韓國營養學會誌 28(1) : 5~14, 1995
Korean J Nutrition 28(1) : 5~14, 1995

곡류 급원에 따른 흰쥐의 간과 혈중 지질농도에 관한 연구

정 경 아 · 장 유 경
한양대학교 가정대학 식품영양학과

Effect of Cereals on Lipid Concentration of Liver and Serum in the Rats

Jung, Kyung-Ah · Chang, Yu-Kyung
Department of Food and Nutrition, Hanyang University, Seoul, Korea

ABSTRACT

The present study was performed to investigate the effect of cereal fiber on lipid concentration of liver and serum in rats.

Male Sprague-Dawley rats weighing 180±4g were divided into five groups by completely randomized block design ; R, BR, B, W, and F. Each group fed a diet containing 0.7% cholesterol and a kind of cereal among rice(R), brown rice(BR), barley(B), whole wheat(W), and wheat flour(F) for 5 weeks.

The results were summarized as follows :

1) Food intake, weight gain and feed efficiency ratio were not significantly different among the groups.

2) Fecal wet weight and dry weight were significantly higher in W group which fed the most amount of IDF(insoluble dietary fiber).

3) The weight of large intestine was significantly heavier in the W group compared to the others. But the weights of liver, stomach and small intestine were not significantly different among the groups.

4) Total lipid, triglyceride(TG) and total cholesterol(TC) content in liver were significantly different among the groups. The values were the lowest in the B group whose intake of SDF(soluble dietary fiber) was the highest.

5) TC content in serum was not significantly different among the groups. TG content in serum was significantly lower in the rest groups than in the R group.

HDL-c and free-c content in serum were significantly higher in the B group than in the rest groups. HDL-c/LDL-c, free-c/ester-c ratio were the highest in the B group but not significant.

Above results show that the dietary fiber contained in cereals has physiological effects and they are different depending on fractions, IDF and SDF.

채택일 : 1994년 11월 17일

KEY WORDS : cereal · soluble dietary fiber(SDF) · insoluble dietary fiber(IDF) · lipid content · cholesterol.

서 론

지난 70년대 이래 고도의 경제성장과 생활수준의 전반적인 향상으로 우리의 식생활 양상과 질병발생 구조도 큰 변화를 보이고 있다. 즉 지난 24년간 식물성 식품의 섭취량은 감소하는 반면, 동물성 식품의 섭취량은 꾸준히 증가하고 있으며[1], 이와 더불어 고혈압, 뇌혈관 질환, 동맥경화증 등의 순환기계질환으로 인한 사망율도 크게 높아져 사인구조가 선진국형으로 옮겨가고 있다[2]. 이들 만성퇴행성 질환들의 발병율이 증가한 것에는 여러가지 원인이 있겠지만 그 중 하나로 식이 섬유의 낮은 섭취를 들 수 있다. 1970년대 초 Burkit와 Trowell은 비정제된 고섬유 탄수화물 식품으로 서구사회질병들을 예방, 치료할 수 있다고 제안하였고[3], 그 후 지금까지 건강과 질병에 있어 식이 섬유의 역할에 대해 많은 관심을 기울여 왔다.

한국인의 경우 채식위주의 전통적인 식습관으로 인해 서구인에 비해 많은 양의 식이 섬유를 섭취하고 있을 것으로 생각되나, 1970년대 이래 약 20년 동안 식이 섬유 섭취량은 약 30%의 감소를 보여 1990년 현재 한국인의 평균 식이 섬유 섭취량은 17.31g[4]으로 미국 국립 암 연구소[5]와 FDA Dept. of Health & Human Service[6]의 권장량인 1일 25~35g, 일본[7]의 20g 이상 등 어느 권장 기준에도 미달되고 있는 실정이다. 한국인들의 식물성 식품의 섭취가 높은데도 불구하고 실제 산출된 식이 섬유 섭취량이 낮은 것은 식이 섬유의 주요 급원이라 볼 수 있는 곡류의 소비가 현저히 감소된 것에 기인한다. 즉 70년대 후반기(76~80년) 식이 섬유의 3대 급원인 곡류, 채소류, 콩류로 부터의 식이 섬유 섭취량이 각각 37.72%, 30.13%, 20.07%이었던 것이 80년대 후반기(86~90년)에는 16.88%, 32.94%, 19.54%로 곡류로 부터의 식이 섬유 섭취비율이 두드러지게 감소되었다[4]. 또한 곡류 섭취 중에서도 식이 섬유의 함량이 낮은 정백미의 섭취는 크게 증가된 반면 식이 섬유 함량이 높은 보리의 소비량은, 70년대 중반까지 보리 및 잡곡 혼식을 장려하던 국가차원의 식량정책이 해제된 이후 크게 감소한 것에도 원인이 있다.

그러나 이러한 식이 섬유질의 섭취 감소와 순환기계질환의 증가 사이에 상관성이 있음을 설명하기 위해 이전에 행해진 연구들의 대부분은 guar gum[8]이나 pectin[9] 같이 정제된 섬유질이나 과일[10], 채소류[11]를 섬유질 급원으로 한 것들로 과일과 채소의 높은 수분함량을 고려할 때 비교적 풍부한 섬유질 함유 식품이 될 수 있는 곡류[12]에 관한 연구는 별로 보고된 바가 없으며 있다하더라도 섬유질이 밀집하여 분포되어 있는 껍질(bran)을 이용하거나[13] 섬유질 추출물을 실험재료로 하였기 때문에[14][15] 실생활에 적용하기가 어려웠다.

이에 본 연구는 곡류 중에서도 실생활과 밀접한 관계를 맺고 있는 백미, 현미, 보리, 밀, 밀가루 자체를 실험재료로 하였고, 이들 곡류의 섬유질이 순환기계질환의 예견인자로 알려져 있는 간과 혈중 지질 농도에 미치는 영향을 비교하여 한국인의 기본 식량인 곡류의 섬유질원으로써의 중요성을 재인식하는데 조금이나마 기여하고자 하였다.

실험재료 및 방법

1. 실험동물의 사육

평균 체중이 180.25±4g 정도되는 Sprague-Dawley계 숫쥐 40마리를 일주일간의 적응기간을 거친 후 8마리씩 백미군(rice ; R), 현미군(brown rice ; BR), 보리군(barley ; B), 밀군(wheat ; W), 밀가루군(wheat flour ; F)의 5군으로 완전임의배치하여 Table 1과 같이 구성된 식이로 5주간 사육하였다. 각 식이의 곡류는 시장에서 구입하여 분말화하여 사용하였으며, 혈중 콜레스테롤 수준을 높이기 위해 콜레스테롤을 첨가하였다. 식이와 증류수는 제한없이 먹도록 하였으며, 식이 섭취량은 매일 일정한 시각에, 체중은 일주일에 한번씩 측정하였다.

Table 1. Composition of experimental diets (g/kg)

Composition	R	BR	B	W	F
Carbohydrate					
Rice(R)	723	0	0	0	0
Brown Rice(RB)	0	723	0	0	0
Barley(B)	0	0	723	0	0
Wheat(W)	0	0	0	723	0
Flour(F)	0	0	0	0	723
Casein	120	120	120	120	120
DL-methionine	3	3	3	3	3
Soybean oil	50	50	50	50	50
Choline chloride	2	2	2	2	2
Vitamin mixture[1)]	35	35	35	35	35
Mineral mixture[2)]	10	10	10	10	10
Cellulose	50	50	50	50	50
Cholesterol	7	7	7	7	7

1) Vitamin mixture(mg/100g) : VD_3 0.582, α-tocopherol-acetate 1200.0, Retinol-acetate 93.2, VK_3 6.0, Thiamin-HCl 59.0, VB_{12} 0.2, VC 588.0, Pyridoxine-HCl 29.0, D-biotin 1.0, Folic acid 2.0, Inositol 1176.0, Ca-pantothenate 235.0, Riboflavin 59.0, Nicotinic acid 294.0, Sucrose 96257.017

2) Mineral mixture(g/100g) : $CaCO_3$ 29.29, CaHPO4 · $2H_2O$ 0.43, KH_2PO_4 34.31, NaCl 25.06, $MgSO_4$ · $7H_2O$ 9.98, $Fe(C_6H_5O_7)$ · $6H_2O$ 0.623, $CuSO_4$ · $5H_2O$ 0.156, $MnSO_4$ · H_2O 0.121, $(NH_4)_6Mo_7O_{24}$ · $4H_2O$ 0.0025, Na_2SeO_3 · $5H_2O$ 0.0015, $ZnCl_2$ 0.02, KI 0.0005

2. 실험 방법

1) 시료의 수집

(1) 변의 수거

각 실험동물의 변은 실험기간 중 첫번째 주와 마지막 두 주 동안 수거하여 각 개체당의 변중량을 재고 80℃를 유지하는 건조기에서 24시간 동안 건조시켜 건중량을 쟀다. 그리고 변중량에서 건중량을 뺀 값을 변내 수분함량으로 하였다.

(2) 혈액의 채취

실험식이를 섭취시켜 5주가 되었을 때 실험동물을 12시간 절식시킨 후 ether로 가볍게 마취시켜 heart puncture로 혈액을 채취하였고, 이를 3000rpm에서 15분간 원심분리하여 혈청을 얻었다.

그 후 분석시까지 −20℃의 냉동고에서 보관하였다.

(3) 장기의 무게 및 길이

실험 동물을 도체하여 간, 위, 소장, 대장을 적출해 생리식염수로 세척한 후 여과지로 여분의 수분을 제거한 뒤 무게를 측정, 기록하였다. 소장과 대장은 생리식염수로 세척하기 전에 장기에 붙어 있는 지방을 제거하였고 길이도 측정하였다.

간은 총지질 함량과 cholesterol 함량을 측정하기 위해 무게 측정 후 −20℃의 냉동고에서 보관하였다.

2) 시료의 분석

(1) 간의 총지질 함량 및 cholesterol 농도 측정

Folch등[16)]의 방법을 변형하여 간의 총지질 함량을 구하였고, triglyceride(TG), total cholesterol(TC) 농도는 혈청에서와 마찬가지로 kits를 이용한 효소비색법(enzymatic colorimetric method)으로 측정하였다.

(2) 혈청 지질 농도 측정

혈청 TG, TC, HDL-cholesterol(HDL-c), free cholesterol(free-c) 농도는 kits(Wako Pure Chemical Industries, Ltd.)를 사용하여 효소비색법으로 분석하였고, spectrophotometer를 이용하여 505nm에서 흡광도를 측정하였다.

혈청 LDL-cholesterol(LDL-c) 농도와 ester choles-

terol(ester-c) 농도는 TC에서 각 각 HDL-c과 free-c 농도를 뺀 값으로 하였다.

3) 통계처리

본 연구의 실험결과들은 SPSS(Statistical Pakage of Social Science)를 이용하여 분석, 비교되었다.

각 결과들은 ANOVA(Analysis of Variance)에 의해 실험군 별로 평균(Mean)과 평균표준오차(SEM)의 형태로 산출되었으며, 식이의 효과를 보기 위해 각각의 실험 결과들에 있어서 $P<0.05$ 수준에서 Tukey's multiple comparison test를 행하여 실험군 사이의 평균의 차이에 대한 통계적 유의성을 검증하였다.

또한 섬유질의 종류와 혈중 지질 농도 사이에 상관관계가 있는지 관찰하였고, 다른 요인에 의해 혼동될 경우, 섬유질의 주효과를 보기위해 공변량 분석도 실시하였다.

결과 및 고찰

1. 식이 섭취량, 체중 증가량, 식이효율

실험기간 동안 각 군의 식이 섭취량, 체중 증가량 및 식이효율은 Table 2에, 그리고 실험기간 동안의 평균 식이 섭취량을 고려하여 실험식이의 일반성분 분석[17]결과(Table 3)와 각 곡류의 섬유소 분석[18]결과(Table 4)로 부터 계산된 각 성분의 실제 섭취량은 Table 5에 제시된 바와 같다.

Table 2에서 보는 바와 같이 각 실험군 사이의 실험식이에 따른 평균 식이 섭취량, 체중 증가량 및 식이효율에는 유의적인 차이가 없었다.

2. 배변량 및 변내 수분 함유량

실험기간 동안 수거한 변의 중량(wet weight)과 건중량(dry weight), 그리고 변내 수분함량은 Table 6과 같다.

배변량, 건중량은 모두 밀군에서 유의적으로 큰 것을 관찰할 수 있었다.

백미와 현미군 비교시에는 불용성 섬유질 섭취량이 많은 현미군이 백미군에 비해 유의적으로 변의 중량과 건중량이 많았으며, 밀과 밀가루군 비교시에도 불용성 섬유질 섭취량이 가장 많은 밀군이 밀가루군 보다

Table 2. Food intake, weight gain and feed efficiency ratio of rats

Group	Food Intake(g/day)	Weight Gain(g/week)	F E R
R	20.04± 1.01[1] NS[2]	22.40± 3.12 NS	0.14± 0.01 NS
BR	20.59± 0.49	21.90± 1.99	0.13± 0.01
B	19.33± 0.90	18.95± 2.19	0.13± 0.01
W	20.83± 0.72	18.40± 1.73	0.12± 0.01
F	20.70± 0.70	18.85± 1.73	0.12± 0.01

1) Mean± SEM

2) NS : Not significant at $\alpha=0.05$ level among the groups by Tukey's multiple range test

Table 3. Apparent composition of experimental diets (%)

	R[1]	BR[2]	B[3]	W[4]	F[5]
Moisture	12.56	11.19	9.96	9.93	11.71
Crude Protein	16.57	17.11	17.23	20.26	18.17
Crude Fat	5.99	7.24	6.35	6.69	6.43
Crude Carbohydrate	53.87	51.68	49.68	44.26	52.75
Crude Fiber	7.76	9.04	13.33	14.96	7.65
Crude Ash	3.25	3.74	3.45	3.90	3.29

1) R : group fed a diet containing rice

2) BR : group fed a diet containing brown rice

3) B : group fed a diet containing barley

4) W : group fed a diet containing whole wheat

5) F : group fed a diet containing flour

Table 4 Apparent fiber content of cereals (%)

	SDF[1)]	IDF[2)]	TDF[3)]
R	2.69	1.13	3.82
BR	2.43	3.15	5.58
B	6.43	5.09	11.52
W	4.13	9.64	13.77
F	2.46	1.21	3.67

1) SDF : soluble dietary fiber
2) IDF : insoluble dietary fiber
3) TDF : total dietary fiber

변의 중량과 건중량이 유의적으로 많았다.

섬유질 섭취량이 가장 많은 현미, 보리, 밀의 세 군을 비교해 보면 변중량과 건중량에 있어서 불용성 섬유질 섭취량이 가장 많은 밀군(Table 5)이 나머지 두 군보다 유의적으로 큰 값을 보여 주었으나, 불용성 섬유질 섭취량에 차이가 없었던 현미와 보리군 사이에서는 유의적인 결과를 관찰할 수 없었다. 이러한 결과는 가용성 섬유질 보다 불용성 섬유질이 변량에 미치는 영향이 크다고 보고한 여러 연구들과도 부합한다[19)20)].

식이 섬유질이 배변무게를 증가시키는 기전은 명확하지는 않지만 대개는 변중의 성분 즉 수분이나 고형물질의 증가와 관계가 있다고 보는데 그 정도는 식이섬유의 종류에 따라 조금씩 차이가 있다[11)]. 이러한 사실에 비추어 밀군이 변량과 건중량은 다른 군에 비해 유의적으로 높으나 수분함량에서는 차이를 보이지 않은 것은 밀군의 배변량 증가가 수분함량 증가에 의해서라기 보다는 고형물질의 증가 때문이라는 것을 제시해 준다.

한편 변내 수분함량에서는 실험군 간에 유의적인 차이를 관찰할 수 없었지만 보리군에서 수분함량이 가장 높은 것을 볼 수 있었는데, 이것은 Eastwood[21)]와 Cumming[22)]이 제시한 것처럼 보리에 가장 많이 함유된 가용성 섬유질의 함수력(water holding capacity) 때문이 아닌가 사료된다.

3. 장의 무게 및 길이

간, 위, 장의 무게는 Table 7에서 보는 바와 같다. 간무게는 실험군간에 어떤 차이도 관찰할 수 없었는데, 이것은 무섬유 식이군과 보리에서 추출한 섬유질의 양을 달리하여 첨가한 식이군에서 간무게의 차이를 보이지 않은 김영수 등[15)]의 연구와 일치하였고,

Table 5 Experimental diet intake of rats (g/day)

	Moisture	Protein	Fat	Carboh-ydrate	Ash	Dietary Fiber		
						SDF	IDF	TDF
R	2.52± 0.13[1)c2)]	3.32± 0.17[a]	1.20± 0.06[a]	10.80± 0.55[ab]	0.65± 0.03[a]	0.39± 0.22[a]	0.83± 0.21[a]	1.55± 0.06[a]
BR	2.30± 0.05[bc]	3.52± 0.08[a]	1.49± 0.04[b]	10.64± 0.26[ab]	0.77± 0.02[bc]	0.36± 0.01[a]	1.48± 0.03[bc]	1.84± 0.04[a]
B	1.93± 0.09[a]	3.33± 0.15[a]	1.23± 0.06[a]	9.61± 0.45[ab]	0.67± 0.03[ab]	0.91± 0.03[c]	1.70± 0.05[c]	2.61± 0.08[b]
W	2.06± 0.07[ab]	4.22± 0.14[b]	1.39± 0.05[b]	9.21± 0.32[a]	0.81± 0.03[c]	0.61± 0.02[b]	2.45± 0.08[d]	3.06± 0.11[c]
F	2.43± 0.08[c]	3.76± 0.13[ab]	1.33± 0.04[ab]	10.92± 0.37[b]	0.68± 0.02[ab]	0.37± 0.01[a]	1.21± 0.03[ab]	1.58± 0.04[a]

1) Mean± SEM
2) Values within the same column with different alphabets are significantly different($P<0.05$) among the groups by Tukey's multiple range test

Table 6 Wet weight, dry weight and water content of feces

Group	Wet Weight(g/day)	Dry Weight(g/day)	Water Content (%)
R	2.72± 0.11[1)a2)]	2.09± 0.08[a]	22.59± 1.69[a]
BR	3.78± 0.15[bc]	2.66± 0.08[b]	29.21± 1.60[ab]
B	4.19± 0.21[c]	2.65± 0.10[b]	35.71± 1.00[b]
W	5.74± 0.29[d]	3.71± 0.10[c]	34.52± 2.21[b]
F	3.27± 0.13[ab]	2.16± 0.05[a]	33.18± 2.40[b]

1) Mean± SEM
2) Values within the same column with different alphabets are significantly different($P<0.05$) among the groups by Tukey's multiple range test

Table 7 Weights of liver, stomach and intestine of experimental rats (g/kg B.W.)

Group	Liver	Stomach	Small Intestine	Large Intestine
R	32.87± 1.62[1] NS[2]	4.03± 0.20 NS	16.14± 1.15 NS	3.31± 0.14[a3]
BR	31.89± 0.62	4.32± 0.26	15.88± 0.79	3.22± 0.16[a]
B	31.55± 1.39	4.63± 0.26	16.71± 1.01	3.71± 0.23[a]
W	30.99± 0.52	4.89± 0.32	16.55± 0.89	4.47± 0.13[b]
F	31.53± 0.72	4.11± 0.16	15.95± 1.14	3.25± 0.10[a]

1) Mean± SEM
2) NS : Not significant at ± = 0.05 level among the grouops by Tukey's multiple range test
3) Values within the same column with different alphabets are significantly different(P<0.05) among the groups by Tukey's multiple range test

현미와 백미 식이를 비교한 김미경, 원은주[23]도 같은 결과를 보였다.

위와 소장의 경우도 실험군 간에 어떤 유의성을 관찰할 수 없었지만 대장의 무게는 섬유질 함량이 많은 밀군이 다른 네군에 비하여 유의적으로 증가하였다. 이것은 섬유질의 종류와 함량을 달리하여 장의 기능과 형태에 미치는 영향을 관찰한 박정난[24]의 연구와도 일치한다.

소장과 대장의 길이(Table 8)는 Farness[25], Brown[26], Johnson[27]등의 연구에서와 같이 섬유질 종류간에 유의성을 보이지 않았고, 본 연구에서 처럼 무섬유식이군을 두지않고 cellulose와 psyllium이 장의 무게와 길이에 미치는 효과를 비교했을 때 두 실험군 간에 어떤 유의성도 관찰하지 못한 Paulini[28]의 연구와도 일치한다.

4. 간에서의 총 지질, triglyceride 및 total cholesterol 함량

Table 9에서와 같이 간의 총지질, TG 및 TC 함량은 모두 유의적이지는 않았지만 가용성 섬유질 섭취량이 가장 많은 보리군이 가장 낮은 값을 가지는 것을 관찰할 수 있었고 가용성 섬유질 섭취와 총지질 및 TG 함량 사이에는 각각 −.54(P<0.001), −.44(P=0.002)의 역의 상관관계가 있었다.

백미와 현미군을 비교해 보면 간의 총지질 함량은 현미군에서 보다 백미군에서 유의적으로 더 낮았고, TG와 TC 함량도 유의적이지는 않지만 백미군이 현미군보다 더 낮은 값을 보여 주었다. 이러한 결과는 백미식이와 현미식이 급여시 백미식이를 섭취한 실험군에서 간의 총지질 함량과 TC 함량이 유의적이지는 않았지만 높은 경향을 보여 준 김미경, 원은주[21]

Table 8 Lengths of small and large intestine of rats (cm/kg B.W.)

Group	Small Intestine	Large Intestine
R	210.00± 15.02[1] NS[2]	35.32± 2.00 NS
BR	205.74± 8.44	34.52± 2.99
B	190.22± 11.68	36.97± 2.06
W	205.94± 12.85	39.37± 1.68
F	220.64± 17.85	39.11± 2.61

1) Mean± SEM
2) NS : Not significant at α= 0.05 level among the groups by Tukey's multiple range test

Table 9 Total lipid, triglyceride and cholesterol content in liver of rats (g/100g Liver)

Group	Total Lipid	TG	TC
R	10.30± 0.43[1)ab2)]	3.68± 0.36[ab]	0.61± 0.04[ab]
BR	12.20± 0.55[c]	4.53± 0.20[b]	0.81± 0.04[bc]
B	8.80± 0.42[a]	2.80± 0.37[a]	0.52± 0.05[a]
W	11.87± 0.22[bc]	3.86± 0.37[ab]	0.87± 0.06[c]
F	12.53± 0.35[c]	4.37± 0.40[b]	0.67± 0.05[abc]

1) Mean± SEM
2) Values within the same column with different alphabets are significantly different(P<0.05) among the groups by Tukey's multiple range test

의 연구와는 다른 결과를 보였다. 이것은 간이나 혈중에서의 지질농도에 영향을 미칠 수 있는 가용성 섬유질의 섭취량이 두 군에서 유의적인 차이가 없었던 반면에 조직과 혈중 지질농도에 또한 영향을 미칠 수 있는 지질 섭취량이 현미군 보다 백미군에서 더 낮았기 때문에(Table 5) 백미군의 총지질과 TG 및 TC 함량이 현미군 보다 낮은 것이 아닌가 사료된다.

밀과 밀가루군의 경우에는 총지질, TG, TC 모두에서 유의적인 차이를 보이지 않았다.

한편 현미, 보리, 밀군을 비교해 보면 총지질, TC 함량에 있어서 가용성 섬유질 섭취량(Table 5)이 가장 많은 보리군이 나머지 두 군보다 유의적으로 더 낮았다. TG 함량도 밀군과 비교시에는 유의적이지 않았지만 보리군이 세 군 중에서 가장 낮은 값을 가졌다. 그러나 보리군은 현미와 밀군에 비해 식이로 부터의 지질 섭취량(Table 5)이 유의적으로 적었기 때문에 적은 양의 지질 섭취가 또한 이러한 결과에 영향을 미칠 가능성이 있을 것으로 생각되어, 보리의 가용성 섬유질 섭취가 간의 지질농도에 미치는 순수한 효과를 보기 위해 공변량 분석을 해 본 결과 $P<0.001$ 수준에서 가용성 섬유질의 주효과(main effect)가 관찰되었다.

본 실험에서 관찰된 보리의 이러한 결과는 쌀보리에서 식이 섬유질만을 추출 조제하여 흰쥐에서의 지질대사에 미치는 영향을 규명한 김영수 등[15]과 여러 곡류(옥수수, 밀, 보리, 귀리, 호밀) 중에서 보리가 간에 미치는 hypocholesterolemic effect를 관찰한 Qureshi[29]의 연구와도 일치한다.

5. 혈청에서의 triglyceride, total cholesterol, HDL-c, LDL-c, free-c, ester-c 함량 및 HDL-c/LDL-c ratio, free-c/ester-c ratio

혈청에서의 TG, TC 농도는 Table 10에서 보는 바와 같다.

TG의 경우에는 백미군을 제외한 나머지 네 군 사이에는 유의적인 차이가 없었으나 이 네 군은 백미군 보다 유의적으로 TG 함량이 낮았다.

혈청에서의 TC 함량은 실험군간에 유의적인 차이가 없었다. 가용성 섬유질 함량이 많은 oat bran[29-32], barley[33]등을 고콜레스테롤혈증 환자들에게 급여한

Table 10 Triglyceride, total-, HDL-, LDL-, free-, ester-cholesterol content, and HDL-c/LDL-c, free-c/ester-c ratio in serum of rats

Group	TG(mg/dl)	TC(mg/dl)	HDL-c(mg/dl)	LDL-c(mg/dl)	Free-c(mg/dl)	Ester-c(mg/dl)	HDL-c/LDL-c	Free-c/Ester-c
R	108.53± 3.05[1) b2)]	36.38± 3.20 NS[3)]	14.06± 0.53[a]	22.32± 2.85 NS	10.65± 0.25[bc]	25.73± 3.22 NS	0.70± 0.08 NS	0.33± 0.02 NS
BR	73.49± 3.91[a]	41.17± 3.16	18.89± 1.89[a]	22.28± 3.85	9.38± 0.40[ab]	31.80± 2.94	1.13± 0.24	0.29± 0.02
B	85.52± 4.69[a]	37.31± 2.70	21.57± 1.35[b]	19.30± 3.53	11.08± 0.44[c]	30.35± 2.63	1.16± 0.13	0.36± 0.02
W	85.80± 1.60[a]	41.43± 2.25	18.41± 1.99[a]	19.86± 2.16	8.69± 0.34[a]	29.02± 2.17	1.11± 0.21	0.31± 0.02
F	83.03± 5.07[a]	44.77± 3.29	20.32± 1.71[a]	24.45± 3.04	10.67± 0.53[bc]	34.10± 3.08	0.93± 0.13	0.31± 0.03

1) Mean± SEM

2) Values within the same column with different alphabets are significantly different($P<0.05$) among the groups by Tukey's multiple range test

3) NS : Not significant at $\alpha=0.05$ level among the groups by Tukey's multiple range test

후 이들 섬유질의 hypocholesterolemic effects를 확인한 연구들과 보리[15)34)], pectin[9)35)], guar gum[8)]을 포함하는 사료를 쥐에게 급여하여 같은 결과를 관찰한 연구들과는 달리 본 실험에서는 가용성 섬유질의 hypocholesterolemic effect를 관찰할 수 없었다. 그러나 이들 실험은 주로 정제된 섬유질을 사용하였고 곡류를 사용하였다하더라도 bran이나 섬유질 추출물을 실험재료로 사용하였기 때문에 곡류 자체를 사용한 본 실험과는 섬유소 급원이나 양적인 면에서 다르므로 이러한 결과를 보인것으로 사료된다. 그 예로 현미 자체를 사용한 김미경, 원은주[25)]의 연구에서는 혈중 TC 함량을 낮추는데 현미와 백미 사이에 유의적인 차이가 없었다. 또한 서정숙, 한인규[9)]는 pectin 첨가로 인해 간장내 cholesterol은 저하된 반면 혈청내 cholesterol 함량에는 유의적인 차이를 나타내지 못했다고 보고했고, Mueller등[36)]도 cellulose, lignin, hemicellulose, pectin 등이 혈청 내 cholesterol 함량에 미치는 영향이 거의 없었다고 보고하여, 연구들마다 결과에 차이가 있음을 알 수 있다.

HDL-c함량은 가용성 섬유질 섭취량이 많은 보리군이 다른 군에 비해 유의적으로 높은 것을 관찰할 수 있었고, LDL-c함량에서는 보리군이 유의적이지는 않았지만 낮은 값을 가지는 경향이 있었다. 한편 HDL-c에 있어서도 섬유질 섭취량 외에 지질 섭취량이 또한 혈중 지질농도에 영향을 미칠 수 있기 때문에 지질섭취의 효과를 제어하기 위해 공변량 분석을 하였다. 그 결과 $P=0.02$ 수준에서 섬유질의 주효과가 관찰되었다.

Framingham등[37)]은 HDL-c이나 LDL-c의 혈중에서의 절대적인 농도 보다 TC이나 HDL-c 또는 LDL-c과의 ratio가 더 중요하고 관상동맥성 심장질환의 single predictor로써 작용할 수 있다고 하였다. 따라서 본 실험에서도 HDL-c/LDL-c ratio를 본 바 유의적이지는 않았지만 보리군에서 ratio가 가장 컸다.

한편 HDL-c과 마찬가지로 관상동맥성 심장질환의 예견인자가 될 수 있는 free-c 함량의 경우에도 보리군이 다른 군에 비해 높은 경향을 보여 주었다. Free-c 함량에서도 HDL-c에서와 마찬가지로 지질섭취의 효과를 제어하기 위해 공변량 분석을 한 결과 $P=0.001$ 수준에서 가용성 섬유질의 주효과가 관찰되었다.

LDL-c의 80%를 구성하는 ester-c의 함량은 백미군이 가장 낮은 값을 보여 주었고, HDL-c/LDL-c ratio에서 처럼 free-c/ester-c ratio도 통계적인 유의성은 관찰할 수 없었으나 보리군에서 가장 높은 값을 보여 주었다.

결과요약 및 제언

본 연구는 곡류 자체를 사용하여, 그 속에 함유된 섬유질이 0.7%의 cholesterol을 섭취시킨 흰쥐의 간과 혈중 지질농도에 미치는 영향을 관찰, 비교하고자 실시되었고, 다음과 같은 결과를 얻었다.

1) 백미, 현미, 보리, 밀, 밀가루를 포함하는 식이를 섭취시켰을 때, 실험기간 동안 평균 식이 섭취량, 체중 증가율 및 식이효율은 실험군간에 유의적인 차이가 없었다.

2) 배변량 및 변의 건중량은 불용성 식이 섬유질 섭취량이 가장 많은 밀군이 다른 네군 보다 유의적으로 많았다.

3) 장기의 무게 및 길이에 있어서는 대장의 무게만이 밀군에서 유의적으로 큰 값을 보였고, 그 외 간, 위, 소장의 무게 및 소장, 대장의 길이는 실험군간에 유의적인 차이가 없었다.

4) 간에서의 총지질 및 TG와 TC 함량은 실험군간에 유의적인 차이를 보여 주었고, 가용성 섬유질 섭취량이 가장 많은 보리군에서 총지질 및 TG와 TC 함량이 가장 낮았다.

5) 혈청 총 cholesterol 함량은 실험군간에 유의적인 차이가 없었고, TG 함량은 다른 네군이 백미군에 비해 유의적으로 낮았다.

HDL-c과 함량은 보리군에서 유의적으로 높았고, HDL-c/LDL-c, free-c/ester-c의 ratio도 유의적이지는 않았지만 보리군에서 가장 높은 경향이 있었다.

위의 결과들은 곡류에 함유된 식이 섬유질이 흰쥐의 체내에서 생리적인 효과를 가지며 그 효과는 섬유질의 종류에 따라서 다르게 나타난다는 것을 제시해 준다. 즉 가용성 섬유질이 혈중 지질농도를 낮춰준다고 제시한 많은 연구들에서처럼, 유의적이진 않았지만 가용성 섬유질 함량이 가장 많은 보리군이 다른 군 보다 쥐의 혈중 지질농도가 낮았고, HDL-c 함량은 보리

군이 나머지 네 군 보다 유의적으로 높았다.

곡류는 탄수화물 급원으로써 우리의 일상 식사에서 가장 많이 섭취하게 되는 식품으로 특히 현미, 보리는 섬유질 공급원으로서도 아주 중요하나, 많은 사람들이 이러한 사실을 인식하지 못하고 있는 것 같다. 또한 이들 곡류 섭취가 백미 섭취시 보다 혈중 TG치가 낮았던 본 연구결과로 보아, 이들 곡류의 섭취증가는 백미위주의 식사시 문제가 되는 높은 혈중 TG 수준을 감소시키는데도 기여할 수 있으리라 사료된다.

섬유질 섭취의 감소와 더불어 순환기계질환이 증가하는 추세에 있는 지금 우리의 주식인 곡류에 대해 보다 많은 연구가 이루어져 곡류가 갖는 섬유질원으로써의 가치를 재인식하였으면 한다.

Literature cited

1) 1992년도 국민영양조사보고서. 보건사회부, 1994년 6월
2) 사망원인통계연보. 대한통계협회, 1991
3) Draper HH. Advances in nutritional research. *Plenum press* 169-202, 1984
4) 이혜성·이연경·서영주. 한국인의 식이섬유 섭취 상태의 연차적 추이(1969~1990). *한국영양학회지* 27(1) : 59-70, 1994
5) Diet, Nutrition and Cancer Prevention. A guide to food choices. *NIH Publ No.*(NIC) 85 : 2711, 1984
6) Plich SM(ed). In physiological effects & health consequences of dietary fiber(1987). Report for FDA, Dept. of Health & Human Service U.S.A. *Contact Number FDA* 223-84-2059.
7) Tsuneyuki OKU. The epidemiological significance of dietary changes in Japan. Proceeding Kellogg's international symposium on dietary fiber(Chen SC ed) pp120-135, Center for Aacademic Pub, Japan, 1990
8) Chen WL, Anderson JW. Effects of guar gum and wheat bran on lipid metabolism of rats. *J Nutr* 109 : *1028-1034, 1976*
9) 서정숙·한인규. 식이중에 첨가된 섬유소의 종류와 수준이 흰쥐의 체내 지질함량에 미치는 영향. *한국영양학회지* 21(3) : 164-172, 1988
10) Kelsay JL, Jacob RA, Prather ES. Effect of fiber from fruits and vegetables on metabolic responses of human subjects. *Am J Clin Nutr* 32 : 2307-2311, 1979
11) Stasse-Wolthuis M, Albers HFF, Van Jeveren JGC, Eastwood MA. Influence of dietary fiber from vegetable and fruits bran or citrus pectin on serum lipids, fecal lipids, and colonic function. *Am J Clin Nutr* 33 : 1745, 1980
12) 채범석. 한국인의 식품 및 영양소의 섭취현황과 전망. *한국영양학회지* 23(3) : 187-196, 1990
13) 이용억·노장숙·이재민. 식이섬유류의 종류와 수준이 흰쥐의 체내 지질대사에 미치는 영향. *한국유화학회지* 2(1) : 45-55, 1985
14) 정의배·이영순. 랫트의 실험적 동맥경화증에 대한 β-Glucan의 예방 효과. *한국위생학회지* 1(1) : 1-12, 1986
15) 김영수·민병용·서기봉. 보리의 식이 섬유소가 흰쥐의 지질대사에 미치는 영향. *한국영양학회지* 12(4) : 310-315, 1983
16) Folch J, Lees M, Sloanestanley GH. A simple method for the isolation and purification of total lipid from animal tissues. *J Biol Chem* 226 : 467-509, 1957
17) Official method of analysis of association of official analytical chemists. 13th ed Washington, DC, *J of AOAC* 1980
18) 김은희. 주요 한국산 식품의 식이섬유소 함량과 분석방법 비교. 고려대학교 박사학위 논문. 1991
19) Southgate, PhD. Dietary fiber : Analysis and food source. *Am J Clin Nutr* 31 : 107-110, 1978
20) Miettinen TA. Dietary fiber and lipids. *Am J Clin Nutr* 45 : 1237-42, 1987
21) Eastwood MA, Kirkpatrick JR, Mitchell WD, Ann Bone, Hamilton T. Effects of dietary supplements of wheat bran and cellulose on faeces and bowel function. *Br Med J* 4 : 392-394, 1973
22) Cumming JH. Effect on transit time, fecal weight and volatile fatty acids of purified cellulose, pectin and low residue diets. *Lancet* 1 : 5-9, 1978
23) 김미경·원은주. 지방의 종류를 달리한 현미와 백미 식이를 섭취시켰을 때 흰쥐의 체내 지방 대사에 미치는 영향. *한국영양학회지* 17(2) 1984
24) 박정난. 식이섬유질의 종류와 함량이 장의 기능과 형태에 미치는 영향. 한양대 식품영양학과 석사학위논문, 1992
25) Farness PL, Schneeman BO. Effects of dietary cellulose, pectin and oat bran on the small intestin in the rat. *J Nutr* 112 : 1315-1319, 1982

26) Brown RC, Kelleher J, Losowsky MS. The effect of pectin on the structure and function of the rat small intestin. *Br J Nutr* 42 : 357-365, 1979
27) Johnson IT, Gee M, Mahoney RR. Effect of dietary supplements of guar gum and cellulose on intestine cell proliferation, enzyme levels and sugar transport in the rat. *Br J Nutr* 52 : 477-487, 1984
28) Paulini I, Mehta T, Hargis A. Intestinal structual changes in African Green Monkeys after long term psyllium or cellulose feeding. *J Nutr* 117 : 253-266, 1987
29) Qureshi AA, Burger WC, Prentice N, Bird HR, Sunde ML. Regulation of Lipid Metabolism in Chicken Liver by Dietary Cereals. *J Nutr* 110 : 388-393, 1980
30) Kestin M, Moss R, Clifton PM, Nestel PJ. Comparative effects of three cereal brans on plasma lipids, blood pressure, and glucose metabolism in mildly hypercholesterolemic men. *Am J Clin Nutr* 52 : 661-6, 1990
31) Anderson JW, Spencer DB, Hamilton CC, Smith SF, Tietyen F, Bryant CA, Oeltgen P. Oat-bran cereal lowers serum total and LDL cholesterol in hypercholesterolemic men. *Am J Clin Nutr* 52 : 495-9, 1990
32) Keenan JM, Wenz JB, Myers S, Ripsin C, Huang ZQ. Randermized, controlled, crossover trial of oat bran in hypercholesterolemic subjects. *J Fam Pract* 33 : 6, 600-8, 1991
33) Newman RK, Newman CW, Hofer PJ, Barnes AE. Growth and lipid metabolism as affected by feeding of hull-less barleys with and without supplemental beta-glucanase. *Plant Foods Hum Nutr* 41(4) : 371-80, 1991
34) 이영순 · 이문한. 고콜레스테롤 투여랫트에 있어서의 보리의 혈장 콜레스테롤 저하효과. 서울대 수의대 논문집 9(1) : 63-67, 1984
35) 장유경 · 윤홍재. 지방의 섭취량과 첨가된 섬유소의 종류가 흰쥐의 체내 지질 수준에 미치는 영향. *한국영양학회지* 17(4) : 253-261, 1984
36) Mueller MA, Cleary MP, Kritchevsky D. Influence of dietary fiber on lipid metabolism in meal-fed rats. *J Nutr* 113 : 2229-2238, 1983
37) Castelli WP, Abbott RD, McNamara PN. Summary estimates used to predict coronary heart disease. *Circulation* 67 : 730-734, 1983