

동충하초 (*Cordyceps Militaris*)가 고지방식이를 섭취한 흰쥐의 지질대사, 단백질농도 및 효소활성에 미치는 영향*

고진복[§]

신라대학교 생명과학과

The Effects of *Cordyceps Militaris* on Lipid Metabolism, Protein Levels and Enzyme Activities in Rats Fed a High Fat Diet*

Koh, Jin-Bog[§]

Department of Life Science, Silla University, Pusan 617-736, Korea

ABSTRACT

The effects of *Cordyceps militaris* on weight gain, food intakes, food efficiency ratios, serum and hepatic lipid concentrations, serum protein levels and serum enzyme activities, were studied in adult male rats. Sprague-Dawley rats, 35 weeks old, were given four different types of diets for a succeeding period of five weeks: either a normal diet (5% corn oil), a high fat diet (5% corn oil + 15% lard), a CF diet (high fat diet + 3% fruiting body of *Cordyceps militaris*), or a CM diet (high fat diet + 3% mycelium of *Cordyceps militaris*). The body weight gains, hepatic weights and food efficiency ratios of the rats fed (high fat) diets with CF and CM were significantly decreased compared with those fed the high fat diet, but were similar to those fed the normal diet. The concentrations of serum and hepatic triglycerides, and hepatic total lipids and cholesterol, of rats given CF or CM diets were significantly lower than those given the high fat diet. But the concentrations of total cholesterol, HDL-cholesterol, phospholipid and total protein in the serum of rats fed the high fat, CF or CM diets were significantly higher than those fed the normal diet. In the serum of the rats fed the CF diet, the HDL-cholesterol/total cholesterol ratio was significantly higher but the atherogenic index was significantly lower than those fed the high fat diet. The alkaline phosphatase activity in the serum of the rats fed the high fat, CF, and CM diets was more significantly decreased compared to rats on the normal diet. No differences were noted in the weights of the pancreas, kidney and heart, the serum concentrations of glucose, hemoglobin and albumin, and the activities of GOT, GPT and γ -GTP, among the rats on all the experimental diets. In conclusion, the rats fed the CF or CM diets maintained normal body and hepatic weights. Despite of the high intake of fats in the CF and CM diets, the concentrations of total lipids, cholesterol and triglycerides were decreased in the liver, also, the concentration of triglycerides was decreased in the serum. (*Korean J Nutrition* 35(4) : 414~420, 2002)

KEY WORDS: *Cordyceps militaris*, lard, cholesterol, triglyceride, protein, enzyme activities.

서론

경제성장과 더불어 식생활의 변화로 가공식품의 섭취가 증가함에 따라 동물성지방의 섭취가 증가하는 반면 섬유소의 섭취는 줄어들고 있다. 섭취하는 지방의 함량이나 지방산의 구성비율 변화는 체내 지방질 구성비율에 변화를 주고, 지방의 과다 섭취로 비만, 뇌졸중, 동맥경화증, 고혈압, 당뇨 등의 각종 성인병이 증가되고, 특히 심장순환계 질환

접수일: 2002년 1월 15일

채택일: 2002년 3월 28일

*This research was supported by 2001 research grants from Silla University.

[§]To whom correspondence should be addressed.

의 증가로 우리나라 주요 사인의 하나가 되었다.^{1,2)} 우리나라 국민의 지방 섭취량은 1980년에 21.8 g이고, 1985년에 29.5 g 1995년에 28.9 g이고, 1998에는 41.5 g으로 상당히 증가하였다.³⁾ 이러한 추세로 보아 지방질의 과잉섭취로 오는 비만이나 심혈관계 질환을 예방할 수 있는 효과적인 방법에 대한 연구가 이루어 져야 한다.

코디셉스속 (*Cordyceps* sp.) 중 *Cordyceps sinensis*는 고대로부터 중국에서 결핵, 천식, 마약중독해독, 자양강장제 등의 한약재로 사용되어 왔고,⁴⁻⁸⁾ 동충하초의 생리활성 물질로 충초소 (cordycepin), 충초산 (cordycepic acid), 아미노산, 다당류, 비타민 전구체 등으로 알려져있다.⁹⁻¹¹⁾ 동충하초 밀리타리스의 배양액, 균사체 및 자실체 추출물에서 항세균, 항암, 항종양 및 항바이러스 효과가¹²⁻¹⁵⁾ 있다고 하였

다. Koh¹⁶⁾는 성장기 흰쥐에 동충하초 밀리타리스의 자실체 분말을 사료에 2%, 3% 및 4% 수준으로 혼합하여 급여한 바 2%와 3% 수준의 동충하초 섭취군이 성장률, 혈청의 지질 농도, 단백질 농도 및 효소 활성에는 영향을 주지 않는 것으로 나타났으나, 4% 수준의 동충하초 섭취군에서는 식이섭취량의 감소로 성장률이 저조하였다고 하였고, Koh와 Choi¹⁷⁾는 고콜레스테롤혈증을 유발한 흰쥐에 동충하초 밀리타리스의 균사체 분말을 3% 수준으로 급여한 바 혈청의 중성지질, 총 콜레스테롤, LDL-콜레스테롤 및 동맥경화지수를 낮추는 효과가 있다고 하였다.

이상의 연구내용에서 다양한 약리작용이 알려지고 또한 만성적인 성인병의 예방이나 치료제로 이용되고 있으나, 고지혈증에 미치는 동충하초의 효과에 대한 체계적인 연구는 드문 실정이다. 따라서 본 연구는 인공 배양한 동충하초 (*Cordyceps militaris*)의 자실체와 균사체가 고지방 식이를 섭취한 흰쥐의 지질대사, 단백질 농도 및 간에 미치는 영향을 관찰하고자 생후 35주령의 숫컷 흰쥐를 대상으로 하여 고지방 (20%) 식이에 동충하초 자실체 및 균사체분말을 사료에 3% 혼합하여 5주간 급여하고, 체중변화, 식이효율, 간과 혈청의 지질 농도, 혈청의 단백질 농도 및 간 질환과 관련이 있는 효소활성을 조사하였다.

재료 및 방법

1. 동충하초의 분말제조 및 성분분석

고려식료 (주)에서 인공 재배한 동충하초 밀리타리스 (*Cordyceps militaris*)의 자실체 및 균사체를 감압하에서 약 40℃로 18시간 건조하여 분쇄기로 균질하게 분쇄하여 실험 재료로 사용하였다. 일반성분은 동충하초의 자실체는 수분 6.51%, 조단백질 35.87%, 조지방 0.86%, 회분 4.36%이고, 균사체는 수분 3.42%, 조단백질 12.13%, 조지방 1.84%, 회분 2.0%이다. 전보¹⁶⁾에서 동충하초의 자실체 분말을 2, 3 및 4% 수준으로 첨가한 식이로 성장기 흰쥐를 5주간 사육한 바 성장률과 식이섭취량이 2 및 3%의 자실체군에 비하여 4% 자실체군이 낮은 것으로 나타났다. 이에 본 실험에서는 중간 수준을 택하여 동충하초의 자실체 및 균사체 분말을 실험식이에 3% 수준으로 첨가하였다.

2. 실험동물의 식이 및 사육

동물은 본 대학 사육실에서 고품사료 (삼양유지사료)로 사육한 생후 35주령의 Sprague-Dawley계 숫컷 흰쥐를 1주간 대조식으로 적응기간을 거친 후 평균체중이 487.8 ± 39.2 g의 동물을 각 군에 8마리씩 4군으로 나누었다. 실험

식이의 조성은 Table 1과 같다. 정상군 (5% corn oil), 대조군 (5% corn oil + 15% lard), 동충하초의 자실체군 (5% corn oil + 15% lard 식이에 3% 자실체 혼합군) 및 동충하초 균사체군 (5% corn oil + 15% lard 식이에 3% 균사체 혼합군) 등 4군으로 나누어 해당 식이로 5주간 사육하였다. 실험실의 사육 조건은 온도 22 ± 2℃, 습도 55~60%를 항상 유지시켰고, 명암은 12시간 (07 : 00~19 : 00)을 주기로 자동 조절하였으며, 물과 사료는 자유로 먹게 하였다.

Table 1. Composition of experimental diets (g %)

Components	Normal	Control	CF	CM
Casein	15.0	15.0	15.0	15.0
Corn starch	60.0	45.0	42.0	42.0
Sucrose	10.0	10.0	10.0	10.0
Corn oil	5.0	5.0	5.0	5.0
Mineral ¹⁾	3.5	3.5	3.5	3.5
Vitamin ²⁾	1.0	1.0	1.0	1.0
DL-Methionine	0.3	0.3	0.3	0.3
Cellulose	5.0	5.0	5.0	5.0
Choline bitartrate	0.2	0.2	0.2	0.2
Lard	-	15.0	15.0	15.0
C. fruiting body ³⁾	-	-	3.0	-
C. mycelium ⁴⁾	-	-	-	3.0

1, 2) AIN-93-MX mineral and AIN-93-VX vitamin mixture¹⁸⁾

3) Fruiting body of *Cordyceps militaris* powder

4) Mycelium of *Cordyceps militaris* powder

3. 식이섭취량, 식이효율 및 체중증정

실험기간동안의 식이는 매일 오후 4시에 급여하고 식이섭취량을 조사하였다. 식이섭취량의 오차를 최소화하고자 손실량을 측정하여 보정하였다. 체중은 1주에 한번씩 일정한 시간에 측정하였다. 식이효율은 실험전 기간의 체중증가량을 같은 기간동안에 식이섭취량으로 나누어 다음과 같이 산출하였다. 식이효율 (food efficiency ratio; PER) = 체중증가량 (g)/식이섭취량 (g) × 100.

4. 시료채취 및 분석

5주간 실험종료 일에 16시간 절식시킨 실험동물을 ethyl ether로 마취하고 심장에서 채혈하고, 채혈된 혈액은 실온에서 30분간 응고시킨 후 3,000 rpm에서 20분간 원심분리한 혈청을 분석시료로 사용하였다. 장기는 채혈 후 즉시 떼어 생리식염수로 혈액을 씻은 다음 무게를 측정하였다. 혈액의 hematocrit 치는 microhematocrit 법,¹⁹⁾ hemoglobin은 cyanmethemoglobin 법²⁰⁾으로 측정하였고, 혈청의 중성지질, 인지질, 총 콜레스테롤, HDL-콜레스테롤, 혈당, 단백질, 알부민 및 glutamic pyruvic transaminase (GPT), glutamic oxaloacetic transaminase (GOT), γ -glutamyltranspeptidase (γ -GTP), lactic dehydrog-

enase (LDH), alkaline phosphatase (ALP)의 활성은 자동생화학분석기 (Autohumalyzer 900S, Germany)로 측정하였다. 동맥경화지수 (atherogenic index: AI)는 Haglund 등²¹⁾의 방법에 따라서 $AI = (\text{total cholesterol} - \text{HDL-cholesterol}) / \text{HDL-cholesterol}$ 식으로 계산하였다. 간의 지질은 Folch 법²²⁾으로 추출하여 지질측정용으로 사용하였다. 간의 총 지질은 phospho-vanillin 법,²³⁾ 중성지질 (영연화학, Japan), 인지질 (Iatron, Japan), 총 콜레스테롤 (영연화학, Japan) 농도는 각각의 측정용 kit 시약으로 측정하였다.

5. 통계처리

본 연구의 실험결과는 평균치와 표준편차로 나타내었고, SPSS를 이용하여 실험 군간의 유의성 검정은 $p < 0.05$ 수준에서 Duncan's multiple range test로 하였다.

결과 및 고찰

1. 체중증가량, 식이섭취량 및 식이효율

고지방 식이에 동충하초 밀리타리스의 자실체와 균사체 분말을 각각 3% 수준으로 혼합한 식이로 성숙된 흰쥐를 5주간 사육한 결과 체중증가량은, 식이섭취량 및 식이효율은 Table 2와 같다. 체중증가량은 자실체군 및 균사체군이 고지방군 보다 유의하게 낮았으며 특히 자실체군은 정상군 보다는 다소 낮았다. 식이섭취량은 자실체군 및 균사체군은 고지방군과 비슷하였으나 정상군 보다는 유의하게 낮았다.

고지방군은 열량이 높은 식이이므로 섭취량이 감소된 것으로 보인다. 식이효율은 고지방군에 비하여 자실체군 및 균사체군은 유의하게 낮아 체중증가량과 비슷한 경향이었다.

식이섬유소의 섭취는 체중감소에 효과적일 것으로 알려져 있고,²⁴⁾ Koh와 Choi¹⁷⁾는 1% 콜레스테롤식이에 동충하초 자실체 및 균사체를 각각 3%씩 첨가한 군이 1% 콜레스테롤식이군 보다 체중증가량이 유의하게 감소되어 정상군과 비슷하였다고 하였다. 본 실험결과도 상기보고¹⁷⁾와 유사한 경향으로 이는 동충하초에 함유된 섬유소나 다당류가 고지방식이를 섭취한 쥐의 체중증가를 억제하여 정상체중을 유지시키는 효과가 있는 것이라고 할 수 있다.

2. 장기 무게 변화

동충하초가 각 장기무게에 미치는 영향을 조사하고자 체중 100 g당 간, 신장, 췌장, 비장 및 심장의 무게를 측정한다. 결과는 Table 3과 같다. 간의 무게는 정상군에 비하여 고지방군이 유의하게 증가되었으나 자실체군 및 균사체군은 고지방군 보다 유의하게 감소되어 정상군과 비슷하였다.

선행연구^{17,25,27)}에서 고지방 식이나 고콜레스테롤 식이를 급여한 쥐의 간이 비대되었다고 하였다. 식이중 과량의 콜레스테롤이 간으로 유입되었을 때 지방수용체인 apoprotein과 결합하여 lipoprotein으로 배출되지 못하면 지방간으로 되거나 간세포 손상을 일으킬 수 있는 것으로 알려져 있다.²⁸⁾ 본 실험에서 고지방군의 간이 비대되었음은 상기보고와 일치하였고, 고지방 식이에 동충하초의 자실체 및 균사체 첨가군의 간 무게가 정상수준을 유지하였음은 본 실험

Table 2. The body weight gain, food intake and food efficiency ratio (FER) of male rats fed experimental diets for 35 days

Groups ¹⁾	Body weight gains (g)			Food intake (g/day)	FER (%)
	Initial	Final	Gains		
Normal	488.9 ± 46.5 ^{2)NS}	510.3 ± 45.9 ^{NS3)}	21.3 ± 9.4 ^{ac}	17.73 ± 1.57 ^a	3.43 ± 1.21 ^a
Control	489.6 ± 42.6	533.9 ± 44.8	44.4 ± 10.8 ^b	16.06 ± 2.00 ^{ab}	7.87 ± 1.41 ^c
CF	489.6 ± 38.0	506.0 ± 50.7	16.5 ± 11.1 ^a	15.38 ± 2.24 ^b	3.10 ± 1.52 ^a
CM	489.8 ± 42.3	521.8 ± 47.1	32.0 ± 11.2 ^c	15.58 ± 2.19 ^b	5.89 ± 1.32 ^b

1) Group abbreviations: Normal = normal diet group, Control = normal diet + 15% lard group, CF = control diet + 3% fruiting body of *Cordyceps militaris* powder, CM = control diet + 3% mycelium of *Cordyceps militaris* powder

2) All values are mean ± SD (n = 8)

3) Not significant

a-c: Values within a column with different superscripts letters are significantly different each other groups at $p < 0.05$

Table 3. The organ weights of male rats (mg/100 g body weight)

Groups ¹⁾	Liver	Kidney	Spleen	Pancrease	Heart
Normal	2329 ± 275 ^{2)a}	555 ± 55 ^{NS3)}	140 ± 15 ^a	214 ± 55 ^{NS}	295 ± 30 ^{NS}
Control	2951 ± 175 ^b	609 ± 78	152 ± 14 ^{ab}	235 ± 40	293 ± 45
CF	2463 ± 274 ^a	585 ± 57	162 ± 20 ^b	245 ± 20	295 ± 22
CM	2363 ± 263 ^a	559 ± 68	157 ± 18 ^{ab}	249 ± 44	296 ± 19

1, 2, 3) See the legend of Table 2

a-c: Values within a column with different superscripts letters are significantly different at $p < 0.05$

결과 간의 총 지질, 콜레스테롤 및 중성지질 농도가 고지방군에 비하여 동충하초 첨가 식이군들에서 유의하게 감소되었으므로 이는 동충하초가 간에 지방축적을 억제하여 간의 무게가 감소된 것으로 생각된다.

비장의 무게는 정상군에 비하여 자실체군은 유의하게 증가되었으나, 그러나 고지방군과 자실체군 및 군사체군은 비슷한 무게를 보였다. 비장은 식세포작용과 면역기능을 수행하는 장기로²⁹⁾ 면역작용이 활발할 때 비장이 커진다고 하였다.³⁰⁾ 신장, 췌장 및 심장의 무게는 정상군과 각 실험군이 차이를 보이지 않았음은 성숙된 쥐에서는 고지방식이나 고지방에 동충하초 첨가에 의한 영향은 나타나지 않았다.

3. 간의 지질농도 변화

동충하초가 간의 지질농도에 미치는 영향을 조사한 바 Table 4와 같다. 간의 총 지질, 콜레스테롤 및 중성지질 농도는 고지방군에 비하여 동충하초의 자실체군 및 군사체군이 유의하게 감소하여 동충하초가 간의 콜레스테롤 및 중성지질 농도를 감소시키는 효과가 나타났다. 식용버섯의 콜레스테롤 저하효과에 대한 연구로 느타리버섯의 다당류 추출물이 혈청과 간의 콜레스테롤 저하효과가 있고, 에탄올 불용해성 잔사부분은 간의 중성지질을 낮추는 효과가 있다고 하였다.³¹⁾ 본태성 고혈압 쥐에 영지버섯을 급여한바 간의 총 콜레스테롤, 중성지질 및 인지질 농도가 감소되었다고 하였고,³²⁾ 표고버섯의 열수추출물의 다당류 중에는 간의 콜레스테롤과 중성지질 농도를 감소시키는 작용³³⁾이 있는 것이라 하였다. 본 실험에서 사용한 동충하초에 함유된 다당류가 고

지방 식이를 섭취한 성숙된 쥐의 간의 총 지질, 콜레스테롤 및 중성지질 농도를 감소시키는 작용이 있는 것으로 생각되며, 동충하초의 어떤 종류의 다당류가 간의 지질대사에 영향을 주는 것에 대하여는 많은 연구가 이루어져야 하겠다.

4. 혈청의 지질농도 변화

혈청의 지질농도 변화는 Table 4 및 5와 같다. 혈청의 총 지질 농도는 정상군에 비하여 고지방군이 유의하게 증가하였으나, 자실체군 및 군사체군은 고지방군 보다 다소 ($p > 0.05$) 감소되었으나 정상군 보다는 높았다. 중성지질 농도는 고지방군에 비하여 자실체군 및 군사체군이 유의하게 감소하였음은 동충하초에 함유된 각종 다당류가 간의 중성지질 합성을 억제하여 혈액으로 중성지질 분비가 감소되기 때문으로 생각된다. 총 콜레스테롤에 대한 HDL-콜레스테롤 비율은 고지방군에 비하여 자실체군은 유의하게 증가되어 정상군과 비슷하였다. 동맥경화지수는 고지방군에 비하여 자실체군은 유의하게 감소되었으나 군사체군은 고지방군과 비슷한 경향으로 나타났다. 혈청의 총 콜레스테롤, HDL-콜레스테롤 및 인지질 농도는 고지방군과 자실체군 및 군사체군이 비슷한 수준으로 동충하초에 의한 영향은 나타나지 않았음은 혈청의 총 콜레스테롤 농도의 증가에 비하여 HDL-콜레스테롤 농도가 증가되지 못하여 콜레스테롤을 말초조직으로부터 간으로 원활히 운반되지 못하여 혈중 콜레스테롤 농도가 증가된 것으로 생각되나 정확한 기전은 앞으로 연구되어야 하겠다.

Koh와 Choi¹⁷⁾는 고콜레스테롤혈증을 유발한 흰쥐에 동충하초 밀리타리스의 군사체 분말을 3% 수준으로 급여한 결과 혈청의 중성지질, 총 콜레스테롤, LDL-콜레스테롤 및 동맥경화지수를 낮추는 효과가 있다고 하였으나, 3% 수준의 자실체 급여군은 혈청의 총 콜레스테롤, LDL-콜레스테롤 및 동맥경화지수의 증가를 억제하지는 못하였다고 보고하였다. Kwon 등³⁴⁾은 흰쥐에 동충하초의 물추출물을 4% 첨가한 식이로 4주간 사육한 바 혈장의 총 지질, 중성지질 및 총 콜레스테롤 농도가 대조군과 비슷한 수준을 보였다고 하였다.

Table 4. The hepatic lipid concentrations of male rats

Groups ¹⁾	Liver (mg/g of wet liver)		
	Total lipid	Cholesterol	Triglyceride
Normal	38.80 ± 5.75 ^{2a}	3.48 ± 0.32 ^{ab}	17.25 ± 4.08 ^a
Control	41.69 ± 6.18 ^a	3.65 ± 0.35 ^a	21.69 ± 4.39 ^a
CF	33.34 ± 3.02 ^b	3.08 ± 0.34 ^b	12.47 ± 2.93 ^b
CM	32.40 ± 4.22 ^b	3.11 ± 0.28 ^b	12.15 ± 3.09 ^b

1, 2) See the legend of Table 2
a-c: Values within a column with different superscripts letters are significantly different at $p < 0.05$

Table 5. The serum lipids concentrations and atherogenic index (AI) of rats (mg/dL)

Groups ¹⁾	Triglyceride	Phospholipid	Total-Cholesterol	HDL-Cholesterol	HDL-C/T-C ³⁾	AI ⁴⁾
Normal	155.2 ± 17.6 ^a	137.9 ± 22.7 ^a	101.9 ± 20.1 ^{2a}	32.95 ± 7.12 ^a	32.84 ± 2.57 ^a	2.07 ± 0.26 ^a
Control	161.5 ± 26.1 ^a	170.3 ± 25.1 ^b	151.2 ± 29.5 ^b	39.77 ± 8.38 ^{ab}	26.67 ± 2.72 ^b	2.78 ± 0.34 ^b
CF	110.3 ± 31.5 ^b	173.7 ± 28.0 ^b	151.6 ± 23.0 ^b	43.88 ± 9.06 ^b	30.29 ± 3.68 ^{ac}	2.46 ± 0.21 ^c
CM	122.1 ± 22.3 ^b	172.3 ± 21.4 ^b	150.5 ± 21.5 ^b	41.38 ± 7.88 ^b	27.85 ± 3.63 ^{bc}	2.71 ± 0.34 ^{bc}

1, 2) See the legend of Table 2
3) HDL-C/T-C (%) = (HDL-cholesterol ÷ Total Cholesterol) × 100
4) AI = (Total cholesterol-HDL-cholesterol) ÷ HDL-cholesterol
a-c: Values within a column with different superscripts letters are significantly different at $p < 0.05$

Kiho 등³⁵⁾은 정상생쥐에 *Cordyceps sinensis*에서 추출한 다당류인 CS-F30 분획을 체중 kg당 50 mg을 복강내 주사하고 3시간과 6시간에 혈장 중성지질 농도가 감소되었으나 시간이 경과함에 따라서 원상으로 회복되었고, 혈청 콜레스테롤 농도는 CS-F30 분획을 복강내 주사 후 3시간에 유의하게 감소하였으나 6시간에는 정상상태로 되어 일시적인 콜레스테롤 농도를 감소시키는 효과는 나타났으나 지속시간이 짧았다고 하였다. 생쥐에 *Cordyceps sinensis* 분말을 체중 kg당 10 g을 매일 1회씩 10일간 급여 후 혈청 콜레스테롤 농도가 현저히 감소하였다고 하였고,³⁶⁾ Koh¹⁶⁾는 흰쥐에 동충하초 자실체분말을 2%나 3% 첨가한 식이로 5주간 사육한 결과 혈청의 총 콜레스테롤 및 중성지질 농도가 감소되지 않았으나 4%첨가 식이군은 대조군 보다 유의하게 감소하였다고 하였다. 본 실험결과와 상기보고들과 혈청의 콜레스테롤 농도가 차이를 보였음은 실험에 사용된 지질의 종류, 급여기간, 동충하초의 종류나 사용량 등에서 오는 것이라 할 수 있다.

5. 혈청의 단백질, 혈당, 혈색소 농도 및 헤마토크리트 지

동충하초가 단백질, 혈당, 혈색소 농도 및 헤마토크리트 지에 미치는 영향을 조사한 결과는 Table 6과 같다. 혈청의 총 단백질 농도는 정상군에 비하여 고지방군 및 군사체군은 유의하게 증가하였으나, 알부민 농도 및 알부민/글로불린 비율은 정상군과 각 실험군이 비슷한 경향으로 단백질 농도는 정상수준^{37,38)}을 유지하는 것으로 나타났다.

공복시 혈당 농도는 정상군과 각 실험군이 비슷한 수준으로 고지방 식이나 고지방 식이에 동충하초 첨가에 의한 영

향은 나타나지 않았다. Koh²²⁾는 성장기 쥐에 3%의 동충하초 급여시 혈당 농도는 정상군과 비슷한 수준이었다는 보고와 일치하였다. 혈색소 농도와 헤마토크리트 치는 정상군과 각 실험군이 비슷한 수준으로 동충하초 섭취에 따른 영향은 나타나지 않았다.

6. 혈청의 효소활성

고지방 식이에 동충하초 첨가가 흰쥐의 간에 미치는 영향을 조사하고자 간 질환과 관련이 있는 효소활성을 측정한 결과는 Table 7과 같다. 혈청의 glutamic oxaloacetic transaminase (GOT), glutamic pyruvic transaminase (GPT) 및 γ -glutamyltranspeptidase (γ -GTP) 활성은 정상군과 각 실험군이 비슷한 수준으로 정상범위^{37,38)} 속하였다. Alkaline phosphatase (ALP) 활성은 정상군에 비하여 각 실험군이 유의하게 감소된 것으로 나타났으나 고지방군과 자실체군 및 군사체군은 유사한 활성을 보였다. Lactic dehydrogenase (LDH) 활성은 고지방군에 비하여 자실체군 및 군사체군이 유의하게 증가되어 정상군과 비슷한 활성을 보였다. 이는 동충하초가 LDH 활성을 정상수준으로 상승시키는 효과가 나타났다.

임상에서 GPT 및 GOT는 간세포에 다량 존재하는 효소로 간 손상시 세포 외로 다량 유출되어 혈액에 증가됨으로서 간 손상의 지표로 이용되는 효소이다. 체내에서 ALP는 여러 가지 인산에스터를 분리시키고, 골격 내에서 석회화를 촉진시키며 장내에서는 인 흡수 등에 관여하는 효소로 특히 골질환, 간이나 담도질환, 임신 및 악성종양 등에서 활성치가 상승한다. 혈청 LDH는 체내 혐기적 해당계의 최종단계

Table 6. The protein, glucose, hemoglobin concentrations and hematocrit value of male rats

Groups ¹⁾	Serum g/dL			Hemoglobin (g/dL)	Hematocrit (%)	Glucose (mg/dL)
	Total protein	Albumin	A/G ratio			
Normal	7.37 ± 0.27 ^{2a}	3.81 ± 0.14 ^{NS3)}	1.05 ± 0.08 ^{NS}	16.47 ± 1.68 ^{NS}	49.42 ± 1.65 ^{NS}	171.1 ± 21.9 ^{NS}
Control	7.98 ± 0.47 ^b	3.95 ± 0.19	0.99 ± 0.08	16.27 ± 0.86	48.80 ± 2.56	162.9 ± 18.4
CF	7.56 ± 0.25 ^{ab}	3.90 ± 0.11	1.06 ± 0.06	16.61 ± 0.61	49.83 ± 1.84	172.0 ± 22.0
CM	7.87 ± 0.45 ^b	3.94 ± 0.20	1.02 ± 0.07	16.51 ± 0.78	49.55 ± 2.35	157.5 ± 16.6

1-3) See the legend of Table 1

a-c: Values within a column with different superscripts letters are significantly different at p < 0.05

Table 7. The alkaline phosphatase (ALP), glutamic pyruvic transaminase (GPT), glutamic oxaloacetic transaminase (GOT), γ -glutamyltranspeptidase (γ -GTP) and lactic dehydrogenase (LDH) activities in serum of male rats (IU/L)

Groups ¹⁾	GOT	GPT	γ -GTP	LDH	ALP
Normal	121.2 ± 15.9 ^{NS}	56.15 ± 7.01 ^{NS}	2.79 ± 1.06 ^{NS3)}	987 ± 248 ^a	232.7 ± 21.5 ^{2a}
Control	106.8 ± 19.9	51.99 ± 5.93	3.77 ± 0.96	664 ± 273 ^b	187.4 ± 20.5 ^b
CF	121.3 ± 16.8	58.25 ± 6.84	3.51 ± 1.36	961 ± 208 ^a	201.4 ± 19.5 ^b
CM	104.8 ± 15.5	56.99 ± 4.96	2.85 ± 1.51	973 ± 285 ^a	178.3 ± 22.6 ^b

1-3) See the legend of Table 1

a-b: Values within a column with different superscripts letters are significantly different at p < 0.05

에서 산화·환원반응에 관여하는 효소로 급성간염, 초기간암, 심근경색, 악성빈혈, 백혈병 등에서 현저하게 상승하는 효소이다. 그리고 γ -GTP는 γ -glutamylpeptide의 γ -glutamyl기를 아미노산 또는 peptide에 전이시키는 효소로 신장, 췌장, 간, 담도를 비롯한 여러 장기에 분포하고 특히 담즙을체성 질환, 알코올성이나 약물성 간 장애 등에서 높은 활성치를 보이는 효소이다. 상기 효소들은 간 질환이나 여러 종류의 질환에 임상적 지표로 이용된다.

본 실험결과 동충하초 섭취시 GPT, GOT 및 γ -GTP 활성치는 정상군과 유사한 경향으로 나타났음은 3% 수준의 동충하초의 자실체 및 균사체가 이러한 효소활성에 특별한 영향을 주지 않음을 알 수 있다.

요 약

동충하초 (*Cordyceps militaris*)의 자실체와 균사체가 고지방 식이를 섭취한 성숙된 흰쥐의 영양 생리활성에 미치는 영향을 평가하고자, 생후 35주령의 흰쥐에 표준식을 급여한 정상군, 표준식에 15% 돈지를 첨가한 식이를 급여한 고지방군, 고지방 식이에 자실체 및 균사체를 각각 3%씩 첨가한 식이를 급여한 군 등 4군으로 나누어 5주간 사육하였다.

실험동물의 체중증가, 간의 무게 및 식이효율은 고지방군에 비하여 자실체군 및 균사체군이 유의하게 감소되어 정상군과 비슷한 수준으로 체중과 간의 무게를 정상으로 유지시켜 주는 효과가 나타났다. 식이섭취량은 고지방군과 동충하초군들이 비슷한 수준을 유지하였다. 신장, 췌장 및 심장의 무게는 정상군과 각 실험군이 비슷하였다.

간의 총 지질과 콜레스테롤 농도 및 간과 혈청의 중성지질 농도는 고지방군에 비하여 자실체군 및 균사체군이 유의하게 감소되었다. 혈청의 총 콜레스테롤 및 인지질 농도는 정상군에 비하여 각 실험군이 유의하게 증가되었다. 혈청의 HDL-콜레스테롤 농도는 정상군에 비하여 자실체군 및 균사체군이 유의하게 증가되었다. 고지방군에 비하여 자실체군의 총 콜레스테롤에 대한 HDL-콜레스테롤 비율은 유의하게 증가되었고, 동맥경화지수는 감소되었다.

혈청의 총 단백질 농도는 정상군에 비하여 고지방군 및 균사체군이 유의하게 증가되었다. 혈청의 알부민, 혈당 및 혈색소 농도는 정상군과 각 실험군이 비슷하여 정상 수준을 유지하였다. 혈청의 glutamic pyruvic transaminase, glutamic oxaloacetic transaminase 및 γ -glutamyltranspeptidase의 활성은 정상군과 각 실험군이 유사한 경향을 보였다. Lactic dehydrogenase 활성은 고지방군에

비하여 자실체군 및 균사체군은 유의하게 증가되어 정상군과 비슷하였다. Alkaline phosphatase 활성은 정상군에 비하여 각 실험군이 유의하게 감소되었다.

이상의 결과로 보아 고지방 식이에 3% 동충하초의 자실체와 균사체 섭취에 의한 체중과 간의 무게가 정상수준을 유지하였고, 간의 총 지질과 콜레스테롤 농도 및 간과 혈청의 중성지질 농도를 낮추는 효과가 있는 것으로 나타났다.

Literature cited

- 1) Lee HK. Korean disease pattern and nutrition. *Korean J Nutr* 29: 381-383, 1996
- 2) National Statistical Office Republic of Korea. Annual report on the cause of death statistics. pp.21, 1997
- 3) Ministry of Health and Welfare Republic of Korea. *Yearbook of Health and Welfare Statistics*, pp.37, 2000
- 4) Harada Y, Akiyama N, Yamamoto K, Shirota Y. Production of *Cordyceps militaris* fruit body on artificially inoculated pupae of *Mamestra brassicae* in the laboratory. *Trans Mycol Soc Japan* 36: 67-72, 1995
- 5) Kobayasi Y. The genus *Cordyceps* and its allies. Sci. Rept. *Tokyo Bunrika daikaku Sect B* 5: 253-260, 1940
- 6) Jianzhe Y, Xiaolan M, Qimeng M, Yichen Z, Huaan W. Icons of Medicinal Fungi from *China Science Press China*, pp.575, 1989
- 7) Humber RA. Fungal pathogens of insects, spiders, and mites; isolation, preservation and identification. *USDA Agricultural Research Service*, 1990
- 8) Shimizu D. Color iconography of vegetable wasps and plant worms. Seibundo Shinkosha, Japan, pp.381, 1994
- 9) Cunningham KG, Manson W, Spring FS, Hutchinson SA. Cordycepin, a metabolic product from cultures of *Cordyceps militaris* (Linn.) Link. *Nature* 166: 949-954, 1950
- 10) Kuo YC, Lin CY, Tasi WJ, Wu CL, Chen CF, Shiao MS. Growth inhibitors against tumor cells in *Cordyceps sinensis* other than cordycepin and polysaccharides. *Cancer Invest* 12: 611-615, 1994
- 11) Zhu JS, Halpern GM, Jones K. The scientific rediscovery of an ancient Chinese herbal medicine. *Cordyceps sinensis* Part II. *J Altern Complement Med* 4: 289-303, 1998
- 12) Jagger DV, Kredich NM, Guarino AJ. Inhibition of Ehrlich mouse ascites tumour growth by cordycepin. *Cancer Res* 21: 216-220, 1961
- 13) Klenow H, Overgaard-Hansen K. Effect of cordycepin triphosphate on the incorporation of (8-¹⁴C) adenine and (³²P) orthophosphatic into the acid-soluble ribotides of Ehrlich mouse ascites tumour cells. *Biochem Biophys Acta* 80: 500-504, 1964
- 14) Hubbel HR, Pequignot EC, Willis DH, Lee C, Suhadolnik RJ. Differential antiproliferative actions of 2', 5' oligo a trimer core and its cordycepin analogue on human tumor cells. *Int J Cancer* 36: 389-394, 1985
- 15) Kinjo N, Kaizu Y, Taketomo N, Tsunoo A. Physiological activities of the extracts from cultured mycelial of *Cordyceps militaris* (Vuill) Fr. *Bull Gen Educ Tokyo Med Dent Univ* 26: 7-14, 1996
- 16) Koh JB. Effect of fruiting body of *Cordyceps militaris* on growth, lipid and protein metabolism and enzyme activities in male rats. *Korean J Nutrition* 34(7): 741-747, 2001
- 17) Koh JB, Choi MA. Effect of *Cordyceps militaris* on lipid metabolism in rats fed cholesterol diet. *Korean J Nutrition* 34: 265-270, 2001
- 18) Reeves PG, Nielsen FH, Fahey GC. AIN-93 purified diets for laboratory rodents final report of the American Institute of Nutrition ad hoc writing committee on the reformulation of the AIN-76A ro-

- dent diet. *J Nutr* 123: 1939-1951, 1993
- 19) Medical Laboratory, *Technology and Clinical Pathology*. 2th ed., WB. Saunders Co., Philadelphia, pp.673, 1969
 - 20) Davidson I, Henry JB. *Todd-Sanford Clinical Diagnosis by Laboratory Methods*, 13th ed. WB Saunders Co Philadelphia, pp.73-76, 1966
 - 21) Haglund O, Loustarinen R, Wallin R, Wibell I, Saldeen T. The effect of fish oil on triglycerides, cholesterol, fibrinogen and malondialdehyde in humans supplemented with vitamin. *Eur J Nutr* 121: 165-172, 1991
 - 22) Folch J, Lees M, Stanley GSH. A simple method for the isolation and purification of total lipid from animal tissues. *J Biol Chem* 226: 497-509, 1957
 - 23) Frings CS, Dunn RT. A colorimetric method for determination of total serum lipid based on the sulfophospho-vanillin reaction. *Am J Clin Path* 53: 89-91, 1970
 - 24) Anderson JW, Bryant CA. Dietary fiber: Diabetes and obesity. *Am J Gastroenterol* 81: 898-905, 1986
 - 25) Lee JS, Lee KH, Jeong JH. Effects of extract of *Pueraria radix* on lipid metabolism in rats fed high fat diet. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 28: 218-224, 1999
 - 26) Kim SO, Lee MY. Effects of ethylacetate fraction of onion on lipid metabolism in high cholesterol-fed rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 30: 673-678, 2001
 - 27) Park HY, Yoon HD, Oh EG. Effect of *Meristotheca papulosa* on lipid concentration of serum and liver in rats fed high fat diet. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 30: 107-111, 2001
 - 28) Park PS. Influence of some vegetable seed oil feeds on body lipid composition in rats. *Ph D Dissertation*, Kyungsang University, 1990
 - 29) Flora SJ, Singh S, Tandon SK. Combined effects of thiamin and calcium disodium versenate on lead toxicity. *Life Science* 38: 67-75, 1985
 - 30) Chandra RK. Cell-mediated immunity in genetically obese mice. *Am J Clin Nutr* 33: 13-19, 1980
 - 31) Bobek P, Ginter P, Kuniak L, Jourcovicova M, Ozdin L, Cerven J. Effect of mushroom *Pleurotus ostreatus* and isolated fungal polysaccharide on serum and liver lipid in Syrian hamsters with hyperlipoproteinemia. *Nutrition* 7: 105-109, 1991
 - 32) Yeaul K, Shuichi K. Dietary mushroom reduce blood pressure in spontaneously hypertensive rats. *J Nutr Scitiaminol* 35: 91-96, 1989
 - 33) Choi MY, Lim SS, Chung TY. The effects of hot water soluble polysaccharides from *Lentinus edodes* on lipid metabolism in the rats fed butter yellow. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 29: 294-299, 2000
 - 34) Kwon SH, Woo HJ, Han, DS, Kim MK. Effect of dried powders and water extracts of *Paecilomyces tenuipes* and *Cordyceps militaris* on lipid metabolism, antioxidative capacity and immune status in rats. *Korean J Nutrition* 34: 271-284, 2001
 - 35) Kiho T, Yamane A, Hui J, Usui S, Ukai S. Polysaccharides in fungi XXXVI. Hypoglycemic activity of polysaccharide (CS-F30) from the cultural mycelium of *Cordyceps sinensis* and its effect on glucose metabolism in mouse liver. *Biol Pharm Bull* 19: 294-296, 1996
 - 36) Lin Y. Pharmacological effect on *Cordyceps sinensis*. paper presented at 1st international symposium on *Coedyceps*. The Korean Society Sericultural Science and the Korean Society of Life Science, Seoul Korea, pp.35-44, 1999
 - 37) Kim HY, Song SW, Ha CS, Han SS. Effects of the population density on growth and various physiological values of Sprague-Dawley rats. *Korean J Lab Ani Sci* 9: 71-82, 1993
 - 38) Kang BH, Son HY, Ha CS, Lee HS, Song SW. Reference values of hematology and serum chemistry in Ktc: Sprague-Dawley rats. *Korean J Lab Ani Sci* 11: 141-145, 1995