

食餌纖維類의 種類와 水準이 環쥐의 体内 脂肪代謝에 미치는 影響

李容億·盧長淑·李宰旼

明知大學校 理科大學 營養食品學科

Effects of Dietary Fiber Sources and Levels on Lipid Metabolism in Rats

Lee, Yong-Ock · Noh, Jang-Sook · Lee, Jae-Min

*Dept. of Food and Nutrition, College of Science,
Myoung Ji University*

(Received February 21, 1985)

ABSTRACT

The present study was designed to investigate the effects of dietary fiber sources and levels on serum lipids in rats fed a hypercholesterol diet containing 0.5% cholesterol.

Male Sprague-Dawley rats weighing 52.7 ± 7.27 g were divided into several groups by completely randomized block design and fed various dietary fibers which were prepared from Rice bran, Siraegi (The dried green parts of a radish) and Bracken Fern at a level of 5% and 10% respectively.

The results obtained in this study are summarized as follows:

1. Body weight gains were not significantly different among the groups and food intake was significantly higher in rats fed a diet of Siraegi 10% than those fed the control diet.
2. Fecal wet weights were significantly increased in all experimental groups.
3. Levels of serum total cholesterol in all experimental groups were significantly lower than that of the control group except the level in the R 10 (Rice bran 10%) group.
4. Free Cholesterol levels in the serum were increased in all experimental groups, especially the levels in the R 10 (Rice bran 10%) and S 10 (Siraegi 10%) groups were significantly higher than that of the control group.
5. Ester Cholesterol levels in the serum were significantly lower in rats fed the experimental diets than those fed the control diet.
6. There was a tendency of higher serum HDL-Cholesterol levels in R5 (Rice bran 5%), R10 (Rice bran 10%) and B5(Bracken 5%) groups compared to the control group however no significant differences were found between the control group and all the experimental groups except in the case of the S5 (Siraegi 5%) group.

7. LDL, VLDL-Cholesterol levels in the serum were significantly reduced in the S5 (Siraegi 5%), B5 (Bracken 5%) and B10 (Bracken 10%) groups.
8. The HDL-C./Total-C. Ratio was increased in all experimental group especially the Ratios in the S5 and B5 groups were significantly higher than that of the control group.

I. 序 論

심장 및 순환기계 질환의 대표적인 예로 動脈硬化症(Atherosclerosis)을 들 수 있다.

이 動脈硬化症의 主要 위험인자로 高血壓(Hypertension), 高콜레스테롤血症(Hypercholesterolemia), 高脂血症(Hyperlipidemia), 肥滿症(Obesity), 흡연 및 선천적인 대사장애(Inborn Metabolic Derangement), 연령의 증가 등이 指摘되고 있다.¹⁻³⁾

특히 營養의인 側面에서 볼때 食餌중의 脂肪含量이나 不飽和度, Cholesterol含量, 정제된 탄수화물의 과잉섭취, 설탕의 섭취, 動物性단백질등이 動脈硬化症과 밀접한 관련을 맺고 있다고 하여 이에 대한 研究가 활발히 이루어지고 있다.^{4,5,6)}

또한 Africa와 같은 高纖維質食餌를 주로 攝取하는 地域에서 血中 Cholesterol值가 낮고 심장질환의 發現이 적으며 西歐 여러 나라의 국민들 보다 茸腫(Colonc polyposis), 結腸炎(Inflammatory colitis), 腸炎(Enteritis) 그리고 結腸癌(Colon cancer)등의 發病率이 낮다는 역학적인 觀察로부터 Hypercholesterolemia와 動脈硬化症에 대한 食餌纖維의 效果가 많은 관심의 대상이 되고 있다.⁷⁻¹⁰⁾

最近에는 血清內 總 Cholesterol量 보다는 各 Lipoprotein內의 Cholesterol濃도가 動脈硬化症과 더욱 밀접한 관계가 있으며 HDL-Cholesterol(high density lipoprotein; α -lipoprotein)이 抗動脈硬化因子(Anti-atherosclerotic factor)로 作用하며 LDL-Cholesterol(low density lipoprotein; β -lipoprotein)은 plasma cholesterol의 주된 운반체로써 動脈硬化症을 촉진하는 役割이 있다는 것이 점차 확실해지면서 食餌纖維와 脂肪代謝(Lipid Metabolism)와 動脈硬化症에 대한 研究가 활발히 진행되고 있다.¹¹⁾

Trowell과 Burkitt는 食餌纖維가 血中 Cholesterol值를 低下시킴으로써 Hyperlipemia와 Ischemic heart disease 뿐만 아니라 遺傳的 要素가 짙은 糖尿病이나 肥滿症에도 豫防效果가 있다는 假說을 報告하였다.¹²⁾

한편 食餌纖維의 攝取와 Colon cancer의 관계는 動物實驗을 통해 研究되고 있는 바 dietary wheat

bran, pectin 그리고 cellulose 등이 效果가 있다는 報告가 있으며 이는 Malhotra의 報告에서 colon cancer가 South Indian들 보다 North Indian들에게 있어서 훨씬 더 적게 發生하는 편인데 그 理由는 North Indian들이 그들의 食餌에서 풍부한 roughage, cellulose 및 vegetable fiber를 消費하고 있기 때문인 것으로 指摘되고 있다.^{7,9)}

이러한 종류의 實驗과는 별도로 Amaranth(食用色素赤色 2號), Sodium cyclamate 그리고 polyoxyethylene sorbitan monostearate(Tween 60) 등과 같은 非이온 界面活性劑(Nonionic surface active agent)등을 과량 투여함으로써 나타나는 Toxic manifestation에 대하여 여러 종류의 Fiber 및 fiber-containing material들이 改善效果가 있다는 것이 發表되었다.¹³⁻¹⁷⁾

食餌纖維가 Cholesterol代謝에 影響을 미치는 作用機作(Mechanism)에 대해서는 아직 확실하게 究明되지 않았으나 Leveille, Weiss, Eastwood 등의 研究 報告에서 Bile acid가 small intestine內에서 食餌纖維와 結合하여 Bile acid excretion의 增加로 cholesterol pool과 Blood cholesterol level이 減少하게 된다고 하였다.¹⁸⁻²¹⁾

이와같이 食餌纖維가 Hypolipidemia, Hypocholesterolemia에 效果가 있다는 理論에 根據하여 經濟成長과 함께 우리나라에서도 점차로 脂肪의 攝取가 增加하고 있는 점을 考慮하여 血中 脂質值를 減少시킬 수 있는 食餌의 利用이 動脈硬化症을 初期에 豫防할 수 있거나 遲延시킬 수 있다고 생각하여 우리의 食生活를 통해 日常 많이 攝取할 수 있는 High dietary fiber含有食品을 選擇하여 動物實驗을 통해 血清 Cholesterol에 미치는 效果를 調査하여 그 結果를 얻었기에 報告하는 바이다.

II. 實驗材料 및 方法

1. 實驗材料

Fiber源으로서는 우리가 일상식품으로 사용하는 것 중에서 비교적 Fiber가 많이 들어있는 것으로 알려져 있는 쌀겨, 시래기, 고사리의 3종류를 사용하였다. 試料의 購入은 1984年 4月과 5月の 2個月

사이에 걸쳐서 쌀겨와 시래기는 경기도 안성에서, 고사리는 서울 경동시장에서 購入하였다. Dietary Fiber 試料를 얻기 위한 前處理 過程은 건조된 시래기와 고사리의 경우, 일단 삶아서 물에 沈出시킨후 다시 自然乾燥하여 Dry Fiber 를 분쇄하여 분말로 하였다. 쌀겨의 경우는 쌀겨 자체에 상당량의 脂肪이 含有되어 있으므로 Normal Hexane 을 溶劑로 사용하여 脫脂한 후 溶劑를 揮發시켜서 사용하였다.

2. 實驗動物 및 食餌

(1) 實驗動物: 實驗動物은 젓펜 흰쥐로 平均體重 이 52.7±7.27g 인 Sprague-Dawley 系 수컷 37마리를 대상으로 하였으며 實驗前에 環境에 適應시키기 위해 사육되는 흰쥐用 固形飼料(第一飼料)로 2週間 豫備 飼育한 후 體重에 따라 난괴법(Randomized complete block design)에 의해 7 個群으로 나누어 한 케이지(Cage)당 4~6마리로 하여 3週間 實驗飼育하였다.

(2) 食餌: 實驗食餌는 市販 固形飼料를 분말로 하여 여기에 준비된 Dietary Fiber 試料(쌀겨, 시래기, 고사리)를 각각 5%와 10% 水準으로 添加한 다음 물로 반죽하여 적당한 크기로 뭉쳐서 납작하게 만든 후 電氣 oven에서 약 48時間 乾燥시켜 固形 飼料로 만들어 적당한 크기로 잘라 주었다. 이때 모든 實驗 飼料에는 cholesterol 0.5%를 添加하여 高cholesterol 食餌로 하여 자유로히(ad libitum) 給食시켰으며 實驗 食餌의 組成은 Table 1과 같다.

(3) 飼料攝取量·體重增加量 및 Fecal Weight의 測定: 飼料 攝取量은 미리 칭량된 實驗 飼料를 Cage

별로 계속 給與하고 이틀에 한 번씩 殘餘量을 減하여 Rat 數로 나누어 總 平均 攝取量으로 하였다. 體重 增加量은 4일에 한 번씩 일정한 時間에 Rat의 各 體重을 測定하여 前後 體重의 差異로써 體重 增加量을 算出하였다. 糞便무게는 實驗期間 2週째와 3週째에 각각 4日 동안의 糞便을 採取하여 무게를 測定 하였다.

3. 試料採取 및 分析

本 實驗에서 Rat는 3週間의 實驗飼育을 끝낸 후 하룻밤을 絶食(fasting)시킨 뒤 ethyl ether 麻酔下에서 心臟採血한뒤, 3000 r. p. m에서 15分間 遠心分離하여 上等液인 血清을 얻었으며, 血液 採取 후 開腹하여 肝 및 腹腔內脂肪組織을 採取하여 무게를 測定하였다.

(1) 血清의 Total cholesterol 量 測定: 血清 Cholesterol 量은 Liberman-Burchard Reaction에 基礎한 Cholesterol 測定用 試藥(韓國試藥 Co.)을 사용하여 測定하였다. 測定方法은 시료 및 표준 血清 0.1ml를 取하여 시험관에 각각 넣고 Cholesterol 발색액 5ml를 加하여 잘 혼합한 다음 37°C water bath에서 10分間 加溫하여 Spectrophotometer(日本, Hitachi model 100-10)의 wave length(波長)를 625nm로 맞추어 吸光度를 測定하였다.

血清 Cholesterol 値는 다음식에 의해 算出하였다.

$$\frac{E_s}{E_{std}} \times 200 = \text{검체中の Total Cholesterol (mg/100ml)}$$

E_s : 검체(시료혈청)의 吸光度

E_{std} : 표준액의 吸光度

(2) 血清의 Free Cholesterol 量 測定: 血清의 Free-Cholesterol 量은 Free-Cholesterol 測定用 試藥을 사용하여 Enzymatic Colorimetric Method(日本, Wako 製)에 의해 測定하였다. 測定 方法은 試料 및 標準 血清 0.05ml를 取하여 시험관에 각각 넣고 發色試液 3.0ml를 加하여 잘 혼합한 다음 37°C water bath에서 15分間 加溫하여 Spectrophotometer의 wave length를 505nm로 하여 吸光度를 測定하였다.

血清의 Free Cholesterol 値는 다음식에 의해 算出하였다.

$$\frac{E_s}{E_{std}} \times 100 = \text{시료中の Free-Cholesterol (mg/100ml)}$$

E_s : 검체(시료혈청)의 吸光度

E_{std} : 표준액의 吸光度

(3) 血清의 Ester Cholesterol 值 算出: 血清의 Ester Cholesterol 値는 Total Cholesterol 値에서 Free

Table 1. The Composition of Experimental Diet

| Group | Diet | No. of Rats | Period (Week) |
|---------|-----------|-------------|---------------|
| Control | ST+CO | 4 | 3 |
| R 5 | ST+R5+CO | 4 | 3 |
| R 10 | ST+R10+CO | 6 | 3 |
| S 5 | ST+S5+CO | 6 | 3 |
| S 10 | ST+S10+CO | 5 | 3 |
| B 5 | ST+B5+CO | 6 | 3 |
| B 10 | ST+B10+CO | 6 | 3 |

ST: Stock diet S5: Siraegi 5%
 CO: 0.5% Cholesterol S10: Siraegi 10%
 R5: Rice Bran 5% B5: Bracken 5%
 R10: Rice Bran 10% B10: Bracken 10%

Cholesterol 値를 減하여 算出하였다.

(4) HDL-Cholesterol 量 測定: 血清의 HDL-Cholesterol 量은 Heparin-Mn 結合沈殿法에 基礎한 HDL-Cholesterol 測定用 試藥(日本, Wako 製)을 사용하여 測定하였다.

測定 方法은 증류수, 試料血清, 標準液 0.05ml 씩 시험관에 각각 取하여 沈殿試液을 증류수와 標準液에 1.0ml, 試料血清에는 2.0ml 加하여 잘 混合한 다음 실온에서 10 分間 放置하고 遠心分離(3000 r. p. m) 하여 上澄液 1.0ml 씩 다른 시험관에 각각 取하고 여기에 發色試液 2.0ml 를 加하여 잘 混合한 다음 37°C Water bath 에서 10 分間 加溫하여 Spectrophotometer 로 505nm 에서 吸光度를 算出하였다.

血清의 HDL-Cholesterol 含量은 다음 式에 의해서 算出하였다.

$$\frac{E_s}{E_{std}} \times 100 = \text{試料中の HDL-Cholesterol (mg/100ml)}$$

E_s : 檢체(Sample)의 吸光度

E_{std} : 標準液(Standard)의 吸光度

(5) LDL, VLDL-Cholesterol 量의 算出: 血清의 LDL, VLDL-Cholesterol 値는 Total Cholesterol 値에서 HDL-Cholesterol 値를 減하여 算出하였다.

III. 實驗結果

1. 體重增加量 및 食餌攝取量

各 群 모두 實驗食餌에 잘 적응하였으며 實驗終了時 모두 良好한 狀態를 보였다. 實驗食餌의 投與에 따른 Rat 의 體重增加量 및 食餌攝取量, 飼料效率은 Table 2 와 같다.

體重은 全 實驗期間동안 7 群 모두 增加했으며 食餌別로 보았을때 고사리 5%를 첨가한 B5 群의 體重增加量이 가장 높았고 시래기 10%를 첨가한 S10 群의 體重增加量이 가장 낮았으나 Control 群과 比較할 때 各 群 間의 體重增加量에 有意인 差異를 나타내지 않았다. 또한 R 群, S 群, B 群 모두 fiber 濃度を 5% 水準으로 첨가해 주었을 때 보다 10% 水準으로 첨가해 주었을 때 體重增加量이 다소 낮아지는 傾向이나 有意인 差異는 아니었다.

한편 各 實驗群의 食餌攝取量을 보면 S10 群이 가장 높고, 그 다음이 B10 群의 順이며 R10 群을 제외하고는 모든 群이 Control 群보다 食餌攝取量이 높은 傾向을 보여 주었다.

2. 糞便무게·肝 및 脂肪組織무게

糞便무게와 肝 및 脂肪組織의 무게를 測定한 結果는 Table 3 과 같다.

4 日동안 수거한 糞便의 무게는 Control 群과 比較할 때 모든 實驗群에서 有意인 差異로 높았다. (R5 群은 $P < 0.05$ 水準, R10·S5·S10·B5·B10 群은 $P < 0.01$ 水準)

그리고 肝(Liver)의 무게는 體重에 比例하는 傾向을 나타냈으며 Control 群과 比較할 때 B5 群이 有意하게 높았고($P < 0.05$), 다른 實驗群들 間에는 有意인 差異가 없었다.

脂肪組織의 무게는 B10 群만이 有意인 差異를 보였을 뿐 ($P < 0.01$) 다른 實驗群들은 Control 群과 有意인 差異가 없었다.

3. 血清內 Total Cholesterol 含量

各 實驗食餌에 따른 血清中の Total Cholesterol 과 Free Cholesterol 그리고 Ester Cholesterol 量을 測定한 結果는 Table 4 와 같다.

이 結果에서 볼 때 血清의 Total Cholesterol 量은 R10 群을 제외한 모든 實驗群이 Control 群에 비해 有意인 差異로 낮았다. (R5 群과 S10 群은 $P < 0.05$ 水準, S5·B5·B10 群은 $P < 0.01$ 水準)

血清의 Free Cholesterol 量은 Control 群에 비해 모든 實驗群에서 增加한 傾向을 보였으며 특히 R10 群은 22.0mg/100ml, S10 群은 27.9mg/100ml 로써 14.5mg/100ml 인 Control 群과 有意인 差異가 있었다.

또한 Total Cholesterol 量과 Free Cholesterol 量으로부터 算出した Ester Cholesterol 量은 Control 과 比較할 때 모든 實驗群에서 有意의으로 낮았으며 (R5 群과 R10 群은 $P < 0.05$ 水準, S5·S10·B5·B10 群은 $P < 0.01$ 水準) Total Cholesterol 量에 대한 Ester Cholesterol 量의 比率(Ester Cholesterol/Total Cholesterol)은 S5 群을 제외하고 모든 實驗群에서 Control 群 보다 有意의으로 낮았다. (R5·R10·B10 群은 $P < 0.05$ 水準, S10·B5 群은 $P < 0.01$ 水準)

4. 血清內 HDL-Cholesterol 含量

各 實驗食餌에 따른 血清中の HDL-Cholesterol 과 LDL, VLDL-Cholesterol 量 그리고 Total Cholesterol 에 대한 HDL-Cholesterol 量의 比率를 測定한 結果는 Table 5 와 같다.

血清의 HDL-Cholesterol 量은 R5·R10·B5 群이 Control 群에 비해 약간 높게 나타났으나 有意인 差異는 없었고, S5 群이 Control 群에 비해 有意하게

Table 2. Effect of Experimental Diet on Body Weight, Weight Gain, Food Intake and Food Efficiency Ratio

| Parameter | Dietary Regimen | | | | | |
|---|---------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|
| | Control | R 5 | R 10 | S 5 | S 10 | B 10 |
| Initial body wt. (g) | 117.1±15.02 ¹⁾ | 103.3±11.03 | 115.9±6.24 | 130.3±6.60 | 134.1±6.91 | 148.4±8.77 |
| Final body wt. (g) | 205.7±13.64 | 205.0±24.13 | 211.0±34.03 | 229.3±25.66 | 227.1±15.92 | 261.2±9.07 |
| Weight gain (g/day) | 3.69±2.72 | 4.24±0.22 | 3.97±0.42 | 4.13±0.81 | 3.88±1.86 | 4.70±1.61 |
| Food intake (g/day) | 18.77±2.98 | 19.12±6.58 | 18.38±2.14 | 20.49±4.66 | 25.56±2.55 | 22.79±2.86 |
| FER ^{b)} (weight/food gain/intake) | 0.20 | 0.22 | 0.22 | 0.20 | 0.15 | 0.21 |

a) Values for each group represent Mean±S.D.

b) FER: Food Efficiency Ratio = Body wt. gain/Food intake

1) Significantly different from Control Group (p<0.01)

R 5: Rice Bran 5% ; R 10: Rice Bran 10% ;

S 5: Siregi 5% ; S 10: Siregi 10% ;

B 5: Bracken 5% ; B 10: Bracken 10%

Table 3. Effect of Experimental Diet on Fecal Weight and Organ Weights

| Parameter | Dietary regimen | | | | | |
|-------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|-------------------------|
| | Control | R 5 | R 10 | S 5 | S 10 | B 10 |
| Fecal weight (g/4 days) | 80.8±16.05 ¹⁾ | 108.7±12.30 ²⁾ | 178.2±5.52 ¹⁾ | 235.5±51.76 ¹⁾ | 259.1±29.06 ¹⁾ | 286±80.04 ¹⁾ |
| Liver (g) | 6.5±1.02 | 6.8±0.93 | 6.7±1.10 | 7.3±0.90 | 7.8±0.65 | 7.7±0.48 ²⁾ |
| Adipose tissue (g) | 1.72±0.42 | 1.85±0.45 | 1.8±0.81 | 2.06±0.84 | 2.12±0.43 | 2.0±1.0 |

a) Values for each group represent Mean±S.D.

1) Significantly different from Control Group (p<0.01)

2) Significantly different from Control Group (p<0.05)

Table 4. Effects of Experimental Diet on the Concentration of Total Cholesterol, Free Cholesterol and Ester Cholesterol of Serum

| Dietary Regimen Parameter | Control | R5 | R10 | S5 | S10 | B5 | B10 |
|-----------------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Total -Cholesterol (mg/100 ml) | 80.0±7.50 ^{a)} | 66.6±4.92 ²⁾ | 70.8±10.21 | 56.5±5.39 ¹⁾ | 60.8±9.25 ²⁾ | 48.8±1.37 ¹⁾ | 57.3±6.14 ¹⁾ |
| Free -Cholesterol (mg/100 ml) | 14.5±1.32 | 18.8±4.30 | 22.0±4.17 ²⁾ | 18.1±7.15 | 27.9±2.14 ¹⁾ | 24.4±7.01 | 15.8±3.50 |
| Ester -Cholesterol (mg/100 ml) | 65.5±8.67 | 47.7±3.08 ²⁾ | 48.8±10.13 ²⁾ | 38.3±6.40 ¹⁾ | 32.9±10.40 ¹⁾ | 24.3±6.56 ¹⁾ | 41.5±6.36 ¹⁾ |
| Ester Chol./ Total Chol. | 0.82±0.03 | 0.72±0.05 ²⁾ | 0.69±0.07 ²⁾ | 0.68±0.11 | 0.53±0.09 ¹⁾ | 0.50±0.14 ¹⁾ | 0.72±0.06 ²⁾ |

a) Values for each group represent Mean±S.D.

1) Significantly different from Control Group (p<0.01)

2) Significantly different from Control Group (p<0.05)

Table 5. Effects of Experimental Diet on the Concentration of HDL -Cholesterol and LDL, VLDL -Cholesterol of Serum

| Dietary Regimen Parameter | Control | R5 | R10 | S5 | S10 | B5 | B10 |
|---|-------------------------|-----------|-----------|-------------------------|-----------|-------------------------|------------|
| HDL -Cholesterol (mg/100 ml) | 63.3±4.88 ^{a)} | 64.0±2.74 | 66.5±9.87 | 55.2±4.20 ²⁾ | 58.1±7.75 | 64.9±5.16 | 60.7±11.4 |
| LDL, VLDL - Cholesterol (mg/100 ml) | 16.7±10.45 | 2.6±6.93 | 4.3±8.88 | 1.2±4.98 ²⁾ | 2.6±16.03 | -16.2±5.25 | -3.4±15.37 |
| HDL -C./Total -C. | 0.80±0.12 | 0.96±0.10 | 0.95±0.14 | 0.98±0.09 ²⁾ | 0.99±0.26 | 1.33±0.11 ¹⁾ | 1.08±0.27 |

Values for each group represent Mean±S.D.

Significantly different from Control Group (p<0.01)

Significantly different from Control Group (p<0.05)

낮았으며 ($P < 0.01$) 그밖에 다른 實驗群들은 Control 群과 비슷한 傾向을 보였다.

Total Cholesterol 量과 HDL-Cholesterol 量으로부터 算出한 LDL, VLDL-Cholesterol 量은 Control 群에 비해 모든 實驗群에서 낮았으며 특히 S5 群과 B5 · B10 群의 경우 LDL, VLDL-Cholesterol 量이 有意의으로 낮았다.

한편 Total Cholesterol 에 대한 HDL-Cholesterol 의 比率(HDL-Cholesterol/Total Cholesterol)은 Control 群에 비해 모든 實驗群에서 높은 傾向을 보였으며 특히 S5 群과 B5 群은 有意의인 差異가 있었다

IV. 考 察

食餌纖維(Dietary Fiber)는 一般的으로 사람의 消化기관 內에서 gut enzyme 으로는 分解되지 않는 植物性 物質으로써 Cellulose, Hemicellulose, Pectins, Lignin 등의 多糖類를 포함하는 Heterogeneous Group 으로²²⁻²⁴⁾ 食餌纖維가 脂肪代謝에 미치는 效果에 대한 研究는 比較的 最近에 이루어졌는데 이제까지 報告된 資料에 의하면 一般的으로 食餌纖維가 Hypolipidemic 效果和 Antiatherogenic 效果를 나타낸다는 것을 示唆한다^{25, 26)}.

Peterson 등에 의하면 食餌纖維를 攝取할 경우 전체적인 營養素 比率를 稀釋시켜 食餌單位當 熱量攝取가 低下되지만 身體가 이에 대한 적절한 補償效果를 나타내기 때문에 食餌攝取量은 增加한다고 하였다^{27, 28)}.

本 實驗에서 食餌攝取量은 Control 群에 비해 모든 實驗群에서 增加한 傾向을 보였으며 S5 와 S10 群 그리고 B5 와 B10 群을 各各 比較할때 纖維質水準을 높게 해주었을 때 食餌攝取量이 다소 增加하였으나 R5 와 R10 群의 경우엔 纖維質水準을 높게 하였을때 오히려 食餌攝取量이 減少하였다(Table 2).

이러한 結果로 볼 때 食餌纖維가 食餌攝取量에 미치는 影響의 程度는 食餌纖維의 添加水準에 반드시 比例한다고는 볼 수 없으며 纖維質의 種類와 그와 함께 添加되는 다른 食餌成分들과 같은 變數들에 의해서 效果가 다르게 나타난다고 생각된다.

또한 各 實驗食餌에 따른 糞便의 무게는 Control 群과 比較할때 食餌纖維를 添加해준 모든 實驗群에서 有意的으로 높았는데(Table 3) 이것은 食餌纖維가 便排泄量 및 便의 부피를 增加시킨다는 여러 研究報告와 一致하는 結果이다^{7, 31-32)}. 食餌纖維가 糞便 무게를 增加시키는 기전은 明確하지 않으나 대개는

便中의 成分 즉 水分이나 固形物質의 增加와 關係가 있다고 보는데 그 程度는 食餌纖維의 種類에 따라 조금씩 差異가 있다고 한다.

一般的으로 食餌纖維는 Water Holding Capacity (WHC: 補水性)를 갖고 있기 때문에 便의 부피를 增加시킨다고 알려져 있으며 이외에도 食餌纖維는 腸內에서 Volatile Short-chain Fatty acid(VFA: 揮發性 脂肪酸)를 形成하는데 이것이 便의 부피를 決定하는 因子라는 報告도 있다^{27, 29, 31)}.

한편 本 實驗에서 肉眼的으로 便의 硬度가 Control 群에 비해 고사리, 시래기 및 쌀겨 등의 食餌纖維를 添加해 준 實驗群의 경우에 軟화된 것을 관찰할 수 있었는데 이는 Forsythe 의 報告에서 粒子가 큰 Cellulose 를 Rat 에게 投與해 주었을 때 Intestinal transit time(腸內移動 時間)을 減少시키고, 便의 水分 含量을 增加시켜 排便(Laxation)效果를 나타낸 것과 비슷한 結果를 보여 주었다³¹⁾.

이러한 結果로 食餌纖維는 便의 무게를 增加시키는 것 외에도 排便效果를 지니고 있다고 思慮된다.

血清中 Total Cholesterol 量은 Control 群과 比較할 때 R10 群을 제외하고 모든 實驗群에서 有意하게 減少하였는데 특히 고사리를 添加해 준 B群과 시래기를 添加해 준 S群이 效果가 큰 것으로 나타났다.

이러한 結果는 natural hypocholesterolemic agents 中에서 wheat fiber 등의 곡류 fiber 보다는 과일이나 채소 fiber 가 效果가 크다는 Jenkins, Cummings 등의 報告와 一致하는 것이다³²⁾.

그리고 쌀겨를 添加해준 R群의 경우에도 食餌纖維의 濃度を 5%水準으로 하였을때는 有意한 效果가 있는 것으로 나타나 Yuhio Akiba 의 實驗에서 쌀겨(Rice hull)를 4%水準으로 添加하였을 때 血漿의 脂質濃도에 影響을 나타내지 않았다는 結果와 差異가 있었다³³⁾.

本 實驗에서 食餌纖維 濃度を 5%水準으로 하였을 때 보다 10%水準으로 하였을 때 效果가 떨어진 점으로 미루어 食餌纖維濃도가 높을수록 血清內 total Cholesterol 이 더욱 더 減少하게 되는 것이라고는 結論지을 수 없겠으며, 食餌纖維의 效果를 자세히 알기 위해 各各의 食餌纖維의 種類와 水準에 따라 보다 세밀한 研究 檢討가 要求되어 진다.

한편 Total Cholesterol 과 Free Cholesterol 量으로부터 算出한 Ester Cholesterol 量은 모든 實驗群이 Control 群과 比較해 有意하게 減少하여 Total Cholesterol 의 경우와 비슷한 傾向을 나타내었다(Table 4).

이러한 結果는 血中 Total Cholesterol 의 增加는

곧 Cholesterol Ester form의 증가에 基因된다는 Rogers의 實驗을 뒷받침하는 것이라 보겠다³⁴.

한편 血清의 HDL 濃度は Atherosclerotic heart-disease와 相關關係가 큰 것으로 指摘되고 있는 바³⁵ 본 實驗에서 血清의 HDL-Cholesterol 濃度は R5·R10·B5群이 Control群에 비해 다소 높은 傾向이 있으나 有意인 差異가 없었고 S5群이 Control群에 비해 有意하게 낮았으며 그 밖의 實驗群들은 Control群과 비슷한 傾向을 나타낸 것으로 보아 食餌纖維의 添加로 HDL-Cholesterol 濃도에 影響이 없었다.

그러나 Total Cholesterol量과 HDL-Cholesterol量으로부터 算出한 LDL, VLDL-Cholesterol量은 Control群에 비해 거의 모든 群에서 有意적으로 낮았고 HDL-Cholesterol/Total Cholesterol 比率은 시래기 5% 添加해 준 S5群과 고사리 5% 添加해 준 B5群이 다른 實驗群들에 비해서 有意하게 높은 傾向을 나타내었다.

따라서 본 實驗에서 使用한 食餌纖維 중에서 시래기 5% 水準과 고사리 5% 水準이 動脈硬化症에 豫防效果가 있음을 示唆해 준다고 하겠으나 實驗期間을 좀 더 延長시켜 봄으로써 이들 食餌纖維의 Hypocholesterolemic 效果를 더욱더 자세히 研究할 必要가 있다고 보겠다.

食餌纖維가 Hypocholesterolemic 效果를 갖는다는 事實은 사람과 動物을 對象으로 한 研究報告들로부터 밝혀졌는데 특히 Pectin의 效果가 가장 顯著하다고 報告되고 있다^{36,37}.

Alan의 實驗에서 Cholesterol 水準을 달리한 食餌에 Pectin을 各各 5% 또는 7%로 添加해 주었을 때 Serum과 Liver 그리고 aorta의 Cholesterol 水準이 減少됨을 볼 수 있었고, Leveille의 實驗에서도 Pectin이 Bile acid absorption과 Cholesterol absorption을 阻害함으로써 Cholesterol-fed Rats의 경우 Plasma와 Liver Cholesterol을 減少시킴을 알 수 있었다.^{19,38}

人體에 대한 Pectin의 研究에서 Kay와 Truswell은 15g/day의 Pectin攝取는 血清 Cholesterol 水準을 Control群보다 15%까지 減少시켜 주었고 便의 neutral steroids 排泄을 16%까지, Bile acid 排泄을 40%까지 增加시켰다고 한다³⁹.

또한 닭(Chicks)을 대상으로 한 實驗에서 Alfalfa가 Plasma Cholesterol 水準을 減少시켜 주었는데 이 效果는 Alfalfa에 含有되어 있는 Saponin에 基因된다고 한다.

Akiba의 또 다른 實驗에서 White Leghorn male chicks에게 13日間 食餌纖維를 添加 또는 添加하지

않은 purified high energy diet를 투여하여 Liver와 Plasma의 Lipid content 및 Lipid composition 그리고 Nutrient retention 등을 觀察한 結果 Alfalfa의 添加로 Liver Lipid Content와 Plasma Lipid Concentration이 有意하게 減少하였다.

하지만 Rats를 對象으로 한 Reddy 등의 實驗에서는 Plasma Cholesterol 水準이 Alfalfa의 添加에 의해 變化하지 않음을 볼 때 實驗動物에 따라 效果가 다르다는 것을 알 수 있으나 serum cholesterol 水準이 Rats의 경우 보다는 rabbit, quinea pigs, chicks 등에 있어 더욱 顯著한 變化를 나타냄을 考慮할 때 Alfalfa는 脂肪代謝에 效果가 있는 것으로 보인다^{33,40-42}.

Alan, Kelley의 實驗에서 Wheat bran이나 Cellulose는 serum 또는 Liver cholesterol 水準에 有意한 影響을 나타내지 않았으나 Yuhio의 chicks를 이용한 實驗에서는 cellulose 添加로 Liver Lipid Content와 Plasma Lipid Concentration이 有意하게 낮았는데 이와같이 전혀 相反되는 Cellulose의 效果는 Cellulose의 투여량과 種類, 實驗期間 및 實驗動物의 種類와 여러 食餌의 복잡한 相互作用에 基因하는 것 같다^{33,38,40,41}.

한편 食品中の 食餌纖維를 使用한 研究에서 Kiyoshi, Akihito 등이 edible burdock roots, Japanese radish roots, mung-bean sprouts, bamboo shoots, wheat bran, corn husk 그리고 barley hull 등을 1% cholesterol과 0.3%의 sodium cholate를 含有한 Hypercholesterolemic diet에 添加시켜 주었을 때 어떤것도 cholesterol-lowering activity를 나타내지 않았다²¹.

또한 Tomato Pomace와 mixed-vegetable Pomace가 Serum 및 Liver Cholesterol에 미치는 影響을 Pectin, Wheat bran, Cellulose, Lignin 등과 比較한 James Elliott 등의 實驗에서 10%水準의 Tomato Pomace를 투여했을 때 Basal群에 비해 Serum Cholesterol이 높았으며 vegetable Pomace와 Cellulose群의 경우는 Basal群과 比較해 差異가 없었다. 그리고 Tomato Pomace, mixed vegetable Pomace, Wheat bran, Lignin群의 Liver Cholesterol은 10% 水準에서 差異가 나지 않았다⁴⁰.

Soya beans, Chick peas, Broad beans과 같이 saponin을 많이 含有하는 食品이 Bile acid의 faecal excretion을 增加시켜 Plasma Cholesterol Concentration을 減少시킨다는 사실이 사람과 動物을 對象으로 한 實驗에서 報告되었다⁴⁴.

이밖에 食餌纖維의 逆效果로써 iron, magnesium, zinc, calcium, folic acid 등의 營養素의 吸收가 沮害를 받는다는 analgesics(鎮痛劑), anti-hypertensives, tranquilizers(鎮靜劑) 등의 여러가지 藥物의 이용이 過多한 fiber의 吸收로 變化된다는 것을 들 수 있겠다⁴⁵⁾.

또한 纖維質의 지나친 攝取는 sigmoid volvulus의 原因物質로도 指摘되어 왔는데 이러한 狀況은 食餌纖維를 大量으로 消費하는 民族에게서 볼 수 있는 일이다.

따라서 適當量의 纖維質을 含有한 均衡이 잘 이루어진 食餌야말로 Hyperlipidemia와 그 後遺症을 調節하는데 有益할 것이다.

이상의 여러 實驗結果에서 살펴 본 바와같이 食餌纖維는 食品이 腸內를 通過하는 時間을 短縮시켜 脂肪의 吸收率을 減少시킬 수 있으며 Bile acid를 吸着하여 排泄量이 增加되므로 體內 Total Cholesterol pool이 減少하게 되어 血清 Cholesterol 水準의 減少를 招來한다는 報告로부터 脂肪代謝와 密接한 關係를 갖는다고 생각되나 食餌纖維의 效果를 자세히 가려내려면 各各의 纖維質의 組成에 대해 더 많이 알아야 하며 各各의 纖維質의 作用에 대한 명확한 資料를 가지고 體系의 分類해 나갈 必要가 있다고 보겠다.

V. 結 論

本 研究는 Dietary Fiber 種類와 水準을 다르게 하여 食餌에 添加할 경우 Cholesterol을 添加한 흰 쥐의 血中 Cholesterol에 어떠한 影響을 미치는가를 알아보기 위하여 쌀겨, 시래기, 고사리를 各各 5%와 10% 水準으로 Sprague-Dawley系 흰 쥐(雄)에 3週間 投與하여 實驗을 실시한 후 다음과 같은 結果를 얻었다.

(1) 體重增加量은 各 群間에 有意한 差異가 없었으며, 食餌攝取量은 S10群(시래기 10% 添加群)이 有意하게 높았다.

(2) 糞便무게는 Dietary Fiber를 添加한 모든 實驗群에서 有意하게 增加하였다.

(3) 血清의 Total Cholesterol量은 R10群(쌀겨 10% 添加群)을 제외하고 모든 實驗群이 Control群에 비해 有意하게 減少하였다.

(4) 血清의 Free Cholesterol量은 모든 實驗群에서 增加한 傾向을 보였으며 특히 R10(쌀겨 10% 添加群), S10群(시래기 10% 添加群)은 Control群과

比較할 때 有意的인 差異가 있었다.

(5) 血清의 Ester Cholesterol量은 Total-Cholesterol과 비슷한 傾向을 보여 주었다.

(6) 血清의 HDL-Cholesterol量은 R5(쌀겨 5% 添加群), R10(쌀겨 10% 添加群), B5群(고사리 5% 添加群)이 Control에 비해 높은 傾向이었으나 有意的인 差異는 아니었다. 그러나 S5群(시래기 5% 添加群)의 HDL-Cholesterol은 Control群과 比較해 有意하게 낮았다.

(7) 血清의 LDL, VLDL-Cholesterol量은 모든 實驗群에서 낮았으며 특히 S5(시래기 5% 添加群), B5(고사리 5% 添加群), B10群(고사리 10% 添加群)의 경우 有意的으로 낮았다.

(8) HDL-Cholesterol / Total-Cholesterol 比率은 Control群에 비해 모든 實驗群에서 높은 傾向을 보였으며 특히 S5群과 B5群은 有意的인 差異가 있었다.

이상의 結果로써 高食餌纖維의 攝取는 Bile acid를 吸着하여 排泄量이 增加되므로 體內總 Cholesterol pool이 減少하게 되어 血清 Cholesterol值의 減少를 招來한다고 생각된다.

문 헌

1. Victoria, F.T.: Clinical Nutrition, 159-198, The C.V. Mosby Co., ST. Louis (1980).
2. Williams, S.R.: Nutrition and diet therapy, 606-628, The C.V. Mosby Co., ST. Louis (1981).
3. Keys, A.: Coronary heart disease, the global picture, *Atherosclerosis*, **22**, 149-192(1975).
4. Miller, G.J., N.E. Miller: Plasma high-density lipoprotein concentration and development of ischemic heart disease, *Lancet*, **4**, 16-19(1975).
5. Hopkins, P.N. and R.R. Williams: A Survey of 246 suggested coronary risk factors, *Atherosclerosis*, **40**, 1-52(1981).
6. Sautier, C.: Effect of whey protein, casein, soya-bean and sunflower proteins on the serum, tissue, and faecal steroids in Rats, *Br. J. Nutr.*, **49**, 313-319(1983).
7. Kelsay, J.L.: A review of research on effects of fiber intake on man, *Am. J. ce. Nutr.*, **31**, 142-159(1978).

8. 印南敏: Dietary Fiber, 2-3, 第一出版(株), Japan (1982).
9. Gene, A.S. and J.M. Ronald: Fiber in Human Nutrition, 241-261, Plenum Press, New York (1976).
10. Trowell, H.: Ischemic heart disease and Dietary Fiber, *Am. J. Cl. Nutr.*, **25**, 926-932 (1972).
11. Kritchevsky, D.: Fiber, lipids and atherosclerosis, *Am. J. Clin. Nutr.*, **31**, S 65 - S 74 (1978).
12. Burkitt, D.P., A.R.P. Walker: Dietary Fiber and Disease, *J. Am. Med. Assoc.* **229**, 1068-1072 (1974).
13. Benjamin, H.E., W.T. Emory: Effects of Diet on Amaranth Toxicity in rat, *J. Nutr.*, **104**, 937-942 (1974).
14. Hidetoshi Takeda: Correlation between the physical properties of dietary fibers and their protective activity against Amaranth Toxicity in rats, *J. Nutr.*, **109**, 388-396 (1979).
15. Benjamin, H.E., W.E. Marshall: Protective effects of Dietary fiber in rats fed toxic doses, *J. Food Sci.*, **40**, 357-361 (1975).
16. Benjamin, H.E.: Beneficial effects of Alfalfa meal and other bulk-containing materials on the toxicity of Non-ionic surface active agents in rats, *J. Nutr.*, **70**, 484-490 (1960).
17. Toshizo Kimura: Ameliorating effect of Dietary fiber on toxicities of chemicals added to a diet in the rat, *J. Nutr.*, **110**, 513-521 (1980).
18. Leveille, G.A., H.E. Sauberlich: Mechanism of the cholesterol-depressing effect of Pectin in the cholesterol-fed rat, *J. Nutr.*, **88**, 209-214 (1966).
19. Weiss, F.G., M.L. Scott: Effects of dietary fiber, Fat and Total energy upon plasma cholesterol and other parameters in chickens, *J. Nutr.*, **109**, 693-701 (1979).
20. Gene, A.S. and J.M. Ronald: Fiber in Human Nutrition, 109-129, Plenum Press, New York, (1976).
21. Kiyoshi Ebihara: Cholesterol-lowering activity of various Dietary Fibers and their taurocholate binding capacity in vitro, 農化學, **52**, 401-408 (1978).
22. Cumming, J.H.: What is fiber? Fiber in Human nutrition, 1-30, Plenum Press, New York (1976).
23. Southgate, D.A.T.: What is dietary fiber?, *Food Technology in Australia*, **33**(1), 24-25 (1981).
24. Victoria, F.T.: Clinical Nutrition, 82-86, The C.V. Mosby Co., ST. Louis (1980).
25. Kritchevsky, D.: Fiber, lipids, and Atherosclerosis, *Am. J. Clin. Nutr.*, **31**, S 65 - S. 74 (1978).
26. Kritchevsky, D., S. A. Tepper: Nonnutritive fiber and lipid metabolism, *J. Food Science*, **40**, 8-11 (1975).
27. Hove, E.L., S. King: Effects of Pectin and cellulose on Growth, Feed efficiency and Protein utilization, *J. Nutr.*, **109**, 1274-1278 (1979).
28. Peterson, A.D.: Influence of Level of Energy Demand on the Ability of Rats to Compensate for Diet Dilution, *J. Nutr.*, **101**, 1069-1074 (1971).
29. Mendeloff, A.I.: Dietary Fiber, *Nutrition reviews*, **33**, 321-326 (1975).
30. Hoover, W. H., R. N. Heitmann: Effects of Dietary Fiber Levels on weight gain, cecal volume and volatile Fatty acid Production in Rabbits, *J. Nutr.*, **102**, 375-380 (1972).
31. Forsythe, W. A., W. L. Chenoweth: Laxation and serum cholesterol in Rats fed plant Fibers, *J. Food Sci.*, **43**(5), 1070-1472 (1978).
32. Jenkins, D.J.A., J.H. Cummings, A. R. Leeds: Effects of Pectin, Guar Gum, and Wheat Fiber on Serum-Cholesterol, *Lancet*, May 17, 1116-1117 (1975).
33. Yuhio Akiba: Effects of several types of Dietary Fibers on Lipid content in Liver and Plasma, Nutrient Retentions and Plasma Transaminase Activities in Force-Fed Growing Chicks, *J. Nutr.*, **110**, 1112-1121 (1980).
34. Rogers, K.S., E.S. Higgins: Influence of Dietary cholesterol on mitochondrial function in the rat, *J. Nutr.*, **110**, 248-254 (1980).
35. Berg, K., A.L. Borresen: Serum high density

- Lipoprotein and Atherosclerotic heart - disease, *Lancet*, March 6, 499-501 (1976).
36. Rotenberg, S., P. E. Jakobsen: The effect of dietary pectin on lipid composition of blood, skeletal muscle and internal organs of rats, *J. Nutr.*, **108**, 1384-1392 (1978).
 37. Durrington, P. N.: Effect of Pectin on serum lipids and lipoproteins, whole gut transit time and stool weight, *Lancet*, **2**, 394-395 (1976).
 38. Alan, C. T.: Influence of certain Dietary Fibers on Serum and tissue cholesterol levels in Rats, *J. Nutr.*, **106**, 118-123 (1976).
 39. Kay, R. M., A. S. Truswell: Effect of citrus pectin on blood lipids and faecal steroid excretion in man, *Am. J. Clin Nutr.*, **30**, 171-175 (1977).
 40. Story, J. A., D. Kritchevsky: Dietary Fiber and Lipid Metabolism, Fiber in human nutrition, 171-184, Plenum Press, New York, (1976).
 41. Reddy, B. S.: Effect of Dietary wheat bran, Alfalfa, Pectin and Carrageenan on Plasma cholesterol and Fecal Bile acid and Neutral sterol Excretion in Rat, *J. Nutr.*, **110**, 1247-1254 (1980).
 42. Yuhio Akiba: Effects of dietary fibers on Lipid metabolism in liver and adipose tissue in chicks, *J. Nutr.*, **112**, 1577 (1982).
 43. Elliott, J.: Effects of Tomato Pomace and Mixed vegetable Pomace on serum and Liver Cholesterol in Rats, *J. Nutr.*, **111**, 2203-2211 (1981).
 44. Oakenfull, D. G.: Dietary fiber, Saponins and plasma cholesterol, *Food Technology in Australia*, **33** (9), 432-435 (1981).
 45. Wahlquist, M. L.: The role of Dietary Fiber in Human Health, *Food Technology in Australia*, **33** (2), 50-52 (1981).