

식이 단백질의 종류와 수준이 연령이 다른 흰쥐에서 노Ca 배설 및 뼈에 미치는 영향

김혜영 · 조미숙 · 김화영 · 김숙희

이화여자대학교 가정대학 식품영양학과

The Effects of Dietary Protein on Bone Metabolism in the Rats of Different Ages

Hye Young Kim, Mi Sook Cho, Wha young Kim, Sook He Kim

Department of Foods and Nutrition, Ewha Womans University

= ABSTRACT =

This study was undertaken to investigate the effects of age and of the dietary protein sources & levels on urinary calcium excretion and bone metabolism in the rats.

Two experiments were conducted. In experiment I, 6 & 20 weeks old rats were fed 8 & 36%, casein & fish protein diet for 5 weeks. In experiment II, 16 & 52 weeks old rats were fed 40% protein diets, protein sources were casein, fish and gluten.

High-protein diet group excreted more calcium in urine than low-protein group. Urinary calcium excretion was affected by the sources of protein; gluten group excreted more Ca, followed by fish & casein group.

Total bone Ca & Ca proportion in ash were higher in 20 weeks old rats than 6 weeks old rats, but 16 & 52 weeks old rats showed no differences. Bone composition showed that water proportion was high and ash proportion was low in 6 weeks old rats than in 20 weeks old rats. However, these tendencies were not observed between 16 weeks and 52 weeks old rats. And bone composition was affected by protein sources; Higher ash proportions were noted in one order of casein, fish, and gluten while water proportions were lower in one same order.

These tendencies were marked in 6 weeks old rats.

서 른

증가하는 것은 어린시절부터 진행되는 골격의 성장과 관련이 있을 것으로 생각된다¹⁾. 요즈음 노화(Aging)와 골다공증(Osteoporosis)에 관한 관심이 높아지고 있는데²⁾⁻⁴⁾ Avioli는 사람의 경우에는 40세가 넘으면 뼈

나이가 증가함에 따라 골격이 약해지고 골절사고가

접수일자 : 1986년 2월 10일

의 밀도(bone density)가 감소하기 시작해서 80 세가 되면 40세 때의 밀도의 50%로 줄어든다고 하였다.⁵⁾ 그러나, 노화라는 것이 어떤 연령 이후에 갑자기 시작되는 것이 아니라 어린시절부터 계속되는 과정이라는 것을 생각할때 골격이 한창 자라나는 성장기의 뼈의 무게와 밀도가 노년기의 뼈의 건강에 매우 중요하다고 생각할 수 있다.

골격 유지와 관계있는 여러 식이 인자들 중에서 식이내의 단백질은 체내 Ca 대사에 영향을 미쳐 성장기의 골격의 성장과 유지뿐만이 아니라 노년기의 골격이 약화되는 정도와도 관련이 있다. 즉, 식이 중의 높은 단백질 함량은 소변중의 Ca 배설량을 증가시키며 따라서 계속적인 고단백식이 뼈중의 Ca를 유출하게되어 노년기에 나타나는 골다공증(osteoporosis)의 원인이 될 수 있다.⁶⁾ 현재까지 식이내 단백질 함량이 체내 Ca 대사와 골격에 미치는 영향에 대한 많은 연구가⁷⁾⁻²¹⁾ 있으나 실험동물의 나이와 단백질의 종류에 따른 고단백 식이의 영향은 잘 알려지지 않았다. 따라서 본 연구에서는 두 단계의 실험을 통하여 단백질의 종류와 수준이

나이가 다른 실험동물의 골격과 뇨 Ca 배설량에 미치는 영향을 조사하였다.

첫번째 실험에서는 생후 6주와 20주된 쥐를 이용하여 단백질의 종류와 수준이 Ca 대사와 골격 성숙에 미치는 영향을 관찰하였다. 단백질의 수준은 8%와 36%로 하였고 단백질의 종류는 우리나라의 실정이 우유나 육류 보다는 생선의 소비가 더 많은 것을 고려하여 Casein 단백질과 북어단백을 이용하였다.

두번째 실험은 좀 더 성숙한 동물에서 Ca 대사와 골격변화를 보기위해 시행하였는데 즉, 16주와 52 주된 흰쥐를 이용하여 단백질의 수준은 40%로 고정시켰을 때 동물성 단백질인 Casein, 북어와 식물성 단백질인 Gluten의 영향을 조사하였다.

실험재료 및 방법

1) 실험동물 및 식이

<실험 I>에서는 생후 6주와 20주된 Wistar종 수컷 흰쥐(실험초 체중 120.1±3.1g, 405.1±6.3g)를 가나

Table 1. Composition of experimental diets

Exp. Group ¹⁾	(g/kg diet)						
	Experiment I			Experiment II			
	6-LC 20-LC	6-LC 20-HC	6-LF 20-LF	16-HF 52-HF	16-HC 52-HC	16-HG 52-HG	16-HF 52-HF
Casein	80.0	360.0	—	—	400.0	—	—
북 어 ²⁾	—	—	86.0	387.0	—	—	430.0
Gluten	—	—	—	—	—	400.0	—
Corn starch	800.0	520.0	794.0	493.0	380.0	380.0	350.0
Corn oil	50.0	50.0	50.0	50.0	150.0	150.0	150.0
Cellulose	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
Salt mixture ³⁾	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0
Vitamin mixture ⁴⁾	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0

1) Experiment I: 6-6 weeks old rat, LC-8% Casein, LF-8% fish, 20-20 weeks old rat, HC-36% Casein, HF-36% fish

Experiment II: 16-16 weeks old rat, HC-40% Casein, HG-40% Gluten, 52-52 weeks old rat, HF-40% fish

2) Buying from Jung-Bu market and dried by sun

3) Salt Mixture(g/kg diet) : (MgCO₃)₄ · Mg(OH)₂ · 5H₂O : 7.95, 5ZnO · 2CO₃ · 4H₂O : 0.092, FeSO₄ · 7H₂O : 0.124, CuSO₄ · 5H₂O : 0.02, MnSO₄ · H₂O : 0.15, KI : 0.0013, NaCl : 2.3, Na₂CO₃ : 1.6, K₂CO₃ : 3.53, Na₂SeO₃ : 0.00022, CaCO₃ : 9.181, Ca(H₂PO₄)₂ · H₂O : 14.6

4) Vitamin Mixture(mg/kg diet) : Thiamin · HCl : 10, Nicotinic acid 120, Pyridoxine : 10, Calcium pantothenate : 10, Biotin 0.05, Folic acid 4, Inositol 500, Para-amino benzoic acid 100, Cyanocobalamin 0.01, Choline chloride 2,000, alpha tocopherol acetate 50, Menadion 2, Vitamin A 0.1, Vitamin D 0.01.

이별로 8% Casein군, 36% Casein군, 8% Fish군, 36% Fish군 등 4개의 실험식으로 총 8개의 실험군으로 나누었다. 각 군당 마릿수는 7 마릿였으며 실험기간은 5 주간이었고 물과 식이는 제한없이 먹도록 하였다.

〈 실험 II 〉에서는 생후 16주와 52주된 Wistar종 수컷 흰쥐(실험초 체중 $341.0 \pm 1.7g$, $358.0 \pm 2.5g$)를 각 나이별로 40% Casein, 40% Fish, 40% Gluten 등 3개의 실험식으로 총 6개의 실험군으로 나누었다. 각군당 마릿수는 8 마리로 5 주간 사육하였다. 실험 I 과 II의 실험군의 식이구성은 〈 Table 1 〉과 같다.

2) 실험방법

(1) 시료의 채취

실험기간 중 〈 실험 I 〉에서는 제3일, 23일, 34 일에 실험동물의 뇨를 수집하였으며 〈 실험 II 〉에서는 제2일, 9일, 23일, 35일에 각각 뇨를 수집하였다. 뇨 수집 전 2 일동안 대사장(Metabolic Cage)에 적응시켰으며 그후 2 일간 배설되는 뇨를 채취하였고 채취한 뇨는 부패방지를 위해 0.1% Hcl 및 Toluene을 소량 넣어준 후 냉동보관 하였다.

실험종료후 쥐를 희생시켜 뼈를 채취하였는데 〈 실험 I 〉에서는 오른쪽 대퇴골(Femur)와 견갑골(Scapulus)을, 〈 실험 II 〉에서는 오른쪽 경골(Tibia)과 견갑골(Scapulus)을 각각 채취하여 각 뼈의 젖은 무게를 잰 뒤 $105 \pm 5^\circ C$ 가 유지되는 Drying Oven에서 건조시켜 마른무게를 측정하였고 그후 20~24 시간 동안 $600^\circ C$ 의 전기로(Muffle furnace)에서 회화시켜 Ca 함량 분석에 이용하였다.

(2) 뇨와 뼈의 Ca 함량 측정

뼈의 Ca 함량은 회화된 뼈를 IN Hcl Solution 20 ml에 녹인뒤 0.5%의 La_2O_3 용액으로 희석하여 At-

omic Absorption Spectrophotometer (Perkin-Elmer Co. 2380)로 427nm에서 흡광도를 측정하여 정량하였다²²⁾ 각 기간동안 수집한 뇨는 0.5% La_2O_3 용액으로 희석한 뒤 역시 A.A.S.에 의해 Ca 함량을 측정하였다.

(3) 자료의 처리

모든 결과는 $\alpha=0.05$ 수준에서 Scheffe's 방법에 의해 각 평균치간의 유의성을 검정하였다²³⁾.

실험 결과

1) 〈 실험 I 〉의 결과

(1) 뇨 Ca 배설량

〈 실험 I 〉의 20주된 쥐의 뇨 Ca 배설량은 〈 Table 2 〉에 나타내었다. 6주된 쥐의 경우에는 채취된 뇨의 양이 적어서 Ca 함량을 분석하지 못하였다. 20주된 쥐의 경우 고단백식이군이 저단백식이군 보다 뇨 Ca 배설량이 더 높게 나타났는데, 높게 나타나는 기간은 복어군이 더 오래 지속되어서 단백질의 종류에 따라 차이가 있음을 볼 수 있었다. 특히, 고단백 복어군은 실험 종료까지 나머지 세군보다 뇨 Ca 배설량이 유의적으로 높았다.

(2) 뼈의 무게와 구성성분 비율

① 뼈의 무게와 회분무게, 총 Ca 함량 및 회분중의 Ca 비율

〈 Table 3 〉에서 보듯이 〈 실험 I 〉에서 채취한 대퇴골과 견갑골의 젖은무게, 마른무게, 회분함량, 총Ca 함량 및 Ca 함유율은 20주된 성숙한 동물이 6주된 어린 동물보다 높게 나타났다. 6주된 쥐의 경우 단백질의 수준에 따라 고단백군인 6-HC, 6-HF군이 저단백군인 6-LC, 6-LF군보다 뼈무게와 Ca 함량이 더 높게

Table 2. 48-hour urinary Ca excretion of 20 weeks old rats

Date of collection Group	(mg/2day)			
	3rd day	13th day	23rd day	34th day
20 - LC	$0.18 \pm 0.05^{1) N.S.^{3)}$	$0.09 \pm 0.03 a^{2)}$	$0.17 \pm 0.07 a$	$0.12 \pm 0.04 a$
20 - HC	0.32 ± 0.14	$0.15 \pm 0.04 a$	$0.12 \pm 0.03 a$	$0.14 \pm 0.02 a$
20 - LF	0.11 ± 0.05	$0.09 \pm 0.06 a$	$0.05 \pm 0.01 a$	$0.11 \pm 0.01 a$
20 - HF	0.42 ± 0.13	$0.42 \pm 0.09 b$	$0.53 \pm 0.08 b$	$0.30 \pm 0.03 b$

1) Mean \pm S.E.

2) Values with different alphabet within the column were significantly different at $\alpha=0.05$ level by Scheffe's test

3) Not significant at $\alpha=0.05$ level by scheffe's test.

Table 3. Ca content and weight of femur & scapulus of 6 & 20 weeks old rats

Group	Wet weight (mg)	Dry weight (mg)	Ash weight (mg)	Total Ca (mg)	Ca % ($\frac{\text{Ca}}{\text{ash}} \times 100$)
Femur					
6-LC	521 ± 14 ¹⁾ a ²⁾	361 ± 13 a	181 ± 7 a	59.3 ± 3.0 a	32.8 ± 1.1 N.S. ³⁾
6-HC	778 ± 38 bc	516 ± 27 b	271 ± 13 b	91.7 ± 4.3 b	33.9 ± 0.3
6-LF	642 ± 32 ab	387 ± 17 ab	187 ± 11 ab	62.4 ± 3.2 a	33.5 ± 0.3
6-HF	831 ± 44 bc	508 ± 31 b	254 ± 19 ab	82.5 ± 6.9 ab	32.2 ± 3.3
20-LC	949 ± 39 cd	741 ± 28 c	447 ± 16 c	159.4 ± 6.3 c	35.7 ± 0.6
20-HC	1014 ± 17 cd	787 ± 11 c	472 ± 7 c	169.7 ± 2.2 c	36.0 ± 0.3
20-LF	1063 ± 46 d	832 ± 34 c	500 ± 23 c	174.0 ± 8.2 c	34.8 ± 0.4
20-HF	1050 ± 29 d	804 ± 23 c	474 ± 21 c	163.2 ± 6.7 c	34.6 ± 1.9
Scapulus					
6-LC	94 ± 3 a	83 ± 3 a	41 ± 2 a	12.9 ± 0.6 a	31.7 ± 0.3 ab
6-HC	154 ± 9 b	133 ± 7 c	67 ± 3 b	20.8 ± 1.0 b	31.1 ± 0.7 a
6-LF	106 ± 4 a	91 ± 4 ab	45 ± 3 ab	14.4 ± 1.0 ab	32.4 ± 0.3 ab
6-HF	153 ± 10 b	125 ± 10 bc	62 ± 5 ab	20.0 ± 1.9 ab	32.3 ± 0.4 ab
20-LC	234 ± 11 c	212 ± 10 d	122 ± 5 c	40.9 ± 1.6 c	33.6 ± 0.4 b
20-HC	242 ± 4 c	219 ± 4 d	127 ± 3 c	42.3 ± 0.8 c	33.4 ± 0.3 b
20-LF	255 ± 11 c	230 ± 9 d	133 ± 6 c	45.1 ± 2.1 c	34.1 ± 0.3 b
20-HF	253 ± 7 c	228 ± 6 d	129 ± 2 c	43.6 ± 0.4 c	34.0 ± 0.4 b

1) Mean ± S.E.

2) Values with different alphabet with in the column were significantly different at $\alpha=0.05$ level by scheffe's test

3) Not significant at $\alpha=0.05$ level by scheffe's test.

나타났고 단백질의 종류에 따라 차이가 나지 않았다. 20주된 쥐의 경우에는 단백질의 수준이나 종류에 따라 차이가 나지 않았다. 회분중의 Ca 함유율은 연령에 따라 6주된 쥐보다 20주된 쥐가 Ca 함유율이 약간 높은 경향을 보였으나 고단백 식이군과 저단백 식이군, 복어군과 Casein군 사이에는 차이가 없었다.

② 뼈의 구성성분 비율

〈실험 I〉의 뼈의 구성성분 비율은 〈Table 4〉와 같았다. 20주된 성숙한 쥐와 6주된 어린 쥐의 유기물 함유율은 비슷하였지만 성숙한 쥐가 어린 쥐보다 수분 함유율은 낮고 회분함유율은 높았다. 6주된 쥐의 경우 단백질의 종류에 따라 차이를 보여서 Casein군이 복어군보다 수분함유율은 낮고, 회분함유율은 높았다. 그러

나 20주된 쥐에서는 이러한 차이를 찾아볼 수 없었다.

2) 〈실험 II〉의 결과

(1) 뇨 Ca 배설량

뇨 Ca 배설량 〈Table 5〉은 16주된 쥐의 경우 Casein군과 복어군은 차이가 없었으나 Gluten군의 뇨중 Ca 배설량은 전기간 동안 다른 두 군에 비해 약간 높은 경향을 보였다. 그러나 52주된 쥐에서는 단백질의 종류에 따른 차이가 없었다.

(2) 뼈의 무게와 구성성분 비율

① 뼈의 무게와 총 Ca 함량 및 회분중의 Ca 함유율

16주된 쥐와 52주된 쥐의 경골과 견갑골의 젖은무게, 마른무게 (Table 6)은 연령이나 단백질의 종류에 따

— 식이 단백질의 종류와 수준이 연령이 다른 흰쥐에서 뇨 Ca 배설 및 뼈에 미치는 영향 —

Table 4. Femur & scapulus composition of 6 & 20 weeks old rats

Group	Water, % *	Ash, % **	Organic matter, % ***	Ash/organic matter
Femur				
6 - LC	30.9 ± 1.0 ¹⁾ b ²⁾	34.7 ± 0.7 b	34.6 ± 0.4 N.S. ³⁾	1.01 ± 0.02 a
6 - HC	33.7 ± 0.6 b	34.9 ± 0.9 b	31.4 ± 0.9	1.12 ± 0.06 a
6 - LF	39.6 ± 0.7 c	29.1 ± 0.5 a	31.4 ± 0.6	0.93 ± 0.03 a
6 - HF	39.0 ± 0.7 c	30.6 ± 1.3 ab	30.4 ± 0.9	1.01 ± 0.07 a
20 - LC	21.8 ± 1.1 a	47.3 ± 0.9 c	30.9 ± 0.3	1.53 ± 0.02 b
20 - HC	22.4 ± 1.0 a	46.5 ± 0.7 c	31.1 ± 0.3	1.50 ± 0.01 b
20 - LF	21.7 ± 0.7 a	47.0 ± 0.7 c	31.3 ± 0.5	1.51 ± 0.04 b
20 - HF	23.5 ± 0.2 a	45.2 ± 2.0 c	31.3 ± 1.8	1.48 ± 0.13 b
Scapulus				
6 - LC	11.2 ± 0.9 ab	43.5 ± 1.3 a	45.5 ± 1.3 b	0.97 ± 0.05 a
6 - HC	13.2 ± 0.9 ab	43.8 ± 1.2 a	43.0 ± 1.6 ab	1.03 ± 0.06 a
6 - LF	14.3 ± 1.1 b	41.7 ± 1.4 a	44.1 ± 1.7 ab	0.96 ± 0.06 a
6 - HF	20.5 ± 1.6 c	39.4 ± 1.0 a	40.1 ± 1.4 ab	0.99 ± 0.05 a
20 - LC	9.4 ± 0.3 a	52.1 ± 0.6 b	38.4 ± 0.6 a	1.36 ± 0.03 b
20 - HC	9.7 ± 0.4 ab	52.3 ± 0.5 b	38.6 ± 0.8 a	1.36 ± 0.03 b
20 - LF	10.3 ± 0.5 ab	51.9 ± 0.4 b	37.8 ± 0.7 a	1.38 ± 0.03 b
20 - HF	9.9 ± 0.5 ab	51.1 ± 0.9 b	39.0 ± 0.9 ab	1.32 ± 0.05 b

* $\frac{\text{Water}}{\text{Wet wt.}} \times 100$ ** $\frac{\text{Ash}}{\text{Wet wt.}} \times 100$ *** $\frac{\text{Org. matter}}{\text{Wet wt.}} \times 100$

1) Mean ± S.E.

2) Values with different alphabet with in the column were significantly different at $\alpha = 0.05$ level by scheffe's test

3) Not significant at $\alpha = 0.05$ level by scheffe's test.

Table 5. 48-hour urinary Ca excretion of 16 & 52 weeks old rats

(mg/48hours)

Group	Date of collection			
	2nd day	9th day	23rd day	35th day
16 - HC	0.34 ± 0.08 ¹⁾ N.S. ²⁾	0.24 ± 0.04 N.S.	0.20 ± 0.02 N.S.	0.20 ± 0.04 N.S.
16 - HG	0.36 ± 0.08	0.44 ± 0.08	0.46 ± 0.06	0.26 ± 0.06
16 - HF	0.24 ± 0.08	0.36 ± 0.02	0.30 ± 0.06	0.22 ± 0.06
52 - HC	0.34 ± 0.06	0.34 ± 0.08	0.14 ± 0.02	0.30 ± 0.14
52 - HG	0.38 ± 0.08	0.48 ± 0.08	0.20 ± 0.04	0.28 ± 0.04
52 - HF	0.24 ± 0.06	0.54 ± 0.04	0.22 ± 0.06	0.22 ± 0.04

1) Mean ± S.E.

2) Not Significantly different at $\alpha = 0.05$ level by Scheffe's test

Table 6. Ca content & weight of femur & scapulus of 16 & 15 weeks old rats

Group	Wet Weight(mg)	Dry Weight(mg)	Ash Weight(mg)	Total Ca(mg)	Ca%($\frac{Ca}{ash} \times 100$)
Tibia					
16 - HC	770 ± 50 ¹⁾ N.S. ²⁾	640 ± 25 N.S.	367.1 ± 2.0 N.S.	141.7 ± 2.5N.S	40.3 ± 0.6 N.S.
16 - HG	770 ± 40	605 ± 22	353.7 ± 1.0	126.4 ± 5.0	37.2 ± 0.4
16 - HF	770 ± 50	600 ± 20	348.6 ± 13.1	135.9 ± 6.4	39.1 ± 1.1
52 - HC	740 ± 60	585 ± 39	338.3 ± 2.0	127.1 ± 1.4	38.2 ± 0.6
52 - HG	770 ± 30	596 ± 21	332.5 ± 8.0	124.3 ± 5.4	37.8 ± 0.3
52 - HF	760 ± 40	566 ± 29	328.6 ± 12.4	134.4 ± 4.6	41.2 ± 1.0
Scapulus					
16 - HC	260 ± 20 N.S.	222 ± 8 N.S.	126.8 ± 4 N.S.	43.0 ± 0.9N.S.	34.0 ± 0.9 N.S.
16 - HG	330 ± 50	218 ± 9	126.2 ± 3	43.8 ± 0.5	34.6 ± 0.7
16 - HF	270 ± 20	207 ± 18	118.6 ± 8	39.4 ± 1.2	33.4 ± 1.0
52 - HC	280 ± 20	215 ± 9	119.4 ± 4	40.0 ± 0.5	33.8 ± 0.6
52 - HG	270 ± 10	210 ± 11	132.8 ± 16	38.8 ± 1.2	33.0 ± 0.8
52 - HF	310 ± 20	221 ± 12	122.8 ± 7	41.4 ± 1.1	33.8 ± 1.0

1) Mean ± S.E.

2) Not Significant at $\alpha=0.05$ level by Scheffe's test

Table 7. Tibia & scapulus composition of 16 & 52 weeks old rats

Group	Water, % *	Ash, % **	Organic matter, % ***	Ash/Org. matter
Tibia				
16 - HC	18.1 ± 2.2 ¹⁾ N.S. ²⁾	46.1 ± 4.4 N.S.	35.7 ± 3.1 N.S.	1.29 ± 0.04 N.S.
16 - HG	21.0 ± 1.2	45.5 ± 1.3	33.5 ± 0.4	1.35 ± 0.02
16 - HF	21.0 ± 1.7	46.7 ± 3.5	31.7 ± 2.1	1.47 ± 0.01
52 - HC	18.4 ± 2.4	48.2 ± 4.1	33.4 ± 2.1	1.44 ± 0.03
52 - HG	24.4 ± 2.6	42.3 ± 1.9	33.7 ± 1.3	1.25 ± 0.07
52 - HF	22.6 ± 3.4	44.9 ± 2.2	32.5 ± 1.3	1.38 ± 0.02
Scapulus				
16 - HC	14.4 ± 3.6 N.S.	48.9 ± 2.1 N.S.	36.6 ± 1.9 N.S.	1.30 ± 0.03 N.S.
16 - HG	20.0 ± 1.3	45.4 ± 0.9	34.6 ± 1.0	1.30 ± 0.01
16 - HF	19.3 ± 1.5	45.8 ± 2.2	34.9 ± 3.0	1.31 ± 0.04
52 - HC	21.7 ± 3.5	43.4 ± 2.0	34.9 ± 1.7	1.24 ± 0.03
52 - HG	20.9 ± 2.6	44.2 ± 1.9	34.9 ± 1.9	1.26 ± 0.06
52 - HF	27.7 ± 2.2	40.2 ± 1.5	32.1 ± 1.4	1.25 ± 0.04

* $\frac{Water}{wet\ wt.} \times 100$

** $\frac{Ash}{wet\ wt.} \times 100$

*** $\frac{Org.\ matter}{wet\ wt.} \times 100$

1) Mean ± S.E.

2) Not Significant at $\alpha=0.05$ level by Scheffe's test

른 차이가 없었다. 그러나 경골내 총 Ca 함량과 회분층의 Ca 함유율은 16주된 쥐가 52주된 쥐에 비해 높은 경향을 보였고, 이런 경향은 Casein 군에서 두드러졌다.

② 뼈의 구성성분 비율

〈실험 II〉의 경골과 견갑골의 구성성분 비율은 〈Table 7〉과 같이 Casein 군, 북어군, Gluten군의 순으로 수분함유율이 낮은 반면 회분함유율은 높았다. 이러한 경향은 16주된 쥐보다는 52주된 쥐에서, 견갑골보다는 경골에서 더욱 현저하게 나타났다.

고찰 및 결론

이유 후의 어린쥐(6주)와 성장기의쥐(16, 20주) 그리고 이미 성숙한쥐(52주)를 대상으로한 두 실험 〈실험 I〉 〈실험 II〉의 결과 뇨 Ca 배설량은 다른 여러보고에서와 같은 결과를 보여 실험 I에서 고단백식을 섭취할때, 저단백식을 섭취할때 보다 뇨로 배설되는 Ca의 양이 증가했으며 특히, 고단백 북어군(20-HF)은 실험종료때 까지도 계속 뇨 Ca 배설량이 높게 나타나서 북어군이 Casein 군 보다 Calciuria의 지속기간이 길었음을 보여주었다. 이는 Benke²¹⁾, Whiting¹⁹⁾, Spencer¹¹⁾ 등이 고단백식이 섭취시에 나타나는 hypercalciuria의 정도와 기간은 단백질의 종류에 따라 달라진다는 보고와 일치하며, 단백질의 질이 낮을수록 calciuria가 심한 경향을 보였다. 실험 II의 결과는 이러한 경향을 더욱 확실히 해준다. 즉 16주된 쥐의 경우 (실험 II) Gluten군(16-HG)이 Casein 군과 북어군 보다 뇨 중 Ca 배설량이 전기간동안 높게 나타났으며 성숙한 동물에게 고단백식을 먹였을때, Gluten, 북어, Casein 군의 순서로 뇨 Ca 배설량이 높았다. 그러나, 이것은 동물성 단백질 섭취량이 증가했을때 뇨 Ca 배설량이 증가하지만 식물성 단백질의 섭취량은 뇨 Ca 배설량에 영향을 주지 않는다는 구¹²⁾의 보고와는 다른 결과이다.

현재까지 단백질의 종류에 따라 뇨 Ca 배설량에 차이가 나는 정확한 기전은 불분명하나, Whiting²⁰⁾ 등은 이러한 차이가 단백질내의 sulfur-containing amino acid의 함량 차이에 의한 것이라고 보고한 바 있다.

실험동물의 뼈의 무게와 회분함량을 살펴본 결과, 성장기에 있는 6주된 어린동물은 식이내 단백질의 함량에 크게 영향을 받고있음을 나타내었다. 이는 Engstrom²⁵⁾이 어린쥐에게 36%의 Casein 식이를 줄때 18%의 Casein 식이를 준 군보다 회분함량이 많다는 보고와 같은 결과로 성장기에는 단백질의 수준에 따라 뼈의 발달

에 큰 영향을 미치는 것으로 보인다. 20주된 쥐가 6주된 쥐보다 뼈의 Ca 함량이 높은 것으로 보아 (실험 I) 성장기에는 Ca 함량이 급속히 증가하지만, 16주된 쥐와 52주된 쥐에서는 차이가 없었으므로 (실험 II) 성숙한 뒤에는 Ca의 절대량이 변하지 않음을 알 수 있었다.

회분 중의 Ca 함유율은 6주된 어린쥐보다 20주된 쥐에서 더 높게 나타나서 성숙함에 따라 뼈 속의 회분이 축적되는 과정에서 Ca이 다른 무기질 보다 더 많이 축적됨을 알 수 있었다.⁴⁴⁾ 그러나, 어느정도 성숙한 뒤에는 16주와 52주의 쥐에서 나타난 것처럼 Ca 함유율에 더 이상 변화를 보이지 않았다.

뼈의 구성성분비율을 수분, 회분 및 유기물질의 함유율로 비교해 보면, 성장기인 6주된 쥐가 20주된 쥐보다 (실험 I) 수분 비율이 높고, 회분 비율은 낮으며 유기물 비율은 비슷하여서, 성장함에 따라 수분의 비율이 줄어지고 대신 회분의 비율이 증가함을 볼 수 있었다. 그러나 어느정도 성숙이 끝난뒤 늙어가는 과정에서는 (실험 II) 구성성분 비율에 변화를 보이지 않았다. 또, 단백질의 종류도 뼈의 구성성분에 영향을 주어서 Casein 군, 북어군, Gluten군의 순으로 수분함유율은 낮고 회분함유율은 높게 나타났으며, 이런 현상은 6주된 어린쥐에서 유의적인 차이가 있었다. 따라서 단백질의 질이 뼈의 성장에 영향을 미쳐서 Casein, 북어, Gluten의 순서로 뼈의 회분축적을 촉진시키는 경향을 볼 수 있었다.

결론적으로, 연령에 따라 식이내 단백질이 실험동물의 골격에 미치는 영향은 다르게 나타나서, 어린 동물일수록 단백질의 종류와 수준이 골격발달에 큰 영향을 미쳤고, 단백질의 종류에 의한 영향은 나이가 증가함에 따라 감소했으며 Casein, 북어, Gluten 순으로 좋은 영향을 주는 것으로 사료된다.

REFERENCES

- 1) Lindahl, O. & Lingrem, A.G.H.: *Cortical bone in man. Acta orthop. Scandinav.*, 38:141-147, 1967.
- 2) Albanese, A.A.: *Magnesium, Phosphorus and Calcium Needs for Bone Health. In: Hand book of Geriatric Nutrition, ed. Hsu, J.M. and Davis, R.L., pp 219-249, Noyes Publications, New Jersey, 1981.*
- 3) Rider, A.A.: *Nutrition in the Development and*

- Aging of the Skeleton. In: Nutritional Approaches to Aging Research, ed. Moment, G.B. pp. 177-196, CRC Press Inc., Florida, 1982.*
- 4) Heaney, R.P., Gallagher, J.C., Johnston, C.C., Neer, R., Parfitt, A.M., Chir, B. & Donald Whedon, G.: *Calcium nutrition and bone health in the elderly. Am. J. Clin. Nutr.*, 36:986-1013, 1982.
 - 5) Avioli, L.V.: *What to do with postmenopausal Osteoporosis? Am. J. Med.*, 65: 881-884, 1978.
 - 6) Wachman & Bernstein: *Diet & Osteoporosis, Lancet* 1: 958-959, 1968.
 - 7) Allen, L.H., Bartlett, R.S., Block, G.D.: *Reduction of renal Ca reabsorption in man by consumption of dietary protein., J. Nutr.*, 109: 1345-1350, 1979.
 - 8) Schuette, S.A., Zemel, M.B., Linkswiler, H.M.: *Studies on the mechanism of protein-induced hypercalciuria in older men & women, J. Nutr.*, 110: 305-315, 1980.
 - 9) Zemel, M., Schuette, S.A., Hegsted, M., Linkswiler, H.M.: *Effect of level of protein and P intake on urinary Ca & Sodium in men, Fed. Proc.*, 38: 872, 1979.
 - 10) Linkswiler, H.M., Zemel, M.B.: *Protein-induced hypercalciuria, Fed. Proc.*, 40: 2429-2433, 1981.
 - 11) Spencer, H., Kramer, L., Osis, D. & Norris, C.: *Effect of a high protein(meat) intake on Ca metabolism in man., Am. J. Clin. Nutr.*, 31: 2167-2180, 1978.
 - 12) 구제옥: *The effect of dietary protein & Ca on Urinary Ca in young men., Korean. J. Nutr.*, 15: 235-241, 1982.
 - 13) Johnson, N.E., Alcantara, E.N. & Linkswiler, H.M.: *Effect of level of protein intake on urinary and fecal calcium and calcium retention of young adult males., J. Nutr.*, 100:1425-1430, 1970.
 - 14) Walker, R.M. & Linkswiler, H.M.: *Calcium retention in the adult human male as affected by protein intake, J. Nutr.*, 102: 1297-1302, 1972.
 - 15) Anand, C.R. and Linkswiler, H.M.: *Effect of protein intake on calcium balance of young men given 500mg Ca daily, J. Nutr.*, 104: 695-700, 1974.
 - 16) Chu, J.Y., Margen, S. & Costa, F.M.: *Studies on Calcium metabolism II; Effect of low calcium and variable protein intake on human calcium metabolism, Am. J. Clin. Nutr.*, 28: 1028-1035, 1975.
 - 17) Allen, L.H., Oddoye, E.A. & Margen, S.: *Protein-induced hypercalciuria; a longer term study, Am. J. Clin. Nutr.*, 32: 441-749, 1979.
 - 18) Bell, R.R., Thomas, B., Engelmann, D.T., Sie, T. & Draper, H.H.: *Effect of high protein intake on calcium metabolism in the rat, J. Nutr.*, 105: 475-483, 1975.
 - 19) Whiting, S.J., & Draper, H.H.: *Effect of chronic high protein feeding on bone composition in the adult rat, J. Nutr.*, 111: 178-183, 1981.
 - 20) Whiting, S.J. & Draper, H.H.: *The role of sulfete in the calciuria of high protein cliets in the adult rats, J. Nutr.*, 110: 212-222, 1980.
 - 21) Benke, S.S.: *Effect of different protein sources on urinary calcium and zinc in adult male rats, Fed. Proc.*, 38: 812, 1979.
 - 22) Perkin-Elmer Corp.: *Analytical methods for atomic absorption spectrophotometry, Norwalk, CT.*
 - 23) Snedecor, G.W., Cochran, W.G.: *Statistical method, Ames, pp268-271. IOWA: The IOWA state university press, 1972.*
 - 24) Borysenko, M., Borysenko, J., Beringer, T. & Gustafson, A.: *Functional histology, Boston, Little, Brown & Company, 1979.*
 - 25) Engstrom, G.W. & Deluca, H.F.: *Effect of egg white diet on Ca metabolism in rat, J. Nutr.*, 81: 218-222, 1963.