

韓國女性の 蛋白質 및 칼슘攝取가 칼슘代謝에 미치는 影響*

구 재 옥 · 최 혜 미**

한국방송통신대학 가정학과

**서울대학교 가정대학 식품영양학과

The Effects of Dietary Protein and Calcium Levels on Calcium Metabolism in Young Korean Women

Jaeok Koo, Haymie Choi**

Dept. of Home Economics, Korea Air and Correspondence University

***Dept. of Food and Nutrition, Seoul National University*

=ABSTRACT=

This study was performed to investigate the effects of dietary protein and calcium levels on calcium metabolism in eight healthy Korean adult females. The 20-day metabolic study consisted of a 2 day adaptation period and three 6-day experimental periods. Three experimental diets were low protein low calcium(LPLCa : protein 44g, Ca 422mg), high protein low calcium(HPLCa : protein 85g, Ca 365mg), and high protein high calcium(HPHCa : protein 84g, Ca 727mg).

The apparent calcium absorption was likely to be affected by the calcium intake rather than by the protein intake. Average calcium absorption rate was about 23-29% of calcium intake. The calcium balance was -21.44mg for LPLCa, -25.02mg for HPLCa, and -3.22mg for HPHCa. Average urinary calcium excretion was 127.7mg for LPLCa, 108.6mg for HPLCa, and 215.4mg for HPHCa. Urinary calcium excretion was more closely related to the changes of calcium intake rather than of protein intake. These results seemed to be due to the interactions between the high phosphorus contained in the high protein diet and the little discrepancy of protein intake levels.

緒 論

칼슘은 骨格과 치아를 구성하는 가장 중요한 여

양소이며, 체액에 존재하여 생체내의 생리적 화학적 작용을 조절하는 필수물질이다. 칼슘의 인체내 대사는식이섭취에 의하여 영향을 받는다. 서구에서는

*본 연구는 1986년도 한국방송통신대학의 학술연구비지원으로 수행되었음.

*본연구는 한국학술진흥재단의 연구비지원으로 수행되었음

접수일자 : 1988년 1월 15일

단백질의 섭취수준과 종류가 人體칼슘代謝에 미치는 영향에 관한 많은 연구들^{1,18)}이 있었으나, 우리나라에서는 이러한 인체의 칼슘代謝에 관한 연구^{19,23)}가 있으나 아주 미흡한 실정이다.

주로 서구인의 대사실험에서 단백질 섭취량을 증가시켰을 때, 노중 칼슘배설량을 증가시킨다는 여러 보고^{1,13,16,18,24)}가 있었으며 이러한 노중 칼슘증가는 칼슘흡수량과는 거의 상관없이 칼슘평형을 악화시키는 것으로 나타났다. 단백질 섭취수준을 45g에서 140g으로 100g이상 증가시켰을 때, 노중 칼슘배설량이 100~200mg 상승된 결과를 보고하고 있다. 단백질 섭취수준의 차이가 적을 때의 소변중 칼슘배설량을 관찰한 연구²⁵⁾에서 53g정도에서 117g 정도의 단백질 섭취량의 증가는 노중 칼슘배설량에 유의적인 차이가 없었으나, 117g 이상으로 단백질 섭취량이 2배이상 증가할 때만 현저히 증가되었다. 金¹⁹⁾의 보고에서도 체중 kg당 0.45g에서 0.90g으로 단백질섭취수준을 단계적으로 증가시켰을 때 노중 칼슘배설량은 증가되지 않았으나 0.45g과 0.90g의 단백질 섭취수준을 따로 비교하였을 때만 노중칼슘배설량이 증가되었다. 그러므로 단백질의 섭취수준의 차이가 노중칼슘배설에 영향을 주는 요소로서 지적된다.

단백질이 노중 칼슘배설을 조장하는 효과를 단백질 종류에 따라 다르다고 보고되었다. Schuette와 Linkswiler¹³⁾는 고단백질식이 중에서도 식물성 단백질에 비해서 동물성 단백질의 섭취가 많을 때에 노중 칼슘배설량이 증가되었다고 하였다. 다른 연구^{14,15,17,26)}에서는 육류에 다량 함유된 함유황아미노산이 노중 칼슘배설을 촉진시키는 것으로 지적된 바도 있다.

한국여대생에게 칼슘양이 같으면서 육류단백질과 콩단백질식이를 섭취시켰을 때, 육류단백질식이에서 노중 칼슘배설량이 높았었고 칼슘평형이 육류단백질식이 섭취시 평균 -65.4mg이었으며 콩단백질식이섭취시 평균 155.3mg임을 보고하였다²³⁾.

그러나 다른 연구²⁰⁾에서는 단백질 급원을 두류, 어류, 육류로 나누어 공급하였을 때, 노중칼슘배설량은 차이가 없었다. 서구의 연구⁹⁾에서도 육류를 다량 섭취하였을 때, 육류 외의 단백질을 증가시킨

것보다 노중 칼슘양의 증가폭이 적었다고 하였다. 이것은 육류에 인의 함량이 높아서 인이 노중 칼슘배설을 저하시킨 것으로 추정하였다.

Zemel과 Linkswiler²⁷⁾의 연구에서 단백질과 칼슘을 일정하게 하고 燐을 첨가하였을 때 노중 칼슘배설량이 감소되었으며, 그 외 연구진^{24,28)}에서도 같은 결과를 얻었다. 특히 저단백고칼슘식이시에 燐의 노중칼슘저하작용이 있음을 알게 되었다.

단백질이 칼슘흡수를 증가시킨다는 것이 Walker와 Linkswiler¹⁾의 실험에서 알려진 후, 그 외 여러 연구진^{2,4,14)}도 이러한 경향을 재확인하였다.

단백질의 종류에 의한 칼슘흡수율을 관찰한 崔와 朱²⁰⁾는 두류, 어류, 육류로 단백질을 주었을 때, 두류식이에서의 칼슘섭취량은 620.8mg이었고 흡수율은 30.1%이었으며, 어육류식이에서의 칼슘섭취량은 350mg정도로 흡수율은 50%를 나타내었다. 한편 백반식, 일반혼합식, 고동물성식이로 주었을 때, 고동물성단백질식이가 칼슘흡수량이 적고 흡수율이 28%로 앞의 두 식이에서 42%, 36%에 비하여 낮게 나타났다^{21,22)}. 다른 보고²³⁾에서 육류단백질식이와 콩단백질식이를 주었을 때, 육류단백질식이 섭취시 칼슘흡수율이 평균 11%로 낮았으며 콩단백질식이는 평균 46%를 나타내었다.

위 결과들로서 식이단백질의 종류가 칼슘흡수율에 미치는 영향은 서로 엇갈린 결과를 제시하고 있는 실정이다.

한국인의 칼슘대사연구^{19,22)}에서 단백질 섭취량을 달리하여 칼슘흡수량을 조사한바 오히려 단백질양의 증가에서보다 칼슘섭취량이 많을 때 흡수율이 증가되었다.

최근 일련의 한국인 칼슘대사연구²⁴⁾에서 500mg 내외의 비슷한 칼슘의 섭취수준에서 평균 30~60%의 흡수율을 나타내고 있어서 그 차이가 심함을 알 수 있었다. 단백질과 칼슘의 섭취수준이 비슷할 때에도 노중 칼슘배설량은 83~170mg의 차이를 나타내었다. 칼슘평형은 500mg내외의 칼슘섭취시에 평균 -65.4mg에서부터 +116mg을 나타내어 큰 차이를 보이고 있다.

그러므로 우리나라 사람들이 일상적으로 섭취하는 식이로서 칼슘과 단백질의 섭취량의 변화가 한

국인의 칼슘代謝에 미치는 영향과 칼슘대사를 파악함은 매우 의의있는 일이 될 것이다. 우리나라 젊은 여성의 식이섭취실태조사보고^{29,33)}에서 50~75g의 단백질과 450~650mg의 칼슘을 섭취하고 있었으며 단백질 및 칼슘 권장량은 각각 65g, 600mg이다. 그러나 아직도 이러한 권장량에 대한 타당성에 대한 연구가 없는 실정이다. 그러므로 본 연구는 낮은 수준(40g 단백질, 400mg 칼슘)에서 이보다 조금 높은 수준(80g 단백질, 800mg 칼슘)으로 단백질 및 칼슘을 증가섭취하였을 때의 단백질과 칼슘, 인 등의 섭취수준의 변화가 칼슘대사 및 인의 대사에 미치는 영향을 검토하고자 하였다.

實驗方法

1. 실험설계 및 실험대상자

8명의 실험대상자가 20일간의 蛋白質 및 칼슘대사실험에 참여하였다. 실험식이는 열량은 같고 단백질, 칼슘수준을 다르게 하여 제공하였다. 첫째 기간에는 저단백저칼슘식이(Low Protein Low Calcium Diet ; LPLCa), 둘째기간에는 고단백저칼슘식이(High Protein Low Calcium Diet ; HPLCa)와 셋째기간에는 고단백고칼슘식이(High Protein High Calcium Diet ; HPHCa)로 이행하였다.

2명을 제외한 모든 실험대상자들은 3가지 실험

식이를 모두 섭취하였으며 각 실험식이는 3가지 식단으로 이루어졌다. 각 식이섭취기간의 마지막 3일의 大便 및 尿를 수집하였으며 각 식이기간이 끝난 후 3, 9, 15, 21일에 血液을 채취하였다. 실험식이와 혈액, 뇨, 대변의 채취 기간은 Fig. 1과 같았다.

본 실험대상자는 여학생으로 대사성질환이 없고 건강한 8명이 자원에 의해서 선정되었다. 이들의 연령은 평균 24세이며 평균 체중은 50.3kg이었으며 평균 신장은 160.0cm이었다³⁴⁾.

2. 실험식이

실험대상자들이 섭취한 식이는 蛋白質과 칼슘의 함유수준이 다르게 작성된 3종의 기본식단에 준한 것이었다³⁴⁾.

基本食單에 따라 3일간의 식단을 작성하였고(Table 1) 한 식이섭취기간인 6일 동안 2번 같은 메뉴를 반복하여 섭취토록 하였다.

각 실험식이의 단백질, 칼슘과 인의 함량은 Table 2와 같다. 1일 섭취한 식품을 분석한 영양소의 함량은 전체적으로 식품분석표에 의한 계산치와는 약간의 차이가 있었다. 칼슘분석치는 계산치보다 평균 15~48mg이 낮았다. 인분석치는 계산치보다 평균 212~297mg이 높았으나 단백질 분석치는 계산치와 거의 차이가 나지 않았다.

각 실험식이에서 低蛋白食餌(Low Protein)는 44g

Date	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Diet	Adaptation period		Low Protein Low Calcium period (I)						High Protein Low Calcium period (II)						High Protein High Calcium period (III)						
Blood sample			■						■						■						■
Urine sample							■	■												■	■
Feces sample							■	■												■	■

Fig. 1. Experimental design.

Table 1. Meal patterns of experimental diets

Meal	Menu 1			Menu 2			Menu 3					
	Ingredients	Amount (g)			Ingredients	Amount (g)			Ingredients	Amount (g)		
		I	II	III		I	II	III		I	II	III
Breakfast	Toast	80	70	70	Hot cake	70	85	85	Mashed potato	170	170	165
	Egg, porched		100	50	Ham	10	20	20	Egg, porched		50	50
	Coffee mix	12	12	12	Milk	100	100	200	Milk	100		200
	Milk	100		200	Egg, fried	80	52	54	Vegemeal		180	
	Vegemeal		180						Tangerine		70	
Lunch	Curry rice	237	287	292	Noodle	171	218	227	Hamburger	235	232	232
	Danmugi	50	50	50	Dried anchovy, fried			15	Coffee mix	12	12	12
					Kimchi	20			Milk			50
Supper	Rice, uncooked	90	100	100	Rice, uncooked	90	100	90	Rice, uncooked	100	90	90
	Spinach, seasoned	86	86	86	Chicken & pimento	70	83	85	Japchai	135	140	150
	Oyster & radish, fresh	99	101	101	Salad	94	150	145	Tangle, seasoned	65	65	65
	Alaskan pollack, cooked		50	100	Dried Anchovy, fried	19	20	30	Kimchi	50	50	50
					Kimchi		20					
Snack	Ice cream			100	Ice cream			100	Ice cream			100
	Tangerine	200	100	100	Tangerine	120	170	100	Tangerine	160	70	100
	Chocolate	40		100	Chocolate	40			Peanuts		50	40
	Candy	50	60		Apple	100			Candy		50	
	Biscuits	200	100		Vegemeal			180	Creamed wafer		50	
					Penuts			50				

I : Low Protein Low Calcium II : High Protein Low Calcium III : High Protein High Calcium

Table 2. Comparison of nutrient contents of the experimental diets by calculation and by analysis

Diet	Protein (g)		Ca (mg)		P (mg)	
	Calculated ^a	Analyzed	Calculated	Analyzed	Calculated	Analyzed
Low protein	44.49 ^b	44.12	437.98	422.11	718.95	990.86
Low calcium	±2.94	±3.38	±23.86	±87.12	±55.18	±68.07
High protein	81.13	84.92	413.28	365.24	1095.69	1392.29
Low calcium	±4.22	±1.16	± 2.89	±68.67	±54.68	±104.30
High protein	82.96	83.58	759.47	726.78	1347.80	1560.14
High calcium	±2.87	±1.05	±60.29	±58.05	±96.83	±82.04

a: by food composition table b: mean ± S.D.

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

단백질(7.06g N), 高蛋白質食餌(High Protein)는 평균 84-85g의 단백질(13.37~13.59g N)로 구성되었다. 低칼슘食餌(Low Calcium)는 365~422mg 칼슘, 高칼슘食餌(High Calcium)는 727mg 칼슘으로 구성되었다. 磷의 함량은 저단백식이에서 991mg이었고 고단백식이에서 1392~1560mg이었다.

저단백저칼슘식이에서 고단백저칼슘식으로 됨에 따라서 동물성 단백질이 17g에서 39g으로 늘어났고 동물성 단백질의 비율이 38%에서 48%로 높아졌고 고단백고칼슘식은 동물성단백질이 54g이며 비율은 63%로 상승되었다.

조리에 필요한 기구 및 식기류는 이온 제거수로 3회 이상 헹구어 사용되었다. 식기류는 플라스틱 제품이 이용되었다. 식품의 세척 및 조리수도 모두 이온 제거수를 사용하였다. 실험대상자들의 食水도 이온 제거수를 무제한 제공하였으며 식수 섭취량을 측정하였다.

3. 분석방법

실험기간 동안에 수집된 실험식이와 대상자들의 대변, 뇨³⁴⁾는 단백질, 칼슘, 인의 분석에 사용하였다.

혈액은 각 실험식이 제1일, 즉 제1일, 제7일, 제13일 및 제19일에 아침식사 전 공복상태에서 채취하였다. 이를 3000rpm에서 20~30분간 원심분리하여 혈청만을 산으로 처리한 vial에 담아 밀봉하여 분석때까지 -20℃에 냉동보관하였다가 혈청칼슘, 인, 마그네슘과 나트륨의 분석에 사용하였다. 무기질 분석에 사용되는 기구는 세척후 0.5N HNO₃ 용액에 24시간 담갔다가 이온제거수로 3번 이상 헹구어 사용하였다.

(1) 질소분석

식이, 대변 및 尿중의 蛋白質은 micro-Kjeldahl法³⁵⁾으로 분석하였다.

(2) 칼슘분석

냉동보관했던 식이 및 대변시료를 80℃에서 건조시킨 후, 식이시료는 1g, 대변은 0.5g에 해당하는 무게의 건조시료³⁴⁾를 취하여 건식회화법³⁶⁾으로 전기로에서 560℃를 유지시키면서 함량에 도달될 때까지 24시간 이상 회화시켰다. 회화된 회분을 6N HCl을 소량 넣고 녹인 후 용액을 준비하여 10% LaCl₃

용액을 넣어 회석하였다³⁷⁾.

대변시료의 용액은 10배 더 회석시켰다.

냉장고에 보관했던 소변시료를 꺼내어 상온에 방치하여 녹인 후 2000rpm에서 15분간 원심분리한 후 1% LaCl₃용액으로 20~40배 회석시켰다.

위와 같이 준비된 식이, 대변 및 소변시료 용액을 Atomic Absorption Spectrophotometer(Yanaco, Ash-Jarrel Model)로 422.7nm에서 측정하여 칼슘 함량을 계산하였다³⁸⁾.

(3) 인분석

식이 및 대변의 시료준비는 칼슘과 비슷하여 식이 1g, 대변 0.5g에 해당하는 건조중량을 취해 회화시킨 다음 산을 이용하여 용해시켜서, 이 HCl용액 및 이온제거수를 받아 50ml를 채웠다. 이 용액을 잘 혼합하고 이 일부를 취해서, 대변 용액은 다시 10배 회석시킨 다음 Inductively Coupled Plasma Emission Spectrometry(Shimadzu, ICPQ 1000)으로 측정하였다³⁹⁾⁴⁰⁾.

尿의 전처리는 칼슘분석시와 같으며 1% LaCl₃ 용액 대신에 이온제거수를 이용하여 회석하였다. 뇨와 혈청 磷은 Fisk와 Subbaraw法에 의한 몰리브덴산 암모늄 비색법⁴¹⁾으로 그 함량을 측정하였다.

(4) 혈청칼슘, 마그네슘, 나트륨 분석

혈청의 칼슘, 마그네슘, 나트륨의 분석은 Masuda등⁴²⁾의 방법에 따라 냉동보관하였던 혈청시료를 녹인 후 이온제거수로 25배 회석하여 Inductively coupled plasma Emission Spectrometry(Shimadzu, ICPQ 1000)으로 측정하여 표준시료에 대한 calibration curve에 의해서 함량을 계산하였다.

통계처리는 전실험과 같다³⁴⁾.

實驗結果

1. 칼슘代謝

단백질과 칼슘 섭취수준이 대변과 뇨중의 칼슘 배설량과 칼슘평형(calcium balance) 및 흡수량(apparent absorption)에 미치는 효과는 Table 3과 같다.

각 피험자간 뇨와 대변중의 칼슘배설량의 차이는 심하였지만 모든 피험자들은 저단백저칼슘식이와

고단백저칼슘식이보다 고단백고칼슘식이시 대변중의 칼슘배설량이 현저히 증가되었다. 평균 칼슘섭취량이 고단백저칼슘식이(365.24mg)에서 고단백고칼슘식이(726.78mg)로 변화됨에 따라 361.54mg 증가하였을 때 대변중 평균 칼슘배설량은 232.87mg이 증가되었다($P < 0.01$). 그러나 단백질량을 증가시킨 저단백저칼슘식에서 고단백저칼슘식으로 바뀐 후에는 대변중 칼슘배설량에는 차이가 없었다.

칼슘흡수량(칼슘섭취량-대변중 칼슘량)은 저단백저칼슘식이시 106.26mg, 고단백저칼슘식이시 83.56mg이었고 고단백고칼슘식이가 212.22mg이었다. 즉 저단백저칼슘식과 고단백저칼슘식에서의 칼슘섭취량이 422.11mg, 365.24mg이었으나 칼슘흡수량은 유의적인 차이가 없었다. 그 반면 고단백저칼슘식에서 고단백고칼슘식으로 칼슘흡수량의 차이가 361.54mg 증가될 때, 평균 칼슘흡수량은 128.66mg이 증가되었다($P < 0.05$). 평균 흡수율은 세 식이에서 각각 25.2%, 22.9%, 29.2%이었다.

단백질과 칼슘섭취수준이 노중 칼슘배설에 미치는 영향을 보면, 저단백저칼슘식에서 단백질만을 증가시킨 고단백저칼슘식이 섭취시에 노중 칼슘배설량은 차이가 없었다. 이 두 식이의 칼슘섭취량이 57mg 정도 차이가 나므로 이를 같은 수준으로 섭취한 것으로 통계처리하였을 때도 노중 배설량은 두 식이 모두 약 125mg내외로 거의 같은 수준으로 나타났다. 그러나 단백질과 칼슘을 동시에 약 2배 정도 증가시킨 고단백고칼슘식에서는 저단백저칼슘식에

서는 저단백저칼슘식보다 노중 칼슘이 127.7mg에서 215.44mg으로 약 87.74mg이 증가되었고, 고단백저칼슘식에서 108.58mg보다도 약 106.86mg이 증가되었다($P < 0.01$).

칼슘평형은 저단백저칼슘식이시 -21.44mg이며 고단백저칼슘식이시 -25.02mg이었고 고단백고칼슘식에서는 -3.22mg이었다. 그러나 식이간의 칼슘평형에는 유의적인 차이를 발견할 수 없었다.

2. 磷代謝

단백질과 칼슘 및 磷의 섭취수준이 각 피험자의 대변과 노중 인의 배설량과 인평형에 미치는 효과는 Table 4와 같다. 같은 식이에서 각 피험자간의 대변과 노중 인배설량의 차이는 많았지만 모든 피험자들은 각 식이별로 대변과 노중 인배설량에 차이를 나타내었다.

저단백저칼슘식에서 고단백저칼슘식으로 바뀌었을 때 인섭취량은 평균 401.43mg이 증가되었는데 대변중 인의 배설량은 각 식이기간 동안 299.63mg과 443.23mg으로 약 143.6mg이 증가되었다. 저단백저칼슘식과 고단백고칼슘식의 섭취량의 차이는 569.28mg인데 대변중 배설량은 평균 200.76mg으로 유의적인 증가를 보였다($P < 0.05$). 그런데 비하여 인섭취량에서 대변중 인배설량을 뺀 인의 흡수량을 보면 저단백저칼슘식이엔 691.23mg, 고단백저칼슘식이엔 949.06mg이었고 고단백고칼슘식에서는 1059.75mg이었다. 인의 흡수량은 저단백식에서 고

Table 3. Mean daily fecal, urinary calcium, calcium balance and absorption

Calcium	Low protein Low calcium		High protein Low calcium		High protein High calcium	
	mg	%	mg	%	mg	%
Intake	422.11	100.0	365.24	100.0	726.78	100.0
Fecal Ca	315.85±120.44 ^a	74.8±28.5	281.69±119.9	77.1±32.8	514.56±90.21 ^{**, **}	70.8±12.4
Urinary Ca	127.70± 41.20	30.3± 9.8	108.58± 37.80	29.7±10.3	215.44±67.11 ^{**}	29.6± 9.2
Balance	-21.44±128.64		-25.02± 99.74		-3.22±65.78	
Apparent Absorption	106.26±120.44	25.2±28.5	83.56±119.9	22.9±32.8	212.22±90.21 [*]	29.2±12.4

a : mean±S.D. Apparent absorption = Ca Intake - Fecal Ca Balance = Intake - (Fecal Ca + Urinary Ca).

Significantly different from Low protein Low calcium (** p < 0.01).

Significantly different from High protein Low calcium (* p < 0.05, ** p < 0.01).

단백식이로 이행되었을 때 평균 257.83mg이 증가되었으며($P<0.01$) 저단백식이와 고단백고칼슘식이시 차이는 368.52mg이었다($P<0.01$). 그러나 각 기간의 인의 평균 흡수율은 같은 68%를 나타내었다(Table 4).

노중 인의 배설량은 저단백식에는 706.38mg이었고, 고단백저칼슘식에는 893.75mg, 고단백고칼슘식에는 1028.81mg으로 나타났다. 노중 인의 배설량은 인의 섭취량이 저단백식보다 현저하게 증가된 고단백식이섭취에서 평균 187.37mg이 증가되었으며($P<0.05$), 고단백저칼슘식에서 고단백칼슘식으로 바뀌었을 때, 노중 인배설량은 135.05mg이 증가되었다($P<0.01$). 저단백식이와 고단백고칼슘식의 인섭취량 차이는 569.28mg인데 노중 인배설량의 증가는 322.43mg이었다($P<0.01$).

평균 인의 평형은 저단백저칼슘식에서 -15.16mg이었고 4명이 “-”평형이었다. 고단백저칼슘식이시 55.32mg이었으며 1명이 “-”평형이었다. 고단백고칼슘식이시 30.95mg이었으며 4명이나 “-”평형을 나타내었다.

3. 血清 칼슘, 磷, 마그네슘과 나트륨 농도

식이섭취와 흡수량의 차이가 다양함에도 혈청중의 무기질 함량에는 유의적 차이가 없었다(Table 5).

혈청중 칼슘농도는 실험전에는 10.93mg/dl이었으며 각 식이변화에도 차이가 없었고 모두 정상수준이었다. 磷의 혈청농도는 실험전에는 4.32mg/dl이었으나 저단백저칼슘식이시 약간 감소된 경향이었으나 유의적 차이는 없었고, 식이변화에도 차이가 없었으며 모두 정상수준이었다. 혈청 마그네슘과 나트륨도 식이 변화에 따라 큰 차이가 없었으나 고단백고칼슘식이시 고단백저칼슘식보다 마그네슘 약 0.22mg이 약간 감소되었으며($P<0.05$) 나트륨 농도는 평균 39.1mg이 감소하였다($P<0.05$).

考 察

대변, 尿중의 칼슘배설량은 피험자 간에 차이는 컸지만 모든 피험자들은 저단백저칼슘식이와 고단백저칼슘식이보다 고단백고칼슘식이 섭취시 대변중

칼슘배설량이 현저히 증가되었다. 이때 칼슘섭취량이 고단백저칼슘식이(365.24mg)에서 고단백고칼슘식이(726.78mg)로 증가됨에 따라 361.54mg이 많아졌는데 대변중 칼슘배설량은 저칼슘식이때보다 232.87mg이 더 배설되었다($P<0.01$)(Table 3). 그러나 단백질 양만 2배 증진시킨 저단백저칼슘식에서 고단백저칼슘식으로 바뀐 후에는 대변중 칼슘배설량은 차이가 없었으며 증가된 단백질 양은 칼슘흡수를 증진시키지 않았고 칼슘흡수율도 차이가 없었다.

칼슘흡수는 칼슘과 단백질을 동시에 증가시켰을 때만 증진되었다($P<0.01$). 이때 흡수율도 저칼슘식에서 22~25%를 나타내었으나, 고단백고칼슘식에서 29%로 증가되었다. 이러한 결과는, 칼슘흡수는 단백질 섭취량의 증가에 의해 영향을 받지 않는다고 한 보고들⁷⁾¹⁶⁾¹⁸⁾¹⁹⁾과 일치하고 있다.

단백질식의 종류가 칼슘흡수에 미치는 영향을 보면, 저단백저칼슘식에서 고단백고칼슘식으로 변화될 때, 동물성 단백질의 비율이 38%에서 63%로 증가되었고, 칼슘함량도 304.67mg 증가되었다. 이때 칼슘흡수량은 105.96mg이 증가되었으며($P<0.01$) 흡수율도 조금 증가된 경향을 나타내었다. 그러나 칼슘흡수량의 증가가 동물성 단백질에 의한 것인지 칼슘섭취량의 증가 때문인지는 확실하지가 않다.

미국 남자대학생에게 590mg의 칼슘을 섭취시키고 단백질을 55g과 육류를 첨가하여 146g으로 섭취량을 높여 주었을 때, 칼슘흡수량은 167mg과 172mg이었으며, 이때 흡수율은 평균 28~29%로 본 연구결과와 비슷하였다¹³⁾. 우리나라 여대생에게 12g 정도의 질소를 섭취시키면서 두류, 어류와 육류 단백질식을 주었을 때, 두류 식이의 칼슘섭취량은 620.8mg이었고 흡수율은 30.1%였으며, 어육류의 칼슘 섭취량은 350mg~440mg 정도였으나 흡수율은 50%를 나타내었다²⁰⁾. 이러한 현상은 칼슘섭취수준이 어육류에서 낮아서인지 어육류 때문에 흡수율이 증가되었는지 밝혀지지 않았다. 한편 林과 朱²²⁾의 연구에서는 백반식(889mg Ca), 일반혼합식(868mg Ca), 고동물성식이(624mg Ca)를 주었을 때 고동물성 단백질식이 칼슘흡수량이 174mg으로 전의 두 식이에

Table 4. Mean daily fecal, urinary phosphorus, phosphorus balance and absorption

Phosphorus	Low protein Low calcium		High protein Low calcium		High protein High calcium	
	mg	%	mg	%	mg	%
Intake	990.86	100.0	1392.29	100.0	1560.14	100.0
Fecal P	299.63±140.24 ^a	30.2±14.2	443.23±163.64	31.8±11.8	500.39±110.00 ⁺	32.1± 7.1
Urinary P	706.38±125.74	71.3±12.7	893.75± 76.49 ⁺	64.2± 5.5	1028.81±179.9 ^{**}	65.9±11.5
Balance	- 15.16±190.75		55.32±197.92		30.95±176.30	
Apparent Absorption	691.23±140.23	69.8±14.2	9949.06±163.64 ^{**}	68.2±11.8	1059.80±110.00 ^{**}	67.9± 7.1

a : Mean ±S.D. Apparent absorption= P intake - Fecal P Balance= Intake -(Fecal P + Urinary P).
Significantly different from Low protein Low calcium (+ p < 0.05, ++ p < 0.01).

Table 5. Serum concentration of calcium, phosphorus, magnesium and sodium of Subjects for the experimental period.

Serum	Experimental diet	(mg / dl)
		Mean ±S.D.
Ca	Adaptation	10.93± 0.39
	LPLCa	11.02± 0.20
	HPLCa	11.03± 0.28
	HPHCa	10.40± 0.97
P	Adaptation	4.32± 0.93
	LPLCa	4.12± 0.41
	HPLCa	4.10± 0.65
	HPHCa	4.18± 0.48
Mg	Adaptation	2.45± 0.17
	LPLCa	2.60± 0.18
	HPLCa	2.58± 0.15
	HPHCa	2.36± 0.14 *
Na	Adaptation	381.7 ± 9.1
	LPLCa	383.3 ± 9.4
	HPLCa	388.9 ±12.7
	HPHCa	349.8 ±23.1 *

NP : Not participated.
LPLCa : Low protein Low calcium.
HPLCa : High protein Low calcium.
HPHCa : High protein High Calcium.
Significantly different from High protein Low calcium (* p < 0.05).

서 371mg, 309mg보다 적고 흡수율도 28%로 두 식이에서 42, 36%에 비해 낮게 나타나, 칼슘섭취 수준이 높을 때 흡수율이 높게 보고되었다.

여대생에게 평균 520mg 칼슘을 섭취시켰을 때, 육류단백질(11.3g N)과 콩단백질식이(13.3g N)를 주었을 때 대변중 칼슘배설량은 육류단백질식이시 467mg보다 콩단백질식이시 282mg으로 감소되어 오히려 육류단백질 섭취시의 칼슘흡수율을 11%이었고 콩단백질식은 평균 46%를 나타내어²³⁾ 단백질의 종류에 따른 영향이 확실한 결론이 나지않고 있다.

한편 칼슘흡수에 미치는 칼슘과 인의 영향에 대한 연구결과를 보면 Spencer 등²⁴⁾은 성인 남자에게 칼슘의 섭취량을 200mg에서 1500mg으로 증가시켰을 때, 칼슘흡수량은 103mg이 증가되었으며, 825mg의 칼슘섭취시 인의 함량을 850mg에서 2000mg으로 증가시키면 칼슘흡수율이 25%에서 20%로 낮아지는 것을 관찰하였다. 인섭취량이 600mg정도 증가시 칼슘흡수율은 3% 정도 감소하였다.

이러한 결과들을 볼 때, 본 연구에서 단백질의 40g (6.4g N)의 증가로는 칼슘흡수를 증진시키지 못하였다. 저단백저칼슘식이와 고단백고칼슘식이를 비교할 때, 칼슘흡수량(106mg)과 흡수율의 증가(4%)는 인식이 섭취량(569mg)의 증가에 의한 칼슘흡수가 약 5% 감소(12mg Ca)에도 불구하고 나타났으므로 칼슘섭취량(304.7mg)의 증가에 기인된다고 볼

수 있다.

단백질과 칼슘섭취수준이 노중 칼슘배설에 미치는 영향은 본 연구에서는 칼슘과 단백질을 동시에 증가시킬 때만 나타났고 단백질만을 증가시켰을 때는 나타나지 않았다.

칼슘섭취량에 대한 노중칼슘배설량의 비율도 단백질과 칼슘의 섭취수준이 다름에도 평균 30%로 모두 같은 수준이었다. 칼슘섭취량이 400mg내외일 때, 저단백식이(7.06g N)에서 고단백식이(13.59g N)로 변화되었을 때, 노중 칼슘배설량은 127mg, 108.6mg으로 유의적인 차이가 없었다.

고단백저칼슘식이(365.2mg Ca)에서 고단백고칼슘식이(727.8mg Ca)로 변화될 때, 노중 칼슘 배설량은 108.6mg에서 107mg이 증가되었으며, 이 증가는 칼슘흡수량이 평균 130mg정도 증가된 데 기인된 것으로 보인다. 이는 노중 칼슘배설량과 칼슘흡수량의 유의적인 상관관계($r=0.63, P<0.01$)가 있으나, 노중칼슘배설량과 단백질섭취량과는 상관이 없었던 것으로도 설명될 수 있다.

저단백에서 고단백식으로 바뀌면서 40g의 단백질이 증가되었으나 노중칼슘배설량이 증가되지 않은 것은 단백질의 증가량 중 동물성 단백질은 27.5g에서 16g정도 증가되었기 때문이다. 식물성 단백질을 두류와 콩류의 증가가 더 많아서 노중 칼슘배설을 증가시키지 못하였으며, 인섭취량이 990mg에서 1390mg으로 높아져 칼슘흡수량이 12mg정도 감소된 것으로 추정해 볼 수 있으며 인의 노중 칼슘저하효과도 함께 일어난 것으로 풀이할 수 있다. 노중 칼슘배설량과 동식물성 단백질과의 상호관계를 보면 동물성 단백질과는 “+” 상관관계($r=0.50, P<0.01$)인데 반하여 식물성 단백질은 “-” 상관관계($r=-0.44, P<0.01$)를 나타내었다. 그러나 고단백고칼슘식에서는 저단백식에 비하여 식물성 단백질섭취량은 비슷하나 동물성 단백질량이 37g 정도 증가되었다.

이러한 결과는 단백질 섭취량이 증가할수록 소변중 칼슘배설량이 증가한다고 하는 여러 연구진^{3, 10)}의 일반적 보고와 다른 것 같으나 위의 논문들이 칼슘(500~1000mg), 인(800~1200mg) 등의 섭취량을 일정하게 하고 단백질섭취량을 47g에서 90g이상

증가시킨 식이를 대조시켜서 얻은 결과라고 보여진다.

그러나 단백질 급원으로 육류를 평균 200g에서 300g으로 증가시켜 단백질섭취가 75g(12g N)에서 142g(22g N)으로 되었을 때, 다른 단백질을 증가시켰던 연구⁷⁾보다 노중 칼슘이 188~181mg으로 증가가 나타나지 않았다. 이것은 육류의 증가로 인이 230mg~480mg 많이 들어 있어서 인의 노중 칼슘저하효과가 나타난 것으로 추정하였다^{9, 12)}. Zemel 등¹¹⁾의 85g 단백질과 400mg 칼슘섭취시 인섭취량이 835mg에서 1835mg으로 증가시 노중칼슘은 196mg에서 115mg으로 감소되었다는 연구결과가 뒷받침되었다.

본 연구에서 고단백고칼슘식은 저단백식이와 비교할 때 동물성 단백질이 주종을 이루고 있으며 인의 섭취량도 2배로 높았으나 이때 노중 칼슘이 증가한 것은 칼슘섭취량의 증가에 따른 흡수량의 증가로 사료된다. 이것은 본 연구에서 동물성 단백질과 노중칼슘배설량과는 유의적인 상관관계($r=0.50, P<0.05$)를 나타내었으나 칼슘섭취량과 노중 칼슘배설량의 상관관계($r=0.72, P<0.01$)가 더 높은 것으로도 알 수 있다.

Spencer⁹⁾의 연구에서도 단백질섭취량은 82g으로 일정하게 하고 칼슘을 200mg에서 800mg으로 증가시켰을 때, 노중칼슘배설량은 90mg에서 113mg으로 증가되었으나 칼슘흡수량이 174mg 증가되어 칼슘평형은 오히려 -94mg에서 60mg으로 호전되었다고 하였으며 그 후의 연구⁴⁴⁾에서도 이러한 사실이 확인되었다.

실험식이 동안 각 실험대상자별 칼슘평형의 개인차가 크게 나타나 有意的인 차이는 발견할 수 없었으나, 저단백저칼슘식이시와 고단백저칼슘식이시 평균 -21.44~-25.07mg인데 비하여 고단백고칼슘식에서는 -3.22mg으로 약간 호전되었다. 이 결과로 보아 단백질이 칼슘평형을 호전시키기 보다는 칼슘증가에 의한 칼슘흡수량의 증가에 기인되었다고 볼 수 있다. 이것은 본 연구에서 칼슘흡수량과 칼슘평형과의 상관관계($r=0.82, P<0.01$)가 높은 것으로 뒷받침된다. 그런데 비해 칼슘평형과 단백질섭취량 및 단백질 흡수율과는 유의적 상관

찾을 수 없었다.

Walker와 Linkswiler¹⁾는 젊은 남자에게 칼슘섭취량을 800mg으로 일정하게 하고 단백질 섭취수준을 47g에서 95g으로 증가시켰을 때, 칼슘평형은 각각 12mg과 1mg으로 보고하여 비슷한 평형을 나타내었다. 이 때 칼슘흡수량은 72mg정도 증가되었고 노중칼슘배설은 86mg이 증가되었다. 단백질이 95g에서 142g으로 증가될 때, 노중 칼슘 배설량은 123mg이나 증가되어서 평형은 -85mg으로 악화되었다. Hegsted등¹⁷⁾도 젊은 여자에게 500mg의 칼슘을 섭취시키고, 46g에서 123g로 단백질을 증가시켰을 때, 칼슘흡수량은 95mg 내외로 차이가 없고 노중 칼슘 배설이 평균 100mg증가됨으로써 칼슘평형은 14mg에서 -121mg으로 현저히 악화되었다. 이것으로 단백질 섭취수준의 차이가 중요한 것을 알 수 있었다.

본 연구와 비슷한 낮은 수준의 단백질과 칼슘을 여대생에게 섭취시킨 연구¹⁹⁾에서 505.8mg 칼슘섭취시 -58.66mg을 나타낸 데 비하여 본 연구에서는 422mg 섭취했을 때 -21mg으로 약간 높게 나타났다. 여대생을 대상으로 한 연구²⁰⁾에서 두류식으로 620mg 칼슘섭취시 칼슘평형은 54.5mg, 어육류식으로 350mg 칼슘섭취시 53.3mg, 36.1mg 평형을 나타내어 본 보고보다는 평형이 높게 보고되었다. 같은 단백질과 칼슘수준에도 평형에 차이가 많음을 알 수 있었다.

대체로 한국인을 대상으로 한 실험의 결과가 본 연구의 칼슘평형결과보다 높게 나타난 편이며 이것은 이들 실험에서 칼슘흡수율이 본 보고보다 높았거나 노중 칼슘배설량이 낮았던 것이 이 차이의 원인으로 지적될 수 있다.

칼슘섭취량의 증가에 의한 칼슘평형의 호전은 현저하였다. 본 연구에서도 고단백저칼슘식이(365.2mg Ca)에서 고칼슘식이(726.8mg Ca)로 바뀌었을 때 칼슘평형이 -25mg에서 -3.2mg으로 호전되었으며 이것은 Spencer등²⁷⁾의 연구에서 보고된 것과 같았다. 이들 연구²⁷⁾에서 85g 단백질을 섭취시키고 400mg 칼슘섭취에서 1200mg으로 칼슘양을 증가시켰을 때 칼슘평형은 -90mg에서 +1mg으로 호전되었다.

우리나라 대부분의 식이섭취조사^{29,32)}에서 단백질 섭취량은 비교적 권장량에 가까우나 칼슘섭취수준

이 비교적 낮은 것으로 나타났다. 그러므로 칼슘평형을 호전시키기 위해서는 칼슘섭취량을 증가시키는 것이 필요하다.

3. 磷代謝

본 실험에서 단백질 섭취량과 인의 섭취량은 높은 상관관계($r=0.95$, $P<0.01$)를 나타냈으며 동물성 단백질과 인섭취량은 더 높은 상관관계($r=0.99$, $P<0.01$)를 나타내었다. 본 실험에서 단백질의 섭취량이 증가할 수록 인섭취량이 증가하는 것으로 나타났다.

단백질과 칼슘·인의 섭취수준을 달리하였을 때 대변 중 인배설량은 인의 섭취량이 증가함에 따라 많아졌다. 저단백저칼슘식에서 고단백저칼슘식으로 바뀌었을 때 인섭취량은 401.4mg이 증가되었는데 대변 중 인배설량은 평균 299.6mg에서 143.6mg이 증가되었다. 저단백저칼슘식과 고단백고칼슘식과의 섭취량의 차이는 569.3mg인데 대변중 인배설량은 평균 200.8mg의 증가를 보였다. 인의 흡수량은 저단백식이 시에 691.2mg에서 고단백 식으로 바뀌었을 때 각각 257.8mg, 368.5mg이 증가되었다($P<0.01$). 그러나 이때 세가지 실험식이의 흡수율은 모두 평균 68% 정도로 나타났다.

서구인 남자를 대상으로 65g과 94g 단백질 식이시 칼슘 650mg, 인 1000mg을 섭취하였을 때, 대변중 인배설량은 310mg 내외였으며 인흡수량은 676mg, 732mg이었다. 이들의 인흡수율은 단백질 섭취량에 관계없이 평균 69%를 나타내어⁹⁾, 본 결과와 아주 유사한 경향을 나타내었다.

우리나라의 남자를 대상으로²²⁾ 인섭취량은 약 2000~2400mg이고, 칼슘섭취량은 600~1000mg 정도이며 일반식, 일반혼합식, 고동물성단백질식을 섭취시켰을 때 인의 흡수율은 섭취량에 비례하였으며 흡수율은 약 51~56%로 비슷한 수준을 나타내어 본 연구에서와 같이 식이종류에 따른 차이를 발견할 수 없었다. 다른 한국인을 대상으로 한 연구¹⁹⁾에서도 이와 유사한 경향을 보고하고 있다.

그러나 식이종류에 따른 각 영양소의 소화흡수율을 관찰한 비²⁰⁾와⁴⁵⁾46), 두류단백질 식이와 어·육류 단백질 식이의 인흡수율은 두류단백질식이 섭취시

약 45~54% 이었고 육류단백질 식이시에는 약 80~85% 를 나타내었다. 두류단백질 식이시의 식이섬유소 함량이 높아서 인흡수율이 낮았을 것으로 생각된다.

노중 인배설량과 인의 평형은 인의 섭취량이 증가됨에 따라서 많아지는 경향을 나타내었다. 인의 섭취량이 990.8mg에서 401.4mg이 증가된 저단백식에서 고단백저칼슘식으로 변화될 때 노중 인배설량은 706.4mg에서 평균 187.8mg이 증가되었으며, 고단백고칼슘식으로 변화될 때 인섭취량은 168mg이 증가되었는데 노중 인배설량은 135mg이 증가되었다. 인의 섭취량과 노중 인배설량은 유의적인 상관관계($r=0.70$, $P<0.01$)를 나타내었다.

인의 평형은 저단백저칼슘식에서 -15.2mg 의 “-” 평형을 나타내었으나 두 고단백식에서는 평균 30.9mg 과 55.3mg 의 “+” 평형을 나타내었다. Schuette와 Linkswiler¹³⁾는 단백질 칼슘·인의 섭취수준에 따라서 인대사를 관찰한 바, 55g 단백질을 섭취하고 인섭취량이 890mg에서 1660mg으로 증가될 때 노중인배설량은 637mg에서 1063mg으로 급증되었으며 인의 평형 저인식이시 -106mg 인데 비하여 고인식이시에는 55mg의 “+” 평형을 나타내었다. 그 외 여러연구진¹⁹⁾²⁷⁾⁴⁴⁾⁴⁷⁾도 인의 섭취량 증가에 따른 노중 인배설량은 증가되었으나 인의 흡수량의 증가로 인하여 인의 평형은 현저히 호전됨을 보고하여 본 결과와 모두 같은 경향을 찾을 수 있었다. 그러나 우리나라의 여대생을 대상으로 한 보고²³⁾에서 인섭취량이 육류단백질식이시 769mg과 콩단백질식이시 1033mg을 섭취하였을 때 노중 배설량이 413.4mg과 331.3mg이었으며, 대변중 인배설량은 136.2mg과 472.3mg으로 나타나서, 인평형은 219.5mg과 229.5mg으로 나타나서 타연구¹²⁾¹³⁾와 본 연구결과보다 아주 높게 나타났다. 이러한 경향은 우리나라의 다른 연구²⁰⁾에서도 비슷하였다. 특히 남자대학생을 대상으로 한 연구⁴⁵⁾에서 인의 섭취량이 1702.4mg일때 노중 인배설량이 36.4mg으로 비정상적으로 낮게 보고되어 인평형은 $+1226.9\text{mg}$ 으로 보고된 바도 있다.

이상의 결과로 보아 磷代謝에 가장 영향을 주는 요소는 磷의 섭취수준으로 생각되며, 동물성 단백

질의 섭취는 인의 섭취수준과 높은 상관관계를 갖고 있어서 磷대사에 영향을 주는 것으로 나타났다.

4. 血清 칼슘, 인, 마그네슘과 나트륨 농도

각 실험식이의 영양소 섭취량과 흡수량의 차이가 다양함에도 불구하고, 혈청중의 칼슘, 인, 마그네슘과 나트륨의 함량은 거의 일정수준을 유지하였다. 혈청 칼슘, 인, 마그네슘과 나트륨의 농도는 실험식이전에는 혈액 100ml중 $10.93 \pm 0.39\text{mg}$, $4.32 \pm 0.94\text{mg}$, $2.45 \pm 0.17\text{mg}$ 과 $381.68 \pm 10.24\text{mg}$ 으로 각각 나타나 모두 정상범위 안에 있었다.

실험식이인 저단백저칼슘, 고단백저칼슘, 고단백고칼슘식이 섭취 후에도 혈청 무기질 농도는 거의 같은 수준으로 유지되었다. 마그네슘과 나트륨 만이 고단백고칼슘식이시 약간의 감소경향을 나타내었다. 이 현상은 고단백고칼슘식이시 마그네슘과 나트륨의 평형이 증가된 반면 흡수량은 이 증가폭에 미치지 못하여, 마그네슘과 나트륨의 평형이 현저히 악화되었기 때문으로 사료된다. 그러나 칼슘과 磷은 노중 배설량이 증가되었으나 칼슘평형은 오히려 고단백저칼슘식이보다 호전되었고 인의 평형은 비슷한 수준이었으므로 혈청중 이들 농도는 변화가 없었던 것으로 풀이한다.

우리나라의 보고²³⁾에서 성인여성의 혈청 칼슘수준은 $11.52 \pm 0.64\text{mg}$ 이었고 육류단백질식이와 콩단백식을 섭취시킨 후에도 혈청수준에 변화가 없었던 점은 본 결과와 유사하였다. 서구인을 대상으로 한 실험에서도 혈청의 무기질농도는 단백질과 무기질 식이섭취량에 큰 영향을 받지 않았다고 하며 성인의 혈청칼슘수준이 평균 10.0mg/dl 이었고 磷은 $3.6 \sim 3.7\text{mg/dl}$, 마그네슘은 $1.93 \sim 1.97\text{mg/dl}$ 로 보고한 바 있다⁷⁾. 이러한 혈청 무기질농도는 본 연구결과보다는 조금 낮은 수준을 나타내었다. 다른 연구¹²⁾¹⁵⁾²⁸⁾도 단백질 섭취수준을 달리하였을 때 혈청 무기질의 변화는 나타나지 않았으며, 혈청칼슘은 $9.3 \sim 10\text{mg/dl}$ 이었으며 인은 $3.1 \sim 3.3\text{mg/dl}$ 로 나타내었고 마그네슘은 2.2mg/dl 로서 본 보고와 일치되는 경향을 나타내고 있다.

이러한 결과로 식이섭취수준의 다양함에도 혈청 칼슘, 인, 마그네슘과 나트륨의 농도는 항상성을 유

지하는 것이 확인되었다.

要約 및 結論

食餌 蛋白質과 칼슘의 섭취수준이 蛋白質, 칼슘 및 磷代謝에 미치는 영향을 검토하기 위하여, 8명의 한국성인여성을 대상으로 20일간의 통제식이실험을 실시하였다. 實驗食餌는 저단백저칼슘식이(LP-LCa); 蛋白質 44g, 칼슘 422mg, 인 990mg, 고단백저칼슘식이(HPLCa); 蛋白質 85g, 칼슘 365mg, 인 1392mg; 고단백고칼슘식이(HPHCa); 蛋白質 84g, 칼슘 727mg, 인 1650mg의 세 가지이며 열량은 모두 약 2000kcal로 구성되었다. 실험은 2일의 적응기간과 세실험식이 섭취기간 6일씩으로 이루어졌다. 食單은 3일을 주기로 하여 두번 같은 식단을 제공하고, 食餌 및 대소변은 각 실험식이 섭취기간의 마지막 3일 간을 채집하여 단백질, 칼슘 및 인을 분석하였다.

1) 대변중 칼슘배설량은 저단백저칼슘식이시 319 ± 120.41mg, 고단백저칼슘식이시 281.90 ± 119.90 mg, 고단백고칼슘식이시 514.56 ± 90.21mg이었다. 뇨중 칼슘 배설량은 각각 127.70 ± 41.20mg, 108.58 ± 37.80mg, 215.44 ± 67.11mg이었다. 평균 칼슘 흡수량은 각각 106.26 ± 120.44mg, 83.56 ± 119.90mg, 212.22 ± 90.21mg이었으며, 칼슘 흡수율은 각각 106.26 ± 120.44mg, 83.56 ± 119.90mg, 212.22 ± 90.21mg이었으며, 칼슘 흡수율은 각각 25%, 23%, 29%이었다. 칼슘 평형은 각각 -21.44 ± 128.64mg, -25.02 ± 99.74mg, -3.22 ± 65.78mg이었다.

2) 대변중 인 배설량은 저단백저칼슘식이시 299.63 ± 140.24mg, 고단백저칼슘식이시 443.23 ± 163.64 mg, 고단백고칼슘식이시 500.39 ± 110.04mg이었으며, 총 인섭취량에 대한 비율은 세 식이 모두 비슷한 약 31% 정도를 나타내었고 인의 흡수율은 모두 68%를 나타내었다. 인의 흡수량은 691.23 ± 140.23mg 949.06 ± 163.64mg과 1059.75 ± 110.04mg으로 인의 섭취량이 증가될 때 흡수량이 현저히 증가되었다. 尿中 인배설량은 각각 706.38 ± 125.74mg, 893.75 ± 76.49mg, 1028.81 ± 179.92mg이었다. 磷평형은 각각 -15.16 ± 190.75mg, 55.32 ± 197.92mg, 30.95 ± 176.

30mg이었다.

3) 혈청중 칼슘, 인의 농도는 식이에 따라 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 칼슘은 저단백과 고단백 식이시 10.40~11.03mg/dl이었으며 인은 4.11~4.18 mg/dl이었다.

이상의 결과에서 의무적 칼슘손실량을 감안할 때 칼슘 400mg은 필요량보다 아주 미달되었으며 700 mg의 칼슘도 충분하지 않은 것으로 나타났다. 본 결과로 볼 때 칼슘평형을 호전시키기 위하여서는 칼슘섭취량을 증가시키는 것이 바람직하다.

단백질 섭취량의 증가로 뇨중 칼슘 배설량은 증가되지 않았고, 단백질과 칼슘을 동시에 약 2배로 증가시켰을 때 뇨중 칼슘 배설량이 증가하였다. 저칼슘식이에서 단백질 섭취량의 증가로 뇨중칼슘배설이 증가되지 않은 것은 식물성 단백질의 증가와 인의 함량이 1.5배로 되어서 인에 의한 뇨중칼슘배설 저하작용이 나타난 것으로 풀이된다. 단백질 섭취량의 증가로 칼슘흡수는 증가되지 않았으며, 단백질과 칼슘을 동시에 증가시켰을 때 칼슘흡수가 현저히 증가되었다.

이러한 연구를 바탕으로, 한국인 젊은 여성에게 65g 단백질과 600mg의 칼슘을 섭취시키는 장기간의 연구가 이루어져야 할 것이며, 연령과 성, 단백질 및 칼슘섭취수준의 변화로 야기되는 이 영양소들의 대사가 검토되어야 할 것이다.

REFERENCES

- 1) Walker RM, Linkswiler HM. *Calcium retention in the adult human male as affected by protein intake. J Nutr* 102 : 1297-1302, 1972
- 2) Johnson NE, Alcantara EN, Linkswiler HM. *Effect of level of protein intake on urinary and fecal calcium and calcium retention of young adult male. J Nutr* 100 : 1425-1430, 1970
- 3) Margen S, Chu JY, Kaufmann NA, Calloway DH. *Studies in calcium metabolism I : The calciuretic effect of dietary protein. Am J Clin Nutr* 27 : 584-589, 1974
- 4) Chu JY, Margen S, Costa FM. *Studies in calcium metabolism II : Effects of low calcium and varia-*

- ble protein intake on human calcium metabolism. *Am J Clin Nutr* 28 : 1028-1035, 1975
- 5) Anand CR, Linkswiler HM. *Effect of protein intake on calcium balance of young men given 500 mg calcium daily.* *J Nutr* 104 : 695-700, 1974
- 6) Licata AA, Bou E, Bartter FC, Cox J. *Effects of dietary protein on urinary calcium in normal subjects and in patients with nephrolithiasis.* *Metabolism* 28(9) : 895-900, 1979
- 7) Kim Y, Linkswiler HM. *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
- 8) Mahalko JR, Sandstead HH, Johnson LK, Milne DB. *Effect of a moderate increase in dietary protein and excretion of Ca, Cu, Fe, Mg, P and Zn by adult males.* *Am J Clin Nutr* 37 : 8-14, 1983
- 9) 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
- 10) Block GD, Wood RJ, Allen LH. *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
- 11) Zemel MB, Schuette SA, Hegsted M, Linkswiler HM. *Role of the sulfur containing amino acids in protein-induced hypercalciuria in men.* *J Nutr* 111 : 545-552, 1981
- 12) Spencer H, Kramer L, Bartolo MD, Norris C, Osis D. *Further studies the effect of a high protein diet as meat on calcium metabolism.* *Am J Clin Nutr* 37 : 924-929, 1983
- 13) 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
- 14) Lutz J, Linkswiler HM. *Calcium metabolism in post-menopausal and osteoporotic women consuming two levels of dietary protein.* *Am J Clin Nutr* 34 : 2178-2186, 1981
- 15) Schuette SA, Zemel MB, Linkswiler HM. *Studies on the mechanism of protein induced hypercalciuria induced hypercalciuria in old men and women.* *J Nutr* 110 : 305-315, 1980
- 16) Allen LH, Oddoye EA, Margen S. *Protein induced hypercalciuria : A longer term study.* *Am J Clin Nutr* 32 : 741-749, 1979
- 17) Hegsted M, Linkswiler HM. *Long term effects of level of protein intake on calcium metabolism in young adult women.* *J Nutr* 111 : 244-251, 1981
- 18) 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
- 19) 김순경. 단백질 섭취수준이 인체내 칼슘, 인, 마그네슘 대사에 미치는 영향에 관한 연구. 숙명여대 가정학과 박사학위논문, 1986
- 20) 최진도, 주진순. 한국 식이의 소화흡수에 관한 연구. 고려의대잡지 10(3) : 757-779, 1973
- 21) 임현목, 주진순. 한국인 단백질 소요량에 대한 연구 : 제 3 보 한국 혼합식사 섭취 때의 단백질 소요량에 대하여. 한국영양학회지 18 : 98-114, 1985
- 22) 임근철, 주진순. 한국 식이중 칼슘, 인, 비타민 B 및 비타민 B의 소화 흡수율에 관한 연구. 우석의대잡지 6(1) : 87-101, 1969
- 23) 피재은, 백희영. 단백질의 종류가 체내 칼슘 대사에 미치는 영향에 관한 연구. 한국영양학회지 19 : 32-40, 1986
- 24) Spencer H, Kramer L, Osis D, Norris C. *Effect of phosphorus on the absorption of Ca and on the Ca balance in man.* *J Nutr* 108 : 447-457, 1978
- 25) Koo JO. *The effect of dietary protein and calcium on urinary calcium in young men.* *Korean J Nutr* 15 : 235-241, 1982
- 26) Lemann J Jr, Adams ND, Gray RW. *Calcium excretion in human beings.* *New Engl J Med* 301 : 536, 1979
- 27) 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
- 28) Heaney RP, Recker RR. *Effects of nitrogen, phosphorus and caffeine on calcium balance in women. J Lab Clin Med* 99 : 46-55, 1982
- 29) 보건사회부. 국민영향 조사보고서. 1985
- 30) 김정미, 임국례. 일부 농촌지역 여고생의 영양 실태 및 혈액상에 관한 연구. *한국영양학회지* 18 : 5-13, 1985
- 31) 임현숙. 일부 지역 여대생의 식생활 실태조사. *대한가정학회지* 18 : 47-52, 1980
- 32) 이기열, 이양자, 김숙영, 박계숙. 대학생 영양실태조사. *한국영양학회지* 13 : 23-40, 1980
- 33) 김숙희, 지규만, 김화영, 성낙웅, 주진순. 한국인 영양권장량 설정을 위한 기초 연구. *한국인구보건연구원* : 1-101, 1985
- 34) 구재옥, 최혜미. 한국여성의 단백질섭취수준이 질소 대사에 미치는 영향. *한국영양학회지* 21 : 47-60, 1988
- 35) Bauer JD, Ackerman PG, Toro G. *Clinical Laboratory Method. 8th ed. Mosby Co.* 402, 1974
- 36) 유태중, 이동석, 김영주, 권혁인. *식품학 실험수학사* 63-65, 1983
- 37) Osborne DR, Voogt P. *The Analysis of Nutrients in Foods. Academic press* : 165-171, 1978
- 38) Anonymous. *Analytical methods for atomic absorption spectrophotometry. The Perkin Elmer Corp.* 1976
- 39) Munter RC, Grande RA, Ahn PC. *Analysis of animal tissue and food materials by inductively coupled plasma emission spectrometry in a university research service laboratory. ICP information Newsletter* 5 : 368-383, 1979
- 40) Allain P, Mauras Y. *Determination of aluminum in blood, urine and water by in blood, urine and water by inductively coupled plasma emission spectrometry. Anal Chem* 51 : 2089-2091, 1979
- 41) Fisk CH, Subbarow Y. *The determination of metals in whole blood and blood serum by inductively coupled plasma emission spectroscopy. Shimadzu review* 37 : 81-84, 1980
- 42) Masuda T, Omori Y. *The determination of metals in whole blood and blood serum by inductively coupled plasma emission spectroscopy. Shimadzu review* 37 : 81-84, 1980
- 43) Hinkle DE, Wiersma W, Jurs SG. *Applied Statistics for the Behavioral Sciences Rand McNally Co, Chicago* 198-209, 1979
- 44) Spencer H, Kramer L, Osis D. *Effect of Ca on P metabolism in man. Am J Clin Nutr* 40 : 219-225, 1984
- 45) 유오룡, 오승호. 한국 식이의 소화흡수에 관한 연구. *고려의대잡지* 10(1) : 305-321, 1973
- 46) 장비귀, 김화영, 김숙희. 여대생의 식이내 단백질의 종류에 따른 체내 단백질, 지방, 칼슘대사 및 면역능력에 관한 연구. *한국영양학회지* 19 : 177-189, 1986
- 47) Bell RR, Draper HH, Tzeng DYM, Shin HK, Schmidt GR. *Physiological responses of human adults to foods containing phosphate additives. J Nutr* 107 : 42-50, 1977