

흰쥐에서 태아 및 유아기에 섭취한 지방량과 단백질 급원의 변화가 성장후에 Cholesterol 및 지방대사에 미치는 영향*

김 화 영 · 박 현 서

성심여자대학 식품영양학과 · 경희대학교 문리과대학 식품영양학과

The Effect of Dietary Fat Levels and Protein Source in Early Life on the Cholesterol and Lipid Metabolism in Adult Rats

*Kim, Wha Young. Park, Hyun Suh

**Dept. of Foods & Nutrition, Song Sim College for Women*

Dept. of Foods & Nutrition, College of Liberal Arts & Science, Kyung Hee University

=ABSTRACT=

This study was designed to observe the effects of both control and atherogenic diets on the cholesterol and triglyceride (TG) in serum and liver of adult rats fed diets supplying two levels of dietary fat and two different sources of dietary protein in early life.

For the first experimental period, the rats were assigned into the four diet groups: High fat, casein (HC); High fat, gluten (HG); Low fat, casein (LC); Low fat, gluten (LG). Each group was subdivided into control and atherogenic groups for the second experimental period. Cholesterol and TG were determined in serum and liver after 7 hr fasting.

The body weight gain was greater in the rats of the casein groups than those of the gluten groups but not influenced by the level of the dietary fat. The difference in body weight from the quality of dietary protein in the first period was not disappeared even after the second period.

After the first period, higher serum cholesterol was observed in the rats fed either casein or high fat diets. With the second experimental diet, rats fed atherogenic diet showed higher serum cholesterol concentration but lower serum TG levels compared to those fed control diet, regardless the diets fed in the first period. Serum cholesterol level of the rats of both groups which had been fed high fat diets in early life was increased compared to those of the low fat diet groups. This effect was more pronounced with the atherogenic diet groups than control groups. However, no differences were found in serum cholesterol levels resulted from the different types of dietary protein fed in the first period. Serum TG concentration was not influenced by the quality of protein and level of fat in the diet but seemed to be more affected by the amount of carbohydrates in the diet.

*본 연구는 1980년도 산학협동재단 학술연구비에 의하여 이루어졌음.
접수일자: 1981년 7월 1일

Liver cholesterol per unit weight was greater in the gluten diet groups than in the casein groups but total cholesterol was higher in casein fed rats. There were no differences in liver TG among the groups.

서 론

혈청 및 생체조직내의 각종 지질 함량은 심장계통의 질병에 관련이 있다는 많은 보고가 있으며, 그 중에서도 특히 혈청의 cholesterol 양은 가장 중요한 위험인자로 지적되고 있고, 섭취하는 영양소의 양과 종류에 따라 많은 영향을 받음이 연구 보고되어 왔다^{1)~3)}.

혈청 cholesterol 양에 영향을 미치는 영양적인 인자로는 식이에 포함된 지방의 종류와 양, 탄수화물의 종류, 섬유질 및 총 열량 섭취량등이 주로 논의되어 왔고^{1)~2)}, 근래에 와서는 식이에 포함된 단백질의 종류^{4)~9)} 혹은 아미노산의 구성에 따라 혈청 cholesterol 양이 영향을 받는다는 것이 보고되고 있다⁷⁾¹⁰⁾.

Carroll⁵⁾ 등은 식이에 포함된 지방 및 탄수화물의 양과 종류를 같게 하고 단백질의 종류만을 변화시켰을 때 casein 을 먹은 사람들의 혈청 cholesterol 이 soybean protein 을 먹은 군보다 높음을 보고하였고, Sirtori¹¹⁾ 등의 보고에서는 type II hyper-lipoproteinemia 환자의 식이에서 동물성 단백질을 대두단백질로 대체하였을 때 혈청 cholesterol 양이 감소하였다고 한다.

또한 어렸을때의 식이 섭취형태에 따라 성장후의 cholesterol 및 지방대사에 미치는 영향에 대하여도 연구되고 있다^{12)~15)}.

Reiser 와 Sidelman¹²⁾ 은 cholesterol 함량이 높은 것을 먹고 자란 새끼쥐가 성장후에 cholesterol challenge 를 받았을때 낮은 혈청 cholesterol 양을 보임을 보고하였고, Ris-Etherton¹³⁾ 등은 쥐에서 젖의 cholesterol 함량이 성장후의 혈청 cholesterol 양에 영향을 주지는 않는다는 상반된 보고를 하였다. 대부분의 실험에서 어렸을때 cholesterol 및 지방을 과다 섭취시킨 동물이 성장후에 normal 혹은 cholesterol 이 많이 포함된 식이를 먹었을때의 반응을 조사하는 것이 보통이다. 그러나 아직 어렸을때 질이 다른 단백질을 공급받고 자란 동물들이 성인이 된 후에 지방대사에 미치는 영향에 대한 연구는 활발하지 않다.

우리나라 임신부나 유아의 영양섭취 상태를 살펴보면, 많은 영양소의 섭취가 권장량에 미치지 못하고 있음을 알 수 있다^{16)~18)}. 열량의 섭취는 부족하지 않으나,

열량의 80% 이상이 탄수화물에서 얻어지고 지방의 섭취는 상당히 낮음을 보이고 있다. 단백질의 섭취는 권장량의 80% 정도에 달하며, 대부분을 식물성 급원 특히, 곡류에서 취하고 있어 임신부 및 유아의 단백질 섭취 상태는 양적·질적으로 불균형 상태에 있음을 시사하고 있다.

본 연구는 실험 A 와 B 로 나누어 첫번째 실험(Exp. A)에서는 젖 떼 흰쥐를 지방함량 및 단백질 급원이 다른 식이로 각각 사육하다가 그후 이들의 식이를 고지방·고 cholesterol 식이와 cholesterol 을 포함하지 않은 저지방식이로 바꾸어 주었을때의 지방대사에 미치는 영향을 관찰하였고 두번째 실험(Exp. B)에서는 단일적 실험식이를 시작하였을때의 영향을 보기 위하여 임신·수유 및 유아기의 흰쥐에게 지방함량 및 단백질 종류가 다른 식이로 사육하다가 새끼의 식이를 바꾸어 주었을 때에 나타나는 변화를 관찰하였다.

실험재료 및 방법

1) 실험동물 및 계획

첫번째 실험(Exp. A)은 Sprague-Dawley 종의 수컷으로 체중 50~60g 정도의 젖 떼 새끼쥐 80마리를 구입하여 난괴법에 의하여 4군으로 나누어 Table 1 과 같은 High fat·Casein (HC), High fat·Gluten (HG), Low fat·Casein (LC), Low fat·Gluten (LG)의 4개 실험식이로 4주간 사육하였다(이 기간을 제 1 실험기간이라 한다).

제 1 실험기간후 각군에서 1/3을 희생하고, 나머지 쥐는 각 식이군에서 다시 두군으로 나누어 한군은 Table 2 에서와 같은 non-Atherogenic control diet (C)으로, 또 한군은 Atherogenic diet (A)으로 계속 4주간 사육한 후 모두 희생하였다(이 후반기의 실험기간을 제 2 실험기간이라 한다).

두번째 실험(Exp. B)은 Sprague-Dawley 종의 Virgin female rat 과 male rat 을 구입한 후 교배시켜 암컷의 Vaginal Smear 에 정자가 보인 날부터 임신된 암컷은 개별사육장에서 Exp. A 와 같이 제 1 실험기간의 식이로 사육하면서 분만시켰다. 분만 일주일 후에 한어미에게서 수유되는 새끼를 7마리로 조정하였고 어미쥐는

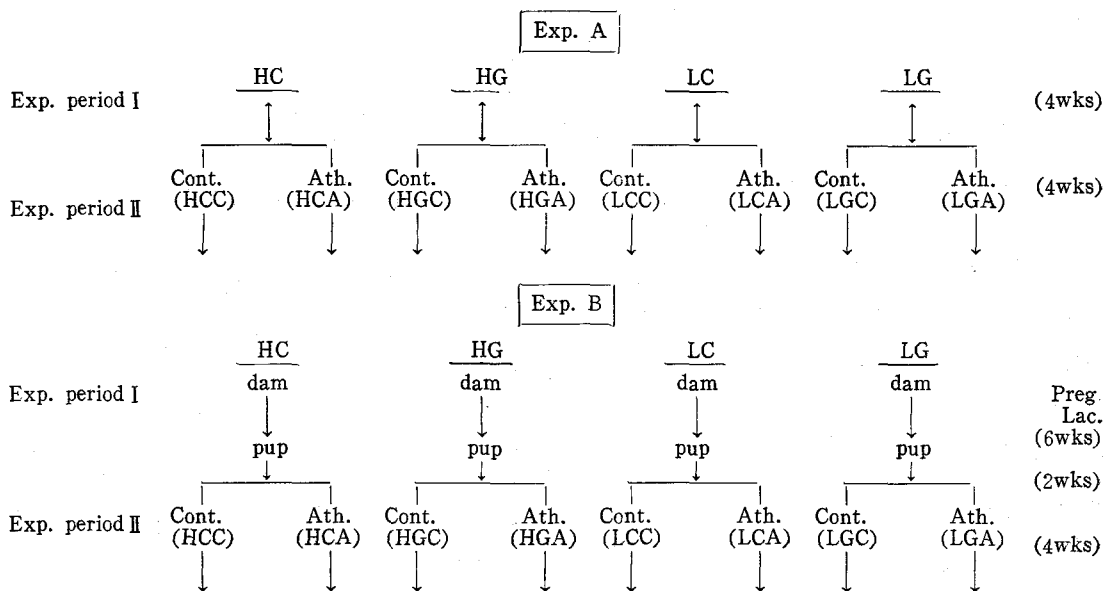


Fig. 1. Experimental Design.

HC: high fat. casein diet, HG: high fat. gluten det, LC: low fat. casein diet,
 LG: low fat. gluten diet, HCC: Control group fed HC in exp. period I.
 HCA: Atherogenic group fed HC in exp. period I.
 HGC, HGA, LCC, LCA, LGC, LGA: these groups were named same way.
 Experimental period I: HC, HG, LC and LG diets were fed in both Exp. A and Exp. B.
 Experimental period II: Each diet group was subdivided into control and atherogenic diets.

계속 같은 식이를 섭취하면서, 새끼쥐를 수유시켰다. 그러나 수유기간 동안에 죽은 새끼들이 있어 한 어미에게서 사육된 새끼는 5~7마리였다. 3주간의 수유기간 후 새끼쥐는 어미에게서 분리되어 개별적인 사육장에서 어미젖과 먹던 식이와 같은 실험식으로 계속 2주간 더 사육되었다(이때까지의 실험기간을 Exp. A에서와 같이 제 1 실험기간이라 한다).

이후에 4군의 실험식이군은 각각 다시 두군으로 나누어 Exp. A에서와 같은 방법으로 계속 4주간 사육한 후 모두 희생시켰다.

모든 쥐는 7시간 금식시킨후 절두하여 혈액을 받아 혈청을 분리하였고, 간을 채취하여 분석할때까지 냉동보관하였다.

제 1 실험기간중 HC 식이를 먹고 자란 쥐들중 제 2 실험기간에 Control 식이군에 속한 쥐들을 HCC 군, Atherogenic 식이군은 HCA 군이라 부르고, 다른식이군에서도 같은 방법으로 나누었다.

본 실험 과정을 도표로 표시하면 Fig. 1과 같다.

2) 실험식이

제 1 실험기간의 실험식은(Table 1) 우리나라와 같

이 단백질 급원이 식물성이며 저 지방식이때와 서구여러나라와 같이 동물성 단백질을 주로 섭취하고 지방의 섭취가 높을때에 일어나는 변화를 관찰하기 위하여 고 지방식이며 단백질급원을 casein(HC)과 gluten(HG)으로 했을때와 저지방식이며, 단백질의 급원을 casein(LC)과 gluten(HG)으로 했을때를 비교하였다. HC 군과 HG 군은 지방에서 전체열량의 50%, 탄수화물에서 35%, 단백질에서 15%를 공급받으며, LC 군과 LG 군은 7%, 78%, 15%를 각각 지방, 탄수화물, 단백질로부터 공급받도록 하였다.

제 2 실험기간의 실험식이중 control 식이는 5%의 corn oil을 함유한 저지방식이이고 Atherogenic 식이는 5% corn oil, 15% shortening, 1% cholesterol을 함유하는 고지방, 고 cholesterol 식이로 하였고 이때의 단백질의 급원은 casein으로 두군 모두 무게비로 20%를 첨가하여 주었다(Table 2). Atherogenic diet의 cholesterol과 shortening 양을 더해준 만큼의 무게는 Starch에서 감소시켜 주었다.

전 실험기간동안 식이섭취는 모든 군에서 자유섭취 방법으로 하였으며, 물도 항상 공급되었다. 사육기간중

Table 1. Composition of diets for exp. period I
(g/100g)

| | HC | HG | LC | LG |
|---------------------------|------|------|------|------|
| Vitamin mix ¹⁾ | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Mineral mix ²⁾ | 4 | 4 | 4 | 4 |
| Choline, Cl | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.3 |
| Cellulose | 4 | 4 | 4 | 4 |
| Corn Oil | 3 | 3 | 3 | 3 |
| Shortening | 24.7 | 24.7 | — | — |
| Corn starch | 44 | 44 | 73.5 | 73.5 |
| Casein | 19 | — | 14.2 | — |
| Wheat Gluten | — | 19 | — | 14.2 |

- The vitamin mix was composed of thiamine, HCl, 10g; pyridoxine, 10g; riboflavin, 10g; calcium pantothenate, 30g; p-aminobenzoic acid, 55g; menadione, 25g; inositol, 50g; ascorbic acid, 100g; niacin, 50g; vitamin B₁₂, 15mg; biotin, 0.3g; folic acid, 2g; retinol acetate, 1×10⁷ IU; α-tocopherol 50,000 IU; vitamin D₃, 1×10⁶ IU; and starch to 5kg
- The mineral mix was composed of calcium acetate·H₂O, 6.293g; calcium pyrophosphate·2H₂O, 28.525g; dipotassium phosphate, 28.443g; ferric citrate·5H₂O, 2.44g; magnesium sulfate·7H₂O, 10.053g; potassium iodide, 0.65g; sodium diphosphate·12H₂O, 14.63g; sodium chloride, 9.546g; zinc chloride, 0.025g; copper sulfate·5H₂O, 0.03; manganese sulfate·H₂O, 0.5g.

Table 2. Composition of diets for Exp. period II
(g/100g)

| | Control | Atherogenic |
|---------------------------|---------|-------------|
| Vitamin mix ¹⁾ | 1 | 1 |
| Mineral mix ²⁾ | 4 | 4 |
| Choline, Cl | 0.3 | 0.3 |
| Cellulose | 4 | 4 |
| Corn oil | 5 | 5 |
| Shortening | — | 15 |
| Cholesterol | — | 1 |
| Casein | 20 | 20 |
| Corn starch | 65.7 | 49.7 |

^{1),2)} Composition of vitamin mix and mineral mix are same as table 1

정기적으로 몸무게와 식이섭취량을 측정하였다.

3) 분석방법

혈청 cholesterol은 Leveille 등이 변형시킨 Searcy and Berquist의 방법¹⁹⁾으로 측정하였고, 혈청 triglyceride 양은 Fletcher 방법²⁰⁾에 따라 분석하였다.

간은 1g 정도를 취하여 Folch 등의 방법에 의하여²¹⁾ total lipid를 추출한 후, 그 중 일부를 취하여 간내의 cholesterol과 triglyceride 양을 분석하였다. cholesterol은 위의 방법⁶⁾에 의하여 분석하였으나 triglyceride는 Van Handal와 Zilversmit²²⁾의 방법을 변형시켜 사용하였다. 즉, 인지질을 제거하기 위하여 Zeolite 대신 Silicic acid를 사용하였으며, NaOH와 arsenic trioxide 대신 NaAsO₂를, Chromotropic acid 대신 Chromotropic acid disodium salt를 사용하였다.

제 1 실험기간의 결과는 Scheffe's test로 분석하였고 제 2 실험기간의 결과는 Student t-test에 의하여 검증하였으며²³⁾, p<0.05의 차이를 가진것을 통계적으로 유의차가 있다고 보고한다.

실 험 결 과

1) Experiment A

Exp. A의 제 1 실험기간후의 결과는 Table 3에 있고 제 2 실험기간후의 결과는 Table 4에 수록되었다. 제 1 실험기간동안 casein식이 (HC, LC 군)를 먹은 쥐들의 체중증가 및 열량섭취량은 Gluten식이(HG·LG 군)를 먹고 자란 쥐들 보다 높았다. 그러나 같은 단백질식이 군내에서는 (HG vs LG, HC vs LC) 지방함량에 따른 영향은 없었다.

제 2 실험기간동안 네군을 각각 control 또는 Atherogenic 식이군으로 나누어 먹인후 체중비교를 해보면, 각 식이군내에서는 control 군보다 Atherogenic 군의 체중증가가 더 컸다. 유아기의 식이에 단백질급원으로 casein을 먹은군 (HCC, HCA, LCC, LCA)은 gluten식을 먹은군 (HGC, HGA, LGC, LGA)보다 현저하게 더 높은 체중증가를 했으나 지방함량에 따른 차이는 없었다.

제 1 실험기간후 혈청 cholesterol은 고지방식이(HC, HG 군) 군이 저지방식이 (LC, LG 군) 군보다 높은 경향을 보였으며, 또한 casein식이군 (HC, LC 군)이 gluten식이군 (HG, LG) 보다 높았다. 혈청 triglyceride는 고지방식이군이 저지방식이군보다 낮은 경향을 보이거나 단백질 급원에 따른 차이는 없었다.

Table 3. Exp.A. Body weight gain and lipid levels in serum and liver for period I

| | | HC(7)** | HG(5) | LC(7) | LG(5) |
|-----------------|--------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| | wt. gain(g/day) | 2.5±0.2 ^a | 0.4±0.1 ^a | 2.5±0.2 ^b | 0.5±0.1 ^b |
| | cal. intake(kcal/day) | 36.5±0.8 ^a | 28.6±1.8 ^a | 34.0±2.7 ^b | 28.2±1.0 ^b |
| Serum(mg/100ml) | Cholesterol | 140.0±29.0 | 114.0±25.9 | 123.6±9.0 | 84.0±3.7 |
| | Triglyceride | 78.1±11.4 | 80.3±24.3 | 110.5±22.2 | 100.5±7.8 |
| Liver | wt(g) | 6.3±0.6 ^a | 2.5±0.2 ^a | 4.3±0.5 | 2.2±0.2 |
| | Cholesterol(mg/g liver) | 7.9±0.4 | 9.6±0.5 | 7.5±0.3 ^a | 9.7±0.8 ^a |
| | Triglyceride(mg/g liver) | 4.9±0.4 | 5.4±0.5 | 4.4±0.3 | 6.5±1.8 |

* Mean±SEM

** Number of samples in each group

^{a, b} values sharing a common superscript letter are significantly different as determined by Scheffe's test (p<0.05)

Table 4. Exp. A. Body weight and lipid levels in serum and liver for period II

| | | HCC(7)** | HCA(7) | HGC(7) | HGA(5) | LCC(7) | LCA(7) | LGC(4) | LGA(7) |
|-----------------|------------------------------|-------------------------------|------------------------------|------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|-------------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| | weight(g) | 210.0 ±8.8 ^a | 241.0 ±11.0 ^a | 157.0 ±13.9 | 157.0 ±8.0 | 213.0 ±6.2 | 246.0 ±22.5 | 128.0 ±9.3 ^b | 198.0 ±35.7 ^b |
| | cal. intake (kcal/day) | 65.3 ±3.4 ^a | 71.8 ±5.5 ^a | 52.6 ±3.5 | 54.6 ±6.3 | 67.8 ±3.0 ^b | 69.9 ±5.9 ^b | 52.7 ±4.3 ^c | 53.1 ±3.6 ^c |
| serum(mg/100ml) | Cholesterol | 129.2 ±10.4 ^{c,d} | 170.7 ±7.1 | 92.1 ±10.0 ^{a,c} | 177.5 ±18.8 ^a | 89.3 ±10.2 ^{b,d} | 150.0 ±10.6 ^b | 98.8 ±25.1 | 130.7 ±11.5 |
| | Triglyceride | 117.0 ±13.0 ^{a,c} | 72.7 ±13.3 ^{a,d} | 138.3 ±27.3 | 101.8 ±13.4 | 176.7 ±11.0 ^{b,c} | 124.7 ±14.2 ^{b,d} | 165.5 ±45.1 | 124.7 ±21.8 |
| Liver | weight(g) | 7.3 ±0.6 ^a | 10.5 ±0.7 ^{a,d} | 6.9 ±0.8 | 7.8 ±0.5 ^d | 7.3 ±0.4 ^{b,c} | 11.5 ±1.4 ^b | 4.7 ±0.5 ^{a,c} | 9.4 ±1.0 ^c |
| | Cholesterol (mg/g liver) | 8.5 ±0.4 ^a | 11.1 ±0.9 ^a | 7.5 ±0.3 ^b | 10.3 ±1.0 ^b | 8.9 ±0.6 | 12.8 ±1.8 | 16.3 ±2.5 ^d | 9.8 ±0.9 ^d |
| | Triglyceride (mg/g liver) | 4.8 ±0.3 | 6.3 ±0.6 | 4.4 ±0.2 | 5.5 ±0.2 | 4.6 ±0.2 | 5.4 ±0.5 | 4.7 ±0.7 | 5.4 ±0.2 |

* Mean±SEM

** number of samples in each group.

^{a,b,c,d,e} values sharing a common superscript letter are determined by Student's t-test(p<0.05)

제 2 실험기간후 혈청 cholesterol 양은 제 1 실험식에
에 관계없이 각 식이군내에서 control 식이군에 비하여
Atherogenic 식이군이 높았고, triglyceride 함량은 그
와 반대로 control 군의 양이 Atherogenic 식이군의 것
보다 높았다. 제 2 실험기간중 같은 Atherogenic diet
을 먹어도 제 1 실험기간중 고 지방식이를 먹었던군
(HCA, HGA 군)은 저지방식이를 먹었던군(LCA, LGA
군)보다 유의성있게 혈청 cholesterol 양이 높았으며,
control 식이를 먹었을때도 이와같은 경향을 보였다.

혈청 triglyceride 양은 이와는 반대로 control 또는
Atherogenic 식이군 모두가 제 1 실험기간중 고지방식
이로 사육된 군이 저지방식이로 사육된 군보다 낮았다
그러나 혈청의 cholesterol 이나 triglyceride 함량은 제
1 실험기간중 먹인 단백질의 종류에 따른 차이는 없었
다.

제 1 실험기간후 간의 무게는 casein 을 먹은군(HC,
LC 군)이 gluten 을 먹은군(HG, LG 군)보다 높았으나
식이내 지방함량에 따른 차이는 없었다. 제 2 실험기간

Table 5. Exp. B. Weight gain and lipid level in sesum and liver

| | HC(14)** | HG(7) | LC(12) | LG(12) |
|------------------------|-----------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------|
| at weaning | 38.5±1.5 ^{a*} | 16.6±0. ^a | 28.2±1.2 ^b | 16.1±0.3 ^b |
| 2wks after weaning | 79.7±3.3 ^a | 19.4±1.4 ^a | 63.8±4.3 ^b | 19.9±0.5 ^b |
| Body wt. (g/pup) | | | | |
| initial wt(g/rat) | 179.0±10.3 ^a | 179.9±5.9 ^b | 151.5±11.8 | 122.2±8.2 |
| gain(g/day) | 3.3±0.3 | 3.6±0.3 | 3.1±0.3 | 3.3±0.2 |
| | | | | |
| cholesterol | 135.1±15.5 ^a | 185.6±12.7 ^a | 122.6±7.8 | 108.6±6.7 ^b |
| Triglyceride | 77.0±9.5 ^a | 74.5±5.4 ^b | 50.5±3.6 | 84.6±15.8 |
| | | | | |
| wt. (g/pup) | 6.8±0.5 ^a | 9.0±0.5 ^a | 4.5±0.5 ^c | 4.5±0.6 ^d |
| cholesterol (mg/g)*** | 9.6±1.4 ^a (3) | 47.9±6.9 ^a (5) | 12.6±0.5 ^c (4) | 5.5 (1) |
| Triglyceride (mg/g)*** | 2.4±0.2 ^a (3) | 4.2±0.8 (5) | 7.2±0.3 (4) | 6.7 (1) |

* Mean ± SEM

** Number of samples in each group

*** Number of liver samples for lipid analysis a, b, c, d, values sharing a common superscript letter are significantly different by Scheffe's test for period I, and by student's t-test for period II. (p<0.05)

후의 각 식이군내에서는 Atherogenic 군이 control 군보다 간의 무게가 높았다. 제 1 실험기간중 casein 군과 gluten 군 사이에 생긴 차이는 제 2 실험기간후에도 회복되지않고 여전히 casein 식이를 먹었던 군이 더 높은 값을 보였다.

제 1 실험기간후의 간의 단위 무게당 cholesterol 양은 casein 식이군(HC, LC 군)이 gluten 식이군(HG, LG)보다 낮았으나 간 전체에 포함된 함량은 casein 식이군이 더 높았다. 그러나 간의 단위무게당 triglyceride 함량에는 유의적인 차이가 없었다. 식이내의 지방함량은 간의 cholesterol, triglyceride 양에는 영향을 미치지 않았다.

제 2 실험기간후에 간 단위무게당 포함된 cholesterol 양은 Atherogenic 군이 control 군보다 높았으나 LGC 군은 LGA 보다 높은 값을 보이는 것은 실험적인 오차 외에는 현재로는 설명할 수 없다. 간 전체에 포함된 cholesterol 양도 역시 같은 경향을 보였다. 간의 단위 무게당 triglyceride 의 양은 각 식이군 사이에 통계적인 유의차가 없었으나 전체함량은 간의 무게 때문에 Atherogenic 군이 control 군보다 높게 되며, 제 1 실험 기간동안 먹었던 식이에 따른 차이는 없었다.

2) Experiment B

Exp. B의 결과는 Table 5에 있다.

새끼의 체중증가를 살펴보면 제 1 실험기간동안 casein 을 섭취한 군(HC, LC)이 gluten 을 섭취한 군(HG, LG)보다 더 큰 체중증가를 보이고 있으며 이 차이는 새끼가 나이를 먹어 갈수록 더욱 현저하다. 그러나 지방함량에 따른 차이는 없었다.

암컷이 교미, 출산하는데까지는 무난하였으나 그후 어미가 새끼를 많이 죽여 결국 수유 3주간을 모두키운 새끼의 수가 적었으므로 제 1 실험기간 이후에는 새끼를 희생시키지 않고, 모든 쥐를 제 2 실험기간의 control 과 Atherogenic 의 두군으로 나누었다. 제 2 실험기간동안의 체중증가는 8개군간에 차이가 없었으나, 제 1 실험기간중 casein 을 먹은 군의 체중이 gluten 을 먹은군보다 여전히 높았다.

Exp. A 에서와 같이 혈청 cholesterol 양은 Atherogenic 식이군이 Control 식이군보다 높았다. 그러나 제 1 실험식이중 포함된 지방의 양이나 단백질 종류에 따른 차이는 없었다. 혈청 triglyceride 양에는 각 식이군내에서는 Control 과 Atherogenic 군 사이에 차이가 없었으나, 어렸을때 저지방식을 먹었던 쥐들이 고지방식을 먹었던 쥐들에 비해 높은 경향을 보이고 있으나

단백질 종류에 따른 영향은 없었다.

간의 무게 역시 Atherogenic 군이 Control 군보다 높고, 유아기에 casein 식이를 먹은 군들이 gluten 식이를 먹은 군보다 높은 경향을 보였으며 이것은 Atherogenic 군에서 더욱 현저했다.

간의 단위무게당 함유된 Cholesterol 양은 각 식이군에서 Atherogenic 군이 Control 군보다 높았으며, 유아기에 casein 식이를 먹은군이 gluten 식이를 먹은 군보다 높은 경향을 보였다. 그러나 지방 함량의 차이에 따른 차이는 없었다. 간의 단위 무게당 triglyceride 함량은 Atherogenic 군과 Control 식이군사이에 유의적인 차이는 없었으나 전체에 들어있는 양은 간의 무게 때문에 Atherogenic 군이 Control 군 보다 높게 되며, 제 1 실험기간의 식이차이에 따른 차이는 없었다.

고 찰

세포분열이 진행되고 있는 성장기의 영양소 공급상태는 체내 장기의 발달과정에 영향을 주며^{24)~26)}, 이 영향은 성인이 된 후의 영양소 대사과정에 대한 적응성 및 성향을 미칠수 있다. 식이 형태의 차이에 따른 혈청 및 생체조직내의 지질함량의 차이는 식이를 취하고 있는 그 당시에 가장 큰 영향을 미치겠으나, 어렸을때 즉, 성장기의 식이구성 및 식습관이 성인이 된 후의 지질대사에 미치는 영향에 대한 연구도 활발해지고 있다^{12)~15)}. Mc Bean 과 Speckman¹⁴⁾, Friedman 과 Goldberg¹⁵⁾은 어린시절에 Cholesterol 을 다량섭취하면 Cholesterol 이 낮은 식이를 먹은 경우에 비하여 성장후에 Cholesterol 을 포함한 Atherogenic 식이를 먹었을 때 혈청내 Cholesterol 양이 오히려 낮았다고 했다. 이것은 어렸을때 Cholesterol 의 과량 섭취로 인해 Cholesterol 을 분해하는 과정이 특히 발달했기 때문이라고 해석하고 있다.

본 연구의 Exp. A 에서서는 젖팬 어린쥐에게 지방함량 및 단백질급원이 다른 식이를 먹이다가 쥐의 성년기에 해당하는 생후 8주정도 되었을때²⁷⁾ Atherogenic 과 non-Atherogenic Control 식이로 바꾸어 사육한 후의 성장 및 지질대사에 미치는 영향을 관찰하였으며, Exp. B에서는 유아기의 실험식이를 더 일찍 시작하면 어떤 영향이 있는가를 관찰하기 위하여 임신·수유·유아기를 통하여 지방함량 및 단백질급원이 다른 식이를 먹인후의 결과를 관찰하였다.

두번의 실험에서 제 1 실험기간 동안의 체중을 비교

하여 볼 때 casein을 섭취한 군들의 증가가 gluten을 섭취한 군들보다 큰 것은 동물의 체중 증가는 식이에 포함된 단백질의 질에 비례한다는 다른 보고들과^(12,26) 일치한다. 제 2 실험기간동안에는 모든 쥐들이 casein을 포함한 Control 또는 Atherogenic 식이를 먹었으나 그후에도 제 1 실험기간에 gluten을 먹고 자랐던 쥐들이 여전히 낮은 체중을 보이는 것은 어렸을때 저질의 단백질에 의해 받은 영향은 그 후 4주간 양질의 단백질 식이를 주어도 회복되지 않음을 말해준다. 이와같은 경향은 간의 무게의 변화에서도 관찰 할 수 있었다. E: Klund와 Sjöblom⁽⁴⁾는 female rat을 사용한 실험에서 wheat gluten을 먹은 쥐와 casein을 먹은 쥐를 비교할때 체중증가, 혈청 triglycerides와 Cholesterol 양이 낮음을 보고하고 있다. Exp. A의 제 1 실험기간후의 혈청 Cholesterol 양이 casein을 먹은군이 gluten을 먹은 군보다 높은것은 위의 보고와 일치하나 본 실험에서는 혈청 triglycerides에는 영향을 미치고 있지 않다. 그러나 이 쥐들을 제 2 실험기간동안 계속 사육한 후에도 혈청 Cholesterol 양은 Atherogenic 혹은 Control 식이에 상관없이 어렸을때 먹은 단백질의 급원에 따른 차이가 없었고, 임신기부터 단백질 급원이 다른 식이를 먹었던 Exp. B에서도 제 2 실험기간 이후 혈청 Cholesterol 양에 차이가 없었으므로 어렸을때의 단백질 영양이 성장후의 Cholesterol 대사에는 영향을 미치지 않고 있다.

Exp. A의 제 1 실험기간후 고지방식이군(HC, HG군)의 혈청 Cholesterol이 저지방식이군(LC, LG군)보다 높은 경향을 보이는 것은 다른 사람들이 보고한 바와 같으며⁽¹²⁻²³⁾, Exp. A, B 모두 제 2 실험기간후의 혈청 Cholesterol이 Atherogenic 군에서 Control 군보다 높음은 Atherogenic 식이가 고지방·고 Cholesterol 식이이므로 기대되었던 바와 같다⁽¹²⁻²³⁾. 두번의 실험에서 모두 제 2 실험기간후의 혈청 Cholesterol 양이 제 1 실험기간중 고지방을 먹었던 쥐들이 (HCC, HCA, HGC, HGA) 저지방을 먹었던 쥐들에 (LCC, LCA, LGC, LGA) 비해 높은 경향을 보이며, 이 경향은 Atherogenic 식이를 먹은 쥐들(HCA, HGA, LCA, LGA) 사이에서 더욱 현저함은 유아기의 식이에 포함된 지방함량이 성장후의 Cholesterol 대사에 영향을 미침을 알 수 있고, 이 영향은 "Cholesterol Challenge"를 받았을때 더욱 현저하다. 수유기에 Cholesterol 함량이 높은 젖을 먹은 쥐들이 그후에 Cholesterol Challenge를 받았을때 혈청 Cholesterol이 감소하거나^(14,15) 혹은 변화가

없었던⁽¹³⁾ 보고와는 달리 유아기에 Cholesterol을 포함하지 않은 고지방식이를 먹었던 경우에는 성년기에 혈청 Cholesterol 양이 증가함은 주목 할 만하다.

혈청 triglycerides 양은 Cholesterol과는 달리 제 1 실험기간에는 저지방식이군의 값이, 제 2 실험기간에는 Control식이군의 값이 높았다. 제 1 실험기간의 저지방 식이와 제 2 실험기간의 Control 식이는 탄수화물 함량이 높은 식이이므로 이 결과는 혈청 Triglycerides가 식이에 포함된 지방양보다는 탄수화물함량에 더 큰 영향을 받는다는것을 말해준다. 성장후 Control과 Atherogenic식이군 중에서는 어렸을 때 저지방 즉, 고탄수화물식이를 먹은 쥐들이 계속 높은 혈청 Triglycerides 값을 보이는 것으로보아 탄수화물양이 혈청 triglycerides에 미치는 영향은 계속적인 것임을 말해준다고 할 수 있다.

Gluten식이군이 casein식이군에 비하여 간 단위 무게당 Cholesterol 양이 더 높은것은 간 전체 무게가 적으므로 인해 나타난 현상이 아닌가한다. 그러나 간 전체에 포함된 Cholesterol 양은 casein군이 더 높았다. 실험식이를 일찍 시작했던 Exp. B에서 유아기에 섭취한 실험식이가 성장이후에 더 크리라고 기대했던 것과는 달리 본 연구에서는 Exp. A와 Exp. B의 결과가 비슷했다. 이것은 아마도 Exp. B에서 수유기간에 어미가 새끼를 많이 죽여 실험에 사용한 새끼수가 적었던때 부분적인 원인이 있지 않았나 생각된다.

본실험의 결과에서 나타난 유아기의 식이구성 성년이후에 미치는 영향이 영구적인 것인지 혹은 적용되는 하나의 과도기에 나타나는 현상인지는 더 연장된 실험을 해 보지않고는 말하기 어렵다.

성장기에 같은 식이를 먹은 쥐들 중에서도 유아기에 고지방식이를 먹은 군이 저지방식을 먹은군에 비해 혈청 triglycerides 양은 더 낮으나, 혈청 Cholesterol은 더 높은 경향을 보이는 것은 어렸을때 고지방식을 하면 성장후의 혈청 cholesterol 양이 높아짐을 암시하고 있다. 혈청 cholesterol이 혈청 triglycerides 양보다 심장계통의 질병에 더 큰 위험인자로 지적되고 있으므로⁽¹³⁾, 유아기의 고지방식은 바람직하지 못하다고 할수있다. 또한 본실험에서 식이에 포함된 지방함량에 따른 체중증가에 차이가 없는 것으로 보아 우리나라 국민의 지방섭취량을 증가시키도록 권장하는 노력에 한계 및 재고가 필요하리라 본다.

유아기에 섭취한 단백질의 종류가 그 후의 지방대사에는 영향을 미치고 있지 않으나 체중 및 장기 발달⁽²⁶⁾

로 미루어 보아 성장에는 큰 영향을 계속미치고 있음은 유아기에 양질의 단백질 섭취가 중요함을 다시 한번 강조해 주는 것이다.

참 고 문 헌

- 1) Truswell, A.S.: *Diet and plasma lipids—a reappraisal. Amer. J. Clin. Nutr.* 31 : 977—989, 1978.
- 2) Glueck, C.J. & Connor, W.E.: *Diet-coronary heart disease relationships reconnoitered. Amer. J. Clin. Nutr.* 31 : 727—737, 1978.
- 3) McGill, H.C. & Mott, G.: *Diet and coronary heart disease. Present Knowledge in Nutrition. 4th ed. : 376—391, The Nutrition Foundation, Inc. New York, Washington. 1976.*
- 4) Eklund, A. & Sjöblom, L.: *Effects of the source of dietary protein on serum lower density lipoprotein (VLDL & LDL) and tocopherol levels in female rats. J. Nutr.* 110 : 2321—2335, 1980.
- 5) Carroll, K.K., Giovannetti, P.M., Huff, M.W., Moase, O., Roberts, D.C.K. & Wolfe, B.M.: *Hypocholesterolemic effect of substituting soybean protein for animal protein in the diet of healthy young woman. Amer. J. Clin. Nutr.* 31 : 1312—1321, 1978.
- 6) Leveille, G.A., Shoekley, J.W. & Sauberlich, H. E.: *Influence of dietary protein level and amino acids on plasma cholesterol of growing chix. J. Nutr.* 76 : 321, 1962.
- 7) Huff, M.W., Hamilton, R.M.G. & Carroll, K.K.: *Plasma cholesterol levels in rabbits fed low fat, cholesterol-free, semipurified diets: Effects of dietary proteins, protein hydrolysates and amino acid mixtures. Atherosclerosis* 28 : 187—195, 1977.
- 8) Forsythe, W.A., Miller, E.R., Hill, G.M., Romsos, D.R. & Simpson, R.C.: *Effects of dietary protein and fat sources on plasma cholesterol parameters, LCAT activity and amino acid levels on tissue lipid content of growing pigs. J. Nutr.* 110 : 2467—2479, 1980.
- 9) Carroll, K.K. & Hamilton, R.M.C.: *Effects of dietary protein and carbohydrate on plasma cholesterol level in relation to atherosclerosis. J. Food Sci.* 40 : 18—23, 1975.
- 10) Olson, R.E., Nichaman, M.Z., Nittka, J. & Eagles, J.A.: *Effects of amino acid diets upon serum lipids in man. Amer. J. Clin. Nutr.* 23 : 1614—1625, 1970.
- 11) Sirtori, C.R., Agradi, E., Conti, F., Mantero, O. & Gatti, E.: *Soybean-protein diet in the treatment of type-II hyperlipoproteinaemia. Lancet* 1 : 275—277, 1977.
- 12) Reiser, R. & Sidelman, Z.: *Control of serum cholesterol homeostasis by the cholesterol in the milk of the suckling rat. J. Nutr.* 102 : 1009—1016, 1972.
- 13) Kris-Etherton, P.M., Layman, D.K., York, P.V. & Frantz, I.D.: *The influence of early nutrition on the serum cholesterol of the adult rat. J. Nutr.* 109 : 1244—1257, 1979.
- 14) McBean, L.D. & Speckman, E.W.: *On interpretative review; diet in early life and the prevention of atherosclerosis. Pedia. Res.* 8 : 837—842, 1974.
- 15) Friedman, G. & Goldberg, S.J.: *Concurrent and subsequent serum cholesterol of breast and formula fed infants. Amer. J. Clin. Nutr.* 28 : 42—45, 1975.
- 16) 김해리, 백정자: 농촌 임신부의 식품 및 영양섭취 조사. *한국영양학회지*, 11 (2) : 19—25, 1978.
- 17) 김해리, 백정자: 농촌 수유부의 식품 및 영양섭취 조사. *한국영양학회지*, 12 (3) : 41—46, 1979.
- 18) 김해리, 백정자: 농촌 이유기 어린이의 영양섭취 조사. *한국영양학회지*, 11 (1) : 1—6, 1978.
- 19) Searcy, R.L. & Berquist, L.: *A new color reaction for the quantitation of serum cholesterol. Clin. Chem. Acta.* 5 : 192, 1960.
- 20) Fletcher, M.J.: *Colorimetric method for estimating serum triglycerides. Clin. Chim Acta.* 22 : 393—397, 1968.
- 21) Folch, J., Lees, M. & SloaneStanley, G.H.: *A simple method for the isolation and purification of total lipid from animal tissues. J. Biol. Chem.*

- 226 : 497—509, 1957.
- 22) Van Handel, E. & Zilversmit, D.B.: *Micro method for the direct determination of serum triglycerides*. *J. Lab. Clin. Med.* 50 : 152, 1957.
- 23) Gill, J.L.: *Design and analysis of experiments in the animal and medical sciences*. The Iowa State University Press, Ames, IA, 1978.
- 24) Winick, M. & Noble, A.: *Cellular growth in rats during malnutrition at various ages*. *J. Nutr.* 89 : 300, 1966.
- 25) Winick, M. & Noble, A.: *Cellular response with increased feeding in neonatal rats*. *J. Nutr.* 91 : 179, 1967.
- 26) 김화영 : 흰쥐에서 임신부의 열량 및 단백질의 변화가 태아와 유아의 성장 발달에 미치는 영향(I). 성심여자대학 논문집. 11 : 103—111, 1980.
- 27) Todhunter, E.N.: *Rats in nutrition research*. *Chemistry*. 52 (3) : 8—11, 1979.