

식이내 Ca 수준과 지방 종류를 달리하였을 때 흰쥐의 체내 지방대사에 미치는 영향

권 오 란 · 김 미 경

이화여자대학교 식품영양학과

Effects of Dietary Ca Levels and Kinds of Lipids on the Lipid Metabolism in the Rats

Kwon O Ran · Kim Mi Kyung

Dept. of Food & Nutrition, Ewha Womans University

= Abstract =

Effects of a change in dietary Ca content and an alteration in dietary lipid type on lipid metabolism have been investigated in male Sprague-Dawley rats.

The results obtained were summarized as follows ;

- 1) There was no comparable changes in food consumption and body weight gain among all 9 groups.
- 2) Serum total lipids and cholesterol were lowest when high Ca-corn oil diet was fed, and highest when low Ca-butter diet was fed.
- 3) The contents of total lipids and cholesterol per g liver and total liver showed no consistent tendency with the dietary treatment.
- 4) Addition of Ca to the diet caused the significant increase in the dry fecal matter and fecal Ca. And fecal total lipids and fecal cholesterol were much greater if the high-Ca diet was fed than if control and low-Ca diet were fed.

It is concluded that Ca and polyunsaturated fatty acids have tendency of hypocholesterolemic effect.

서 론

우리나라 국민 사망율의 상위를 점하고 있는 관상동맥성 심장질환(coronary heart disease)은 혈청

콜레스테롤과 밀접하게 관계되어있다¹⁾²⁾. 순환계 질병에 영향을 미치는 영양적 인자로서 식이 탄수화물, 단백질, 지방의 종류 및 양 그리고 총열량 섭취량이 주로 논의되어왔으며^{3)~4)} 이밖에 비타민과 무기질의 영향도 연구되어왔다⁵⁾.

접수일자 : 1988년 9월 19일

식이 Ca의 혈청 콜레스테롤 저하효과(hypocholesterolemic effect)는 Ca 함량이 적은 연수(soft water) 지역에서 순환계 질병의 이환율이 높았다는 역학적 보고와 관련되어 잘 알려지게 되었다⁶⁾⁷⁾. Calcium은 췌장의 lipase, 혈액의 lipoprotein lipase, lecithinase, choline esterase 등의 효소활성제(enzyme activator)이며⁸⁾ 주로 지단백(lipoprotein)으로 구성된 세포막의 cationic binding site에 대해 Na⁺, K⁺과 경쟁함으로써 세포막의 투과성(permeability)을 조절하며⁹⁾ ¹⁰⁾, 소장내에서 지방산과 결합하여 불용성 염을 형성함으로써 섭취된 지방의 소화력을 감소시키는 등¹¹⁻¹⁷⁾ 지방대사에 관여한다.

또한 지방의 종류, 즉 지방의 불포화도(P/S ratio)가 혈청 콜레스테롤 농도에 영향을 미치는데, 고급 불포화지방산은 변으로 콜레스테롤과 담즙산이 배설되는 것을 증가시키거나, 근육 및 체조직으로 콜레스테롤을 재분배시키거나, 소장에서의 콜레스테롤 흡수를 감소시키거나, 내생 콜레스테롤 합성(endogenous cholesterologenesis)을 감소시킴에 의해 혈청 콜레스테롤 농도를 낮춘다고 한다¹⁸⁻²⁰⁾.

따라서 본 연구에서는 이상과 같이 지방대사에 영향을 미친다고 보고된 Ca과 지방의 불포화도가 각기 어떤 기전을 통해 지방대사에 영향을 미치며, 또한 함께 작용할 때에는 어떻게 지방대사를 변화시키는가를 알아보기위해 식이내 Ca 수준과 지방의 종류를 달리하여 흰쥐의 체내 지방대사 변화를 살펴보았다.

실험재료 및 방법

1) 실험동물 및 식이

실험동물은 Sprague-Dawley종의 수컷 흰쥐 54마리를 평균체중이 100g 이상될 때까지 고형사료(제일사료)로 사육시킨 후, 체중에 따라 난괴법(Randomized complete block design)에 의해 6마리씩 9군으로 나누어 Table 1과 같은 내용으로 5주간 사육하였으며, 실험기간동안 실험식이와 물은 제한없이 먹도록 하였다.

실험식이의 구성성분은 Table 2과 같다. 식이 지방의 종류는 corn oil, sesame oil, butter로 각기 달

Table 1. Experimental design

Group	Ca level(%)	Lipid source
HCa-C	1.3	Corn oil
HCa-S	1.3	Sesame oil
HCa-B	1.3	Butter
CCa-C	1.52	Corn oil
CCa-S	1.52	Sesame oil
CCa-B	1.52	Butter
LCa-C	0.1	Corn oil
LCa-S	0.1	Sesameoil
LCa-B	0.1	Butter

HCa : High Calcium

CCa : Control Calcium*

LCa : Low Calcium

-C : Corn oil(P/S ratio 4.6)**

-S : Sesame oil(P/S ratio 2.7)

-B : Butter(P/S ratio 0.1)

* Based on the pattern of American Institute of Nutrition(AIN)²¹⁾

** Data provided by the Nutrition Coding Center, University of Minnesota²²⁾

리하였으나, 함량은 4.5%수준으로 동일하게 하였다. 단백질의 급원은 casein으로 이에 함유된 Ca을 제거하기 위하여 0.15% EDTA용액으로 씻어낸 후 증류수로 행구어 oven에 말린 후 마쇄하여 사용하였다. 탄수화물 급원으로는 주로 설탕을 이용하였으나 LCa군과 CCa군에서는 HCa군을 기준으로하여 식이내 Ca 급원양에 비례하여 혈청 콜레스테롤에 영향을 주지않는 전분을²³⁾ 첨가하였다. Calcium은 calcium phosphate(CaHPO₄)의 형태로 공급하였다.

2) 실험방법

실험기간중 식이섭취량과 체중은 정기적으로 측정하였다.

지방과 콜레스테롤 분석을 위한 시료로는 실험 마지막 주 4일간 배설되는 대변을 채취하였고, 실험기간 종료후 12시간 굶긴 후 ethyl ether로 마취시켜 cardiac puncture로 혈액을 채취한 직후 원심분리시켜 혈청을 얻었다. 간, 뒷다리, 근육(가자미근, 비복근, 투지근을 합한 것)은 혈액채취 후 즉시 떼어내어 무게를 재고 총지방과 총콜레스테롤 함량, 그리고 Ca 분석에 사용하였다.

혈청내 총지방량은 Frings법²³⁾ 이용하였고 간,

Table 2. Composition of experimental diet (g/kg diet)

Group Ingredients	HCa-C	CCa-C	LCa-C	HCa-S	CCa-S	LCa-S	HCa-B	CCa-B	LCa-B
Sucrose	692	692	692	692	692	692	692	692	692
Corn starch	0	18.0	30.5	0	18.0	30.5	0	18.0	30.5
Casein	200	200	200	200	200	200	200	200	200
Corn oil	45	45	45	-	-	-	-	-	-
Sesame oil	-	-	-	45	45	45	-	-	-
Butter	-	-	-	-	-	-	45	45	45
Cholesterol	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Salt mixture*	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5
CaHPO ₄	35.5	17.5	5.0	35.5	17.5	5.0	35.5	17.5	5.0

Vitamin mixture**

* Salt mixture based on the pattern of American Institute of Nutrition (AIN)²¹⁾: (g/kg salt mixture) Sodium chloride 74.1; 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, to make 500.0

** Vitamin mixture: 1) Vitamin A, D Mixture (mg/cc corn oil)-Vitamin A 0.1 (850 IU); Vitamin D 0.01 (85 IU)

2) Fat soluble vitamin mixture-Alpha tocopherol acetate 5g; Menadion (Vit K) 200mg; Corn oil 200 cc

3) Water soluble vitamin mixture(mg/kg diet)-Choline chloride 2000; thiamin hydrochloride 10; Riboflavin 20; Nicotinic acid 120; Pyridoxine 10; Calcium pantothenate 100; Biotin 0.05; Folic acid 4; Inositol 500; Para-aminobenzoic acid 100

뒷다리 근육, 변내의 총지방량은 Folch법²⁴⁾을 이용하여 측정하였다. 혈청, 간, 뒷다리 근육, 변내의 총 콜레스테롤 함량은 Zak법²⁵⁾을 이용하여 측정하였다. 혈청, 간, 뒷다리 근육, 변의 Ca 농도는 Thompson-Blanchflower 방법에 의해 Atomic Absorption Spectrophotometer(Nippon-Jarrel-Ash사, Model AA 780)로 427nm에서 측정하였다.

3) 통계처리

본 연구의 모든 실험 결과는 분산분석을 한 후 $\alpha = 0.05$ 수준에서 Scheffé법을 이용하여 각 실험군 평균치간의 유의성을 검정하였다²⁷⁾.

실험결과 및 고찰

1) 식이 섭취량과 체중 증가량

Table 3에 나타난 바와 같이 1일 평균 식이 섭취량은 식이내 Ca 수준과 지방 종류에 따라 유의적인

차이를 보이지 않았다. 이는 흰쥐에게 식이내 Ca 수준을 0.08%, 0.2%, 1.2%로 각기 달리하고 지방 급원을 18% 우지+2% 콜레스테롤로 하여 3주간 사육하였을 때 이들 3군간에 1일 평균 사료 섭취량에

Table 3. Food consumption and body weight gain

Group	Food consumption (g/day)	Body weight gain (g/5 week)
HCa-C	14.7 ± 1.0 ^{1) N.S.²⁾}	134.1 ± 15.9 N.S.
HCa-S	14.0 ± 0.7	131.5 ± 10.4
HCa-B	16.2 ± 0.5	140.8 ± 12.8
CCa-C	13.4 ± 0.2	109.3 ± 11.6
CCa-S	14.1 ± 0.7	113.4 ± 9.8
CCa-B	13.4 ± 0.6	90.9 ± 6.5
LCa-C	15.2 ± 0.9	133.0 ± 5.2
LCa-S	13.2 ± 0.7	99.6 ± 0.6
LCa-B	15.3 ± 0.7	129.2 ± 2.8

1) Mean ± S.E.M.

2) Not significant among 9 groups at $\alpha = 0.05$ level by Scheffé test.

Table 4. Weights of liver, hind limb muscle, and epididymal fat pad (g)

Group	Liver(% of body wt.)	Hind limb muscle		Epididymal fat pad
		Left	right	
HCa-C	8.26± 0.90 ¹⁾ ab ²⁾ (3.35)	1.95± 0.11 N.S. ³⁾	1.93± 0.13 N.S.	3.49± 0.51 N.S.
HCa-S	8.83± 0.70 ab (3.65)	2.00± 0.11	2.02± 0.10	3.22± 0.46
HCa-B	9.13± 0.44 ab (3.54)	2.09± 0.12	2.11± 0.08	3.90± 0.25
CCa-C	7.25± 0.70 ab (3.51)	1.78± 0.09	1.80± 0.09	2.67± 0.36
CCa-S	7.64± 0.28 ab (3.64)	1.83± 0.02	1.83± 0.05	2.84± 0.31
CCa-B	6.69± 0.35 b (3.44)	1.66± 0.06	1.73± 0.06	2.63± 0.33
LCa-C	10.14± 0.41 a (4.02)	2.14± 0.07	2.09± 0.08	3.00± 0.63
LCa-S	8.29± 0.20 ab (3.78)	1.99± 0.09	1.96± 0.09	2.08± 0.21
LCa-B	9.55± 0.63 ab (3.86)	2.04± 0.06	2.08± 0.06	3.73± 0.73

1) Mean± S.E.M.

2) Values within a column not followed by the same letter are significantly different at α=0.05 level by Scheffé test.

3) Not significant among 9 groups at α=0.05 level by Scheffé test.

차이가 없었던 Fleishman 등¹³⁾의 보고와 일치하였다. Yacowitz 등¹⁷⁾도 위와 같은 Ca 수준에서 지방 급원을 18% cocoa butter+2% 콜레스테롤 또는 18% 옥수수 기름 +2% 콜레스테롤로 하여 3주간 사육한 6군의 흰쥐에서 1일 평균 사료 섭취량에 별 차이가 없다고 보고하였다.

총 체중 증가량도 각 실험군마다 유의적인 차이를 보이지 않았다. 이것은 흰쥐에게 식이 지방을 달리 하였을 때 모든 실험군에서 체중 증가량에 차이가 없었다는 O'brien 등의 실험¹⁹⁾과 식이 Ca 수준의 변화에 따라 흰쥐나 토끼에게서 체중 증가량에 유의적인 차이가 없었다는 여러 보고들^{13, 15)17)}과도 부합된다.

2) 각종 장기의 무게

Table 4에서 나타난 바와 같이 간의 무게는 LCa-C군이 유의적으로 높고 CCa-B군이 유의적으로 낮았으나 근육, 지방조직의 무게는 식이 처리에 따른 유의적 차이를 보이지 않았다. 간의 무게가 유의적인 차이를 보인 것은 실험종료 직전의 LCa-C군의 평균 체중은 251.7g으로 높은 반면 CCa-B군은 194.3g으로 낮았기 때문으로 생각된다. 간의 무게를 실험종료 직전의 체중에 대한 백분율로 표시하여 9군간의 통계적 유의성을 살펴보면 모든 실험군들에서 유의성이 나타나지 않았으며 식이처리에 따른 일정한 경

향도 보이지 않았다. Dougherty와 Iacono는¹⁵⁾ 토끼에게서 식이 Ca을 결핍시켰을 때 대부분의 조직 무게가 증가하는 결과를 보였다. 이는 본 실험과는 상반되는 결과로 실험동물, Ca 급원, Ca 수준, 실험기간 등의 실험조건이 달랐기 때문으로 간주된다.

3) 혈청 및 장기에서의 총지방, 총콜레스테롤과 Ca 함량

혈청내 총지방량은 Table 5에서와 같이 식이내 Ca 수준이 낮을 수록 그리고 지방의 포화도가 클수록 증가하는 경향을 보여 HCa-C군에서 가장 낮았으며, LCa-B군에서 가장 높게 나타났다. 그러나 통계상의 유의적인 차이를 타나나지 않았는데 이것은 통계처리시 이용한 Scheffé test가 매우 엄격했기 때문으로 간주된다. 혈청의 총지방 함량이 식이 Ca 수준이 낮을수록 증가한다는 것은 Iacono 등¹²⁾의 실험에서도 나타나고 있는데, 그는 starvation에 의해 혈청 Ca 양이 감소되면 섭취된 지방의 clearance rate가 감소되어 혈청지방이 증가된다고 하였다.

혈청의 총콜레스테롤 함량은 식이군들간에 유의적인 차이는 없지만 식이지방의 포화도가 클수록 Ca 수준이 낮을 수록 높은 경향을 보였다. 고급 불포화 지방산이 혈청콜레스테롤을 낮추는 기전은 아직 확실치는 않으나 주로 대변으로 콜레스테롤과 담즙산이 배설이 증가되거나, 고급불포화지방산이 에스터

Table 5. Total lipid and cholesterol contents and calcium concentration in serum and organs.

Group	HCa-C	HCa-S	HCa-B	CCa-C	CCa-S	CCa-B	LCa-C	LCa-S	LCa-B
Total lipid content									
Serum (mg/100ml serum)	293.01 ± 39.60 ¹⁾ N.S. ²⁾	373.54 ± 40.97	515.25 ± 22.23	369.79 ± 38.41	434.50 ± 44.94	483.22 ± 84.43	415.85 ± 51.50	373.13 ± 60.57	622.02 ± 88.40
Liver (mg/g wet liver)	72.46 ± 9.29 N.S.	64.41 ± 8.91	68.28 ± 3.95	76.30 ± 5.68	70.52 ± 6.27	81.50 ± 8.18	73.97 ± 7.87	74.70 ± 9.14	68.30 ± 5.64
(mg/total liver)	565.19 ± 58.88 N.S.	543.93 ± 49.31	622.37 ± 43.55	472.73 ± 76.17	539.15 ± 54.82	542.38 ± 80.17	749.21 ± 84.39	621.93 ± 81.66	643.54 ± 50.58
Hind limb muscle (mg/g wet muscle)	21.89 ± 1.58 N.S.	16.39 ± 2.55	18.48 ± 3.19	20.10 ± 2.67	24.42 ± 2.22	19.47 ± 1.80	27.66 ± 2.97	24.07 ± 4.11	17.57 ± 4.58
(mg/total muscle)	41.60 ± 2.91 N.S.	32.15 ± 3.39	39.70 ± 9.09	35.95 ± 5.05	44.47 ± 3.59	33.60 ± 3.14	56.84 ± 3.81	46.76 ± 8.50	41.07 ± 3.19
Total cholesterol content									
Serum (mg/100ml serum)	56.70 ± 13.02 N.S.	108.16 ± 28.48	117.95 ± 5.97	61.86 ± 9.62	82.81 ± 13.02	127.72 ± 39.78	130.33 ± 36.75	99.30 ± 16.52	162.87 ± 26.40
Liver (mg/g wet liver)	17.41 ± 1.96 N.S.	12.12 ± 2.73	14.26 ± 0.78	12.51 ± 1.79	13.96 ± 1.56	17.11 ± 3.15	14.04 ± 2.17	13.12 ± 1.10	12.59 ± 1.26
(mg/total liver)	149.28 ± 28.70 N.S.	100.11 ± 18.43	129.84 ± 8.09	95.12 ± 20.01	107.09 ± 13.53	114.90 ± 20.70	140.85 ± 19.26	109.36 ± 10.41	117.24 ± 8.22
Hind limb muscle (mg/g wet muscle)	1.13 ± 0.18 N.S.	1.29 ± 0.13	1.03 ± 0.28	1.26 ± 0.08	1.62 ± 0.19	0.98 ± 0.10	1.94 ± 0.55	1.48 ± 0.23	1.23 ± 0.13
(mg/total muscle)	2.13 ± 0.32 N.S.	2.59 ± 0.23	2.14 ± 0.57	2.28 ± 0.22	2.92 ± 0.29	1.68 ± 0.13	3.89 ± 0.86	2.90 ± 0.47	2.54 ± 0.19
Calcium concentration									
Liver(ppm)	9.10 ± 4.87 N.S.	26.07 ± 3.48	9.84 ± 1.40	9.17 ± 2.58	4.85 ± 3.27	7.93 ± 2.27	10.29 ± 5.02	4.93 ± 1.17	5.60 ± 2.93
Hind limb muscle (ppm)	85.88 ± 3.37 N.S.	78.05 ± 3.87	75.94 ± 0.92	91.49 ± 1.79	89.38 ± 6.83	87.90 ± 4.84	84.36 ± 5.18	93.31 ± 5.76	79.66 ± 3.97

1) Mean ± S.E.M.

2) Not significant among 9 groups at $\alpha=0.05$ level by Scheffe test.

Table 6. Weight of feces and fecal excretions of total lipid, total cholesterol and Ca

Group	Fecal wt. (g)	Total lipids			Total cholesterol			Ca	
		(mg/g feces)	(mg/day)	(mg/day)	(mg/g feces)	(mg/day)	(mg/day)	(mg/g feces)	(mg/day)
HCa-C	1.14±0.10 ¹⁾ a ²⁾	108.07±5.24 c	122.31±9.42 N.S. ³⁾	14.85±1.11 bc	17.17±2.33 ab	9.76±0.78 a	10.97±0.86 a		
HCa-S	1.13±0.08 a	116.07±8.42 c	131.80±13.98	13.61±2.00 c	15.53±2.81 ab	9.62±0.90 a	11.30±1.72 a		
HCa-B	1.29±0.11 a	115.04±9.05 c	150.03±22.34	18.36±1.28 abc	23.74±2.81 a	9.05±1.02 ab	11.80±1.78 a		
CCa-C	0.63±0.04 b	166.30±10.41 bc	102.53±3.60	24.14±1.78 abc	15.12±1.28 ab	8.67±1.16 ab	5.32±0.40 b		
CCa-S	0.62±0.09 b	170.20±24.12 bc	97.38±14.71	25.08±2.40 abc	14.42±1.13 ab	7.11±1.03 abc	4.23±0.76 b		
CCa-B	0.58±0.06 b	166.13±23.12 bc	90.60±10.75	22.60±2.57 abc	12.83±1.76 ab	7.87±1.35 abc	4.56±1.04 b		
LCa-C	0.52±0.03 b	228.54±20.66 ab	118.57±14.75	26.40±2.21 ab	13.80±1.83 ab	3.96±1.34 abc	2.06±0.76 b		
LCa-S	0.38±0.03 b	254.40±7.14 a	97.66±10.25	29.63±4.12 a	10.68±0.68 b	2.51±0.32 c	1.04±0.16 b		
LCa-B	0.48±0.03 b	234.57±17.63 a	113.34±9.83	23.66±1.05 abc	11.43±0.79 b	2.91±0.87 bc	1.50±0.40 b		

1) Mean±S.E.M.

2) Values within a column not followed by the same letter are significantly different at $\alpha=0.05$ level by Scheffe test.

3) Not significant among 9 groups at $\alpha=0.05$ level by Scheffe test.

형태로 근육이나 체조직내로 더욱 많이 이동하여 축적되는 것으로 본다¹⁸⁾²⁰⁾. 그러나 corn oil군들과 Sesame oil군들의 혈청 콜레스테롤이 butter군들보다 낮은 것은 높은 불포화도에 의한 효과외에도 plant sterol 자체의 영향도 있으리라 본다.Plant sterol은 소장에서 콜레스테롤과 결합하여 불용성 결정체를 형성하거나, 점막세포에서 지단백 형성시 콜레스테롤과 경쟁하여 콜레스테롤의 흡수를 방해한다고 한다¹⁹⁾.

또한 식이 Ca 수준이 높을수록 혈청 콜레스테롤이 낮아지는 것은 동물실험뿐¹²⁾¹⁵⁾¹⁷⁾ 아니라 hyperlipidemia 환자의 치료나²⁸⁾²⁹⁾ 음료수 섭취와 혈액순환계 질병에 관한 역학적 보고⁷⁾³⁰⁾에서도 잘 보여졌다. Carlson 등²⁸⁾은 hyperlipidemia 환자에게 2g Ca/day를 경구 투여한 경우 혈청 콜레스테롤의 감소되었으나 ionic Ca의 정맥 주사시에는 별로 변화되지 않음으로 미루어 보아 경구투여한 calium salt는 소장내에서 hypolipidemic effect를 발휘하는 것이라고 하였다. 즉 소장내에서 불용성인 calium soap을 형성하여 콜레스테롤의 흡수를 억제하거나, 콜레스테롤의 enterohepatic circulation에 의한 재흡수를 방해한다고 한다.

간의 g당 총지방 및 총콜레스테롤 함량은 모든 실험군간에 유의적인 차이가 나타나지 않았는데, 이는 간내 총지방 및 총콜레스테롤 함량에 별 영향을 주지 않는 것은 흰쥐에게 지방의 종류를 달리하면서 현미와 백미를 주어 사육한 김등³¹⁾의 실험결과와 동일하였다.

뒷다리 근육의 g당 총지방 및 총콜레스테롤 함량은 동일 Ca 수준에서 대체로 corn oil군들에서 높았으며 butter군들에서 낮은 경향을 나타냈으나 유의적은 아니었고, 식이내 Ca 수준에 따라서는 일관성있는 경향을 나타내지 않았다.

Gerson³²⁾도 흰쥐에서 10% corn oil식이를 주었을 때 근육 및 체조직의 콜레스테롤 함량이 증가되었다고 하였다. 이러한 결과는 불포화지방산이 혈청 콜레스테롤을 근육 및 체조직으로 재분배시키는 효과를 갖고 있기 때문으로 생각된다¹⁸⁾¹⁹⁾²⁰⁾.

간과 뒷다리 근육의 g당 Ca 농도는 실험군들간에 유의적인 차이를 볼 수 없었으며 식이내 Ca 수준과

지방 종류에 따른 일정한 경향도 볼 수 없었다.

이것은 2주동안 Ca를 결핍시킨 쥐에게서 근육내 Ca 농도가 별 차이 없었던 Robenson 등의 실험³³⁾과 일치하며 Dougherty와 Iacono의 실험³⁴⁾에서도 일반적으로 조식내 Ca 농도는 식이 Ca 섭취와 관계없음이 보고되었다.

4) 1일 변 배설량과 변내의 total lipids, total cholesterol 및 Ca 함량

Table 6에서와 같이 1일 변 배설량은 Ca 수준이 높을수록 증가하여 HCa-군들은 CCa-군들과 LCa-군들에 비해 유의적으로 높았으며, CCa-군들은 LCa-군들에 비해 유의적은 아니나 높은 경향을 보였다. 식이 지방의 영향을 보면 HCa-군들에서는 butter군의 변 배설량이 가장 높았으나 CCa-군들과 LCa-군들에서는 corn oil군이 높은 경향을 보였다.

변 1g당 총지방량과 총콜레스테롤량은 HCa-군들에서 낮고 LCa-군들에서 높아서 유의적인 차이를 보였는데 이는 HCa-군들은 변이 양이 유의적으로 많아서 g당 총지방 및 총콜레스테롤량이 희석되고 LCa-군들은 변이 양이 적어서 농축되었기 때문이 아닌가 생각된다.

따라서 1일 변 중의 총지방% 및 총콜레스테롤링으로 환산하면 총지방 배설량은 유의적인 차이는 없었으나 CCa-군들과 LCa-군들에 비해 HCa-군들에서 높았으며, 총콜레스테롤 배설량은 HCa-B군에서 유의적으로 높고 LCa-S군과 LCa-B군에서 유의적으로 낮았다. HCa-군들에서 총지방 및 총콜레스테롤 배설량이 높은 것은 소장내에서 Ca와 지방이 불용성인 calium soap을 형성하기 때문으로 보인다¹¹⁾⁴⁾³⁵⁾.

이 때 Ca는 불포화지방산보다 포화지방산에 대해 우선적으로 반응하며¹¹⁾ 또한 용점(melting point)이 높은 지방의 소화율(digestibility)은 식이 Ca 수준이 높을 때 저하되므로³⁵⁾ 특히 HCa-B군의 지방 배설량이 높은 것 같다. 지방의 종류에 따라서는 HCa-군들을 제외하고는 LCa-군들과 CCa-군들에서는 불포화도가 높은 corn oil군들에서 총지방 및 총콜레스테롤 배설량이 높은 경향을 보였다. 이는 쥐나 시람에게서는 식이 포화지방산을 불포화지방산으로 대치시키면 콜레스테롤 배설량이 증가되어 hypocholesterolemia effect가 생긴다는 여러 보고들¹⁸⁾과

일치하였다.

변이 단위무게당 Ca 농도는 HCa-C군과 HCa-S군에서 가장 높고 LCa-S군에서 가장 낮았으며 1일 총 Ca 배설량은 HCa-군들에서 CCa-군들과 LCa-군들에 비해 유의적으로 높았다. 변으로 배설되는 Ca는 흡수되지 못한 식이 Ca와 endogenous Ca으로 구성된다⁹⁾. Ca을 과잉으로 섭취하였을 때 흡수되지 않는 Ca이 배설되는 양상은 동물의 종류에 따라 다른데 토끼에서는 주로 노를 통해 배설되나 쥐의 경우에는 변을 통해 배설된다고 한다³⁶⁾. Benson³⁷⁾ 등은 식이내 Ca 수준이 높아지면 내생적으로 분비된 Ca의 재흡수율이 저하되므로 endogenous Ca이 변으로 배설되는 양이 증가할 가능성이 있다고 하였다. 따라서 HCa-군들의 높은 Ca 배설량은 흡수되지 못한 식이 Ca와 endogenous Ca의 양이 많기 때문으로 보인다.

결 론

본 연구에서는 식이 Ca 수준을 1.3, 0.52, 0.1%로 달리하고 지방의 종류를 corn oil, sesame oil, butter로 하였을 때 흰쥐의 체내 지방대사에 미치는 영향을 살펴보았으며 그 결과를 종합하면 다음과 같다.

식이 Ca의 수준에 따른 영향을 보면 식이 Ca량이 높을수록 총지방함량 및 총콜레스테롤 함량이 혈청에서는 감소하는 경향을 보였으며, 간과 뒷다리 근육에서는 별 차이가 없었다. 1일 배설되는 대변의 양과 대변으로 배설되는 총지방 및 총콜레스테롤 함량은 식이 Ca 수준이 높을수록 증가하는 경향을 보였다.

식이의 지방의 종류에 따른 영향을 보면 불포화도(p/s ratio)가 가장 낮은 butter군들에서 혈청의 총지방 및 총콜레스테롤 함량이 높았고, 간에서는 일정한 경향을 보이지 않았으며, 뒷다리 근육의 총지방 및 총콜레스테롤 함량은 butter군들에서 낮은 경향을 보였다. 그리고 1일 변중의 총지방 및 총콜레스테롤 배설량은 HCa-군에서는 불포화도가 낮은 butter군에서 다소 높았으나 CCa-군들과 LCa-군들에서는 불포화도가 높은 corn oil군들에서 높은 경향이 있었다.

이상의 결과로 미루어 식이내 Ca의 수준과 지방의 종류가 체내 지방대사에 영향을 미침을 알수 있었는데, Ca의 수준이 높고, 지방의 포화도가 낮은 군에서 변의 총지방 및 콜레스테롤 배설량이 높았고 혈청의 총지방 및 콜레스테롤 함량은 낮았다.

따라서 관상동맥성 질환의 우려가 있는 사람의 경우 다가불포화지방산과 함께 고칼슘식이도 권장해보고 싶다.

References

- 1) 손의석. 한국인의 고지혈증에 관한 연구(1) - 정상인 및 고지압증에 있어서의 고지혈증 - 대한의학협회지 18(4) 345-354, 1975
- 2) Ganguly JR, Paul R, Ramesha CS, Balaram P. Mechanism of Cholesterol Lowering Effects of Polyunsaturated Rats. In : Kunio Y. eds. *Biochemical Aspects of Nutrition. Japan Scientific Societies Press, Tokyo University Park Press, Baltimore* 105-113, 1979
- 3) Høstmark AT, Spydevold Ø, Lysted E, Eukertseb E. Plasma Lipoproteins in Rats Fed Starch, Sucrose, Glucose, or Fructose. *Nutr Rep Int* 25 : 161-167, 1982
- 4) Hayford JT, Danney MM, Wiebe D, Robets S, Thopson RG. Triglyceride Integrated Concentrations : Effects of Variation of Source and Amount of Dietary Carbohydrate. *Am J Clin Nutr* 32 : 1670-1678, 1979
- 5) Klevay LM, Hyg SD. Hypercholesterolemia in Rats Produced by and Increase in the Ratio of Zinc to Copper Ingested. *Am J Clin Nutr* 26 : 1060-1068, 1973
- 6) Perry HM. Minerals in Cardiovascular Disease. *J Am Dietet A* 62 : 631-637, 1973
- 7) Knox EG. Ischemic Heart Disease Mortality and Dietary Intake of Calcium. *Lancet* 30 : 1465-1467, 1973
- 8) Avioli LV, Major Minerals. In : Goodhart RS and Shils ME. 6 eds. *Modern Nutrition in Health and Disease. Lea & Febiger, Philadelphia* 294-309, 1980
- 9) McCarron DA. Calcium in the Pathogenesis and Therapy of Human Hypertension. *Am J Med* 78 : 27-34, 1985
- 10) Belizan JM, Villar J, Pineda O, Gonzalez AE, Sainz E, Garrera G, Sibrian R. Reduction of blood Pressure with Calcium Supplementation in Young Adults. *JAMA* 249 : 1161-1165, 1983
- 11) Bhattacharyya AK, Thera C, Anderson JT, Grande F, Keys A. Dietary Calcium and Fat. Effect on Serum Lipids and Fecal Excretion of Cholesterol and its Degradation Products in Man. *Am J Clin Nutr* 22 : 1161-1174, 1969
- 12) Iacono JM, Ammerman CB. The Effect of Calcium in Maintaining Normal Levels of Serum Cholesterol and Phospholipids in Rabbits during Acute Starvation. *Am J Clin Nutr* 18 : 197-202, 1966
- 13) Fleischman AI, Yacowitz H, Hayton T, Bierenbaum ML. Effects of Dietary Calcium upon Lipid Metabolism in Mature Male Rats Fed Beef Tallow. *J Nutr* 88 : 255-260, 1966
- 14) Iacono JM. Effect of Varying the Dietary Level of Calcium on Plasma and Tissue Lipids of Rabbits. *J Nutr* 104 : 1165-1171, 1974
- 15) Dougherty RM, Iacono JM. Effects of Dietary Calcium on Blood and Tissue Lipids, Tissue Phospholipids, Calcium and Magnesium Levels in Rabbits Fed Diets Containing Beef Tallow. *J Nutr* 109 : 1934-1945, 1979
- 16) Drenick EJ. The Influence of Ingestion of Calcium and Other Soap-Forming Substances on Fecal Fat. *Gastroenterology* 41 : 242-244, 1961
- 17) Yacowitz H, Fleischman AL, Amsden RT, Bierenbaum ML. Effects of Dietary Calcium upon Lipid Metabolism in Rats Fed Saturated or Unsaturated Fat. *J Nutr* 92 : 389-392, 1967
- 18) 김숙희. 지방영양. 민음사. pp197-242, 1984
- 19) O'Brien BC, Skutches CL, Henderaon GR, Reiser R. Interrelated Effects of Food Lipids on Steroid Metabolism in Rats. *J Nutr* 107 : 1444-1454, 1977

- 20) Diersen-Schade DA, Richard MJ, Jacobson NL. *Effects of Dietary Calcium and Fat on Cholesterol in Tissues and Feces of Young Goates. J Nutr* 114 : 2292-2300, 1984
- 21) AIN Standards for Nutritional Studies Report. *Report of the American Institute of Nutrition Ad Hoc Committee on Standards for Nutrition Studies. J Nutr* 107 : 1340-1348, 1977
- 22) Data Provided by the Nutrition Coding Center. In : Goodhart RS and Shils ME. 6 eds. *Modern Nutrition in Health and Disease. Lea & Febiger, Philadelphia* p1265, 1980
- 23) Frings CS, Dunn RT. *A Colorimetric Method for Determination of Total Serum Lipids Based on the Sulfo-phospho-vanillin Reaction. Am J Clin Path* 53 : 89-91, 1970
- 24) Folch J, Lees M, Sloane Stanley GH. *A Simple Method for the Isolation and Purification of Total Lipids from Animal Tissues. J Biol Chem* 226 : 497-509, 1957
- 25) Seligson B. *Standard Method of Cinical Chemistry. Academic Press, Inc., New York* p79, 1968
- 26) Thomson RH, Blanchiflower WJ, *Wet Ashing Apparatus to Prepare Biological materials for Atomid Absorption Spectrophotometry. Lab Prac* 20 : 859-861, 1971
- 27) Snedecor GW, Cochran WG. *Statistical Methods. 7th ed. Iowa State University Press, Ames, IA, 1980*
- 28) Carlson LA, Olsson AG, Orö L, Rössner A. *Effects of Oral Calcium upon Serum Cholesterol and Triglycerides in patients with Hyperlipidemia. Atherosclerosis* 14 : 391-400, 1971
- 29) Lehtonen A, Viikari J. *Long-term Effect of the Combination of Calcium Clofibrate and Calcium Carbonate on Serum Total Cholesterol, Triglyceride, and High Density Lipoprotein-cholesterol Concentrations in Hyperlipoproteinaemia. Atherosclerosis* 33 : 49-58, 1979
- 30) Morris JN, Crawford MD, Heady JA. *Hardness of Local Water Supplies and Mortality from Cardiovascular Disease in the Country Boroughs of England and Wales. Lancet* 1 : 860-862, 1961
- 31) 김미경, 원은주. 지방의 종류를 달리한 현미와 백미 식이를 섭취시켰을 때 흰쥐의 체내 지방대사에 미치는 영향. *한국영양학회지* 17(2) 153-162, 1984
- 32) Gerson T, Shorland FB, Adams Y. *The Effects of Corn Oil on the Amount of Cholesterol and the Excretion of Sterol in the Rat. Biochem J* 81 : 584, 1961
- 33) Robenson BL, Maddox TL, Martin WG. *Muscle changes in Rats Fed Magnesium and Calcium Deficient Diets. J Nutr* 109 : 1383-1389, 1979
- 34) Kinsell LW, Shioda R. *Dietary Regulation of Cholesterol Metabolism. Lancet* 2 : 604-607, 1966
- 35) Chen ALS, Morehouse MG, Deuel HJ. *The Effect of the Level of Dietary Calcium and Magnesium on the Digestibility of Fatty Acids, Simple Triglycerides, and Some Natural and Hydrogenated Fats. J Nutr* 37 : 237-250, 1949
- 36) Cheeke PR, Amberg JW. *Comparative Calcium Excretion by Rats and Rabbits. J Anim Sci* 26 : 67-71, 1973
- 37) Benson JD, Emery RS, Thomas JW. *Effects of Previous Calcium Intake on Adaptation to Low and High Calcium Diets in Rats. J Nutr* 97 : 53-60, 1969