

연구논문

칼슘 보충제가 콩단백식을 급여한
흰쥐의 체내 칼슘 이용성에 미치는 효과*

Effect of Calcium Supplement on Bioavailability of
Calcium in Rats Fed Soy Protein Diet

상지대학교 식품영양학과
원 향 례
상지대학교 식품영양학과
오 주 환

Dept. of Food and Nutrition, Sangji university
Hyang-Rye Won
Dept. of Food and Nutrition, Sangji university
Ju-Hwan Oh

〈목 차〉

I. 서 론
II. 실험재료 및 방법
III. 결과 및 고찰

IV. 결론 및 요약
참고문헌

〈Abstract〉

This study is to find out how the 4 types of calcium salt such as calcium carbonate, calcium phosphate, calcium lactate and calcium citrate in soy protein diet, the vegetable protein source, affect the calcium utilization in the body. To do so, calcium, phosphate and creatinine concentration and ALP activity in blood as well as the content of calcium and ash, the length, weight, strength, and the calcium utilization in the bone

* 본 논문은 2000학년도 상지대학교 교내 연구비 지원으로 수행되었음

were measured. Four groups of Sprague-Dawley male rats with the weight of around 180g were fed for 3 weeks with the experimental diet. Each group was fed with the isolated soy protein containing 14% of the diet and the above mentioned 4 types of calcium salt as the calcium source. The results are as follows;

1. There were no differences of the feed intake, weight gain, and feed efficiency among groups.
2. ALP activity in blood was significantly high in calcium lactate group($P<0.05$), but there were no differences of concentration of calcium, phosphates, and creatinine in blood among groups.
3. The weight, calcium content, calcium ratio in ash and the strength of bone were low when calcium lactate was provided($P<0.05$).
4. The content of calcium in the liver was high in calcium lactate group and calcium citrate group($P<0.05$).
5. The excretion of feces was low in calcium lactate group($P<0.05$) and the excretion of urine was also relatively low. In addition, the ratio of absorption and the retention of calcium were high($P<0.05$).

In summary, out of four types of calcium salt such as calcium carbonate, calcium phosphate, calcium lactate and calcium citrate when calcium lactate was provided the ALP activity in blood was high and the weight, calcium content, calcium ratio in ash and the strength of bone were low. In calcium utilization, the ratio of absorption and retention of calcium were high, however it has lower effect than 3 other calcium types in improving weight, the content of calcium and the strength of bone.

key words : calcium salts, soy protein diet, calcium utilization

I. 서론

한국인을 대상으로 한 영양섭취 실태조사들에서 보면 칼슘은 아직도 권장량에 부족되는 영양소로 나타나고 있다. 칼슘의 섭취부족은 거의 모든 연령층에서 나타나고 있는데 칼슘부족과 관계가 깊은 골다공증은 최근 중년기 이후의 여성에게 심각한 문제로 대두되고 있다. (이보경 등, 1992). 또 칼슘섭취 부족은 노년층에서 암과 순환기계통의 질환과도 관련있는 것으로 보고되고 있다(김숙희, 1993; Levenson & Bockman, 1994; Spencer & Kramer, 1986; Giansira cusa & Kantowitz, 1984). 제7차 한국인의 영양권장량(한국영양학회, 1998)에 의하면 성인의 칼슘권장량

이 남녀 모두 700mg으로 6차 개정판에 의해 상향조정되었으며 뼈의 축적이 이루어지는 사춘기에는 남녀 각각 900mg과 800mg으로 역시 6차에 비해 증가되어 칼슘 영양의 중요성이 권장량에 잘 반영되어 있다. 우리나라의 경우 우유 및 유제품의 섭취량은 날로 증가하고 있기는 하나(농림수산부와 유가공협회, 1993) 한국인의 식습관상 우유 및 유제품은 토착화되기 어려운 여러 가지 문제점을 안고 있다(이보경 등, 1992). 우유 및 유제품을 섭취하면 소화기 장애를 경험하는 사람이 많고, 우유등을 음용식품으로 생각하는 사람들이 아직도 적은 것으로 보고되고 있다. 이처럼 칼슘 권장량과 실제 섭취량에서 차이가 있고, 골다공증, 고혈압등에 칼슘의 보충이 유익하

다는 연구결과들에 의해 칼슘보충제의 시장이 날로 확대되고 있다. 일반적으로 식품 중 칼슘공급원으로서의 가치는 그 함량 뿐 아니라 체내 이용성에 의해 평가되고 있으며 칼슘의 이용성은 칼슘염의 형태뿐 아니라 동물의 체내요구도, 연령, 신체생리상태 및 단백질, 인산, 수산, 피탄산, 섬유소, 지방 등 여러 가지 식이인자에 의해 다양한 영향을 받는다(Greger, 1988). 우리나라 성인기 식생활 패턴은 동물성 단백질 섭취가 과거에 비해 늘어나긴 했어도 아직도 식물성 단백질 섭취가 차지하는 비율이 52.3%를 차지하고 있는 실정이다. 그러므로 성인기의 식물성 단백질 중심의 식사에서 칼슘공급원에 따른 그 이용성을 검토한다는 것은 매우 큰 의미가 있다고 하겠다. 지금까지의 칼슘공급원에 따른 칼슘의 이용성을 검토하는 연구들은 모두 동물성 단백질 특히 카제인을 공급한 조건에서의 칼슘 이용성을 주로 연구하고 있다(이종현과 이연숙, 2000; 이성현 등, 1997; 정혜경 등 1996; Barbara & Kochanowski, 1990; Mauri, 1993). 따라서 본 연구는 한국인의 식생활 패턴의 특징인 단백질 공급이 식물성 식품에서 많이 공급되는 점을 감안하여 식물성 단백질인 콩단백질을 단백질 공급원으로 공급하고, 칼슘보충제로 가장 많이 시판되는 칼슘염들을 중심으로 calcium carbonate, calcium phosphate, calcium lactate 와 calcium citrate 등의 칼슘공급원이 흰쥐의 칼슘대사 및 골격대사에 미치는 영향을 검토하고자한다.

II 실험재료 및 방법

1. 실험 동물 및 식이

체중 약 180g의 Sprague-Dawley 종 수컷 흰쥐 32마리를 환경조절된 실험동물 사육실(온도 22±2℃, 상대습도 65±5%, 조명 06:00 Am~06:00 Pm)에서 stainless-steel wire cage 에 한 마리씩 분리 사육하였으며, 실험군은 체중에 따라 완전 임의 배치하였다. 모든 실험 식이와 탈이온수를 자유섭취 방법(ad libitum)으로 급여하며 대사 cage

와 사육에 사용된 모든 기구는 무기질 오염을 막기 위해 0.4% EDTA로 씻은 후 탈이온수로 헹구어 사용하였다. 3주간의 실험기간 동안 체중과 식이섭취량은 2일에 한번씩 일정시간에 측정하였다.

실험식은 정제식이(semipurified diet)로서 무기질은 칼슘과 인을 제거한 무기질 AIN-93 형태로 모든 실험군에 공급하고 칼슘의 보충제로서 calcium carbonate, calcium phosphate, calcium citrate 와 calcium lactate를 식이의 0.5%로 공급해주었으며, 단백질은 식물성단백질인 isolated soyprotein (삼양 제넥스사)을 식이의 14%로 제공하였다. 실험군과 실험식은 Table 1과 같다.

2. 시료수집 및 분석방법

1) 시료의 수집

(1) 혈액

식이섭취 조건을 일정하게 하기위하여 도살하기 전 하룻밤 절식시킨 후, ethyl ether로 마취한 후 경동맥혈을 채취하였다. 채취한 혈액은 냉장고(4℃)에서 하룻밤동안 방치한 후, 3,000rpm에서 20분간 원심분리하여 혈청을 얻었으며 분석 전까지 냉동보관 하였다.

(2) 간, 신장 및 뼈조직

혈액 채취후 즉시 간, 신장, 대퇴골(femur)을 적출하였다. 간과 신장조직은 부착되어 있는 지방이나 근육을 깨끗이 제거한 후 냉장 생리식염수(0.9% NaCl용액)로 세척하여 혈액을 제거한 다음 여과지로 물기를 닦고 무게를 측정하였다. 뼈조직은 부착되어있는 근육, 지방, 인대 등을 전부 제거한 후 무게와 길이를 측정한 후, 강도(breaking force)를 측정하였다. 모든 시료는 회화처리 전까지 냉동 보관하였다.

(3) 변, 뇨

변과 뇨는 실험식이 급여기간 중 실험 종료전

Table 1. Composition of experimental diet (g/kg)

Ingredients	Calcium carbonate (CCO)	Calcium lactate (CL)	Calcium phosphate (CP)	Calcium citrate (CCI)
Starch	697.23	682.5	707.8	689.0
Insolated soy protein	140	140	140	140
Soybean oil	40	40	40	40
Fiber	50	50	50	50
Vit. Mix ¹⁾	10	10	10	10
Min. Mix ²⁾ (Ca & P free)	35	35	35	35
L-cystine	1.8	1.8	1.8	1.8
Choline bitartrate	2.5	2.5	2.5	2.5
KH ₂ PO ₄	10.98	10.98	-	10.98
CaCO ₃	12.49	-	-	-
Ca ₃ (PO ₄) ₂	-	-	12.9	-
Calcium citrate	-	-	-	20.72
Calcium lactate	-	108.88	-	-

1) Vitamin. mixture : (IU/g mix.) Vitamin A palmitate, 2500 ; Cholecalciferol, 200 ; (mg/g mix.) Thiamin HNO₃, 1 ; Riboflavin, 1.5 ; Nicin, 10 ; Pyridoxin HCL, 1 ; Folic acid, 0.5 ; Vitamin K₃ 1 ; Vitamin B₁₂, 0.001 ; Ascorbic acid, 33.7 ; Calcium pantothenate, 5 ; Di-1-tocopherol, 1 ; Biotin, 0.4

2) Calcium and phosphate-free : (g/kg mix.) NaCl, 250.6 ; MgSO₄ · 7H₂O, 99.8 ; Fe-citrate, 6.23 ; CuSO₄ · 5H₂O, 1.56 ; MnSO₄ · 7H₂O, 1.21 ; ZnCl₂, 0.2 ; KI, 0.005 ; (NH₄)₆Mo · 7O₂₄4H₂O, 0.025 ; and Sucrose, 640.37

4일간 plastic metabolic cage에서 수집하였으며, 변은 그대로, 뇨는 여과지에 걸른 후 총량을 측정 한 후 분석할 때까지 냉동보관하였다.

2) 시료분석

(1) 혈액, 조직, 변 및 뇨중의 칼슘과 인 함량
 혈액, 조직, 변 및 뇨중의 칼슘과 인의 함량은 오주환 등(1993)이 사용한 방법으로 분석하였다. 혈청은 TCA(trichloroacetic acid)용액으로 제단백 한 후, 1% LaCl₂ 용액으로 희석하여 원자흡광도계(Atomic absorption spectrophotometer ; Hitachi Z-6000)로 422.7nm에서 칼슘함량을 측정했다. 간, 신장, 대퇴골은 105±10℃ 건조기에서 12시간 동안 예비 건조시킨 후, 550~600℃ 회화로에서 6~8시간 회화하여 얻은 회분을 HCl(1N)용액으로 용해한 후, 1% LaCl₂ 용액으로 희석하여 원자흡

광도계로 칼슘 함량을 정량하였다.

변 중의 칼슘의 함량 측정은 뼈조직과 동일한 방법으로, 뇨의 칼슘은 혈액의 분석과 동일한 방법으로 정량했다.

(2) 뼈의 강도 측정

뼈의 강도(breaking force)는 Instron (Universal Testing Instrument, Model 1000)을 이용하여 길이의 일정 부위 즉, 상부와 하부 두 부위에서 두번씩 측정하였다.

3. 통계처리

실험결과는 SPSS program을 이용하여 각 실험군마다 평균과 표준오차를 계산하였고, 군간의 차이를 P<0.05 수준에서 ANOVA test 후 Duncan's multiple range test에 의해 검증하였다.

III. 결과 및 고찰

I. 식이섭취량, 증체량과 사료효율

실험동물의 식이섭취량, 체중변화 및 식이효율은 Table 2와 같다. 식이섭취량, 체중변화, 식이효율 모두 실험군 간의 차이가 없는 것으로 나타났다. 칼슘급원으로 calcium phosphate, calcium lactate, calcium gluconate와 calcium carbonate를 급여하였을 때의 쥐의 체내 칼슘 및 골격대사에 미치는 영향을 연구한 정혜경 등(1996)의 논문에서는 다른 세 군에 비해 calcium gluconate군의 체중증가량이 유의적으로 높다고 보고하였고, 상품화된 칼슘보충제들과 우유의 무기질 이용율을 쥐를 통해 실험한 연구(Greger 등, 1987)에서도 calcium phosphate, calcium lactate, calcium carbonate군에서 식이섭취량의 차이는 발견할 수 없었다. 본 실험

에서는 칼슘보충제의 급원으로 calcium gluconate를 사용하지 않고 calcium citrate를 사용하였는데 이 4가지 칼슘 보충제를 급여한 실험간의 식이섭취량, 체중증가량 간의 유의차는 없는 것으로 나타났다.

2. 혈청의 칼슘, 인, 크레아티닌 농도와 ALP (alkaline phosphatase)의 활성

실험군 간 혈청의 칼슘, 인, 크레아티닌의 농도와 ALP의 활성은 Table 3과 같다. 혈청 칼슘, 인, 크레아티닌의 농도는 칼슘염의 종류에 따라 차이가 없는 것으로 나타났고, ALP의 활성은 calcium lactate 군이 유의하게 높게 나타났다고 (P<0.05). 정혜경 등의 연구(1996)에서는 calcium phosphate, calcium lactate, calcium phosphate군이 유의하게 높았고 calcium citrate군이 낮았다고 보

Table 2. Weight gain and feed efficiency ratio in rats fed experimental diet

Group1)	Initial body wt. (g)	Final body wt. (g)	Weight gain (g/d)	Feed intake (g/d)	Feed efficiency ratio
CCO	181.47±2.64	270.23±5.25	4.67±0.32	16.99±0.51	0.27±0.02
CL	183.24±1.57	260.74±7.07	4.08±0.44	15.32±1.24	0.27±0.01
CP	184.89±1.57	275.37±2.43	4.76±0.16	17.29±0.43	0.28±0.01
CCI	179.46±1.94 ^{NS3)}	256.63±8.36 ^{NS3)}	4.13±0.37 ^{NS}	16.49±0.57 ^{NS}	0.25±0.01 ^{NS}

1) CCO : 0.5% calcium carbonate diet, CCI : 0.5% calcium citrate diet, CP : 0.5% calcium phosphate diet, CL : 0.5% calcium lactate diet group

Values are mean±SE

N.S : Not significant

Table 3. Concentration of calcium, phosphorus and creatinine and ALP (alkaline phosphotase) activity in serum

Group	Ca(mg/dl)	P(mg/dl)	Creatinine(mg/dl)	ALP(K-A)
CCO	9.72±0.17	6.32±0.13	47.92±4.68 ^b	0.90±0.09
CL	9.14±0.24	6.67±0.16	69.45±6.78 ^a	0.89±0.05
CP	9.21±0.19	6.94±0.12	47.71±3.66 ^b	0.86±0.08
CCI	8.91±0.66 ^{NS}	6.48±0.39 ^{NS}	33.28±3.82 ^b	0.76±0.04 ^{NS}

Values are mean±SE

N.S : Not significant

Values within same column with different superscripts are significantly different at P<0.05

고하고 있으나, 본 연구에서는 실험군 간의 차이가 없이 모두 혈청칼슘의 범위가 8.9-9.72 ml/dL로 나타났다.

골격형성의 지표로 측정하는 혈청 ALP의 활성은 calcium lactate군이 유의성있게 높게 나타났다. 그러나 정혜경 등(1996)의 결과에서는 칼슘보충제 종류에 따라 차이가 없었다.

3. 대퇴골의 중량, 길이 및 강도와 회분과 칼슘함량

대퇴골(femur)의 중량, 길이 및 강도를 Table 4에 제시하였다. 대퇴골 길이는 실험군 간에 유의적인 차이를 보이지 않았으나 중량과 강도는 차

에 있다고 보고 하였다. 오주환 등(1993)은 뼈의 강도와 칼슘, 회분함량이 양의 상관관계가 있다고 하였으나 본 연구에서는 뼈의 무게 칼슘함량은 뼈의 강도와 양의 상관관계를 나타내고 있으나 회분의 함량과는 일치하지 않았다. 그러나 Ca% 즉 전체회분에 대한 Ca의 %(Ca/Ash)는 뼈의 강도와 양의 상관관계를 보이고 있었다. 뼈의 강도가 가장 낮게 나타난 calcium lactate군에서 Ca%(Ca/ash ×100)가 제일 낮은 것으로 나타났다. 따라서 뼈의 강도는 칼슘함량 뿐 아니라 다른 무기질에서 차지하는 비율이 중요한 것으로 나타났다. 오 등(1993)이 논문에서는 Ca/Ash의 비율이 일정한 조건에서 Ash의 함량과 뼈의 강도가 비례하였고 본 연구에서는 Ca-lactate군의 경우 다

Table 4. Wet weight, length, breaking force, ash and calcium content of femur

Group	Wet wt (g)	water(%)	Length(cm)	Breaking force(kg/g)	Ash(mg/g)	Ca(mg/g)	Ca% (Ca/ash×100)
CCO	0.80±0.01 ^a	30.20±2.36	3.51±0.04	10.28±0.34 ^a	449.61±7.34 ^c	129.46±2.01 ^a	28.84±0.66 ^a
CL	0.70±0.03 ^b	34.58±2.35	3.61±0.10	5.49±0.29 ^b	584.35±23.94 ^a	104.38±2.61 ^b	18.08±0.88 ^c
CP	0.83±0.02 ^a	32.60±1.80	3.58±0.03	10.53±0.35 ^a	523.41±24.02 ^b	122.18±2.32 ^a	23.90±1.48 ^b
CCI	0.80±0.02 ^a	30.68±1.24 ^{NS}	3.51±0.02 ^{NS}	10.51±0.88 ^a	447.43±6.18 ^c	127.54±1.62 ^a	28.57±0.73 ^a

Values are mean±SE

N.S : Not significant

Values within same column with different superscripts are significantly different at P<0.05

이를 보이고 있다. 즉, calcium lactate군이 다른 세군에 비해 뼈 중량, 강도, 칼슘의 함량이 낮게 나타났다. 다시 말해 뼈의 칼슘함량이 높은 calcium carbonate, calcium phosphate, calcium citrate군이 calcium lactate군에 비해 뼈의 중량이 무거웠고, 뼈의 길이, 강도도 높게 나타났다. 이는 뼈의 칼슘함량과 강도는 양의 상관관계를 보인다는 많은 보고들과 일치하고 있다.(이연숙·김은미, 1998 ; 이연숙·이종현, 1999 ; 이종현·이연숙, 2000). 회분의 함량은 다른 세군에 비해 유의하게 높게 나타났다. 정혜경 등(1996)은 뼈의 무게, 칼슘함량, 회분함량이 모두 양의 상관관계

를군에 비해 Ca함량은 낮고 회분의 농도는 높음으로써 상대적 뼈의 Ca 함량이 가장 낮게 나타난 것으로 사료된다. 혈액 ALP 활성이 다른 세군에 비해 유의하게 높았던 Ca-lactate군이 뼈의 강도, 뼈의 무게, 칼슘 함량이 유의하게 낮았던 점으로 보아 뼈의 강도에 영향을 미치는 인자로서 뼈의 무게, 칼슘함량 뿐 아니라 혈청 ALP활성도 중요한 지표가 될 것으로 보인다.

4. 간과 신장의 회분과 칼슘농도

실험군의 간과 신장의 무게가 회분, 칼슘함량

Table 5. Weight, ash and calcium contents in liver and kidney

Group	Liver			Kidney		
	wt.(g)	ash(mg/g)	calcium(μ g/g)	wt.(g)	ash (mg/g)	calcium(μ g/g)
CCO	8.88 \pm 0.20	307.73 \pm 5.94	42.24 \pm 6.68 ^a	2.05 \pm 0.07	269.58 \pm 13.93	135.91 \pm 15.50
CL	8.48 \pm 0.36 ^{NS}	316.76 \pm 8.44 ^{NS}	43.64 \pm 3.46 ^a	2.06 \pm 0.09 ^{NS}	249.09 \pm 11.01 ^{NS}	125.51 \pm 8.55 ^{NS}
CP	8.46 \pm 0.22	287.21 \pm 9.76	18.50 \pm 2.15 ^b	2.02 \pm 0.05	280.29 \pm 8.84	116.37 \pm 7.13
CCI	8.30 \pm 0.24	308.32 \pm 12.60	34.30 \pm 4.04 ^a	2.10 \pm 0.07	249.23 \pm 11.31	133.27 \pm 9.89

Values are mean \pm SE

N.S : Not significant

Values within same column with different superscripts are significantly different at P<0.05

은 Table 5와 같다.

간과 신장의 무게, 간과 신장의 회분함량은 차이가 없었으나 간의 칼슘함량은 calcium lactate군과 calcium citrate군이 calcium carbonate군과 calcium phosphate군보다 높게 나타났다.

5. 칼슘대사

칼슘대사를 나타내는 지표는 Table 6 에 제시되어 있다. 칼슘의 섭취량은 차이가 없었으나 대변과 소변으로의 배설율에는 유의성 있는 차이를 보여주고 있다. 즉 다른 세군에 비해 calcium lactate 군이 대변으로의 배설율이 낮게 나타났고 소변으로의 배설율도 calcium lactate 군에 비해서는 낮게 나타남으로써 결국 흡수율과 보유율이 다른 세 군에 비해 높게 나타났다.

그러나 위에서 언급한 것과 같이 calcium lactate 군이 대퇴골의 무게, 칼슘함량과 강도가 낮은 것으로 나타난 것으로 보아 체내에 흡수된 칼슘량과 뼈의 칼슘량과는 반드시 비례하지 않는다는 결과를 제시해 주고 있다. 정혜경 등(1996)의 연구에서는 칼슘첨가제 종류에 따라 변으로의 배설량은 실험군간의 차이가 없었으나 뇨로의 배설량은 calcium gluconate 와 calcium carbonate 군에 비해 calcium gluconate 군이 유의하게 높게 나타났다. 그러나 칼슘 흡수율이나 평형에서는 차이가 없었다. Shipp 등(1987)도 흡수된 칼슘과 뼈의 칼슘과의 관련성만을 중요시하지 말고 trabecular bone volume, bone area, cortical bone area 등의 뼈의 조직을 평가하여 비교하는 것의 중요성을 제기하고 있다. Mudassir 등 (1987)은 젊은 남자(25-30세)를 대상으로 우유와 calcium

Table 6. Ca intake, Ca excretion, Ca absorption and Ca retention

group	Ca intake (mg/day)	Fecal Ca excretion (mg/day)	Urinary Ca excretion (mg/day)	Apparent Ca absorption (mg/day)	Apparent Ca absorption (%)	Ca retention (mg/day)	Ca retention (%)
CCO	42.48 \pm 1.73	23.01 \pm 4.33 ^a	0.19 \pm 0.06 ^a	19.46 \pm 2.96 ^b	46.59 \pm 8.09 ^b	19.27 \pm 2.96 ^b	46.14 \pm 8.09 ^b
CL	41.97 \pm 1.87	4.60 \pm 0.59 ^b	0.05 \pm 0.01 ^b	37.37 \pm 1.53 ^a	89.15 \pm 1.16 ^a	37.35 \pm 1.52 ^a	89.03 \pm 1.17 ^a
CP	43.15 \pm 1.16	21.89 \pm 3.79 ^a	0.11 \pm 0.02 ^b	21.26 \pm 3.11 ^b	49.76 \pm 7.95 ^b	21.16 \pm 3.12 ^b	49.51 \pm 7.96 ^b
CCI	43.38 \pm 1.53 ^{NS}	17.14 \pm 1.53 ^a	0.38 \pm 0.11 ^a	26.23 \pm 1.74 ^b	60.57 \pm 3.80 ^b	25.85 \pm 1.67 ^b	59.69 \pm 3.70 ^b

Values are mean \pm SE

N.S : Not significant

Values within same column with different superscripts are significantly different at P<0.05

acetate, calcium lactate, calcium gluconate, calcium citrate와 calcium carbonate의 소장내 흡수를 비교한 결과 모두 유의한 차이가 없었다. 그러나 본 연구는 체중이 180g되는 쥐를 실험대상으로 했기 때문에 사람으로 보면 늙은 연령에 해당되는 나이에서 Mudassir 등(1987)도 고찰에서 언급한 것처럼 연령에 따라 칼슘의 흡수는 달라질 가능성을 생각해 볼 수 있다. Greger 등(1987)도 상업적으로 판매되고 있는 9가지의 칼슘염과 탈지우유를 쥐를 대상으로 20-27일간 급여하여 칼슘 이용성을 비교하였으나 이들 모두 이용성은 좋았으나 칼슘염 형태에 따른 차이는 없었다. Judy 등(1988)은 건강한 성인 남녀에게 새로운 형태의 칼슘인 CCM 즉 calcium에 citrate와 malate를 조합하여 결합한 형태로 주었을 때의 흡수율과 calcium carbonate와 비교하였는데 CCM이 흡수율이 더 높았으나 (30.2 vs 26.4%), 체격, 성, 칼슘대사를 나타내는 지표는 차이를 나타내지 않았다.

IV. 결론 및 요약

본 연구는 단백질 급원으로 식물성 단백질인 콩단백질에 calcium carbonate, calcium phosphate, calcium lactate와 calcium citrate의 4가지 형태의 칼슘이 체내 칼슘 이용성에 미치는 효과를 알아보기 위하여 행하여졌다. 체중이 약 180g되는 Sprague - Dawley 중 수컷 흰쥐 32마리를 4그룹으로 나눈 후 칼슘급원으로써 위에서 언급한 4가지 형태의 칼슘염을 급여하였다. 3주간 실험식으로 사육한 후 혈액의 칼슘과 인 함량, 크레아티닌 농도, ALP의 활성, 뼈의 칼슘과 회분의 함량, 길이, 무게, 강도와 칼슘의 이용성을 측정하였다. 그 결과는 다음과 같다.

1. 식이 섭취량, 체중, 식이효율은 실험군 간의 차이가 없었다.
2. 혈청의 칼슘, 인, 크레아티닌 농도는 실험군 간의 차이를 보이지 않았으나 ALP의 활성은 calcium lactate군에서 유의하게 높게 나타났다

($P < 0.05$).

3. 뼈의 무게, 칼슘농도, 무기질에 대한 칼슘의 비율과 강도는 calcium lactate 군에서 낮게 나타났다($P < 0.05$).

4. 간과 신장의 무게와 회분함량은 차이를 보이지 않았으나 calcium lactate군과 calcium citrate군에서 간의 칼슘함량이 높게 나타났다($P < 0.05$).

5. 실험군 간의 칼슘의 섭취량은 차이가 없었으나 대변 배설율이 calcium lactate 군에서 낮게 나타났고($P < 0.05$), 소변 배설율도 비교적 낮게 나타났다. 칼슘 흡수율과 보유율도 높게 나타났다($P < 0.05$).

따라서 이상의 결과를 종합해보면 calcium carbonate, calcium phosphate, calcium lactate와 calcium citrate의 4가지 칼슘염 형태중 calcium lactate 형태의 칼슘을 급여하였을 때 혈청의 ALP 활성높고 뼈의 무게, 칼슘 농도, 무기질에 대한 칼슘의 비율이 낮고, 강도도 낮은 것으로 나타났다. 또한 칼슘의 이용성을 보면 칼슘의 흡수율과 보유율은 높으나 뼈의 무게, 칼슘함량, 뼈의 강도를 개선시키는데는 다른 3가지 형태의 칼슘염보다 효과가 떨어지는 것으로 나타났다.

여러 연구에서 뼈의 강도를 나타내는 지표로 쓰이고 있는 뼈의 무게, 밀도, 칼슘함량, 회분함량 중에서 본 연구결과에서는 회분함량보다는 칼슘의 회분에 대한 % 즉 Ca/Ash 지표가 더욱 정확한 뼈의 강도를 나타내는 지표가 될 수 있는 것으로 나타났다.

【참 고 문 헌】

- 김숙희(1993). 한국인의 Ca영양과 골다공증. 한국영양학회지 26(2):203-212
- 농림수산부, 한국유가공협회(1993) 낙농관계자료 65
- 오주환 · 이연숙(1993) 난소절제 골다공증 모델 흰쥐의 체내 칼슘 · 이용성 저하에 대한 칼슘섭취 수준의 효과. 한국영양학회지

- 26(3):277-285
- 이보경 · 장유경 · 조수현(1992). 폐경후 여성의 골 밀도에 대한 환경, 생리적 요인의 영향. 한국영양학회지 25(7):656-667
- 이성현 · 황보영숙 · 김지연 · 이연숙(1997). 칼슘 급원식품의 체내이용성 연구. 한국영양학회지 30(5):499-505
- 이연숙 · 김은미(1998). 성장기 동안 저칼슘식을 섭취한 흰쥐에서 난소절제 및 칼슘섭취량이 골격대사에 미치는 영향. 한국영양학회지 31(3):279-288
- 이연숙 · 이종현(1999). 칼슘과 철의 과다섭취가 성장기 흰쥐의 체내 무기질 이용성에 미치는 영향. 한국영양학회지 32(3):248-258
- 이종현 · 이연숙(2000). 골다공증 모델 흰쥐에서 칼슘과 철 보충제의 과다섭취가 골격손실과 신석회 침착 및 신장기능에 미치는 영향. 한국영양학회지 33(2):147-157
- 정혜경 · 장남수 · 이현숙 · 장영은(1996). 칼슘 급원의 종류가 흰쥐의 체내 칼슘 및 골격대사에 미치는 영향. 한국영양학회지 29(5):480-488
- 한국영양학회 (1998). 제 7차 한국인의 영양권장량
- Giansiracusa D F and Kantowitz F G(1984). Metabolic bone disease, NewYork Academy Press, pp243-245
- Grerer J L, Krzykowski C E, Khazen R R, and Krashoc C L(1987). Mineral utilization by rats fed various commercially available calcium supplements or milk. J. Nutr 117 : 717-724
- Judy Z M, David L S, Lawrence, F, Charles S, Xiang J and Johnston C C(1998). Calcium absorption from calcium carbonate and a new form of calcium(CCM) in healthy male and female adolescents. Am J Clin Nutr 48 : 1291-1294
- Levenson D I and Bockman R S(1994). A review of calcium preparations. Nutr Rev 52(7) : 221-232
- Mudassir S S, Carol S A, Michael J N, Lawrence R S, and John S F(1987). Gastrointestinal absorption of calcium from milk and calcium salts. The New J of Medicine Aug. 27:532-536
- Shipp C C, Maletskos C J, and Dawson-huges B(1987). Measurement of calcium retention with a whole body counter. Calcif Tissue Int.41. : 307-312
- Spencer H and Nih K L(1986). Osteoporosis factors contributing to osteoporosis. J Nutr 116 : 316-318