질소 수준을 21 g 내외로 증가 시켰을 때 질소 배설량은 1.3-1.4으로, 흡수율은 93-94%정도로 증가하였으며, Reinhold등[41]의 연구에서 질소 섭취량이 16 g 정도였을때 섬유질 22 g 을 첨가한 식이군에 비하여 섬유질 34 g 을 첨가한 식이군을 대변중 질소 배설량이 2.4 g 에서 3.0 g 으로 증가

Table 3. Mean Daily Fecal, Urinary Nitrogen, and Nitrogen Balance

(Mean±S.D.)

	Meat Protein Diet			Soy Protein Diet		
Parameter	g/day	mg/kg B.W	%	g/day	mg/kg B.W	%
Intake	13.88	205.34	100.00	13.94	216.73	100.00
	±0.65	±27.07		±0.41	±27.00	
Fecal N	2.23	33.96	16.57	2.82*	44.55	20.27
	±0.35	±6.85	±2.61	±0.59	±12.94	±4.21
Total Urinary N	11.06	168.20	82.68	11.03	171.40	79.46
	±0.97	±14.70	±7.25	±0.94	±27.10	±6.22
Urea N	8.63	131.20	64.48	8.76	136.30	62.87
	±0.74	±10.80	±5.56	±0.73	±22.00	±5.24
Creatinine	1.77	26.80	–	1.78	27.33	–
	±0.21	±2.78		±0.28	±8.52	
N Balance	0.09	3.10	–	0.09	0.80	–
	±1.18	±15.6		±1.18	±18.00	

*Significantly different from meat protein diet period(* $P<0.05$)

하였으며, 질소 흡수율은 85%에서 82%로 감소하였음을 보고하였다. 최와 주[39], 유와 오[44], 구와 최[42]는 한국 식이의 소화 흡수율이 각각 81-85%, 84.9% 및 85-88%로 보고하였고 Huang과 Lin[45]은 중국식 혼합식이의 외견적 흡수율이 79-86%라고 하였으므로 본 실험 결과와 거의 유사함을 알 수 있다.

실험 전기간을 통하여 두 실험 식이간의 평균 소변중 질소 배설량은 11.06 g / day와 11.03 g / day 로서 차이가 없었으며, 주별로도 큰 변화가 없었다. 한국인을 대상으로한 연구들에 나타난 소변중 질소 배설량을 살펴보면 구와 최[42]의 연구에서 1일 13.5 g 의 질소 섭취시 소변중 질소 배설량은 섭취량의 82.2%였고, 유와 오[44]의 연구에서 13.25 g 의 질소를 섭취시켰을때 소변중 질소 배설량이 섭취량의 76.2%로 나타났으며, 김과 백[46]은 정상식이(7.16 g N / day)를 섭취하는 여대생의 평균 소변중 질소 배설량은 섭취량의 84.2%임을 보고하였다. 본연구의 질소 섭취량이 13.38-13.94 g 임을 고려한다면 위의 보고들은 본 실험결과와 유사하다고 할수있다.

소변중 배설되는 질소 화합물 중에서 뇨소성 질소 배설량은 고기단백질 식이에서 8.69 g / day와 콩단백질 식이에서 8.76 g / day로서 두 실험 식이간에 유의적인 차이는 없었다. 뇨소는 소변의 질소배설량의 많은 부분을 차지하여 소변의 총 질소와 높은 상관관계를 가지며, 그 량은 단백질 섭취량이 증가할수록 증가한다[42-46]. 본 실험에서도 소변중 질소 배설량과 뇨소 질소 배설량과의 관계는 다른 연구 보고와 마찬지고 두 실험식이 모두 높은 상관관계를 나타냈으며($r=0.810$, $r=0.930$, $P<0.001$)(Table 5,6 참조) 두 실험 식이를 함께 사용하여 비교하였을 때에도 $y=2.61+0.975x$($r=0.947$, $P<0.001$)의 매우 높은 상관관계를 확인 할수 있었다.

그러나 두 식이간에는 유의적인 차이가 나타나지 않았으므로 식이 단백질 종류에 따라서는 별 영향을 받지 않는 것으로 보인다.

3. 칼슘 대사

단백질의 종류가 칼슘 대사에 미치는 영향은 Table 4와 같다. 대변중 평균 칼슘 배설량은 콩단

Table 4. Major Mineral Metabolism during Meat Protein and Soy Protein Diet Period

(Mean±S.D.)

		Meat Protein Diet		Soy Protein Diet	
	Parameter	mg/day	% of intake	mg/day	% of intake
Ca	Intake	533.28±119.77	100.00	737.86±153.74	100.00
	Fecal Ca	350.56±102.0	65.7 ±19.1	515.03±131.0*	69.86±17.8
	Urinary Ca	113.34± 45.1	21.26± 8.47	118.30± 46.9	16.03± 6.37
	Balance	69.38±131.0	–	105.0 ±141.0	–
P	Intake	1013.01± 81.71	100.00	1261.76±135.89	100.00
	Fecal P	348.2 ± 68.5	34.4 ± 6.76	700.3 ±157.8***	55.5 ±12.58**
	Urinary P	684.2 ±108.8	67.5 ±10.7	475.1 ± 50.3***	37.57± 3.92***
	Balance	-19.48±125.0	–	86.33±152.0	–
Mg	Intake	266.81± 17.00	100.00	451.33± 70.07***	100.00
	Fecal Mg	144.81± 50.58	63.84±22.30	292.39± 65.60***	64.78±14.54
	Urinary Mg	81.18± 30.69	35.84±18.53	65.53± 28.56	14.52± 6.33***
	Balance	0.67± 61.3	–	93.4 ± 57.7*	–

* Significantly different from meat protein diet period
(* $P<0.05$, ** $P<0.01$, *** $P<0.001$)

백질 식이시(13.94 g N / day)에 515.03mg으로 고기단백질 식이(13.38 g N / day)때인 350.56 mg보다 유의적으로 높았다($P<0.05$). 그러나 칼슘 섭취량에 대한 칼슘 흡수율은 콩단백질 식이시 30.2%에 비하여 고기단백질 식이에서는 34.3%로 더 높았으나 유의적인 차이는 아니었다(Table 4 참조).

피와 백[15]은 여대생을 대상으로 하여 칼슘 섭취량이 520mg가량인 고기단백질(11.3 g N)과 콩단백질식이(13.3gN)를 주었을때 대변중 칼슘 배설량은 고기단백질 식이시에는 467mg이었으나, 콩단백질식이시 282mg으로 감소되어 칼슘 흡수율은 고기단백질 식이에서 12%, 콩단백질 식이에서는 평균 46%로 나타났다. 이는 본 실험 결과에 비하여 특히 고기단백질 식이의 칼슘 흡수율이 매우 낮았다. 최와 주[39]는 12 g 정도의 질소를 두류, 어류및 육류 단백질 식이로 섭취시켰을때 두류식이의 칼슘 섭취량은 620.8mg이었고, 흡수율은 30.1%로서 본 실험의 콩 단백질 흡수율과 비슷하였다. 또한 육류의 칼슘 섭취량은 약 360mg으로 흡수율이 49.5%를 나타냈었는데, 본 실험에서는 고기단백질 식이시(533.28mg Ca)에 칼슘 흡수율이 34.3%로서 이 보다 훨씬 낮았다. 이는 칼슘 섭취량이 본 실험에 비하여 낮기 때문이 아닌가 생각된다.

소변중 칼슘 배설량은 고기단백질 식이시에 110.96-116.09mg으로 섭취량의 20.81-21.77%이며, 3주간 평균은 113.34mg으로 섭취량의 21.26%였으며, 콩단백질 식이시에는 116.88-119.61mg으로 섭취량의 15.84-16.21%였으며 평균은 118.30mg으로 섭취량의 16.03%였다. 고기단백질 식이시 보다 콩단백질 식이시에 칼슘 섭취량이 많았으나 소변중 배설량은 차이가 없으며, 섭취량에 대한 평균 비율은 오히려 고기 단백질 식이시에 더 높았다.

소변중 칼슘 배설량에 영향을 주는 요인으로 단백질 섭취량[3,8,23,43], 칼슘[8,22,43,47], 인 섭취량[3,23,43] 및 caffeine[49]을 들수 있다. 식이 단백질 종류에 따른 소변중 칼슘 배설량은 고기 단백질 식이시에 113mg, 콩단백질 식이시에 118mg이지만, 칼슘

섭취량의 21%와 16%로서 고기단백질 식이시에 5%정도 높게 나타났다. 특히 콩단백질 식이시에 소변중 칼슘 배설량은 소변중 질소 배설량과 관계가 없었으나(r=0.002, P<0.10), 고기단백질 식이시에는 유의적인 상관관계(r=0.709, P<0.001)를 보였다(Fig.1참조). Hegsted와 Linkswiler[6] 와 Schuette등[48]등의 연구보고에서 46 g 정도의 저단백질 식이와 120g정도인 고 단백질 식이시에 소변중 황산염이 21.6mEq / day와 59.1mEq / day, 암모늄 이온이 21.1mEq / day와 53.4 mEq / day, total renal acid excretion이 32.2 mEq / day와 75.5mEq / day로 고 단백질 식이에서 소변중 황산염, 암모늄 이온및 total renal acid 등의 배설량이 현저히 증가하였으며, 칼슘 배설도 이에 따라 증가하였다. 따라서 단백질 대사산물의 배설과 칼슘 배설은 밀접한 관계가 있으며, 이는 고기단백질에서 더욱 밀접하고, 콩단백질은 거의 관계가 없는것으로 보이나, 이에 관한 연구논문이 많지 않으므로 정확히 논의 하기는 어렵다고 생각된다.

실험기간 동안 각 실험 대상자별 칼슘 평형은 개인차가 크게 나타나 식이에 따른 유의적인 차이를 발견할 수 없었으며, 칼슘평형은 고기단백질 식이시34-101mg으로 평균 69mg이고, 콩단백질 식이에서는 69-142mg으로 평균 칼슘평형이 10

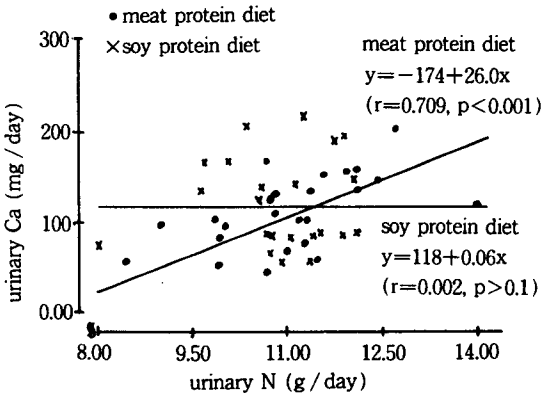

Fig. 1. Correlation between calcium and nitrogen in urine

5mg이었다. 고기단백질 식이시에 평균 칼슘 흡수량 183mg에 대한 칼슘 평형 69mg은 약 38%에 해당되지만, 콩단백질 식이섭취시는 평균 흡수량 228mg에 대한 칼슘평형 105mg은 약 47%에 해다되므로 칼슘 평형이 콩단백질 식이가 고기단백질 식이시 보다 높은 것을 알 수 있다.

피와 백[15]은 칼슘 섭취량이 약 520mg으로 일정할때 칼슘 평형이 고기단백질 식이에서 -65mg, 콩단백질 식이시에 155mg으로 본 실험 결과와는 상당한 차이가 있며, 이는 대변중 칼슘 배설량이 고기단백질 식이에 상당히 높게 나타나므로서 칼슘 평형이 negative로 옮겨가는데에 영향을 미치고 있었다. 또한 본 연구와 비교해 볼 때 첫째, 실험기간이 차이가 있으며, 둘째, 칼슘과 인의 섭취량은 평소 식이섭취량을 조사한후 결정하였고, 셋째, coffee의 섭취량이 고기 단백질 식이시에 5.5 g, 콩 단백질 식이시에 1 g으로 caffeine의 섭취량이 현저히 많았기 때문에 이러한 요인도 결과에 영향을 미쳤으리라 사료된다.

4. 인의 대사

단백질 종류에 따른 대상자들의 P의 대사상태는 Table 4와 같다.

인섭취량은 콩단백질 식이가 1261.76mg으로 고기 단백질 식이의 1013.01mg보다 25%가량 높았다. 고기 단백질 식이시에 대변중 배설량은 312.1mg-384.6mg으로 평균 348.21mg이였으며, 콩단백질 식이시에는 625.5mg-784.2mg으로 평균 700.30mg을 나타내어 콩단백질 식이시에 유의적으로 높았다. 따라서 인의 섭취량에 대한 흡수율도 고기단백질 식이가 평균 65.63%로 콩단백질 식이인 44.50%에 비하여 유의적으로 높았다 (P<0.01).

두류와 어·육류 단백질 식이에 의한 인의 소화흡수율을 연구한 보고[15-39-44]에서 두류 단백질 식이 섭취시에는 인의 흡수율이 약45-54%였고, 육류단백질 식이에서는 80-85%를 나타내어 본 연구결과와 비교해 볼때 고기단백질 식이에서 약간 높게 나타냈으나 전체적인 경향은 비슷하다

고 하겠다.

한편 구와 최[19]는 저단백 저칼슘 식이(990.9mg P), 고단백 저칼슘이(1392.3mg P)및 고단백 고칼슘 식이(1560.1mg P)의 세가지 실험식이에서 흡수율은 모두 평균 68%로 보고하였지만 Schuette 와 Linkswiler[3]는 칼슘섭취량을 590mg으로 하고 인 섭취량을 890mg과 1660mg으로 했을 때, 인 흡수율은 59.7%에서 65~67%로 증가했다고 했으며 Spencer등[43]의보고에서도 유사한 경향을 볼 수 있다.

소변중 인 배설량은 고기단백질 식이시에 661.6mg-719.7mg인 평균 684.2mg이었으며, 콩단백질 식이시에는 419.8mg-533.5mg인 평균 475.1mg으로 두 식이군 간에 유의적인 차이를 나타냈다($p<0.001$). 특히 고기단백질 식이시에 소변중 인의 배설량은 소변중 질소($r=0.704$, $p<0.001$)및 칼슘 배설량($r=0.807$, $p<0.001$)과 높은 상관관계를 가지고 있었으나, 콩단백질 식이시의 소변중 인 배설량은 소변중 질소 배설량과는 관계($r=0.564$, $p<0.01$)가 있으나, 소변중 칼슘 배설량과는 관계가 없었다($r=0.186$, $p<0.1$) (Fig. 2, Table 5.6참조). Schuette와 Linkswiler[23]는 칼슘과 단백질 섭취량을 590mg과 50 g 으로 조정하고 인 섭취량을 890mg에서 1660으로 증가 시킬때 소변중 인 배설량은 637mg에서 1188mg으로 증가하였고, Zemel등[8]의 연구보고에서도 칼슘 섭취량을 39

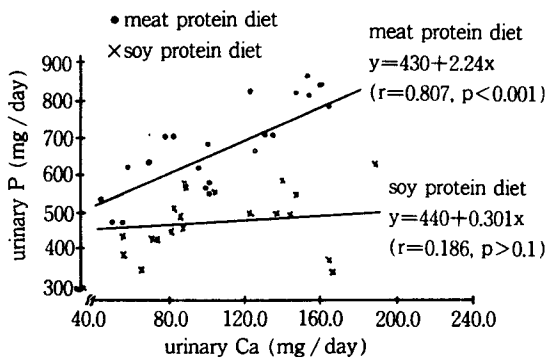

Fig. 2. Correlation between phosphorus and calcium in urine

9mg으로 조정하고 인의 섭취량을 835mg에서 1835mg으로 했을때 소변중 인 배설량은 679mg에서 1288mg으로 섭취량이 비례하여 증가하였다. 그러나 단백질 종류에 따른 소변중 인 배설량은 피와 백[15]이 여대생을 대상으로한 보고에서 인 섭취량이 고기단백질 식이시 769mg, 콩단백질 식이시 1033mg이었으나 소변중 인 배설량은 413.4mg과 331.3mg으로 유의성은 없었으며 콩단백질 식이시에 낮은 경향을 나타내어 본 연구와 비슷하였다. 최와 주[39]의 보고에서도 두류 식이군(1077.5mg P)의 소변중 인 배설량이 406.8mg이고, 육류 식이군(112.9mg P)은 439.6mg으로 육류 식이군에서 소변중 인의 배설량이 다소 증가하여 같은 경향을 나타냈다. 또한 고기단백질 식이시에 소변중 인의 배설량이 소변중 칼슘 배설량과 상관관계($r=0.807$, $p<0.001$)가 높은 반면 콩단백질 식이시에는 이러한 상관관계($r=0.186$, $P>0.1$)가 없는 것으로 나타났기 때문에 고기단백질 식이때 소변중 인 배설량이 증가하는 현상은 인 섭취량 보다는 동물성 단백질 섭취량에 의한 영향이라고 볼수 있다.

인의 평형은 고기단백질 식이시에 -91mg에서 31mg으로 평균 -19.4mg이며, 콩단백질 식이시는 -56mg에서 216mg으로 평균 86.3mg이였으나 두 식이군간에는 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 인 섭취량의 증가에 따라 인 평형이 호전되게 나타난 보고들을 보면 김과 김[20]은 단백질 섭취량을 체중 kg당 0.45g(597mg P), 0.60 g (643mg P), 0.75 g (721mg P)및 0.90 g (801mg P)을 섭취시켰을때 인 평형은 −15.5mg, 87.5mg, 104.6mg 및 34.4mg으로 인 섭취량이 597mg에서 721mg으로 증가됨으로서 negative balance에서 positive balance (104.6mg)로 호전되었으며 구와 최[19]의 연구에서도 저단백 저칼슘(991mg P) 고단백 저칼슘(1392mg P)및 고단백 고칼슘(1560mg P)식이시에 인 평형이 −15.2, 55.3및 31mg으로 변화되었다. 본 연구에서 인 섭취량이 1013mg인 고기단백질 식이에서는 인의 평형이 −19mg으로 negative였다가, 섭취량이 1262mg으로 증가된 콩단백질 식이에서는 인의 평형이 86mg으로 호전된 것은

이와 유사한 경향이라고 하겠다.

Spencer등[22]은 칼슘 섭취량이 낮으면서(219 mg), 인의 섭취량을 854mg에서 2003mg으로 증가시킬때 인 평형이 65mg과 82mg이였으며, 칼슘 섭취량을 정상 수준으로 (828mg) 섭취시키면서 인의 섭취를 845mg에서 1977mg으로 증가시켰을때 인 평형은 20mg과 93mg이었다. 최근의 연구에서는 칼슘(819mg)과 인(854mg)을 정상적으로 섭취했을때 인 평형은 12mg이였고, 칼슘 852mg과 인 1334mg으로 섭취시켰을때 인 평형이 184mg으로 유의적인 증가($p<0.01$)를 나타냈었다[21]. 이러한 결과를 가지고 본 연구에 적용해 볼때 콩단백질 식이시의 인 평형이 86.33mg으로 나타난 것은 유사하다고 볼수 있으나, 고기단백질 식이시에 섭취한 칼슘과 인 섭취량을 비교하면 당연히 positive balance로 되리라고 생각할 수 있겠지만 −19.43mg으로 나타난것은 고기단백질이 인 평형이 많은 영향을 미쳤을 것으로 사료된다.

이상의 결과에서 인 평형에 영향을 주는 요인으로 인 섭취량을 생각할 수 있으며, 식이 단백질의 종류에 따라 영향을 받는 것으로도 사료된다. 특히 고기단백질 식이시에 소변중 인 배설량이 칼슘 배설량과 높은 상관관계($r=0.807$, $p<0.001$)를 가지면서 급격히 증가한 원인은 앞으로 계속 연구해 보아야 할 것 같다.

5. 마그네슘 대사

단백질 종류에 따른 마그네슘의 섭취량과 대변 및 소변중 마그네슘의 평형은 Table 4와 같다.

마그네슘 섭취량은 콩단백질 식이시 451.33mg으로 고기 단백질 식이인 226.81mg보다 유의적으로 높았다($P<0.001$). 대변중 배설량은 고기 단백질 식이시에 평균 144.81mg으로 콩단백질 식이시인 292.39mg보다 유의적으로 낮지만($p<0.01$) 섭취량에 대한 평균 비율은 각각 63.84%와 64.78%로서 비슷하였다. 그러나 소변중 마그네슘 배설량은 고기 단백질 식이시에 평균 81.18mg으로 섭취량에 대한 비율이 35.84%여서 콩단백질 식이시인 6

Table 5. Correlation Matrix among Urinary Excretion and Balance of Nitrogen, Calcium, Phosphorus and Magnesium in Meat Protein Diet

	N in Urine	urea N	Ca in urine	Ca balance	P in urine	P balance	Mg in urine
urea N	0.810***						
Ca in urine	0.709***	0.709***					
Ca balance	-0.151	-0.285	-0.539**				
P in urine	0.704***	0.714***	0.807***	-0.412*			
P balance	-0.565**	-0.609**	-0.629***	0.329	-0.771***		
Mg in urine	0.635***	0.579**	0.788***	-0.577**	0.674***	-0.551**	
Mg balance	-0.112	-0.233	-0.309	0.234	-0.267	0.646***	-0.364

* $P<0.05$, ** $P<0.01$, *** $P<0.001$

5.53mg인 14.52% 보다 유의적으로 높았다($p<0.001$). 이 결과는 Fisler와 Drenick[27]의 연구에서 soy diet 보다 collagen diet에서 소변중 마그네슘 배설량이 증가된 보고와 일치하였다.

Mahalko등[25]의 연구는 단백질 섭취량을 1일 65 g (229mg Mg)에서 94 g (258mg Mg)으로 증가할때 소변중 마그네슘 배설량이 106mg에서 119 mg으로 유의적인 증가($p<0.05$)를 나타냈으며, 마그네슘 평형도 각각 13mg과 17mg으로 모두 positive balance였으나 유의적인 차이는 아니었다. 그러나 본 실험의 마그네슘 평형은 고기 단백질 식이시에 0.67mg이었으나 콩단백질 식이시에 93.4mg으로 현저하게 높았다($p<0.05$).

그리고 소변중 칼슘 배설량과 마그네슘 배설량의 상관관계에서 고기 단백질 식이시에는 $r=0.788$($p<0.001$)이며, 콩단백질 식이시에는 $r=0.457$($p<0.05$)였다(Fig. 3참조). 소변중 인과 마그네슘과의 상관관계에서는 고기 단백질 식이시에 $r=0.674$($p<0.001$)로 높은 상관관계를 나타냈으나 콩단백질 식이시에는 $r=0.367$($p>0.1$)로 관계가 없었다(Table 5.6참조).

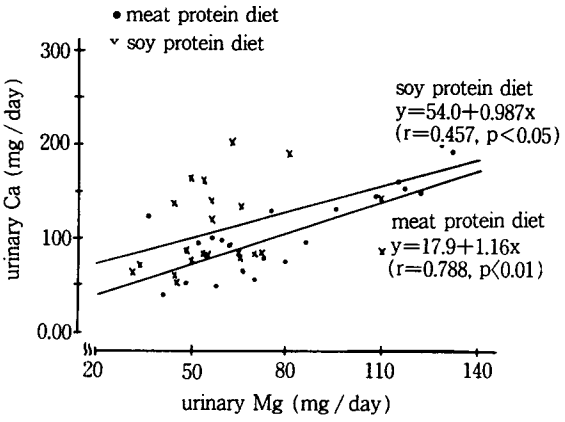

Fig. 3. Correlation between calcium and magnesium in urine

Table 6. Correlation Matrix among Urinary Excretion and Balance of Nitrogen, Calcium, Phosphorus and Magnesium in Soy Protein Diet

	N in Urine	urea N	Ca in urine	Ca balance	P in urine	P balance	Mg in urine
urea N	0.930***						
Ca in urine	0.002	-0.137					
Ca balance	-0.355	-0.332	-0.215				
P in urine	0.564**	0.540**	0.186	-0.416*			
P balance	-0.301	-0.295	-0.293	0.297	-0.327		
Mg in urine	0.422*	0.340	0.457*	-0.550**	0.367	0.026	
Mg balance	-0.117	-0.187	0.322	0.416*	-0.125	0.752***	-0.013

* $P<0.05$, ** $P<0.01$. *** $P<0.001$

Table 7. Hematological Observation

Blood(unit)	Preexperimental	Meat protein diet	Soy protein diet
Hemoglobin(g/dl)	16.43± 1.06	15.83± 0.77	15.76± 0.94
Hematocrit(%)	46.65± 2.88	45.20± 1.85	45.21± 2.78
Tatal protein(g/dl)	8.64± 0.36	7.48± 0.21^{+++}	7.59± 0.30^{+++}
Albumin(g/dl)	5.04± 0.14	4.66± 0.12^{+++}	4.85± 0.11^{**++}
Globulin(g/dl)	3.6 ± 0.35	2.81± 0.26^{+++}	2.74± 0.30^{+++}
A/G ratio	1.4 ± 0.16	1.7 ± 0.19^{+}	1.8 ± 0.25^{++}
Ca (mg/dl)	9.78± 1.15	10.28± 0.57	9.70± 0.40*
P (mg/dl)	4.35± 0.40	4.26± 0.46	4.05± 0.42
K (mEq/L)	4.53± 0.15	4.18± 0.46	4.53± 0.42
Na (mEq/L)	145.3 ± 3.01	143.3 ± 2.25	145.6 ± 0.74*
Mg (mg/dl)	1.33± 0.25	1.20± 0.14	1.33± 0.37
Fe (μg/dl)	179.55±27.81	185.38±49.53	112.31±24.86^{**++}

+. Significantly different from Preexperimental
(++ $p<0.01$, +++ $p<0.001$)
*. Significantly different from Meat protein diet period
(* $P<0.05$, ** $P<0.01$)

실험전과 각 실험식이후의 혈중 hemoglobin, hematocrit, 혈청중 total protein, globulin, Ca, P, K, Na, Mg 및 Fe 함량을 Table 7에 표시하였다. 실험전에 비하여 total protein, albumin, globulin이 실험기간 동안 유의적으로 감소($p<0.001$)하였으나, 전실험 기간 동안 정상 수준의 범위에 있었다. 특히 albumin 과 Na 함량은 고기단백질 식이시에 4.66 g / dl, 143.3mEq / L로 콩단백질 식이시인 4.85 g / dl, 145.6mEq / L보다 유의적으로 낮았다($p<0.01$, $p<0.05$).

칼슘과 철분의 농도는 고기단백질 식이에 비하여 콩단백질 식이에서 유의적으로 낮았으나 모두 정상 범위에 속하였다. 피와 백[15]의 연구와 구와 최[19]의 보고에서는 대상자들의 혈청 칼슘함량은 본 연구보다 조금 높은 수준이었으나, 실험식이간에 차이는 없었다.

Ⅳ. 요약 및 결론

종류가 다른 단백질 급원인 고기단백질과 콩단백질이 단백질, 칼슘, 인 및 마그네슘대사에 미치는 영향을 검토하기 위하여, 8명의 한국 성인 남자를 대상으로 44일간 대사실험을 실시하면서 매주 주간별 대소변을 검사 하였다. 실험 식이는 고기단백질 식이 〈meat protein diet : 단백질 83.62 g (고기단백질 50.27%) 칼슘 533.28mg, 인 1013.01mg, 마그네슘 226.81mg〉, 콩단백식이 〈soy protein diet : 단백질 87.10 g (콩단백질 51.83%) 칼슘 737.86mg, 인 1261.76mg, 마그네슘 451.33mg〉로 구성하였다. 실험은 하루의 적응기간과 두실험식이 섭취기간은 각기 3주일씩으로 이루어졌으며 실험기간에 따른 영향을 관찰하기 위하여 대소변은 실험식이 섭취기간중에 매주 마지막 3일간 채집하였다. 소변은 단백질, urea, 칼슘, 인 및 마그네슘을 분 `하였고, 대변은 단백질, 칼슘, 인 및 마그네슘을 분석하였다. 혈액은 실험기간 제2일, 제23일 및 제44일에 채취하여 hemoglobin, hematocrit, total protein, albumin, globulin, Ca, P, K, Na, Mg 및 Fe 함량을 측정하였다.

1. 단백질 종류에 따른 대변중 평균질소 배설량은 고기단백질 식이에서 2.23±0.35 g 이었으며, 콩단백질 식이에서 2.82±0.59 g 으로 유의적인 차이($p<0.05$)를 나타냈으나, 단백질의 흡수율에는 유의적인 차이가 없었다. 소변중 질소 배설량은 고기단백질 식이시 11.06±0.97 g, 콩단백식이시 11.03±0.94 g 이었고, 질소평형은 고기단백질 식이시에 0.09±1.13 g, 콩단백질 식이시에는 0.09±1.18 g 으로 두 식이간에 유의적인 차이는 없었다.

2. 대변중 1일 평균칼슘 배설량은 고기단백질 식이시 350.56±10.87mg 이였으나 콩단백질 식이 섭취시에는 515.03±130.93mg으로 유의적으로 높았으나($P<0.05$) 흡수율은 유의적인 차이가 없었다. 소변중 평균 칼슘 배설량은 각각 113.34±45.1mg과 118.30±46.9mg으로 차이는 없으며 섭취량에 대한 편균 비율은 고기단백질 식이시에 21.26±8,4%, 콩단백질 식이시 16.03±6.37%였다. 칼슘 평형은 고기 단백질식이시 69.33±131 mg, 콩단백질식이 섭취시는 105.5±141mg이었다.

3. 대변중 평균 인 배설량은 고기단백질 식이시 348.2±68.5mg이였고, 콩단백질식이섭취시에는 700.3±157.8mg으로 유의적으로 높았다($p<0.001$). 소변중 인 배설량은 각각 684.2±108.8mg과 475.1±50.3mg으로 고기단백질 식이에서 높았으며 ($p<0.001$) 인 평형은 각각 −19.43±125mg과 86.33±152mg이었다.

4. 소변중 평균 마그네슘 배설량은 고기 단백질 식이시 81.18±30.69mg이였고, 콩단백질 식이 섭취시에는 65.53±28.56mg으로 차이는 없었으나, 섭취량에 대한 평균 비율은 각각 35.84±13.53%와 14.52±6.33%로 고기단백질 식이시에 유의적으로 높았다($p<0.001$). 마그네슘 평형은 고기단백질 식이시의 0.67±61.3mg 보다 콩단백질 식이섭취시에 93.4±57.7mg으로 유의적으로 높았다($p<0.05$).

5. 단백질 종류에 관계없이 질소, 칼슘 및 인의 평형은 각 영양소 흡수율과 높은 상관관계($p<0.01$)를 나타냈다. 소변중 배설량과 평형은 고기단백질 식이시에 모두 음의 상관관계($p<0.01$)를 보였으나 콩단백질 식이에서 소변중 칼슘과인 배설량이 평형과 상관 관계가 없었다($p<0.1$). 고기 단백질 식이시에는 소변중 칼슘 배설량은 소변중 질소($r=0.709$)와 인($r=0.807$) 배설량과 높은 상관 관계($p<0.001$)를 보였으나 콩단백질 식이시에는 전혀 관계가 나타나지 않았다($r=0.002$, $r=0.187$, $p>0.1$).

이상에서 나타난 바와 같이 본 실험에서는 한국인의 식사를 기초로하여 중기간(44일간)의 질소 및 칼슘, 인, 마그네슘대사 실험을 실시하였다. 질소대사에서는 식이단백질 종류에 관계없이 실험기간별에 따른 큰 변화는 나타나지 않았으며, 질소대사와 소변중 질소 화합물도 단백질의 종류에 따른 차이는 발견되지 않았다. 그러나 무기질 대사에 있어서는 고기단백질 식이가 일반적으로 무기질의 배설을 증가시키고 평형을 낮추는 효과가 콩단백질에 비하여 큰것으로 나타났다.

국민영양조사 보고서[30]에 의하면 칼슘 섭취량이 1976년에 402mg / day, 1982년에 461mg / day였으며 1986년에는 593mg / day으로 권장량에 가깝게 나타났었다. 또한 단백질 섭취량이 해마다 증가되고, 특히 동물성 단백질 섭취비율도 1976년 총 단백질 섭취량의 20.2%, 1982년 32.6%에서 1986년 41.2%로 증가되고 있다. 따라서 앞으로 육류 섭취의 증가, caffeine 음료의 증가등 식생활의 변화에 따라 무기질 대사의 변화에 대한 연구가 지속적으로 이루어져야 할 것이다.

참 고 문 헌

1) Howe PS, *Basic Nutrition in Health and Disease. 7th ed, Saunders* : 92-190, 1981
2) Walker RM, Linkswiler HM, *Calcium retention*

in the adult human male as affected by protein intake. J Nutr 102:1297-1302, 1972

3) Schuette SA, Linkswiler HM, *Effects 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* 112:338-349, 1982

4) Zemel MB, Schuette SA, Hegeted M, Linkswiler HM, *Role of the sulfur-containing amino acids in protein induced hypercalciuria in men. J Nutr* 111:545-552, 1981

5) Lutz J, Linkswiler HM, *Calcium in postmenopausal and osteoporotic women consuming two levels of dietary protein. Am J Clin Nutr* 34:2178-2186, 1981

6) Hegsted M, Linkswiler HM, *Long-term effects of level of protein intake on calcium metabolism in young adult women, J Nutr* 11:244-251, 1981

7) Hegsted M, Schuette S, Zemel M, Linkswiler HM, *The effect of level of protein and phosphorus intake on calcium balance in young adult men. Fed Proc* 38:765, 1979

8) Zemel MB, Linkswiler HM, *Calcium metabolism in the young adult male as affected by level and form of phosphorus intake and level of calcium intake. J Nutr* 111:315-324, 1981

9) Linkswiler HM, *Present Knowledge in Nutrition (calcium). 4th ed, thr Nutr foundation New York* : 232-240, 1976

10) Johnson NE, Alcantara EN, Linkswiler HM, *Effects of level of protein intake on urinary and fecal calcium and calcium retention of young adult males. J Nutr* 100:1425-1430, 1970

11) Whiting SJ, Draper HH, *The role of sulfate in the calciuria of high protein diets in adult rats. J Nutr* 110:212-222, 1980

12) Block GD, Wood RJ, Allen LH, *A comparison of the effects of feeding sulfur amino acid and protein on urine calcium in man. Am J Clin Nutr* 33:2128-2136, 1980

13) Olson RE, *Sulfur amino acids and the calciurotic effect of dietary protein. Nutr Reviews* 39(3):127-129, 1981

14) 임현묵, 주진순. 한국인의 단백질 소요량에 대한 연구. 제3보 한국 혼합 식사 섭취때의 단백질 소요량에 대하여. 한국 영양학회지 18(2):98-114, 1985

15) 피재은, 백희영. 단백질의 종류가 체내 칼슘대사에 미치는 영향에 관한 연구. 한국영양학회지 19(1):32-40, 1986

16) 임근철, 주진순. 한국 식이중 칼슘, 인, 비타민 B_1 및 비타민 B_2의 소화흡수율에 관한 연구. 우석의대 잡지 6(1):87-101, 1969

17) 이현옥, 한국인 성인 여자의 칼슘대사에 관한 연구 (1). 한국영양학회지 13:37-41, 1980

18) 이현옥. 여대생의 칼슘 흡수율에 관한 연구. 한국영양학회지 13:134-138, 1980

19) 구재옥, 최혜미. 한국 여성의 단백질 및 칼슘 섭취가 칼슘 대사에 미치는 영향에 관한 연구. 한국영양학회지 21:99-112, 1988

20) 김순경, 김상순. 단백질 섭취수준이 인체내 칼슘, 인, 마그네슘 대사에 미치는 영향에 관한 연구. 숙명여자대학교 생활과학 연구소 논문집 제 2집 : 59-103, 1988

21) Spencer H, Kramer L, Bartole MD, Norris C, Osis D, *Further studies of the effect of a high protein diet as meat on calcium metabolism. Am J Clin Nutr* 37:924-929, 1988

22) 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

23) Hegsted M, Schuette SA, Zemel MB, Linkswiler HM, *Urinary calcium and calcium balance in young men as affected by level of protein and phosphorus intake. J Nutr* 111:553-562, 1981

24) Schwartz R, Woodcock NA, Blakely JD, Mackellar I. *Metabolic responses of adolescent boys to two levles of dietary magnesium and protein. II.*

Effect of magnesium and protein level on calcium balance. Am J Clin Nutr 26:519-523, 1978

25) Mahalko JR, Sandstead HH, Johnson LK, Milne DB. *Effect of a moderate increase in dietary protein on the retention and excretion of Ca, Cu, Fe, Mg, P and Zn by adult males. Am J Clin Nutr* 37:8-14, 1983

26) Schwartz R, Walker G, Linz MD, Mackellar I. *Metabolic responses of adolescent boys to two levels of dietary magnesium and protein. I. Magnesium and nitrogen retention. Am J Clin Nutr* 26:510-518, 1978

27) Fisler JS, Drenick EJ. *Calcium, magnesium, and phosphate balances during very low calorie diets of soy or collagen protein in obese men : comparison to total fasting Am J Clin Nutr* 40:14-25, 1984

28) 주은정. 콩단백질과 고기단백질 식이가 인체내 질소와 칼슘대사에 미치는 영향 : 중기간 급식 효과. 숙명여자대학교 박사학위 논문, 1989

29) 보건사회부, 국민영양조사 보고서. 1986

30) *AOAC Method of Analysis 13th ed. Washington-.D.C.Method* 14:285-315, 1980

31) 박재주. 식품분석. 이화문화사 : 13-137, 1973

32) 신효선. 식품분석. 신광출판사 1983

33) Fisk CH, Subbarow Y. *The colorimetric determination of phosphorus. J Biol Chem* 66:375-400, 1925

34) Scale FM, Harrison AP, *Boric acid modification of kjeldahl method for crops and soil analysis. J Ind Eng Chem* 12:350-352, 1920

35) Tiets NW, *Fundamentals of Clinical Chemistry. W B Saunders Co. Philadelphia,* 1976

36) Henry RJ, *Clinical Chemistry: Principles and Technics. Medical Department. Harper and Row, New York,* 1974

37) Snedecor GW, Cochran WG, *Statistical Methods. 7th ed. The lowa State University Press :* 135-148, 1954

38) Zuwaylif FH, *General Applied Statistics. 2nd ed. Addision-Wesley Publishing Company INC :* 294-313, 1974

39) 최전도, 주진순, 한국식이의 소화 흡수에 관한 연구. 고대의대 잡지 10(3):757-779, 1973

40) Irving GW, Kolbye AC, Goldblith SA, Chichester CD. *The effect of fiber on protein digestibility. Nutr Rev* 42(1):23-24, 1984

41) Reinhold JB, Faradji B, Abadi P, Ismail-Beigi F, *Decreased absorption of calcium, Magnesium, Zinc and phosphorus by humans aue to increased fiber and phosphorus consumption as wheat bread. J Nutr* 106:493-503, 1976

42) 구재옥, 최혜미, 한국 여성의 단백질 섭취 수준이 질소 대사에 미치는 영향. 한국영양학회지 21:47-60, 1988

43) Spencer H, Kramer L, Osis D, Norris C, *Effect of a high protein (meat) intake on calcium metabolism in man. Am J Clin Nutr* 31:2167-2180, 1978

44) 유오룡, 오승호, 한국식이의 소화흡수에 관한 연구. 고려대 의대 잡지 10(1):304-321, 1973

45) Huang PC, Lin CP. *protein requirements of young chinese male adult on ordinary chinese mixed diet and egg diet at ordinary levels of energy intake. J Nutr* 112:897-907, 1982

46) 김주연, 백희영, 정상식이를 섭취하는 여대생들의 질소 섭취 및 배설에 관한 연구. 한국영양학회지 20:90-103, 1987

47) Spencer H, Kramer L, Osis D. *Effect of calcium on phosphorus metabolism in man. Am J Clin Nutr* 40:219-225, 1984

48) Schuette SA, Zemel MB, Linkswiler HM, *Studies on the mechanism of protein-induced hypercalciuria in older men and women. J Nutr* 110:305-315, 1980

49) Heaney RP, Recker RR. *Effects of nitrogen, phosphorus and caffeine on calcium balance in women. J Lab Clin Med* 99:46-55, 1982