

식이내 Cu의 수준과 지방의 종류를 달리 하였을때 흰쥐의 체내 지방대사에 미치는 영향

김 갑 순 · 김 미 경
이화여자대학교 식품영양학과

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

Kim Kap Soon, Kim Mi Kyung

Dept. of Food and Nutrition, Ewha Womans University

= ABSTRACT =

This study was performed to investigate the effects of different levels of Cu(0, 6, 60 ppms) and kinds of lipid(corn oil, sesame oil or butter) in the diet upon lipids metabolism and Cu & Fe contents in weanling rats.

The results obtained were summarized as following :

- 1) Food consumptions, total body weight gains and F.E.R.s showed no significant differences among groups with different dietary Cu levels and the kinds of lipid.
- 2) Weights of liver, hind limb muscle, kidney, spleen and epididymal fat pad showed no significant differences among groups.
- 3) The contents of total lipids and total cholesterol in serum, hind limb muscle were significantly higher in low Cu groups than in control and high Cu groups. But the contents of total lipid in liver were significantly lower in low Cu groups than in other groups.
- 4) The contents of total lipid and total cholesterol in serum, liver and total lipid in muscle were significantly higher in butter groups, but the contents of total cholesterol in muscle were significantly lower in butter groups.
- 5) The Cu concentrations in serum, liver, muscle and feces were significantly higher in high Cu groups than in control and low Cu groups. The Fe concentrations in serum tended to be lower and those in muscle were significantly higher in low Cu groups.

접수일자 : 1984년 4월 15일

서 론

최근 우리나라에서도 심각한 문제로 대두되고 있는 관상동맥성 심장질환 (coronary heart disease)이 혈액내 콜레스테롤의 함량과 관계가 깊다고 알려 졌으며¹⁾ 혈액내 콜레스테롤 함량에 영향을 미치는 인자로는 식이내 지방함량과 포화지방산과 불포화지방산의 비등이 논의되어 왔고²⁾ 최근에는 미량 무기질의 체내대사에 있어서의 기능이 밝혀짐에 따라 지방대사와의 관계에 깊은 관심을 갖게 되었다. Cu는 인간에게 있어서 필수원소로서 간에서 콜레스테롤로 부터 담즙산을 만드는 mono oxygenase의 활성 (activity)에 관여하여 콜레스테롤 대사를 조절³⁾ 하며 Fe의 체내 이용에 관여하여 헤모글로빈 합성⁴⁾ 과 골격 및 결체조직 유지 등에 관여한다⁵⁾ 고 한다. 한편 Cu의 결핍시 흰쥐의 혈청내 콜레스테롤이 증가되어 hypercholesterolemia가 되며 결체조직의 손상으로 심내막 출혈 및 심장비대, 대동맥의 elastic fiber의 손상⁶⁾ 등이 일어난다고 보고 하였고 여러동물에서도 Cu의 결핍시 체내 Fe의 이용이 감소되어 헤모글로빈 합성이 되지 않아 심한 빈혈을 일으킨다고 하였다⁷⁾. 또한 지방의 종류, 즉 식이내 포화지방산과 불포화 지방산의 비율이 혈청내 콜레스테롤 함량에 영향을 미친다고 알려진바⁸⁾ 불포화 지방산은 변으로의 콜레스테롤 및 담즙산의 배설을 증가 시키고⁹⁾ 근육과 체조직으로의 흡수량을 증가시킴으로서¹⁰⁾ 혈청내 콜레스테롤 함량을 저하시키고 반대로 포화지방산은 혈액내 콜레스테롤을 증가시킨다고 하여 P/S (poly unsaturated fatty acids/saturated fatty acids) ratio가 높은 식물성지방의 섭취를 권장하고 있다. 이에 본 연구는 식이의 Cu수준을 0, 6, 60 ppm으로 각각 달리하고 지방의 종류를 P/S ratio가 낮은 버터 (P/S ratio : 0.08), P/S ratio가 중간 정도인 참기름 (P/S ratio : 2.5), P/S ratio가 높은 옥수수기름 (P/S ratio : 4.8)으로 다르게 하였을때 흰쥐의 체내 지방대사와 Cu 및 Fe의 이용에 미치는 영향을 살펴보고자 시도하였다.

실 험 재 료

1. 실험동물의 사육

생후 25일 된 Sprague-Dawley종 수컷 54마리를 고형사료 (제일사료)로 2일간 적응 시킨후 평균 체중이 49±1g인 흰쥐를 6마리씩 9군으로 나누어 6주간 Table 1과 같이 사육하였다. 무기질 오염을 방지

Table 1. Experimental design

Group	Cu level (ppm)	Lipid source
LCu-C	0	Corn oil
LCu-S	0	Sesame oil
LCu-B	0	Butter
CCu-C	6	Corn oil
CCu-S	6	Sesame oil
CCu-B	6	Butter
HCu-C	60	Corn oil
HCu-S	60	Sesame oil
HCu-B	60	Butter

LCu : Low copper
 CCu : Control copper
 HCu : High copper
 C : corn oil (P/S ratio ; 4.8)
 S : sesame oil (P/S ratio ; 2.5)
 B : butter (P/S ratio ; 0.08)

하기 위하여 쥐장, 식이그릇, 물병들은 EDTA (ethylene diamine tetra-acetic acid) 0.04% 용액으로 세척한후 탈이온 증류수로 헹구어 사용하였다. 실험동물의 식수로는 탈이온 증류수를 주었으며 매일 제한없이 먹게 하였다.

2. 실험동물의 식이

실험 전 기간 동안의 식이 구성 성분은 Table 2와 같다. 단백질의 급원인 casein 내의 무기질을 제거하기 위하여 EDTA 0.15% 용액으로 씻어 낸 후 탈이온 증류수로 헹구어 oven에 말린 후 마쇄하여 사용하였으며, 이렇게 처리된 casein 내 Cu 함량을 Atomic Absorption Spectrophotometer (Perkin-Elmer AAS 403)으로 측정해 본 결과 측정될 수 있는 양은 남아있지 않았다.

실 험 방 법

1. 식이 섭취량, 체중, 사료효율

실험 기간동안 식이 섭취량과 체중을 측정하였고 사료효율 (F. E. R)을 산출하였다.

2. 변, 혈액, 각종 장기의 채취

변은 3일간 쥐장에서 직접 채취하였으며 젖은 상태로 냉동 보관하여 분석에 사용하였다. 변의 채취에 필요한 기구는 무기질 오염을 방지하기 위하여 4g/l EDTA 용액으로 처리한 후 사용하였다.

Table 2. Compositions of diets (/ kg diet)

Ingredients	Corn oil	Sesame oil	Butter
Sucrose	770 g	770 g	770 g
Casein	150 g	150 g	150 g
Cholesterol	10 g	10 g	10 g
Corn oil	40 g		
Sesame oil		40 g	
Butter			40 g
Salt mixture ^{a)}	35 g	35 g	35 g
Vitamin A.D. Mixture ⁽¹¹⁾	1 cc	1 cc	1 cc
Fat Soluble Vitamins ⁽¹¹⁾	2 cc	2 cc	2 cc
Water Soluble Vitamins ⁽¹¹⁾	*	*	*
Vitamin B ₁₂ ⁽¹¹⁾	1 cc	1 cc	1 cc

a) Salt Mixture⁽²⁵⁾

	g/kg Salt 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 ^{b)}
Potassium iodate	0.01
Sodium selenite	0.01
Chromium potassium sulfate	0.55
Sucrose	to make 1,000g

b) : High Cu diet : 3g Cupric carbonate/kg Salt mixture
 Low Cu diet : 0g Cupric carbonate/kg Salt mixture

용하였다.

혈액은 회생시키기 12시간 전에 사료 그릇을 빼준 쥐들을 ethyl-ether 로 마취시켜 cardiac puncture 로 채취하였으며 이를 2,000 r.p.m에서 30분간 원심 분리 시켜서 혈청을 얻은 후 분석때까지 냉동 보관하였고 혈액 채취에 사용된 모든 기구는 4g/l EDTA 용액으로 처리한 후 사용하였다.

혈액을 채취한 후 즉시 동물을 해부하여 간, 뒷다리 근육(가지미근, 비복근, 투지근을 합한 것)을 떼어 내어 무게를 측정된 뒤 냉동 보관하였다가 총 지방 함량 및 총 콜레스테롤 함량 분석, 그리고 무기질 분석에 사용하였으며, 이때 사용한 해부 기구 역시 4g/l EDTA 용액으로 처리하였다.

3. 변, 혈액, 각종 장기의 분석

혈청내 총지방량은 Frings의 방법¹²⁾을 이용하였고 간, 뒷다리 근육, 변내의 총지방량은 Folch 등의 방법¹³⁾을 이용하여 측정하였으며, 혈청, 간, 뒷다리 근육, 변내의 총 콜레스테롤 함량은 Zak의 방법¹⁴⁾을 이용하여 측정하였다. 혈청, 간, 뒷다리 근육, 콩팥, 변내의 Cu 및 Fe 농도는 Thompson-Blanchflower 방법¹⁵⁾에 의하여 Atomic Absorption Spectrophotometer (Perkin-Elmer AAS 403)로 Cu는 324.8nm, Fe는 248.3nm에서 측정하였다. 무기질 측정에 사용된 모든 기구는 무기질 오염을 방지하기 위하여 0.04% EDTA 용액으로 처리한 후 사용하였다.

4. 통계처리

본 연구의 모든 실험 결과 (pooled sample)를 사용

Table 3. Food consumptions, body weight gains and feed efficiency ratios

Group	Food consumptions (g/day)	Body weight gains (g/6 week)	Feed efficiency ratios
LCu-C	13.4 ± 0.5 ¹⁾ N.S. ²⁾	151.3 ± 13.1 N. S.	0.27 ± 0.02 N.S.
LCu-S	14.6 ± 0.4	173.5 ± 4.6	0.29 ± 0.03
LCu-B	16.1 ± 0.5	196.0 ± 14.5	0.30 ± 0.03
CCu-C	14.3 ± 0.5	165.9 ± 9.0	0.29 ± 0.03
CCu-S	14.3 ± 1.0	155.6 ± 19.4	0.26 ± 0.02
CCu-B	13.9 ± 0.6	172.4 ± 14.3	0.29 ± 0.02
HCu-C	13.9 ± 0.4	150.1 ± 6.8	0.28 ± 0.02
HCu-S	13.9 ± 0.7	167.0 ± 15.6	0.29 ± 0.03
HCu-B	14.4 ± 0.7	159.0 ± 14.7	0.29 ± 0.02

1) Mean ± S.E.M.

2) Not significant among 9 groups at α=0.05 level by Tukey's test.

한 경우 제외)는 통계처리를 하여 각 실험군당 평균치와 표준 오차를 계산하였고 $\alpha = 0.05$ 수준에서 Tukey법 또는 Scheffé 법에 의하여 평균치 간의 유의성을 검정하였는데 각 실험군의 sample 수가 같은 경우에는 Tukey 법을, 다를 경우에는 Scheffé 법을 이용하였다.

실험결과 및 고찰

1. 식이 섭취량, 체중 증가량, 사료효율

실험기간 동안 하루 평균식이 섭취량과 체중 증가량, 사료효율은 Table 3에 나타난 바와 같이 식이내 Cu의 수준과 지방의 종류에 따른 차이는 볼 수 없었다. 그러나 LCu-B군이 유의적이지 않으나 다른군에 비하여 다소 높은 수치를 보여주었다. Allen¹⁶⁾의 흰쥐 실험에서 36일간 Cu 결핍식을 주었을 때 체중의 증가에는 영향이 없었다고 하였으며 Jackson¹⁷⁾은 35일동안 Cu의 수준을 kg diet 당 16, 136, 256, 496, 976, 1936mg 으로 닭에게 주었을 때 16mg에 비하여 136, 256mg Cu 식이에서 식이섭취량과 체중증가량에는 별 영향이 없었고 과잉의 수여 식이인 496mg 이상에서 식이 섭취량과 체중 증가량이 감소하는 경향을 보였다고 하였다.

2. 간, 뒷다리 근육, 콩팥, 비장, 정소상체 지방조직의 무게

Table 4에서 볼수있는 바와 같이 간, 뒷다리근육, 비장의 무게는 LCu-B군이 가장 크고 HCu-C군이 가장 작았으나 통계적 유의성은 보이지 않았다. 그

리고 모든 조직의 무게에 있어 Cu의 수준과 지방의 종류에 따른 유의적 영향은 볼 수 없었다. Stevenson¹⁸⁾은 식이내 Cu를 1000, 2000 mg/kg diet로 투여 하였을 때 닭의 간, 콩팥, 난관의 무게가 감소 하였다고 하였다. 본 실험에서는 흰쥐에게 Cu의 수준을 0, 6, 60 ppm을 투여 하였으므로 확실한 차이가 나타나지 않았다고 생각된다.

3. 혈청, 간, 뒷다리근육, 변의 총지방 함량

혈청내 총지방 함량은 Table 5에서와 같이 식이내 Cu의 수준이 낮을수록, 그리고 지방의 P/S ratio가 낮을수록 증가하는 경향으로 LCu-B군이 현저하게 높으며 버터군들도 다른군에 비하여 유의적으로 높게 나타났다. Allen¹⁶⁾은 Sprague-Dawley 종 흰쥐에게 0.57 μ g Cu/g diet와 5.0 μ g Cu/g diet 식이로 181일간 사육시킨후 [³H] meval-onete를 투여한지 4시간만에 Cu 결핍 식이에서 plasma의 total lipid로 incorporation 되는 양이 100% 증가하였고 간의 total lipid로 incorporation 되는 양은 오히려 18% 감소하는 결과를 보고하였으며 O'Brien¹⁹⁾은 흰쥐에게 지방 식이를 동물성 기름인 lard유 (P/S ratio 0.3)와 식물성 기름인 잇꽃기름 (safflower oil P/S ratio 8.9)을 주었을 때 혈청내 Triglyceride가 lard식이에서 증가함을 보여 주면서 지방식이의 P/S ratio는 식이에 cholesterol을 첨가하였을 때 혈청의 triglyceride에 많은 영향을 미친다고 하였다. 이는 본 실험에서 콜레스테롤이 1% 첨가된 식이였으므로 다른군에 비하여 P/S ratio가 낮은 버터군들이 혈청내 총지방량이 높은 것으로 생각된다.

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

Group	Liver	Hind limb muscle	Kidney	Spleen	Epididymal fat pad
LCu-C	7.93 ± 0.06 ¹⁾ N.S ²⁾	2.39 ± 0.22 N.S.	1.69 ± 0.12 N.S.	0.51 ± 0.08 N.S.	2.08 ± 0.27 N. S.
LCu-S	8.66 ± 0.11	2.73 ± 0.06	1.86 ± 0.04	0.51 ± 0.08	2.23 ± 0.24
LCu-B	9.65 ± 0.59	2.73 ± 0.13	1.94 ± 0.22	0.55 ± 0.04	2.90 ± 0.28
CCu-C	7.98 ± 0.27	2.54 ± 0.14	1.81 ± 0.09	0.50 ± 0.06	2.02 ± 0.39
CCu-S	7.90 ± 0.63	2.43 ± 0.21	1.63 ± 0.06	0.52 ± 0.11	1.95 ± 0.39
CCu-B	7.99 ± 0.53	2.61 ± 0.20	1.60 ± 0.11	0.48 ± 0.05	2.64 ± 0.41
HCu-C	7.72 ± 0.52	2.27 ± 0.10	1.68 ± 0.07	0.35 ± 0.02	2.36 ± 0.23
HCu-S	8.73 ± 0.39	2.63 ± 0.20	1.73 ± 0.12	0.48 ± 0.04	2.05 ± 0.27
HCu-B	8.36 ± 0.60	2.46 ± 0.25	1.65 ± 0.10	0.46 ± 0.03	1.88 ± 0.27

1) Mean ± S.E.M.

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

간의 g 당 총지방 함량은 지방의 P/S ratio가 낮은 버터군에서, Cu의 수준이 높은 HCu-군에서 높은 경향을 보여 HCu-B군과 LCu-C군간에 유의한 차이가 있었다. 이는 O'Brien¹⁹⁾ 과 Klevay¹⁶⁾ 의 실험에서도 같은 결과를 보여 주었다.

우측 뒷다리 근육의 총지방 함량은 식이내 Cu의 수준에 따른 차이를 보여 LCu-군들이 다소 높게 나타났으나 지방의 종류에 따른 일정한 경향은 없었다.

변의 총지방 함량은 sample 이 부족한 관계로 6마

리의 변을 합하여 분석하였기 때문에 유의적 검정은 못하였지만 Cu의 수준에 따라 살펴보면 HCu-B군이 높은 경향을 보여 주었고 지방의 종류에 따라 보면 버터군들이 높은 경향을 보여 주었다.

4. 혈청, 간, 뒷다리근육, 변의 총콜레스테롤 함량
Table 6에서 볼수 있는바와 같이 혈청내 콜레스테롤 함량은 식이내 Cu의 수준과 지방의 종류에 따른 영향을 보여 LCu-군들이 다른군에 비하여 유의적으

Table 5. Total lipid contents in serum, liver, hind limb muscle and feces

Group	Serum	Liver		Hind limb muscle		Feces (mg/g wet feces)
	(mg/100ml serum)	(mg/g wet liver)	(mg/total liver)	(mg/g wet muscle)	(mg/total muscle)	
LCu-C	815.50±109.67 ^{1)ab}	88.61±11.32 b	705.37±108.85 N.S.	18.83±1.08 N.S.	45.40±5.75 ab	107.70
LCu-S	891.72±105.62 a	92.18± 7.33 ab	800.10± 68.27	21.20±1.08	57.75±2.75 a	129.55
LCu-B	910.68±130.12 a	112.13± 6.17 ab	1089.73± 98.28	22.18±0.98	61.50±2.04 a	129.15
CCu-C	730.70±178.55 ab	94.66± 5.60 ab	755.39± 92.14	18.27±0.74	46.22±2.19 ab	137.95
CCu-S	629.84± 19.31 a	98.89± 4.69 ab	781.23± 57.97	16.83±1.19	40.41±1.36 b	103.15
CCu-B	464.27± 73.33 b	105.53± 7.94 ab	814.69±114.14	20.77±1.42	53.39±3.54 ab	147.70
HCu-C	450.96± 33.69 b	97.25± 6.39 ab	757.80± 83.52	17.25±0.47	39.24±2.40 b	180.90
HCu-S	701.54± 67.51 ab	101.48± 4.60 ab	887.08± 58.41	17.78±1.30	45.99±3.50 ab	125.55
HCu-B	736.48± 73.26 ab	120.38± 6.03 a	992.66± 45.33	16.52±0.83	40.94±5.11 b	144.80

1) Mean ± S.E.M.

2) Not significant among 9 group at $\alpha=0.05$ level by Tukey's test.

3) Values within a column not followed by the same letter are significantly different at $\alpha=0.05$ level by Tukey's test.

Table 6. Total cholesterol contents in serum, liver, hind limb muscle and feces

Group	Serum	Liver		Hind limb muscle		Feces (mg/g wet feces)
	(mg/100ml serum)	(mg/g wet liver)	(mg/total liver)	(mg/g wet muscle)	(mg/total muscle)	
LCu-C	129.21±13.09 ^{1)b2)}	14.05±1.49 c	116.62± 9.30 c	1.29±0.20 bc	3.18±0.69 bc	24.11
LCu-S	163.11±13.41 b	30.57±5.18 abc	264.94±45.99 abc	1.72±0.17 abc	4.66±0.40 ab	28.16
LCu-B	327.10±52.07 a	42.35±4.09 ab	430.94±62.05 ab	0.82±0.11 c	2.45±0.28 c	40.27
CCu-C	126.40±13.09 b	46.59±3.96 ab	390.23±34.52 ab	1.39±0.13 bc	3.45±0.22 bc	43.11
CCu-S	145.70±12.65 b	31.98±6.29 abc	244.76±42.06 bc	1.19±0.19 bc	2.74±0.26 bc	43.64
CCu-B	173.20±29.30 b	30.24±7.27 abc	256.01±77.16 bc	1.17±0.09 bc	2.98±0.13 bc	44.65
HCu-C	127.80±12.64 b	32.81±3.05 abc	254.96±29.18 bc	2.45±0.25 a	5.61±0.71 a	65.35
HCu-S	151.11±24.41 b	27.87±2.24 bc	244.42±24.61 bc	1.89±0.35 ab	4.71±0.54 ab	51.22
HCu-B	217.20±18.99 ab	51.67±6.78 a	465.85±66.24 a	1.31±0.21 bc	3.28±0.73 bc	50.64

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 Tukey's test.

로 높게 나타났고 P/S ratio가 낮은 butter 군들이 P/S ratio가 높은 참기름군과 옥수수기름군보다 높게 나타났다. Allen과 Klevay⁶⁾는 흰쥐에게 Cu를 0.57, 5.0 µg/g diet로 사육시켰을때 Cu 결핍식이에서 45일째 혈장내 콜레스테롤이 48% 증가하였고 61 일째는 65% 증가하였음을 보고하였는데 이는 Cu가 결핍되면 콜레스테롤 합성을 증가 시키고 담즙산합성과 배설을 감소시키며, 간으로부터 plasma pool로 콜레스테롤의 이동을 증가시키기 때문이라고 하였다. Kuskis²⁰⁾는 불포화 지방산 식이가 혈장내 lipoprotein

particle의 수를 감소 시키므로 혈장의 cholesterol과 Triglyceride를 감소 시킨다고 하였다.

간의 g당 총콜레스테롤 및 간 전체 총콜레스테롤 함량은 Table 6에 나타난 것처럼 식이 Cu 농도가 낮은 LCu-군이 CCu-, HCu-군들보다 낮은 편이며 포화도가 높은 버터군들이 다른군에 비하여 유의적으로 높았다. 이는 LCu-군들의 경우 간으로부터 혈액 내로 콜레스테롤 방출이 증가되었기 때문이 아닌가 생각되며, Lei³⁾의 실험에서도 Cu결핍시에 간의 총콜레스테롤을 100g으로 환산하였을 경우 214 ± 10mg

Table 7. Cu contents in serum, liver, hind limb muscle, kidney and feces (ppm)

Group	Serum	Liver	Hind limb muscle	Kidney	Feces
LCu-C	0.27 ± 0.05 ^{1) d} ³⁾	9.35 ± 1.71 c	2.78 ± 0.90 ab	2.23 ± 0.17 N.S. ²⁾	3.5 ± 0.47 c
LCu-S	0.64 ± 0.08 d	11.42 ± 1.89 c	1.51 ± 0.65 b	2.75 ± 0.35	5.0 ± 0.37 c
LCu-B	0.30 ± 0.05 d	13.77 ± 1.17 c	1.48 ± 0.45 b	2.4 ± 0.43	7.1 ± 0.39 c
CCu-C	1.10 ± 0.11 c	268.04 ± 39.3 b	3.48 ± 0.68 ab	3.01 ± 0.21	3.7 ± 0.49 c
CCu-S	1.08 ± 0.12 c	258.90 ± 39.48 b	3.77 ± 0.78 ab	1.99 ± 0.39	3.7 ± 0.59 c
CCu-B	1.33 ± 0.14 bc	211.87 ± 23.33 b	5.52 ± 1.34 ab	2.44 ± 0.26	3.7 ± 0.57 c
HCu-C	1.61 ± 0.08 ab	453.1 ± 42.78 a	4.52 ± 1.18 ab	2.62 ± 0.33	27.0 ± 2.7 b
HCu-S	1.73 ± 0.04 a	582.67 ± 73.05 a	4.00 ± 0.62 ab	2.40 ± 0.14	58.41 ± 6.98 a
HCu-B	1.88 ± 0.08 a	588.70 ± 45.1 a	5.92 ± 1.60 a	2.60 ± 0.47	28.8 ± 4.93 b

1) Mean ± S.E.M.

2) Not significant at α=0.05 level by scheffe's test.

3) Values within a column not followed by the same letter are significantly different at α=0.05 level by Tukey's test.

Table 8. Fe concentrations in serum, liver, hind limb muscle, kidney and feces (ppm)

Group	Serum	Liver	Hind limb muscle	Kidney	Feces
LCu-C	6.6	73.68 ± 13.40 ^{1) N.S.} ²⁾	29.5 ± 5.3 a ³⁾	29.91 ± 6.33 N.S.	552.43 ± 75.42 N.S.
LCu-S	7.9	104.92 ± 12.22	20.9 ± 5.3 ab	27.80 ± 5.26	481.82 ± 38.29
LCu-B	8.9	73.13 ± 11.39	14.3 ± 1.44 ab	23.39 ± 5.24	378.05 ± 46.57
CCu-C	10.4	43.23 ± 10.41	27.2 ± 5.8 a	26.94 ± 2.46	373.33 ± 72.16
CCu-S	8.6	48.97 ± 12.95	16.4 ± 4.2 ab	13.44 ± 2.73	590.37 ± 79.94
CCu-B	7.1	53.72 ± 6.82	16.91 ± 1.91 ab	12.76 ± 2.00	312.55 ± 44.20
HCu-C	9.7	144.35 ± 52.68	21.8 ± 2.83 ab	15.33 ± 3.42	426.05 ± 42.29
HCu-S	7.0	104.82 ± 50.81	11.43 ± 1.77 b	19.42 ± 2.55	608.41 ± 67.32
HCu-B	11.2	96.20 ± 33.55	13.80 ± 3.20 ab	25.53 ± 2.98	528.33 ± 103.30

1) Mean ± S.E.M.

2) Not significant at α=0.05 level by scheffe's test.

3) Values within a column not followed by the same letter are significantly different at α=0.05 level by Tukey's test.

으로 정상식이때의 $255 \pm 11\text{mg}$ 보다 낮은 수치를 보여 감소함을 알수 있었고 O'Brien¹⁹⁾ 도 포화지방식이 경우 간내 콜레스테롤의 증가를 말하였다.

뒷다리근육의 총콜레스테롤 함량은 Table 6에서와 같이 식이 Cu의 수준에 따른 차이를 보여 LCu-군들이 낮았으며 지방의 종류에 따라 포화도가 높은 버터군들이 낮았다. 이는 Cu의 결핍시에 그리고 P/S ratio가 낮은 경우 자조적의 cholesterol을 plasma pool로 이동시키기 때문이 아닌가 생각된다.

변의 총콜레스테롤 함량은 sample이 부족한 관계로 6마리의 변을 합하여 분석하여 유의성 검정은 못하였으나 HCu-군들이 높게 나타났으며 HCu-C군을 제외하고 butter군에서 높았다.

5. 혈청, 간, 뒷다리근육, 콩팥, 변의 Cu농도

각 장기의 Cu 함량은 Table 7에서 보는 바와 같다. 혈청, 뒷다리근육, 변의 Cu 농도는 섭취 Cu의 수준에 비례하여 HCu, CCu, LCu 순으로 유의적 차이를 보였고 지방의 종류에 따른 차이는 없었다. 여러 실험^{21) 22) 23)}에서도 Cu의 섭취 증가는 혈액내 Cu를 증가시킨다고 하였는데 이것은 식이내 Cu의 수준과 혈액내 Cu 함량은 직접적인 관계가 있는 것으로 볼 수 있겠다.

콩팥의 Cu 농도는 식이 Cu의 수준에 따른 차이를 보이지 않았다.

변의 Cu 농도는 식이 Cu의 수준의 영향으로 HCu가 유의적으로 가장 높으며 CCu-, LCu군의 순서였다.

6. 혈청, 간, 뒷다리 근육, 콩팥, 변의 Fe의 농도

각종 장기들의 Fe 농도는 Table 8에 나타난 바와 같다. 혈청내 Fe 농도는 시료의 부족으로 6마리의 혈청을 모아 측정하여 유의성 검정은 못하였으나 식이 Cu 수준이 낮은 LCu-군들의 Fe 함량이 낮게 나타났는데 Shields⁵⁾ 의 돼지 실험에서 Cu의 결핍은 혈청내 Fe 농도를 감소시켜 빈혈을 일으킨다고 하였으며 Lee²⁴⁾ 는 Cu의 결핍은 hepatic parenchymal에서 혈액으로 Fe 방출이 감소되어 빈혈이 일어난다고 하였다.

간의 Fe 농도는 식이의 Cu 수준에 따른 유의적 차이는 없었으나 LCu-군들은 CCu-군들에 비하여 다소 높은 수치를 보였는데 이는 Alfaro의 실험과 일치하였다. 콩팥의 Fe 농도는 Table 8에서와 같이 Cu 수준에 따른 차이를 보이지 않았고 변의 Fe 농도도 식이 Cu 수준과 지방의 종류에 따른 유의적 차이는 없었다. 근육의 Fe 농도는 Table 8에서 보는 바와 같

이 LCu-C, CCu-C군과 HCu-S군간에 유의적 차이를 나타냈으며 지방의 종류에 따른 영향으로는 corn oil 군이 높게 나타났다.

결 론

본 연구에서는 식이 Cu의 수준을 0.6, 60 ppm으로 달리하고 지방의 종류를 버터, 참기름, 옥수수기름으로 하였을 때 흰쥐의 체내 지방대사와 Fe, Cu의 이용에 미치는 영향을 살펴 보았으며 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 식이 섭취량, 체중증가, 사료효율에는 식이 Cu의 수준과 지방의 종류가 미치는 영향은 볼수 없었다.

2) 간, 뒷다리 근육, 콩팥, 비장, 정소상체 지방 조직의 무게는 식이 Cu의 수준과 지방의 종류에 따른 차이를 볼수 없었다.

3) 혈청, 뒷다리 근육간의 총지방 함량은 식이내 Cu 수준에 따른 차이를 보여 주었다. 즉 LCu-군들의 혈청, 뒷다리 근육의 총지방함량이 높았으며 간의 총지방량은 낮았다.

4) 혈청내 총콜레스테롤 함량은 식이 Cu의 영향을 보여 LCu-군들에서 높게 나타났고 이들 실험군들의 간, 뒷다리근육, 변의 총콜레스테롤 함량은 낮은 경향을 보였다.

5) 혈청, 간, 뒷다리 근육의 총지방함량과 총콜레스테롤 함량은 식이 지방의 종류에 따른 차이를 보여 P/S ratio가 낮은 버터군에서 혈청, 간의 총지방 함량과 총콜레스테롤함량이 높았으며 뒷다리 근육의 총지방 함량은 증가하였고 총콜레스테롤 함량은 감소하였다.

6) 식이내 Cu 수준에 비례하여 혈청, 간, 뒷다리 근육, 변의 Cu 농도는 HCu-군들이 높았으며 혈청내 Fe 농도는 LCu-군들이 낮았고 간, 뒷다리 근육, 콩팥에서는 Fe의 농도가 LCu-군들이 대체로 높았다.

이상의 결과로 미루어 보아 식이내 Cu가 결핍되면 혈청내 지방과 콜레스테롤을 증가시키며 P/S ratio가 낮은 지방은 혈액내 지방과 콜레스테롤을 증가시키는 경향을 볼수 있었다.

REFERENCES

1) Kannel, W. B., Dawber, T. R., Friedman, G. D., Glennon, W. E., & McNamara, P. M. : Risk factors in coronary heart disease, *Ann. Internal*

- Medicine* 61 : 888 - 899, 1964.
- 2) Goodhart, R. J. & Shills, M. E. : *Modern Nutrition in health and disease, 6th ed., pp. 1045 - 1070 Lea & Febiger* 1980.
 - 3) Lei, K. Y. : *Oxidation, Excretion, and Tissue distribution of [26-¹⁴C] cholesterol in copper-deficient rats. J. Nutr.* 108 : 232 - 237, 1978.
 - 4) Wintrobe, M. M., Cartwright, G. E. & Gubler, C. J. : *Studies on the function and metabolism of copper. J. Nutr.* 50 : 395 - 419, 1953.
 - 5) Shield, G. S., Coulson, W. F. & Kimball, D. A. : *Studies of copper metabolism xxxii. Cardiovascular lesion in copper-deficient swine, Am. J. Pathology,* 41 : 603 - 617, 1962.
 - 6) Allen, K. E. D. & Klevay, L. M. : *Cholesterol and cardiovascular abnormalities in rats caused by copper deficiency. Atherosclerosis,* 29 : 81 - 93, 1978.
 - 7) Lahey, M. E., Gubler, C. J., Chase, M. S., Cartwright, G. E. & Wintrobe, M. M. : *II Hematologic manifestations of copper deficiency in swine, J. Hematology* 7 : 1053 - 1073, 1952.
 - 8) Kinsell, L. W. : *Effects of High-Fat Diets on Serum Lipids; Animal vs Vegetable fats. J. Amer. Diet. Assoc.,* 30 : 685 - 688, 1954.
 - 9) Moore, R. B., Anderson, J. T., Taylor, H. L., Keys, A. & Grantz, I. D. : *Effect of dietary fat on the fecal excretion of cholesterol and its degradation products in man. J. Clin. Invest.,* 47 : 1517 - 1534, 1968.
 - 10) Ahrens, E. H., Blankenhorn, D. B. & Tsaltas, T. T. : *Effect on human serum lipids of substituting plant for animal fat in diet. P.S.E.B.M.,* 86 : 873 - 878, 1954.
 - 11) 정해량 · 김미경 : 식이내 단백질과 철분수준이 흰쥐의 Fe, Cu 및 Zn 대사에 미치는 영향. *한국영양학회지,* 15 (4) : 258 - 267, 1982.
 - 12) Frings, C. S. & Dunn, R. T. : *A colorimetric method for determination of total serum lipids based on the sulfo-phospho-vanillin reaction. Am. J. Clin. Patho.* 53 : 89 - 91, 1970.
 - 13) Folch, J., Ees, M. L. & Spaanley, G. H. S. : *A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissue. J. Biol. Chem.* 226 : 497 - 509, 1957.
 - 14) Seligson, B. : *Standard Method of Clinical Chemistry,* p. 79, New York : Academic Press Inc., 1968.
 - 15) Thompson, R. H. & Blanchflower, W. K. : *Wetashing apparatus to prepare biological materials for atomic absorption spectrophotometry, Lab. Prac.* 20 : 859 - 61, 1971.
 - 16) Allen, K. G. D. & Klevay, L. M. : *Copper deficiency and cholesterol metabolism in the rat. Atherosclerosis* 31 : 259 - 271, 1978.
 - 17) Jackson, N. : *The effect of dietary copper sulphate on laying performance, nutrient intake and tissue copper and iron levels of the mature, laying, domestic fowl, Br. J. Nutr.* 38 : 93 - 99, 1977.
 - 18) Stevenson, M. H. & Jackson, N. : *Effect of level of dietary coppersulphate and period of feeding on the laying, domestic fowl, with special reference to tissue mineral. Bro. J. Nutr.* 43 : 205 - 215, 1980.
 - 19) O'Brien, B. G., Skutghes, G. L., Henderson, G. R. & Reiser, R. : *Interrelated effects of food lipids on steroid metabolism in rats. J. Nutr.* 107 : 1444 - 1454, 1977.
 - 20) Kuksis, A., Myher, J. J., Geher, K. & Jones, G. J. L. : *Effect of saturated and unsaturated fat diets on lipid profiles of plasma lipoproteins. Atherosclerosis,* 41 : 221 - 240, 1982.
 - 21) Milne, D. B. & Weswing, P. H. : *Effect of supplementary copper on blood and liver copper-containing fractions in rats. J. Nutr.* 95 : 429 - 433, 1965.
 - 22) Cartwright, G. E., Gubler, C. J., Bush, J. A. & Wintrobe, M. M. : *XVII Further observation on the anemia of copper deficiency in swine. Blood, II* : 143 - 153, 1956.
 - 23) Tsai, R. C. Y. & Lei, K. Y. : *Dietary cellulose, zinc and copper : Effects on tissue levels of trace minerals in the rat. J. Nutr.* 109 : 1117 - 1122, 1979.
 - 24) Lee, G. R., Nacht, S., Lukens, J. N. & Cartwright, G. E. : *Iron metabolism in copper-deficient swine. J. Clin. Invest.* 47 : 2058 - 2070, 1968.
 - 25) *AIN Standards for Nutritional Studies Report : J. Nutr.* 107 : 1340 - 1348, 1977.