

칼슘 급원의 종류가 흰쥐의 체내 칼슘 및 골격대사에 미치는 영향*

정혜경 · 장남수** · 이현숙** · 장영은

호서대학교 자연과학대학 식품영양학과
이화여자대학교 가정과학대학 식품영양학과**

The Effect of Various Types of Calcium Sources on Calcium and Bone Metabolism in Rats

Chung, Hae Kyung · Chang, Namsoo** · Lee, Hyun Sook** · Chang, Young Eun

Department of Food & Nutrition, College of Natural Science, Hoseo University, ChungNam, Korea

Department of Food & Nutrition,** College of Home Science, Ewha Womans University, Seoul, Korea

ABSTRACT

This study was performed to investigate the effect of various types of calcium sources on calcium and bone metabolism. Sprague-Dawley male rats weighing approximately 89.3g were divided into 4 groups and fed experimental diets containing 0.5% calcium for 5 weeks. Four different calcium salts were used for the study : calcium phosphate, calcium lactate, calcium gluconate, and calcium carbonate. Food intake showed no significant difference in accordance with the type of calcium salt, but body weight gain and food efficiency were lower in calcium gluconate and calcium carbonate groups. There was significant differences in liver, thymus and epididymal fat pad weight with the type of calcium salt ; the calcium gluconate group showed lower values compared to the other groups. Femur and scapular length were higher in calcium lactate and calcium carbonate groups. Wet weight, dry weight, and density of the femur tended to be lower in the calcium gluconate group than the other groups, but this difference was not statistically significant. The calcium content of the femur and scapula tended to be significantly lower in the calcium gluconate group than the other groups. The calcium gluconate group showed higher urinary calcium and lower calcium absorption and balance. In conclusion, calcium and bone metabolism were different according to the type of calcium sources consumed. (*Korean J Nutrition* 29(5) : 480~488, 1996)

KEY WORDS : calcium sources · calcium salts · bone mineral contents · urinary hydroxyproline.

서 론

한국인을 대상으로 한 영양섭취실태조사들에서 보면

채택일 : 1996년 5월 28일

*본 연구는 현대약품 공업주식회사의 연구비에 의하여 이루어졌음.

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. 또 칼슘섭취부족은 노년층에서는 암과 순환기계통질환과도 관련이 깊다¹⁻⁵⁾. 제 6차 한국인의 영양권장량⁶⁾에 의하면

성인의 칼슘 권장량이 남녀 모두 700mg으로 제 5차 개정판에 비해 상당히 조정되었으며, 뼈의 축적이 이루어지는 사춘기에는 남녀 각각 900mg과 800mg으로 역시 5차에 비해 증가되어 칼슘 영양의 중요성이 권장량에 잘 반영되고 있다. 그러나 칼슘권장량이 증가하는데 반해 실제 평균섭취량은 낮은 수준에 머무르고 있다. 1992년 국민영양조사결과⁷⁾에 의하면 1인 1일 칼슘섭취량은 523mg으로 권장량의 75% 수준에 머무르고 있으며 아직도 칼슘을 권장량 이하로 섭취하는 가구수가 반 이상에 달하는 실정이다.

1980년대 이후로 한국인의 우유 및 유제품 섭취량은 날로 증가하고 있기는 하나 칼슘 권장량에 도달하기는 요원하다고 볼 수 있다. 한국인의 식습관상 우유 및 유제품은 토착화되기 어려운 여러가지 문제를 안고 있다⁴⁾. 우유 및 유제품을 섭취하면 소화계 장애를 경험하는 사람이 많고, 우유 등을 음용 식품으로 생각하는 사람들은 아직도 소수에 속하는 것으로 보인다. 미국의 경우도 우유제품을 기피하는 사람들의 칼슘섭취량이 권장량에 못 미치는 것으로 나타난다⁸⁾. 미국 NIH에서는 폐경 후 여성에게 현재 제한된 권장량(800mg)보다 훨씬 많은 양(1000~1500mg)의 섭취를 권장하고 있다⁹⁾. 그리고 빠른 성장과 뼈의 칼슘 축적이 일어나는 11~24세까지의 남녀에게는 1200mg을 권장량으로 설정하고 있다. 그러나 대부분의 미국인 특히 12세이상의 여성들의 칼슘 섭취량은 권장량에 못 미치고 있다¹⁰⁻¹¹⁾고 한다.

이처럼 칼슘 권장량과 실제 섭취량에서 차이가 있고, 골다공증, 고혈압 등에 칼슘의 보충이 유익하다는 결과를 보고하는 연구들¹²⁻¹³⁾ 때문에 칼슘 보충제의 시장이 날로 확대되고 있다. 미국의 경우 칼슘보충제 시장의 크기가 1987년에는 1985년의 2배인 1억6천 6백만 달러에 이르게 될 정도로 칼슘보충제를 복용하는 사람이 많으며 1993년에는 2억달러에 도달하였다¹⁴⁾. 그 이유는 식품으로 많은 양의 칼슘을 섭취하려면 보통 일반 사람들이 먹는 우유 및 유제품의 양으로는 다 충족하기가 어렵기 때문이다¹¹⁾.

우리나라에서도 비타민, 무기질과 같은 영양보충제를 이용하는 사람들이 증가하여 복용율이 40.8%로 나타나고 있으며 복용자중의 11.0%가 칼슘제를 이용하는 것으로 나타났다¹⁵⁾. 최근 추세로 보아 이 양은 더욱 증가할 것으로 생각된다. 현재 우리나라에는 여러가지 칼슘보충제들이 시판되고 있는데, 칼슘보충제에 따라 염의 종류가 다르고, 칼슘의 함량과 가격에 큰 차이가 있다. 실제로 국내에서 시판되고 있는 칼슘보충제에 대해 조사한 자료¹⁶⁾에 의하면 1일 섭취량 가격이 40원에서 1,135원으로 큰 격차를 보이고, 1일 섭취 칼슘함량도 41mg에서

1,500mg으로 차이를 보이고 있다. 따라서 이들 칼슘염의 종류에 따라 장내 흡수율, 골격대사에 미치는 영향, 부작용 내지 과잉증이 다를 수 있는데, 이에 대한 연구는 미흡한 상태로서 소비자들은 이에 대한 정보를 갖고 있지 못하다. 미국에서 행해진 조사¹⁷⁾에서도 소비자들이 선택하는 많은 종류의 칼슘보충제들이 염의 종류에 따라 흡수율에서 차이를 보인다고 보고되고 있다.

따라서 본 연구는 칼슘보충제시장은 매년 증가하고 있지만 이에 대한 정보가 부족한 실정을 감안하여 현재 가장 많이 시판되고 있는 칼슘염들을 중심으로 calcium carbonate, calcium phosphate, calcium lactate, calcium gluconate 등의 칼슘급원이 흰 쥐의 칼슘대사 및 골격대사에 미치는 영향을 비교해 보고자 실시되었다.

실험재료 및 방법

1. 실험동물 및 사육방법

실험동물은 평균체중이 89.3g된 Sprague-Dawley계 수컷 흰쥐 40마리를 고형사료로 3일간 적응시킨후 난괴법에 따라 한군에 10마리씩 네 군으로 나누어 실험식으로 5주간 사육하였다. 사육장은 stainless steel 장을 사용하였고, 실험실 온도는 20±2℃로 조정하였다. 식이섭취량과 체중은 1주일에 2번씩 측정하였다.

2. 실험식이

실험식은 Table 1에 제시한 바와 같이 칼슘염의 종류를 calcium carbonate, calcium phosphate, calcium lactate, calcium gluconate로 달리하여 식이의 0.5%를 공급해 주었으며, 각 식이의 Ca과 P의 함량을 같도록 조정하였다. 단백질은 식이의 15%로 제공하였다. 실험동물은 한마리씩 분리하여 사육했고, 물과 식이는 제한없이 공급했다.

3. 시료의 채취 및 분석

실험 식이를 주기 시작한 후 제 3일, 29일의 뇨와 변을 채취하였다. 첫날은 오전 8시부터 오후 8시까지, 다음날은 오후 8시부터 그 다음날 오전 8시까지 대사장에 넣어 12시간씩 두번 채취하여 이것을 합해 1일간의 뇨와 변으로 간주하였다. 채취한 뇨는 50ml로 희석하여 원심 분리 시킨후 상층액만을 취하여 냉동보관하였고, 변은 냉동 보관 하였다가 분석 전에 105±5℃의 oven에서 건조시킨 후 800℃의 회화로에서 회화시켜 생화학적 분석에 사용하였다.

5주간의 사육기간이 끝난후 12시간 굶긴 쥐는 diethyl ether로 마취시킨 후 heart puncture로 혈액을 채취하고 각종 장기와 대퇴골 그리고 견갑골을 채취하였

Table 1. Composition of experimental diets

Ingredient	(g/Kg diet)			
	Calcium phosphate	Calcium lactate	Calcium gluconate	Calcium carbonate
Corn starch	700	695	660	700
Casein	150	150	150	150
Corn oil	100	100	100	100
Salt mixture	35 ¹⁾	40 ²⁾	75 ³⁾	35 ⁴⁾
Vitamin mixture ⁵⁾	10	10	10	10
Choline	2	2	2	2
DL-Methionine	3	3	3	3

- 1) Salt mixture(g/kg mixture) : Calcium phosphate, dibasic 500.0, Sodium chloride 74.0, Potassium citrate, monohydrate 220.0, Potassium sulfate 52.0, Magnesium oxide 24.0, Manganous carbonate 3.5, Ferric citrate 6.0, Zinc carbonate 1.6, Cupric carbonate 0.3, Potassium iodate 0.01, Sodium selenite 0.01, Chromium potassium sulfate 0.55, Sucrose, finely powdered to make 1000.0
- 2) Salt mixture(g/kg mixture) : Calcium lactate 700.0, Sodium chloride 74.0, Potassium phosphate, dibasic 220.0, Potassium sulfate 52.0, Magnesium oxide 24.0, Manganous carbonate 3.5, Ferric citrate 6.0, Zinc carbonate 1.6, Cupric carbonate 0.3, Potassium iodate 0.01, Sodium selenite 0.01, Chromium potassium sulfate 0.55
- 3) Salt mixture(g/kg mixture) : Calcium gluconate 720.0, Sodium chloride 35.0, Potassium phosphate 102.0, Potassium sulfate 25.0, Magnesium oxide 11.0, Manganous carbonate 1.63, Ferric citrate 2.8, Zinc carbonate 0.75, Cupric carbonate 0.14, Potassium iodate 0.005, Sodium selenite 0.005, Chromium potassium sulfate 0.26, Sucrose, finely powdered to make 1000.0
- 4) Salt mixture(g/kg mixture) : Calcium carbonate 367.882, Sodium chloride 72.0, Potassium phosphate, dibasic 220.0, Potassium sulfate 52.0, Magnesium oxide 24.0, Manganous carbonate 3.5, Ferric citrate 6.0, Zinc carbonate 1.6, Cupric carbonate 0.3, Potassium iodate 0.01, Sodium selenite 0.01, Chromium potassium sulfate 0.55, Sucrose, finely powdered to make 1000.0
- 5) AllN vitamin mixture⁶⁾(per Kg mixture) : Thiamin.HCl 600mg, Riboflavin 600mg, Pyridoxin.HCl 700mg, Nicotinic acid 3g, D-Calcium pantothenate 1.6g, Folic acid 200mg, D-Biotin 20mg, Cyanocobalamin 1mg, Retinyl palmitate or acetate as stabilized powder to provide 400000 IU vitamin A activity or 120,000 retinol equivalents, dl-a-Tocopheryl acetate as stabilized powder to provide 5000IU vitamin E activity, Cholecalciferol 2.5mg, Menaquinone 5.0mg, Sucrose, finely powdered to make 1000.0g

다. 채취한 혈액은 실온에서 1시간 정도 방치시킨 다음 3000rpm 4℃에서 30분간 원심분리 하여 혈청을 얻은 후 냉장보관 하였고, 혈액 채취 직후 간, 신장, 비장, 흉선, 부고환지방을 분리하여 무게를 잔후 냉동보관 하였다. 대퇴골과 견갑골은 califer를 사용하여 길이를 측정 한 후 Archimedes의 원리¹⁸⁾에 의해 부피와 밀도를 측

정하였는데, 증류수가 담긴 비이커를 Metler balance 의 weighing pan 위에 놓고 한쪽 끝이 구부러진 철사를 천정으로부터 매달았다. 그다음, 물이 담긴 비이커에 철사가 잠긴 상태에서 뼈가 철사에 얹혀지고 물속에서 무게를 재었다. 그 후 뼈는 티슈로 물을 빨아들이고 weighing pan 위에 놓고 1분 후에 무게를 재었다¹⁹⁾.

$$V = \frac{M_A - M_W}{D_w}$$

$$D = \frac{M}{V}$$

단, M : wet weight(mg)

V : volume of bone(cm³)

D : density of bone(mg/cm³)

M_A : wet weight in air(mg)

M_W : weight in water(mg)

D_W : water density at 25℃

정한 무게를 잔 후 일정한 무게가 될 때까지 105±5℃ 의 drying oven에서 건조시켜 dry weight를 잔후 800℃의 회화로에서 회화시켜 생화학적 분석에 사용하였다.

혈청, 뇨, 변, 골격의 Ca함량은 AAS(Atomic Absorption Spectrophotometer)로 분석하였는데, 혈청과 뇨는 각각 0.1%, 0.5%의 La₂O₃ 용액으로 희석하여 422.7nm에서 흡광도를 측정하였고, 변과 뼈는 회화시킨 변과 뼈를 1N HCl로 녹인 후 0.5%의 La₂O₃ 용액으로 희석하여 흡광도를 측정하였다.

혈청의 alkaline phosphatase는 Kind King법을 이용한 Kit(영동제약)를 사용하여 분석하였다. 혈청 total protein과 albumin의 측정은 Kit(영동제약)를 사용하였다. 혈청 GOT, GPT는 영동제약의 Kit를 사용하여 측정하였다.

뇨의 hydroxyproline은 Blumenkrantz와 Asboehansen방법²⁰⁾에 의해 일정량의 뇨에 거의 동량의 6N HCl로 118℃ oven에서 12시간 hydrolyze시킨 후 hood에서 저온으로 가열하여 거의 증발시키고 65℃의 vacuum oven에서 완전히 증발시킨 sample을 1ml증류수로 녹여 1M periodic acid와 extraction solution을 넣어 충분히 vortex한 후 낮은 speed에서 원심분리 하여 organic phase를 일정량 취해 Erlich reagent로 발색시켜 565nm에서 정량하였다.

4. 통계처리

본 연구의 모든 실험결과는 각 실험군별로 평균치와 표준오차를 구하였다. 각 실험군별 평균의 차이에 대한

통계적 유의성은 SAS program을 이용하여 $p < 0.05$ 수준에서 Duncan's multiple range test로 그 유의성을 검증하였다.

실험결과 및 고찰

1. 식이 섭취량 및 체중변화

실험동물의 식이섭취량, 체중변화 및 식이효율은 Ta-

Table 2. Food intake, weight change and food efficiency¹⁾

Exp. group	Food intake (g/5weeks)	Weight gain (g/5weeks)	Food efficiency
Ca-P ²⁾	429.0 ± 16.3 ^{NS3)}	198.1 ± 10.31 ³⁴⁾	0.46 ± 0.01 ^a
Ca-L	441.9 ± 17.5	207.8 ± 11.12 ^a	0.47 ± 0.01 ^a
Ca-G	421.7 ± 15.6	168.8 ± 6.20 ^b	0.40 ± 0.01 ^b
Ca-C	443.0 ± 15.1	191.9 ± 8.15 ^{ab}	0.43 ± 0.01 ^{ab}
SF ⁵⁾	NS(0.73)	** (0.02)	** (0.00)

- 1) Mean ± S.E
 - 2) Ca-P : 0.5% calcium phosphate diet, Ca-L : 0.5% calcium lactate diet, Ca-G : 0.5% calcium gluconate diet, Ca-C : 0.5% calcium carbonate diet group
 - 3) NS : Not significant at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test
 - 4) Values within a column with different superscripts are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.
 - 5) Significant Factor
- * : Effect of calcium source was significant by F-test at $\alpha=0.10$
 ** : Effect of calcium source was significant by F-test at $\alpha=0.05$
 NS : Effect of calcium source was not significant by F-test at $\alpha=0.10$

ble 2와 같다. 식이섭취량은 각 실험군간에 유의적인 차이가 없었으나 체중증가량은 칼슘염의 종류에 따라 유의적인 차이를 보여 Ca-G군이 다른 세 군에 비해 유의적으로 적었다. 또한 식이효율은 Ca-L군과 Ca-P군이 Ca-C군과 Ca-G군에 비해 유의적으로 높았다. 상품화된 칼슘보충제들과 우유의 무기질 이용율을 쥐를 통해 실험한 연구²¹⁾에서도 Ca-P와 Ca-L, Ca-C군의 식이섭취량에서 세 군간에는 유의적인 차이를 발견할 수 없었다.

2. 장기무게

장기 무게는 Table 3에 나타낸 바와 같이 간, 흉선, 부고환지방의 무게에서 칼슘염의 종류에 따른 유의적인 차이를 볼 수 있었다. 간의 무게는 Ca-L > Ca-P > Ca-G > Ca-C의 순서대로 컸고, 흉선의 무게는 Ca-P > Ca-C > Ca-L > Ca-G의 순서대로 컸으며, 부고환지방의 무게는 Ca-C > Ca-P > Ca-L > Ca-G의 순으로 컸다. 신장과 비장의 무게에서는 각 군간에 유의적인 차이가 없었다. 다른 실험결과²¹⁾를 보면 간의 무게에서 Ca-P, Ca-L, Ca-C군간에 유의적인 차이가 없었으며, 신장무게는 Ca-P가 Ca-L나 Ca-C에 비해 유의적으로 컸다고 보고하였다. 이상과 같이 본 실험이나 다른 실험에서 어떤 뚜렷한 경향을 보기는 어려웠다. 단지 전반적으로 Ca-G군이 다른 세군에 비해 장기무게가 적은 경향을 보여 가장 바람직하지 않다고 생각해 볼 수 있다.

칼슘염의 종류에 따라 최종체중이 달랐으므로 체중대비 장기의 무게를 비교해보았다. 체중대비 간의 무게는 Ca-L > Ca-G > Ca-P > Ca-C의 순서대로 컸고 체중대비 흉선의 무게는 Ca-P > Ca-C > Ca-L, Ca-G의

Table 3. Organ weights¹⁾(g)

Exp.group	Liver	Kidney	Spleen	Thymus	Epididymal fat pad
g					
Ca-P	12.13 ± 0.71 ^{ab2)}	1.97 ± 0.11 ^{NS3)}	0.75 ± 0.08 ^{NS}	0.62 ± 0.06 ^a	3.60 ± 0.25 ^a
Ca-L	13.65 ± 1.19 ^a	1.98 ± 0.12	0.98 ± 0.17	0.52 ± 0.03 ^{ab}	3.47 ± 0.36 ^a
Ca-G	11.96 ± 0.69 ^{ab}	1.74 ± 0.05	0.79 ± 0.09	0.46 ± 0.01 ^b	2.63 ± 0.24 ^b
Ca-C	10.34 ± 0.65 ^b	1.97 ± 0.07	0.88 ± 0.10	0.53 ± 0.04 ^{ab}	4.15 ± 0.27 ^a
SF ⁴⁾	(0.06)	NS(0.16)	NS(0.53)	** (0.03)	** (0.00)
g/100 BW					
Ca-P	4.30 ± 0.19 ^{a2)}	0.69 ± 0.01 ^{NS3)}	0.28 ± 0.04 ^{NS}	0.22 ± 0.02 ^a	1.28 ± 0.08 ^{ab}
Ca-L	4.61 ± 0.33 ^a	0.67 ± 0.02	0.32 ± 0.05	0.18 ± 0.01 ^b	1.16 ± 0.08 ^{bc}
Ca-G	4.59 ± 0.20 ^a	0.67 ± 0.02	0.31 ± 0.04	0.18 ± 0.01 ^b	1.01 ± 0.08 ^c
Ca-C	3.62 ± 0.19 ^b	0.69 ± 0.01	0.31 ± 0.04	0.19 ± 0.01 ^{ab}	1.46 ± 0.10 ^a
SF ⁴⁾	** (0.01)	NS(0.65)	NS(0.90)	* (0.10)	** (0.00)

- 1) Mean ± S.E
 - 2) Values within a column with different superscripts are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.
 - 3) NS : Not significant at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test
 - 4) Significant Factor
- * : Effect of calcium source was significant by F-test at $\alpha=0.10$
 ** : Effect of calcium source was significant by F-test at $\alpha=0.05$
 NS : Effect of calcium source was not significant by F-test at $\alpha=0.10$

순서였다. 부고환 지방의 무게는 Ca-C > Ca-P > Ca-L > Ca-G로 나타났고 체중대비 신장과 비장의 무게는 칼슘염에 따른 차이가 없었으나 체중대비 부고환 지방 무게는 유의적으로 적었다.

3. 골격 구성 성분

대퇴골의 무게와 밀도에 대한 결과는 Table 4, 회분과 칼슘 함량에 대한 결과는 Table 5에 나타내었다. 대퇴골의 길이는 Ca-L군과 Ca-C군이 다른 두 군에 비해 비교적 큰 것으로 나타났다. 대퇴골의 젖은 무게와 마른 무게는 각 실험군간에 유의적인 차이는 없었으나, 젖은 무게는 Ca-L > Ca-C > Ca-P > Ca-G의 순으로 컸고, 마른 무게는 Ca-L > Ca-C > Ca-P > Ca-G의 순으로 커서 대퇴골의 길이가 큰 군은 젖은 무게도 큰 경향을 보였다. 대퇴골의 부피는 각 군간에 유의적인 차이는 없었으나 Ca-C군이 비교적 큰 경향이었고 반면 Ca-G군이 가장 낮은 값을 보였다. 대퇴골의 밀도는 Ca-P > Ca-L > Ca-G > Ca-C의 순으로 컸는데, Ca-C 군의 경우 뼈무게에 비해 부피가 상대적으로 커 밀도가 낮았다.

단위 체중당으로 환산한 결과에서는 젖은 무게는 물론 마른 무게에서도 유의적인 차이는 발견되지 않았다. 대퇴골의 부피와 밀도에서도 각 군간의 유의적인 차이 및 칼슘염의 종류에 따른 유의성은 없었다. 대퇴골의 회분 함량 및 칼슘함량을 살펴 본 결과에 의하면 회분함량은 유의적인 차이는 없었으나 Ca-G군이 가장 낮았다. 칼슘 함유량은 각 군간에 유의적인 차이를 보였는데 Ca-G군이 가장 낮았고 Ca/Ash ratio(%)도 각 군간에 유의적인 차이를 보였는데 역시 Ca-G군이 가장 떨어지는 것으로 나타났다. 대퇴골의 무게에 대한 회분과 칼슘의 비를 살펴 본 결과 Ash/wt ratio는 각 군간에 유의적인 차이가 없었고 Ca/wt ratio는 유의적인 차이를 보였는데 Ca-P군에서 가장 높았고, Ca-G군과 Ca-C군이 다른 군에 비해 낮았다.

다음으로 견갑골의 구성성분에 대한 결과는 Table 6과 7에 제시하였다. 견갑골의 길이는 Ca-G군이 다른 군에 비해 유의적으로 작았다. 견갑골의 무게는 Ca-L군과 Ca-P군이 다른 군에 비해 비교적 큰 경향이었으며 Ca-G군은 낮은 경향이였다. 그러나 견갑골의 부피와 밀

Table 4. Weight and density of femur

Exp.group	Length (mm)	Wet wt		Dry wt(mg)		Volume (cm ³)	Density (mg/cm ³)
		(mg)	(mg/100g BW)	(mg)	(mg/100g BW)		
Ca-P	32.98 ± 0.44 ^{ab2)}	686.5 ± 23.4 ^{NS3)}	244.0 ± 5.87 ^{NS}	400.1 ± 14.8 ^{ab}	142.0 ± 2.57 ^{NS}	110.5 ± 13.6 ^{NS}	6.46 ± 0.64 ^{NS}
Ca-L	33.56 ± 0.27 ^a	710.1 ± 24.7	242.0 ± 5.94	425.3 ± 14.9 ^a	144.9 ± 4.03	115.3 ± 15.5	6.10 ± 0.36
Ca-G	32.62 ± 0.19 ^b	654.0 ± 19.1	251.7 ± 2.78	381.9 ± 14.0 ^b	146.8 ± 3.32	107.7 ± 12.0	6.07 ± 0.43
Ca-C	33.64 ± 0.24 ^a	696.2 ± 14.1	244.2 ± 3.37	407.7 ± 9.87 ^{ab}	142.9 ± 2.12	132.7 ± 9.13	5.28 ± 0.32
SF ⁴⁾	** (0.04)	NS (0.24)	NS (0.43)	NS (0.15)	NS (0.69)	NS (0.40)	NS (0.27)

1) Mean ± S.E.

2) Values within a column with different superscripts are significantly different at p < 0.05 by Duncan's multiple range test.

3) NS : Not significant at p < 0.05 by Duncan's multiple range test

4) Significant Factor

* : Effect of calcium source was significant by F-test at α=0.10

** : Effect of calcium source was significant by F-test at α=0.05

NS : Effect of calcium source was not significant by F-test at α=0.10

Table 5. Ash and Ca content of femur

Exp.group	Ash (mg)	Ca (mg)	Ca/Ash ratio(%)	Ash/wt ratio(%)	Ca/wt ratio(%)
Ca-P	224.29 ± 7.21 ^{NS2)}	61.78 ± 5.28 ³⁾	27.62 ± 2.25 ^a	32.74 ± 0.61 ^{NS}	8.97 ± 0.62 ^a
Ca-L	234.60 ± 8.08	58.18 ± 3.90 ^{ab}	24.76 ± 1.39 ^{ab}	33.09 ± 0.63	8.21 ± 0.51 ^{ab}
Ca-G	217.45 ± 9.75	46.67 ± 3.71 ^b	21.45 ± 1.25 ^b	33.15 ± 1.00	7.14 ± 0.52 ^b
Ca-C	229.32 ± 6.43	49.71 ± 3.20 ^b	21.79 ± 1.41 ^b	32.92 ± 0.56	7.14 ± 0.44 ^b
SF ⁴⁾	NS (0.47)	** (0.03)	** (0.03)	* (0.98)	** (0.05)

1) Mean ± S.E.

2) NS : Not significant at p < 0.05 by Duncan's multiple range test

3) Values within a column with different superscripts are significantly different at p < 0.05 by Duncan's multiple range test

4) Significant Factor

* : Effect of calcium source was significant by F-test at α=0.10

** : Effect of calcium source was significant by F-test at α=0.05

NS : Effect of calcium source was not significant by F-test at α=0.10

Table 6. Weight and density of scapula

Exp.group	Length (mm)	Wet wt		Dry wt		Volume (cm ³)	Density (mg/cm ³)
		(mg)	(mg/100g BW)	(mg)	(mg/100g BW)		
Ca-P	23.95±0.26 ^{a2)}	150.0±5.52 ^{ab}	53.23±1.07 ^{ab}	97.88±4.05 ^{ab}	34.68±0.64 ^{ab}	50.87±6.32 ^{NS3)}	3.17±0.34 ^{NS}
Ca-L	24.30±0.27 ^a	159.2±6.24 ^a	54.07±1.00 ^a	105.29±3.90 ^a	35.79±0.60 ^a	59.67±7.81	2.88±0.28
Ca-G	22.87±0.32 ^b	135.1±4.14 ^c	51.98±0.72 ^{ab}	89.86±3.33 ^b	34.52±0.62 ^{ab}	49.50±5.84	2.89±0.27
Ca-C	23.89±0.28 ^a	144.2±3.81 ^{bc}	50.58±1.08 ^b	95.65±2.89 ^{ab}	33.48±0.61 ^b	43.97±4.89	3.42±0.26
SF ⁴⁾	** (0.00)	** (0.01)	* (0.07)	** (0.02)	* (0.08)	NS (0.36)	NS (0.47)

- 1) Mean±S.E.
- 2) Values within a column with different superscripts are significantly different at p < 0.05 by Duncan's multiple range test
- 3) NS : Not significant at p < 0.05 by Duncan's multiple range test
- 4) Significant Factor
- * : Effect of calcium source was significant by F-test at α=0.10
- ** : Effect of calcium source was significant by F-test at α=0.05
- NS : Effect of calcium source was not significant by F-test at α=0.10

Table 7. Ash and Ca content of scapula

Exp.group	Ash (mg)	Ca (mg)	Ca/Ash ratio(%)	Ash/wt ratio(%)	Ca/wt ratio(%)
Ca-L	61.15±2.52 ^a	16.81±0.70 ^a	27.71±1.24	38.40±0.23	10.64±0.49
Ca-G	52.54±2.12 ^b	14.62±0.70 ^b	27.83±0.72	38.80±0.63	10.80±0.33
Ca-C	55.10±1.70 ^{ab}	14.38±0.62 ^b	26.08±0.73	38.21±0.65	9.98±0.37
SF ⁴⁾	** (0.05)	* (0.06)	NS (0.50)	NS (0.45)	NS (0.61)

- 1) Mean±S.E.
- 2) Values within a column with different superscripts are significantly different at p < 0.05 by Duncan's multiple range test
- 3) NS : Not significant at p < 0.05 by Duncan's multiple range test
- 4) Significant Factor
- * : Effect of calcium source was significant by F-test at α=0.10
- ** : Effect of calcium source was significant by F-test at α=0.05
- NS : Effect of calcium source was not significant by F-test at α=0.10

도에서는 각 군간에 유의적인 차이가 없었다. 견갑골의 회분함량은 Ca-L군과 Ca-G군간에 유의적인 차이가 있는 것으로 나타났는데 Ca-L군이 회분함량이 가장 많았고 Ca-G군은 가장 낮은 것으로 나타났다. 견갑골의 칼슘함량에서도 Ca-L군과 Ca-G군간에 유의적인 차이가 있었고 Ca-L군이 칼슘함량이 가장 많았고 Ca-G군은 가장 낮은 것으로 나타났다. 견갑골의 회분과 칼슘함량은 각 군간에 유의적인 차이가 있는 것으로 나타났는데 Ca-P군과 Ca-L군은 높은 경향이였으며 Ca-G군과 Ca-C군은 낮은 경향을 나타내었다. 그러나 Ca/Ash ratio는 각 군간에 유의적인 차이가 없었다. 견갑골의 무게에 대한 회분과 칼슘의 비율을 살펴 본 결과 Ash/wt ratio나 Ca/wt ratio 다 유의적인 차이가 없었다.

성장기 쥐를 대상으로 한 실험결과들에서는 식이에 의한 골격대사의 변화가 잘 나타나지 않는 것으로 보고되고 있는 점을 감안할때²²⁻²⁵⁾, 본 연구에서 사용한 실험동물의 나이가 이유후 급속한 성장을 하는 성장기였고, 실험기간이 비교적 단기간이었는데도 불구하고 칼슘염의 종류에 따라 이러한 골격대사의 변화를 보인것은 매우

고무적인 것으로 생각된다. 즉 성장기에 비교적 짧은 시기 동안의 칼슘염 변화가 골격 크기, 골밀도 및 골격칼슘 함량을 변화시킬 수 있음을 의미하고, 이것은 결국 성장기 이후의 골격대사에도 영향을 줄 가능성이 크므로 만일 어려서부터 칼슘염을 보충해 줄 경우 칼슘염의 선택에 도움을 줄 수 있는 결과로 사료된다.

4. 칼슘 대사

실험 시작 3일후와 29일후에 측정된 칼슘섭취량, 변 및 뇨의 칼슘 배설량, 칼슘흡수율, 칼슘 평형 등 칼슘 대사를 Table 8에 제시하였다. 칼슘섭취량은 실험시작 3일 후에는 칼슘염의 종류에 따라 유의적인 차이를 보였고 Ca-C군의 칼슘섭취량이 가장 많았다. 그러나 실험 시작 29일째에는 칼슘섭취량에서 유의적인 차이를 보이지 않았고 Ca-C군이 약간 높은 경향이였다.

다음으로 변 칼슘배설량은 실험시작 3일 후에는 칼슘염의 종류에 따라 유의적인 차이를 보였으며 칼슘섭취량이 가장 컸던 Ca-C군이 배설량도 가장 많았다. 그러나 실험 시작 29일째에는 칼슘염의 종류에 따른 유의적인

Table 8. Ca intake, Ca excretion and Ca balance¹⁾

Exp.group	Ca intake (mg/day)	Fecal Ca excretion (mg/day)	Urinary Ca excretion (mg/day)	Apparent Ca absorption(%)	Ca balance (mg/day)
3 day					
Ca-P	47.06 ± 2.50 ^{ab2)}	3.05 ± 0.56 ^{ab}	0.50 ± 0.22 ^{NS3)}	93.40 ± 1.35 ^{NS}	43.51 ± 2.68 ^{NS}
Ca-L	49.92 ± 2.96 ^{ab}	2.22 ± 0.31 ^b	0.59 ± 0.18	95.56 ± 0.42	47.07 ± 3.85
Ca-G	41.53 ± 1.14 ^b	3.31 ± 1.04 ^{ab}	1.01 ± 0.35	92.02 ± 2.40	37.16 ± 1.26
Ca-C	54.32 ± 3.95 ^a	5.40 ± 1.07 ^a	1.61 ± 0.55	89.65 ± 2.45	47.31 ± 4.09
SF ⁴⁾	** (0.03)	* (0.09)	NS (0.14)	NS (0.25)	NS (0.14)
29 day					
Ca-P	82.82 ± 4.86 ^{NS}	8.63 ± 2.04 ^{NS}	0.26 ± 0.07 ^b	89.84 ± 2.03 ^{NS}	73.93 ± 3.93 ^{NS}
Ca-L	83.95 ± 5.40	10.53 ± 2.84	0.21 ± 0.04 ^b	87.67 ± 3.00	73.53 ± 6.22
Ca-G	73.18 ± 4.69	9.53 ± 4.13	1.29 ± 0.54 ^a	87.29 ± 5.54	63.76 ± 6.45
Ca-C	85.94 ± 3.88	10.96 ± 3.22	0.87 ± 0.23 ^{ab}	87.36 ± 3.50	74.11 ± 4.48
SF ⁴⁾	NS (0.26)	NS (0.94)	* (0.06)	NS (0.94)	NS (0.46)

- 1) Mean ± S.E.
- 2) Values within a column with different superscripts are significantly different at p < 0.05 by Duncan's multiple range test
- 3) NS : Not significant at p < 0.05 by Duncan's multiple range test
- 4) Significant Factor
- * : Effect of calcium source was significant by F-test at α=0.10
- ** : Effect of calcium source was significant by F-test at α=0.05
- NS : Effect of calcium source was not significant by F-test at α=0.10

차이가 없었다. 뇨 칼슘 배설량은 실험시작 3일째는 칼슘염의 종류에 따른 유의적인 차이는 없었으나 Ca-C군이 가장 많았고 실험시작 29일째는 Ca-G군이 유의적으로 높았다. 칼슘 흡수율은 실험 시작 3일째나 29일째 모두에서 칼슘염의 종류에 따른 유의적인 차이를 보이지 않았다. 또한 사람을 대상으로 행한 실험에서 전지유, 초코우유, 요구르트, 이미테이션우유, 치즈 등과 같은 유제품들과 CaCO₃와의 칼슘흡수율을 살펴 본 결과에서는 CaCO₃가 다소 낮았으나 유의적인 차이는 없는 것으로 나타났다. 그러나 실험시작 29일째 칼슘흡수율은 각 군간에 유의적인 차이는 없었으나 Ca-P군이 가장 높게 나타났다. 이는 calcium phosphate가 유럽에서 가장 일반적으로 사용되고 있으며 높은 흡수율을 보인다고 한 연구결과¹⁴⁾에 비교된다. 그리고 Ca-G군이 Ca Balance가 유의적인 차이는 없었으나 가장 낮은 값을 보였다. Sheikh의 연구¹⁶⁾에서도 Ca-G군의 체내흡수율이 가장 낮다고 보고된 점과 본 실험결과를 비교해 볼 때 Ca-G군이 제일 바람직하지 않다고 생각된다.

5. 혈청 및 뇨의 성분

혈청 및 뇨성분에 대한 결과는 Table 9에 제시하였다. 혈청 칼슘 수준은 칼슘염의 종류에 따라서 유의적인 차이를 보였다. Ca-P군의 혈청 칼슘 수준이 가장 높았고 Ca-C군이 가장 낮은 것으로 나타났다. 혈청 칼슘수준이 항상성유지를 위해 호르몬분비에 의해서 조절된다고 볼 때 4종류의 칼슘염 모두 정상범위에 속한다는 점에서 거

Table 9. Serum calcium concentration and alkaline phosphatase activity, and urinary hydroxyproline excretion¹⁾

Organ	Serum Ca (mg/dl)	Alkaline phosphatase activity (KA unit)	Urinary hydroxyproline (μg/day)
Exp.group			
Ca-P	7.89 ± 0.21 ^{a2)}	41.70 ± 5.62 ^{NS3)}	30.07 ± 6.78 ^{NS}
Ca-L	7.55 ± 0.08 ^{ab}	43.12 ± 6.62	26.90 ± 5.03
Ca-G	7.84 ± 0.15 ^a	41.59 ± 4.19	40.82 ± 8.41
Ca-C	7.29 ± 0.10 ^b	28.43 ± 2.93	34.68 ± 3.73
SF ⁴⁾	** (0.01)	NS (0.12)	NS (0.4409)

- 1) Mean ± S.E.
- 2) Values within a column with different superscripts are significantly different at p < 0.05 by Duncan's multiple range test
- 3) NS : Not significant at p < 0.05 by Duncan's multiple range test
- 4) Significant Factor
- * : Effect of calcium source was significant by F-test at α=0.10
- ** : Effect of calcium source was significant by F-test at α=0.05
- NS : Effect of calcium source was not significant by F-test at α=0.10

의 차이가 없다고 생각된다.

골격형성의 지표로 측정된 혈청 alkaline phosphatase 활성은 칼슘염의 종류에 의한 차이가 나타나지 않아 각 군간에 유의적인 차이가 없었으나 Ca-L군에서 가장 높은 값을 보였고 Ca-C군에서 가장 낮은 값을 보였다. 그러나 Ca를 결핍시킨 후에 calcium lactate와 cal-

Table 10. Serum concentrations of protein, albumin, GOT, GPT activity¹⁾ (g)

Exp.group	Organ	Protein	Albumin	GOT	GPT
Ca-P		5.64±0.28 ^{NS2)}	2.91±0.15 ^{NS}	92.60± 6.81 ^{NS}	17.51±1.64 ^{NS}
Ca-L		5.85±0.13	2.86±0.11	77.92±14.42	13.25±3.17
Ca-G		5.73±0.15	2.93±0.09	80.80±13.70	17.30±7.38
Ca-C		6.02±0.23	3.21±0.18	56.17± 6.41	6.38±1.64
SF ³⁾		NS(0.58)	NS(0.27)	NS(0.22)	NS(0.25)

- 1) Mean±S.E.
- 2) NS : Not significant at p < 0.05 by Duncan's multiple range test
- 3) Significant Factor
- * : Effect of calcium source was significant by F-test at α=0.10
- ** : Effect of calcium source was significant by F-test at α=0.05
- NS : Effect of calcium source was not significant by F-test at α=0.10

cium carbonate를 투여하여 혈청 alkaline phosphatase activity를 측정 한 실험²⁸⁾에서는 calcium lactate군이 calcium carbonate군에 비해 유의적으로 낮은(P < 0.05)것으로 나타나 어떤 일관된 경향을 보기는 어려웠다. 그리고 뼈 기질의 대부분을 차지하는 콜라겐 단백질의 교체율을 측정하기 위한 지표로 이용되는 노 hydroxyproline 배설량²⁷⁾의 경우 각 군간에 유의적인 차이를 보이지 않았으나 Ca-G군이 가장 높은 값을 나타내었다. Ca을 결핍시킨 후에 다시 Ca-citrate와 Ca-lactate, Ca-carbonate를 보충시킨 실험²⁸⁾에 의하면 노 hydroxyproline 배설량은 세 군간에 유의적인 차이를 나타내지 않았다고 하여 Ca-lactate군과 Ca-carbonate군간에 차이를 보이지 않는 본 실험결과와 일치된다.

칼슘염의 종류에 따라 혈청 단백질과 알부민 수준에 차이가 있는지를 Table 10에 나타내었다. 단백질 수준은 칼슘염간에 유의적인 차이를 보이지 않았으며 Ca-C군이 다소 높게 나타났다. 혈청 알부민 수준도 칼슘염의 종류에 따라 유의적인 차이를 보이지는 않았다. 혈청 단백질 수준과 마찬가지로 Ca-C군에서 가장 높았다. 혈청 GOT 활성, GPT 활성 수준도 칼슘염의 종류에 따라 유의적인 차이를 보이지는 않았으나 Ca-C군이 GOT나 GPT수준이 가장 낮은 것으로 나타나 비교적 바람직한 것으로 보인다.

결 론

본 연구는 칼슘염의 종류에 따라 인체의 칼슘 흡수율과 골격대사에 어떤 영향을 미치는지를 조사하기 위하여 동물 모델로서 흰 쥐를 선택하여 실험하였다. 칼슘염의 종류에 따라 Ca-phosphate, Ca-lactate, Ca-gluconate, Ca-carbonate의 4군으로 나누어 이유후 흰 쥐에게 실험식을 5주간 투여한 후 그 효과를 살펴 보았다.

그 결과 칼슘보충제의 종류에 따른 식이섭취량과 체중

변화 및 식이효율을 살펴보면 식이효율은 각 군간에 유의적인 차이를 안 보인 반면 체중증가량과 식이효율이 Ca-G군이 Ca-P군과 Ca-L군에 비해 유의적으로 작았다. 다음으로 장기무게에서도 Ca-G은 다른 세 군에 비해 장기의 무게가 전반적으로 적은 경향이였다. 다음으로 골격의 구성성분을 살펴 본 결과에 의하면 대퇴골 및 견갑골의 길이는 Ca-G군이 다른 군에 비해 유의적으로 작았고 무게도 Ca-G군이 낮은 경향으로 나타났다. 대퇴골의 회분과 칼슘함량에서 회분함량은 유의적인 차이는 없었으나 Ca-G군이 가장 낮았고 칼슘함량은 Ca-G군이 유의적으로 가장 낮았다. 견갑골의 회분과 칼슘함량은 각 군간에 유의적인 차이가 있는 것으로 나타났는데 Ca-P군과 Ca-L군은 높은 경향이였으나 Ca-G군과 Ca-C군은 낮은 경향이였다.

칼슘대사를 살펴 본 결과에 의하면 칼슘섭취량, 변 및 뇨의 칼슘 배설량, 칼슘 흡수율에서 뚜렷한 경향을 보이지는 않았으나 노 칼슘 배설량이 Ca-G군이 유의적으로 많았으며 이에 따라 Ca-G군이 Ca Balance가 낮은 값을 보였다.

이상의 결과들로 볼때 성장기 흰쥐에게 칼슘염이 다른 식이를 공급해 주었을때 흰쥐의 체중증가량 및 장기무게와 골격성장에 영향을 주는 것이 발견되어 칼슘염의 종류에 따라 성장 및 골격대사가 영향 받음을 알 수 있었다. 반면, 혈청 칼슘수준, alkaline phosphatase 활성, 단백질 및 알부민 수준은 칼슘염의 종류에 따라 유의적인 차이를 보이지 않았다. 역시 노의 hydroxyproline 배설량의 경우도 유의적인 차이가 없는 것으로 나타났다.

본 연구결과로 보면 calcium gluconate 형태의 칼슘보충제는 다른 칼슘염에 비해 체중증가량, 장기무게, 대퇴골 길이, 골밀도 등이 낮았다. 반면 calcium phosphate나 calcium lactate는 대퇴골의 길이 및 밀도 측면에서 높은 값을 보여 칼슘보충제로써 calcium gluconate와 calcium carbonate 형태에 비해 더 효용성이

높은 것으로 나타났다. 이상의 결과와 Ca-gluconate의 체내 Ca 흡수율이 가장 낮게 나타난 Sheikh연구⁽¹⁶⁾ 결과로 미루어 볼 때 칼슘염의 종류에 따라 칼슘보충제를 선택하는 경우 Ca-gluconate가 가장 바람직하지않다고 생각된다. 따라서 칼슘보충제의 선택시 염의 종류에 따라 선택해야 할 필요성도 제기되지만 이에 는 좀더 신중한 자세가 필요하다고 생각된다. 또한 칼슘염의 종류에 따라 체중증가량과 칼슘대사 및 골격대사 등이 영향 받은 이유를 규명하기 위한 후속 연구가 진행되어야 할 것으로 본다.

Literature cited

- 1) 김숙희. 한국인의 Ca 영양과 골다공증. *한국영양학회지* 26 (2) : 203-212, 1993
- 2) Spener H, Nih KL. Osteoporosis factors contributing to osteoporosis. *J Nutr* 116 : 316, 1986
- 3) Giansiracusa DF, Kantowitz FG. Metabolic bone disease, New York Academy Press, pp243-245, 1984
- 4) 이보경 · 장유경 · 조수현. 폐경후 여성의 골밀도에 대한 환경, 생리적 요인의 영향. *한국영양학회지* 25 : 656-667, 1992
- 5) Anderson JJB. Dietary calcium and bone mass through the life cycle. *Nutrition Today. March/April* pp9-14, 1990
- 6) 한국영양학회. 한국인 영양권장량 제 6차개정. 1995
- 7) 보건사회부. 92국민 영양조사결과보고서. 1994
- 8) Mickelsen O and AG Marsh. Calcium requirement and diet. *Nutrition Today. Jan/Feb.*, pp28-32, 1989
- 9) Potter DV. Washing update : NIH consensus development conference statement optimal calcium intake. *Nutrition Today* 29 (5) : 37-40, 1994
- 10) National Research Council. RDA 10th edition. Washington D.C. 1989
- 11) Hunt SM, Groff JL. Advanced Nutrition and Human Metabolism pp266-272 West publishing Co, 1990
- 12) Levenson DI and RS Bockman. A review of calcium preparations. *Nutr Rev* 52 (7) : 221-232, 1994
- 13) Riis B, Thomsen K, Christiansen C. Does calcium supplementation prevent postmenopausal bone loss? *N Engl J Med* 316 : 173-7, 1987
- 14) Levenson DI, Bockman RS. A Review of Calcium Preparations. *Nutrition Review* Vol.52, No.7 : 221-232, July

- 1994
- 15) 김선효. 중년기의 비타민, 무기질 보충제 복용실태조사. *한국영양학회지* 27 (3) : 236-252. 1994
- 16) 김숙희. 가족영양학. 서울 : 신광출판사, P401, 1994
- 17) Sheikh MS, Anta Ana CA, Nicar MJ. Gastrointestinal absorptions of calcium from milk and calcium salts. *N Engl J Med* 317 : 532-536, 1987
- 18) Bray DL, Briggs CM. Decrease in bone density in young male guinea pigs fed high levels of ascorvic acid. *J Nutr* 114 : 920-928, 1984
- 19) 조성연. 난소를 절제한 흰쥐에서 식이 단백질 수준이 체내 Ca 및 골격대사에 미치는 영향. 이화여자대학교 석사학위논문, 1992
- 20) Blumenkrantz N, Asboe-Hansen G. A quick and specific assay for hydroxyproline. *Anal Biochem* 55 : 228-291, 1993
- 21) Greger JL, Catherine EK, Reen RK, Connie LK. Mineral Utilization by Rats Fed Various Commercially Available Calcium Supplements or Milk. *J Nutr* 117 : 717-724, 1987
- 22) Ismail F, Epstein S, Fallon MD. Serum bone Gla protein and the vitamin D endocrine system in the ovariectomized rats. *Endocrinology* 122 : 624-630, 1988
- 23) Kochanowski BA. Effect of calcium citrate-malate on skeletal development in young growing rats. *J Nutr* 120 : 876-881, 1990
- 24) Peterson AG, Erdman JW Jr. Bioavailability of calcium from tofu, nonfat dry milk and mozzarella cheese in rats. *J Food Sci* 53 (1) : 208-210, 1988
- 25) Perterson CA, Eurell JAC, Erdman JW. Bone composition and histology of young growing rats fed diets of varied calcium bioavailability : Spinach, nonfat dry milk, of calcium carbonate added to casein. *J Nutr* 122 : 137-144, 1992
- 26) Recker RR, Aarti Bammi, M Janet Barger-Lux, Robert P Heaney. Calcium absorbability from milk products, an imitation milk, and calcium carbonate. *Am J Clin Nutr* 47 : 93-5, 1988
- 27) Dull TA, Hennerman PH. Uninary hydroxyproline as an index of collagen turnover in bone. *N Engl J Med* 17 : 132-134, 1963
- 28) Hamalainen Mauri M. Bone Repair in Calcium-Deficient Rats : Comparison of Xylitol+Calcium Carbonate with Calcium Carbonate, Calcium Lactate and Calcium Citrate on the Repletion of Calcium. *J Nutr* 124 : 874-881, 1994