

동충하초 균사체가 흰쥐의 성장률, 지질대사 및 단백질 농도에 미치는 영향

고 진 복

신라대학교 생명과학과

Effect of Mycelium of *Cordyceps militaris* on Growth, Lipid Metabolism and Protein Levels in Male Rats

Jin-Bog Koh

Dept. of Life Science, Silla University, Busan 617-736, Korea

Abstract

The effects of mycelium of *Cordyceps militaris* on the growth, the lipid metabolism, the serum protein levels and the enzyme activities in male rats were studied. Sprague-Dawley rats were given four different types of diets for a succeeding period of five weeks: either a control diet, a control diet supplemented with 2%, 3% or 4% mycelium of *Cordyceps militaris* (CM) powder. The body weight gain, hepatic weight, feed efficiency ratio and the feed intake of the rats given diets with 2%, 3% or 4% CM were similar to those in rats given the control diet. The concentrations of hepatic total lipid and triglyceride of rats fed the 3% or 4% CM diets were significantly lower than those of rats fed the control diet. But the concentrations of hepatic total cholesterol and phospholipid of rats fed the all CM diets were similar to those of rats fed the control diet. The concentrations of total lipid, total cholesterol, triglyceride, phospholipid, and the atherogenic index, and the activities of glutamic oxaloacetic transaminase and lactic dehydrogenase in serum of rats fed the all CM diets were significantly lower than those of rats fed the control diet. No differences were noted in the concentrations of HDL-cholesterol, LDL-cholesterol, total protein, albumin and creatinine, and the activities of glutamic pyruvic transaminase, γ -glutamyltranspeptidase and alkaline phosphatase in the serum among the rats with on all the experimental diets. These results showed that the all CM diets feeding decreased the total cholesterol, the triglyceride, the phospholipid, and the atherogenic index in serum of rats.

Key words: *Cordyceps militaris*, lipid metabolism, serum protein level, enzyme activities

서 론

동충하초(冬蟲夏草)는 겨울철에는 여러 종의 곤충에 기생하였다가 여름이 되어 온도와 습도가 높아지면 곤충을 기주로 하여 자실체를 발생하거나 충체상에 포자를 형성하는 버섯의 한 종류이다. 전 세계적으로 동충하초는 약 100속 750여종이 분포되어 있으며(1), 그중 대표적인 동충하초는 자낭균강 맥각균과에 속하는 코디셉스속(*Cordyceps* sp.)으로, 자실체를 형성하는 *Cordyceps*속은 전 세계적으로 300여종이 분포되어 있으며(2), 국내에서는 80여종이 알려져있다(3). 모든 종의 동충하초가 약용으로 이용되는 것은 아니고 그 중에서 *Cordyceps*속의 동충하초가 고대로부터 중국에서 결핵, 천식, 마약중독해독, 자양강장제 등의 한약재로 사용되고 있다(4-7).

동충하초의 유용성분은 총초소(cordycepin), 총초산(cordycepic acid), 아미노산, 다당류, 비타민 등이 보고되었고(6-8), 동충하초 밀리타리스가 항중양작용과 간의 항섬유종에 효과가 있다고 하였다(9,10). Shen과 Chen(11)은 n-hexane으로

간 손상을 유발한 쥐에서 지질과산화물을 억제하는 효과가 있다고 하였다. Chang 등(12)은 아가리쿠스(*Agaricus blazei*), 안트로디아(*Antrodia camphorata*) 및 동충하초(*Cordyceps militaris*) 등 3종의 버섯 균사체에서 아미노산과 5'-nucleotide 농도를 조사한 바 동충하초가 가장 높았다고 하였다.

Koh와 Choi는(13) 고콜레스테롤혈증을 유발한 흰쥐에 동충하초 밀리타리스의 자실체와 균사체 분말을 3% 수준으로 급여한 바 혈청의 중성지질, 콜레스테롤, LDL-콜레스테롤 및 동맥경화지수를 낮추는 효과가 있다고 하였고, 전보(14)에서 성장기 흰쥐에 동충하초 밀리타리스의 자실체 분말을 사료에 2%, 3% 및 4% 수준으로 혼합하여 급여한 바 2%와 3% 수준의 동충하초 섭취군에서는 성장률, 혈청의 지질 농도, 단백질 농도 및 효소 활성에는 영향을 주지 않는 것으로 나타났으나, 4% 수준의 동충하초 섭취군에서는 식이섭취량의 감소로 성장률이 저조하였고, 간의 중성지질, 혈청의 총 콜레스테롤, LDL 콜레스테롤, 중성지질 농도 및 동맥경화지수 등을 감소시키는 효과가 나타났다고 하였다.

이상의 연구내용에서 동충하초가 다양한 약리작용이 알려져 성인병 치료제나 기능성식품으로 이용되고 있다. 이에 본 연구에서는 *Cordyceps*속의 동충하초 밀리타리스(*Cordyceps militaris* L. ex Fr. Link)로 일명 북동충하초, 잠용충초, 용초, 번데기동충하초 등의 이름으로 부르는 동충하초를 인공 배양하여 그 균사체 분말의 섭취수준이 생리활성에 미치는 영향과 안전성을 검토하고자 생후 5주령의 숫쥐를 대상으로 하여 동충하초 균사체 분말을 식이에 각각 2%, 3% 및 4% 혼합하여 5주간 급여하고, 성장률, 식이섭취량, 식이효율, 혈청과 간의 지질농도, 혈청의 단백질 농도 및 간 질환과 관련되는 효소활성을 조사하였다.

재료 및 방법

동충하초 밀리타리스의 분말제조

본 실험에서 사용한 동충하초 밀리타리스는 고려식료(주)에서 인공 재배한 동충하초의 자실체(버섯)를 제외한 균사체(기주부위)를 감압하에서 약 40°C로 18시간 건조하고, 100 mesh로 분쇄하여 실험재료로 사용하였다.

실험동물의 식이 및 사육

동물은 신라대학교 사육실에서 고품사료(삼양유지사료)로 사육한 생후 5주령의 Sprague-Dawley계 수컷 흰쥐를 1주간 대조식으로 적응기간을 거친 후 평균체중이 164.8±12 g의 동물을 각 군에 6마리씩 4군으로 나누었다. 실험 식이의 조성은 Table 1과 같다. 실험군은 대조식이군, 대조식에 각각 2%, 3% 및 4% 씩 동충하초의 균사체 분말을 첨가한 식이군 등 4군으로 나누어 해당 식이로 5주간 사육하였다. 실험실의 사육 조건은 온도 22±2°C, 습도 45~55%를 항상 유지시켰고, 명암은 12시간(07:00~19:00)을 주기로 자동 조절하였으며, 풀과 사료는 자유로 먹게 하였다.

식이섭취량, 식이효율 및 체중측정

실험기간 동안의 식이는 매일 오후 4시에 급여하고 식이섭취량을 조사하였다. 식이섭취량의 오차를 최소화하고자 손실량을 측정하여 보정하였다. 체중은 1주에 한번씩 일정한 시간

에 측정하였다. 식이효율은 실험전 기간의 체중증가량을 같은 기간동안에 섭취한 식이량으로 나누어 다음과 같이 산출하였다. 식이효율(feed efficiency ratio; FER) = 체중증가량 (g)/식이섭취량(g)×100.

시료채취 및 분석

실험기간 종료일에 16시간 절식시킨 실험동물을 ethyl ether로 마취하고 심장에서 채혈하였다. 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 hemoglobin은 cyanmethemoglobin법(16)으로 측정하였다. 혈청의 중성지질, 인지질, 총 콜레스테롤, HDL-콜레스테롤, 총 단백질, 알부민, 요소 및 creatinine 농도와 GPT, GOT, LDH, γ -GTP 및 ALP의 활성은 자동생화학분석기(Auto-analyzer 900S, Germany)로 측정하였다. LDL-cholesterol은 Friedewald 등(17)에 의한 계산법으로 산출하였고, 동맥경화지수(atherogenic index: AI)는 Haglund 등(18)의 방법에 따라서 AI = (total cholesterol - HDL-cholesterol)/HDL-cholesterol 식으로 계산하였다. 간의 지질은 Folch법(19)으로 추출하여 지질측정용으로 사용하였다. 간의 총 지질함량은 phosphovanillin법(20) 중성지질(영연화학, Japan), 인지질(Iatron, Japan), 총 콜레스테롤(영연화학, Japan) 농도는 각각의 측정용 kit 시약으로 측정하였다.

통계처리

본 연구의 실험결과는 평균치와 표준편차로 나타내었고, SPSS를 이용하여 실험군간의 유의성은 ANOVA로 검증한 후 p<0.05 수준에서 Duncan의 다중검사법으로 비교분석하였다.

결과 및 고찰

체중증가량, 식이효율 및 식이섭취량

동충하초 밀리타리스의 균사체 분말을 성장기 흰쥐에 5주간 섭취시킨 결과 체중증가량, 식이효율 및 식이섭취량은 Table 2와 같다. 체중증가량, 식이효율 및 식이섭취량은 대조군과 각 수준별 동충하초 첨가군이 유의한 차이가 나타나지 않았다. 동충하초 균사체 분말을 2%, 3% 및 4% 수준으로 섭취하여도 체중증가량이나 식이효율 및 식이섭취량에는 영향을 주지 않는 것으로 나타났음은 전보(14)의 동충하초 자실체 분말을 2% 및 3% 수준으로 섭취시킨 결과와 비슷하였다.

장기 무게 변화

수준별 동충하초 섭취가 각 장기무게에 미치는 영향을 조사하고자 간, 신장, 췌장, 비장, 신장 및 심장의 무게를 측정한 결과는 Table 3과 같다. 체중 100 g 당 간, 비장, 신장 및 심장의 무게는 대조군과 각 수준별 동충하초 첨가군이 유의한 차이를 보이지 않았다. 췌장의 무게는 대조군에 비하여 각 수준별 동충하초 첨가군이 유의한 차이는 아니나 다소 증가된 경향을 보였

Table 1. Composition of experimental diets (g/100 g diet)

| Components | Control | 2% CM | 3% CM | 4% CM |
|------------------------------------------|---------|-------|-------|-------|
| Casein | 16.0 | 16.0 | 16.0 | 16.0 |
| Corn starch | 59.0 | 57.0 | 56.0 | 55.0 |
| Sucrose | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 |
| Corn oil | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 |
| Mineral mixture ¹⁾ | 3.5 | 3.5 | 3.5 | 3.5 |
| Vitamin mixture 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 |
| <i>Cordyceps militaris</i> ³⁾ | - | 2.0 | 3.0 | 4.0 |

^{1,2)}AIN-93-MX mineral and AIN-93-VX vitamin mixture (15).
³⁾mycelium of *Cordyceps militaris* (CM) powder.

Table 2. The body weight gain, feed intake and feed efficiency ratio (FER) of male rats fed *Cordyceps militaris* (mycelium) for 5 weeks

| Group ¹⁾ | Body weight gains (g) | | | FER (%) ⁴⁾ | Feed intake (g/week) |
|---------------------|--------------------------|------------|----------------------------|------------------------|--------------------------|
| | Initial | Final | Gains | | |
| Control | 163.6±18.4 ²⁾ | 331.7±16.3 | 168.2±13.8 ^{NS3)} | 27.4±1.8 ^{NS} | 122.6±8.22 ^{NS} |
| 2% CM | 163.2±15.0 | 328.7±23.6 | 164.5±15.9 | 28.9±1.9 | 113.7±9.27 |
| 3% CM | 163.5±13.5 | 327.2±11.7 | 165.3±10.2 | 27.6±1.5 | 116.6±8.33 |
| 4% CM | 163.9±12.6 | 329.7±10.0 | 165.7±10.0 | 28.0±1.6 | 119.4±9.30 |

¹⁾Control = normal diet. 2, 3 or 4% CM = normal diet supplemented with 2, 3 or 4% *Cordyceps militaris* (mycelium) powder.
²⁾Mean±SD (n = 6). ³⁾Not significant. ⁴⁾Feed efficiency ratio was expressed as g weight gains/g feed intake.

Table 3. The organ weights of rats fed *Cordyceps militaris* (mycelium) for 5 weeks (mg/100 g body weight)

| Group ¹⁾ | Liver | Pancreas | Spleen | Kidney | Heart |
|---------------------|--------------------------|------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| Control | 2855±189 ^{2)NS} | 235±24 ^{NS3)} | 207±28 ^{NS} | 618±29 ^{NS} | 315±18 ^{NS} |
| 2% CM | 2753±169 | 248±32 | 183±12 | 628±37 | 307±10 |
| 3% CM | 2720±151 | 250±22 | 187±15 | 615±30 | 327±14 |
| 4% CM | 2800±183 | 250±33 | 190±11 | 608±33 | 322±25 |

¹⁾⁻³⁾See the legends in Table 2.

으나, 전체적으로 체중 100 g 당 각 장기의 무게는 동충하초의 섭취에 따른 영향은 없는 것으로 나타났다.

간의 지질농도 변화

동충하초의 균사체 섭취수준이 간의 지질농도에 미치는 영향을 조사한 바 Table 4와 같다. 간의 콜레스테롤 및 인지질 농도는 대조군과 각 수준별 균사체군이 비슷하여 동충하초 균사체 섭취에 따른 영향은 없는 것으로 나타났다. 간의 총 지질과 중성지질 농도는 대조군과 2% 균사체군은 비슷한 수준을 보였으나, 3% 및 4% 균사체군은 대조군보다 유의하게 감소되어 간의 중성지질을 낮추는 효과가 나타났다. 버섯이 간의 지질농도에 미치는 영향에 대한 연구에서 다발구멍장이 버섯 분말(21), 느타리버섯의 에탄올 불용해성 잔사물(22), 목이버섯 분말(23) 및 표고버섯 열수추출 다당류(24) 등이 쥐의 간 중성지질 농도를 감소시킨다는 보고와 본 실험결과도 비슷한 경향으로 동충하초 균사체 성분인 다당류들이나 섬유소가 장에서 지질흡수를 지연시키거나 억제하여 간의 중성지질 농도를 낮추는 것으로 생각된다.

혈청의 지질농도 변화

혈청의 지질농도 변화는 Table 5 및 6과 같다. 혈청의 총 지질, 중성지질, 인지질 및 총 콜레스테롤 농도는 대조군에 비하여 2%, 3% 및 4% 동충하초 균사체 첨가군이 유의하게 감소

Table 4. The hepatic lipid concentrations of rats fed *Cordyceps militaris* (mycelium) for 5 weeks (mg/g wet liver)

| Group ¹⁾ | Total lipid | Cholesterol | Triglyceride | Phospholipid |
|---------------------|--------------------------|---------------------------|-------------------------|------------------------|
| Control | 87.4±12.6 ^{2)b} | 5.33±0.82 ^{NS3)} | 39.8±6.0 ⁶⁴⁾ | 39.6±6.3 ^{NS} |
| 2% CM | 83.4± 8.0 ^b | 5.27±0.55 | 37.8±7.8 ^{bc} | 37.6±2.4 |
| 3% CM | 73.2± 7.6 ^a | 4.90±0.70 | 31.2±3.1 ^b | 37.6±3.8 |
| 4% CM | 70.3± 6.7 ^a | 4.97±0.47 | 24.2±2.9 ^a | 38.6±3.7 |

¹⁾⁻³⁾See the legends in Table 2.

⁴⁾Values within a column with different superscripts are significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test.

Table 5. The serum lipid concentrations of rats fed *Cordyceps militaris* (mycelium) for 5 weeks (mg/dL)

| Group ¹⁾ | Total lipid | Triglyceride | Pospholipid |
|---------------------|------------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Control | 377.4±30.2 ^{2)NS3)} | 107.8±16.1 ^b | 154.2±10.4 ^b |
| 2% CM | 310.6±26.3 ^a | 73.5±13.3 ^a | 135.8± 6.8 ^a |
| 3% CM | 301.3±25.8 ^a | 62.1±11.6 ^a | 136.0± 8.7 ^a |
| 4% CM | 299.5±33.5 ^a | 66.5±13.4 ^a | 130.5±13.4 ^a |

^{1),2)}See the legends in Table 2.

³⁾Values within a column with different superscripts are significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test.

하였으며 균사체의 농도에 따른 영향이 나타나지 않았음은 동충하초 균사체를 3% 수준으로 섭취하는 것이 적당하다고 생각된다. 동충하초 균사체의 섬유소나 각종 다당류 성분이 혈청의 중성지질 및 총 콜레스테롤 농도를 낮추는 효과가 있는 것으로 생각된다.

HDL-콜레스테롤과 LDL-콜레스테롤 농도는 대조군과 각 수준별 동충하초 균사체 첨가군이 비슷한 경향을 보였으나, 총 콜레스테롤에 대한 HDL-콜레스테롤 비율은 대조군에 비하여 유의한 차이는 아니나 증가되었음은 균사체 섭취시 총 콜레스테롤은 감소되고 HDL-콜레스테롤은 다소 증가시키는 것으로 나타났다. 동맥경화지수는 대조군에 비하여 2% 동충하초 균사

Table 6. The serum cholesterol concentrations of rats fed *Cordyceps militaris* (mycelium) for 5 weeks (mg/dL)

| Group ¹⁾ | Total cholesterol | HDL-cholesterol | LDL-cholesterol | HDL-C/T-C ⁴⁾ (%) | AI ⁵⁾ |
|---------------------|---------------------------|----------------------------|--------------------------|-----------------------------|--------------------------|
| Control | 80.42±8.09 ^{2)b} | 24.35±2.20 ^{NS3)} | 35.60±8.19 ^{NS} | 30.28±3.45 ^{NS} | 2.30±0.21 ^{b6)} |
| 2% CM | 69.36±5.90 ^a | 22.49±3.09 | 32.67±9.78 | 33.15±2.95 | 2.09±0.28 ^{ab} |
| 3% CM | 68.61±7.02 ^a | 23.94±1.57 | 32.25±6.36 | 34.89±3.58 | 1.86±0.19 ^a |
| 4% CM | 68.15±7.90 ^a | 23.62±2.68 | 32.22±4.70 | 34.69±3.92 | 1.91±0.17 ^a |

¹⁾⁻³⁾See the legend of Table 2. ⁴⁾HDL-C/T-C (%) = (HDL-cholesterol ÷ total cholesterol) × 100.

⁵⁾AI (atherogenic index) = (total cholesterol - HDL-cholesterol) ÷ HDL-cholesterol.

⁶⁾Values within a column with different superscripts are significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test.

체군이 유의한 차이는 아니나 감소되었고, 3% 및 4% 동충하초 균사체군은 대조군보다 유의하게 감소되었다.

Koh와 Choi(13)는 고콜레스테롤혈증을 유발한 흰쥐에 동충하초 밀리타리스의 균사체 분말을 3% 수준으로 급여한 바혈청의 중성지질, 콜레스테롤, LDL-콜레스테롤 및 동맥경화 지수를 낮추는 효과가 있다고 하였으나, 3% 수준의 자실체 급여군은 혈청의 총 콜레스테롤, LDL-콜레스테롤 및 동맥경화 지수의 증가를 억제하지는 못하였다고 보고하였다. Kwon 등(25)은 동충하초 밀리타리스의 물추출물을 4%(건조분말 4%의 분량) 첨가한 식이를 흰쥐에 4주간 급여한 바혈청의 총 지질, 중성지질 및 총 콜레스테롤 농도가 대조군과 비슷한 수준을 보였다고 하였다. Kiho 등(26)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 3시간에 유의하게 감소하였으나 6시간에 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 하였다(27). 이상의 여러 보고에서 실험에 사용된 동충하초의 종류나 급여량, 급여기간에 따라서 지질대사에 미치는 영향이 차이가 있는 것으로 나타났다.

한편 영지 열수추출액의 다당류가 혈청의 총 콜레스테롤, 중성지질 및 베타 지단백 등을 저하시킨다고 하였고(28), 느타리 버섯의 추출물인 다당류가 혈청과 간의 콜레스테롤을 감소시키는 효과가 있음을 보고하였다(22). 표고버섯 분말을 급여한 바버섯의 섬유소나 각종 다당류가 혈청과 간의 지질을 감소시키고, 또한 표고버섯의 eritadenin 성분이 혈청의 총 콜레스테롤 및 중성지질을 감소시킨다는 보고도 있다(29,30).

Indira와 Kurup(31)은 blackgram에서 추출한 neutral detergent fiber(NDF)가 흰쥐 혈청의 총 콜레스테롤, VLDL 및 LDL 콜레스테롤을 감소시키고 HDL 콜레스테롤을 증가시킨다고 하였다. Kato 등(32)은 카제인과 같이 아미노산 조성중 lysine/arginine의 비가 2.3으로 높은 단백질은 아테롬성 동맥경화증을 촉진하는 반면 lysine/arginine의 비가 낮으면 arginase의 활성을 증가시켜 아테롬성 동맥경화증을 억제한다고 보고하였다. Yeon(33)의 동충하초 밀리타리스의 성분분석 결과에 의하면 자실체가 수분 8.84%, 조회분 3.94%, 조단백 43.81%, 조

섬유 11.34%, acid detergent fiber(ADF) 10.28%, neutral detergent fiber(NDF) 17.88%, 그리고 아미노산 조성중 lysine/arginine의 비는 2.33이다. 균사체(기주부위)의 성분은 수분 6.30%, 및 조회분 2.29%으로 자실체에 비해서 낮았고, 조단백은 70.13%로 높았고, 조섬유는 11.78%로 비슷하였으나, acid detergent fiber(ADF)와 neutral detergent fiber(NDF)는 각각 19.94% 및 22.60%로 높은 함량을 보였다. 그리고 아미노산 조성 중 lysine/arginine의 비는 1.08%로 낮았다고 하였다.

전보에서(14) 2%와 3% 수준의 동충하초 자실체 섭취군에서 혈청의 중성지질 농도, 총 콜레스테롤 농도 및 동맥경화지수 등을 낮추는 효과가 나타나지 않았다고 하였으나, 본 실험에서 각 수준별 동충하초 균사체 섭취결과 혈청의 총 지질, 총 콜레스테롤, 중성지질 농도 및 동맥경화지수를 감소시키는 효과가 나타났음은 균사체의 성분중 섬유소의 조성중 ADF 및 NDF 함량이 자실체보다 높고, 아미노산 조성중 lysine/arginine의 비가 자실체보다 낮은데 기인한 것이라 할 수 있다(31-33). 또한 동충하초 균사체의 성분중 NDF, 스테롤 및 각종 다당류들이 콜레스테롤과 지방의 장내 흡수를 억제하거나, 간에서 콜레스테롤의 합성을 저해하여 간이나 혈액의 지질 농도를 감소시킨 것으로 생각되나(22,26-30) 앞으로 동충하초가 지질 농도를 감소시키는 유효성분에 대하여는 많은 연구가 이루어져야 하겠다.

혈청의 단백질, 요소, creatinine 및 hemoglobin 농도

동충하초 균사체 분말이 성장기 흰쥐의 단백질대사에 미치는 영향을 조사한 결과는 Table 7과 같다. 혈청의 총 단백질, 알부민 농도 및 알부민/글로불린 비율은 대조군과 각 수준별 동충하초 균사체군이 비슷한 경향으로 단백질 농도는 정상수준(34,35)을 유지하는 것으로 나타났다.

혈청의 요소 농도는 대조군과 2% 동충하초 균사체군은 유사한 경향을 보였으나, 3%와 4% 동충하초 균사체군은 대조군보다 유의하게 증가되었다. 요소는 단백질대사의 최종산물로 요로 배설된다. 혈청에서 요소의 농도는 요소의 배설장애, 신부전(요독증), 간경변증(복수저류), 탈수, 조직붕괴, 단백질의 이화작용을 촉진하는 항생제사용 등에서 상승하고, 성장 호르몬이나 단백질 동화 호르몬은 요소의 농도를 감소시키는 작용이 있다. 본 실험결과 각 수준별 동충하초 균사체군의 성장률, 신장의 무게, 혈청의 단백질과 알부민 농도가 정상수준이므로 동충하초 균사체의 무슨 성분이 혈중 요소 농도를 증가시켰는

Table 7. The serum total protein, albumin, urea, creatinine and hemoglobin concentrations of rats fed *Cordyceps militaris* (mycelium) for 5 weeks

| Group ¹⁾ | Total protein (mg/dL) | Albumin (mg/dL) | A/G ratio | Urea (mg/dL) | Creatinine (μ g/dL) | Hemoglobin (g/dL) |
|---------------------|---------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|----------------------------|--------------------------------|
| Control | 6.64 \pm 0.22 ^{2)NS} | 4.16 \pm 0.13 ^{NS3)} | 1.68 \pm 0.23 ^{NS} | 14.30 \pm 2.14 ⁴⁾ | 255 \pm 29 ^{NS} | 15.63 \pm 0.60 ^{NS} |
| 2% CM | 6.63 \pm 0.25 | 4.12 \pm 0.11 | 1.62 \pm 0.14 | 17.26 \pm 3.15 ^{ab} | 254 \pm 16 | 15.49 \pm 0.74 |
| 3% CM | 6.58 \pm 0.15 | 4.11 \pm 0.12 | 1.63 \pm 0.15 | 21.22 \pm 2.16 ^c | 257 \pm 23 | 15.42 \pm 0.49 |
| 4% CM | 6.60 \pm 0.13 | 4.14 \pm 0.12 | 1.68 \pm 0.15 | 19.56 \pm 2.38 ^{bc} | 257 \pm 30 | 15.72 \pm 0.43 |

¹⁾~³⁾See the legends in Table 2.

⁴⁾Values within a column with different superscripts are significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test.

지에 대하여는 자세히 연구되어야 하겠다.

그리고 creatinine은 근육에서 creatine의 대사 최종산물로 신세뇨관에서 재흡수 없이 대부분 요로 배설된다. 혈청에서 creatinine 농도는 요독증, 만성신장염 등에서 증가하고 사구체 여과율과 밀접한 상관성이 있으므로 신장기능 장애의 중요한 지표가 된다. 본 실험결과 혈청의 creatinine 농도는 대조군과 각 수준별 동충하초 균사체군이 비슷한 경향을 보였음은 creatinine 대사에 영향을 주지 않음을 알 수 있다. Hemoglobin 농도는 대조군(15.63 g%)과 각 수준별 동충하초 균사체군(15.42 ~ 15.72 g%)이 비슷하여 정상수준(34,35)을 유지하는 것으로 나타났다.

혈청의 효소활성

동충하초 균사체 섭취로 간에 미치는 영향을 밝히고자 간질환과 관련이 있는 효소활성을 측정된 결과는 Table 8과 같다. 혈청의 glutamic pyruvic transaminase(GPT), γ -glutamyl-transpeptidase (γ -GTP) 및 alkaline phosphatase(ALP) 활성은 대조군과 각 수준별 동충하초 균사체군이 비슷한 활성을 보였음은 동충하초 균사체에 의한 영향은 나타나지 않았다. Glutamic oxaloacetic transaminase(GOT) 및 lactic dehydrogenase(LDH) 활성은 대조군에 비하여 각 수준별 동충하초 균사체군이 유의하게 감소되었다.

임상에서 GPT 및 GOT는 간세포에 다량 존재하는 효소로 간 손상시 세포 외로 다량 유출되어 혈액에 증가됨으로서 간 손상의 지표로 이용되는 효소이고, ALP는 체내에서 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 혈기적 해당계의 최종단계에서 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 담즙울체성 질환, 알코올성이나 약물성 간장해 등에서 높은 활성치를 보이는 효소이다. 상기 효소들은 간질환이나 여러 종류의 질환에 임상적 지표로 이용된다.

본 실험결과 동충하초 균사체 섭취시 혈청의 GPT, γ -GTP 및 ALP 활성치가 대조군과 유사한 경향으로 나타났음은 2%,

3% 및 4% 수준의 동충하초 균사체를 섭취하여도 이러한 효소 활성에 특별한 영향을 주지 않음을 알 수 있다. 그러나 동충하초 균사체군에서 혈액의 단백질 농도나 성장률이나 식이효율이 정상 수준으로 나타났으나, GOT 및 LDH 활성치가 감소되었음은 앞으로 연구되어야 하겠다. 이상의 여러 영양 생리적 지표를 성장기 흰쥐를 대상으로 조사한 결과로 보아 2%, 3% 및 4% 수준의 동충하초 미리티리스의 균사체를 첨가한 식이 섭취에 의한 성장률, 식이효율, 장기의 무게, 혈청의 단백질 농도 및 효소 활성에는 영향을 주지 않는 것으로 나타났음은 유해한 성분은 없으며, 간의 중성지질, 혈청의 총 콜레스테롤, 중성지질 농도 및 동맥경화지수 등을 감소시키는 효과가 나타나 순환기질환의 예방효과가 있는 것으로 나타났다.

요 약

인공 재배한 동충하초 미리티리스의 균사체가 성장기 흰쥐의 영양 생리에 미치는 효과를 평가하고자 생후 5주령된 흰쥐를 대상으로 실험군은 대조식이군, 대조식이에 동충하초 균사체 분말을 각각 2%, 3% 및 4% 첨가한 식이군(균사체군) 등 4군으로 나누고, 각 실험식으로 5주간 사육한 후 여러 영양생리적 지표를 측정하였다. 실험동물의 성장률, 식이효율, 식이섭취량 및 각 장기의 무게는 2%, 3% 및 4% 균사체군은 대조군과 비슷하여 균사체 섭취에 따른 영향은 나타나지 않았다. 간의 콜레스테롤 및 인지질 농도는 각 수준별 균사체군은 대조군과 비슷하였으나, 간의 총 지질 및 중성지질 농도는 3%와 4% 균사체군은 대조군보다 유의하게 감소하였다. 혈청의 총 지질, 총 콜레스테롤, 중성지질, 인지질 농도 및 동맥경화지수는 대조군에 비하여 각 수준별 균사체군이 유의하게 감소하여 동충하초 균사체가 혈청의 지질 농도를 낮추는 효과가 나타났다. 혈청의 HDL-콜레스테롤과 LDL-콜레스테롤 농도 및 총 콜레스테롤에 대한 HDL-콜레스테롤 비율은 대조군과 각 수준별 균사체군이 비슷하였다. 혈청의 총 단백질, 알부민, creatinine 및 혈액색소 농도와 GPT, γ -GTP 및 ALP 등의 효소활성은 각 수준별 균사체군과 대조군이 비슷하여 동충하초 섭취에 따른 영향은 나타나지 않았다. 혈청의 GOT 및 LDH 활성은 대조군에 비하여 각 수준별 균사체군이 유의하게 감소하였고, 혈청의 요소 농도는 대조군에 비하여 각 수준별 균사체군이 유의하게 증가하였다.

Table 8. The serum glutamic pyruvic transaminase (GPT), glutamic oxaloacetic transaminase (GOT), lactic dehydrogenase (LDH), γ -glutamyltranspeptidase (γ -GTP) and alkaline phosphatase (ALP) activities of rats fed *Cordyceps militaris* (mycelium) for 5 weeks

| Group ¹⁾ | GPT | GOT | LDH | γ -GTP | ALP |
|---------------------|--------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|---------------------------|------------------------------|
| Control | 43.26 ± 5.35 ^{2)NS3)} | 120.62 ± 20.47 ^{b4)} | 1040.6 ± 188.5 ^b | 6.01 ± 0.50 ^{NS} | 314.70 ± 36.99 ^{NS} |
| 2% CM | 38.28 ± 3.44 | 97.02 ± 12.82 ^a | 624.7 ± 104.9 ^a | 5.74 ± 1.11 | 333.11 ± 35.66 |
| 3% CM | 38.87 ± 5.37 | 98.27 ± 13.29 ^a | 591.6 ± 137.9 ^a | 5.73 ± 1.00 | 341.96 ± 39.75 |
| 4% CM | 41.29 ± 4.03 | 98.69 ± 12.37 ^a | 580.1 ± 141.0 ^a | 6.40 ± 0.65 | 329.56 ± 28.66 |

^{1)~3)} See the legends in Table 2.

⁴⁾ Values within a column with different superscripts are significantly different at p < 0.05 by Duncan's multiple range test.

문헌

1. Samson RA, Evans HC, Latge JP. 1988. *Atlas of entomopathogenic fungi*. Springer, Heidelberg. p 189-196.
2. Kobayashi Y, Shimizu D. 1983. *Iconography of vegetable wasps and plant worms*. Hoikusha Pub Co Ltd, Osaka. p 280-285.
3. Sung JM. 1996. *Cordyceps of Korea*. Kyo-Hak Publishing Co, Seoul. p 13-18.
4. Jianzhe Y, Xiaolan M, Qiming M, Yichen Z, Huaan W. 1989. *Icons of Medicinal Fungi from China*. Science Press, China. p 575-585.
5. Shimizu D. 1994. *Color iconography of vegetable wasps and plant worms*. Seibundo Shinkosha, Japan. p 381-387.
6. Zhu JS, Halpern GM, Jones K. 1998. The scientific rediscovery of an ancient Chinese herbal medicine, *Cordyceps sinensis* Part I. *J Altern Complement Med* 4: 289-303.
7. Zhu JS, Halpern GM, Jones K. 1998. The scientific rediscovery of an ancient Chinese herbal regmen, *Cordyceps sinensis* Part II. *J Altern Complement Med* 4: 2429-2457.
8. Kuo YC, Lin CY, Tasi WJ, Wu CL, Chen CF, Shiao MS. 1994. Growth inhibitors against tumor cells in *Cordyceps sinensis* other than cordycepin and polysaccharides. *Cancer Invest* 12: 611-615.
9. Nan JX, Park EJ, Yang BK, Song CH, Ko G, Sohn DH. 2001. Antifibrotic effect of extracellular submerged mycelial cultures of *Cordyceps militaris* on liver fibrosis induced by bile duct ligation and scission in rats. *Archives of Pharmacol Research* 24: 327-332.
10. Liu J, Yang S, Yang X, Chen Z, Li J. 1997. Anticarcinogenic effect and hormonal effect of *Cordyceps militaris* Link. *China Journal of Chinese Materia Medica* 22: 111-113.
11. Shen Q, Chen S. 2001. Effect of *Cordyceps militaris* on the damage of rats induced by n-hexane. *Zhong Yao Cai* 24: 112-116.
12. Chang HL, Chao GR, Chen CC, Mau JL. 2001. Non-volatile taste components of *Agaricus blazei*, *Antrodia camphorata* and *Cordyceps militaris* mycelia. *Food Chemistry* 74: 203-207.
13. Koh JB, Choi MA. 2001. Effect of *Cordyceps militaris* on lipid metabolism in rats fed cholesterol diet. *Korean J Nutrition* 34: 265-270.
14. Koh JB. 2001. Effect of fruiting body of *Cordyceps militaris* on growth, lipid and protein metabolism and enzyme activities in male rats. *Korean J Nutrition* 34: 741-747.
15. Reeves PG, Nielsen FH, Fahey GC. 1993. 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 rodent diet. *J Nutr* 123: 1939-1951.
16. Davidson I, Henry JB. 1996. *Todd-Sanford Clinical Diagnosis by Laboratory Methods*. 13th ed. WB Saunders Co, Philadelphia. p 73-76.
17. Friedewald WT, Levy RI, Fedreison DS. 1979. Estimation of concentration of low density lipoprotein cholesterol in plasma, without use of the preparative ultracentrifuge. *Clin Chem* 18: 499-508.
18. Haglund O, Loustarinen R, Wallin R, Wibell I, Saldeen T. 1991. The effect of fish oil on triglycerides, cholesterol, fibrinogen and malondialdehyde in humans supplemented with vitamin. *Eur J Nutr* 121: 165-172.
19. Folch J, Lees M, Stanley GSH. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipid from animal tissues. *J Biol Chem* 226: 497-509.
20. Frings CS, Dunn RT. 1970. A colorimetric method for determination of total serum lipid based on the sulfophosphovanillin reaction. *Am J Clin Path* 53: 89-91.
21. Sugiyama K, Saeki S, Ishiguro Y. 1992. Hypercholesterolemic activity of ningyotake (*Poyporus confluens*) mushroom in rats. *J Jpn Soc Nutr Food Sci* 45: 265-270.
22. Bobek P, Ginter E, Kuniak L, Babala J, Jurcovicova M, Ozdin L, Cerven J. 1991. Effect of mushroom *Pleurotus ostreatus* and isolated fungal polysaccharide on serum and liver lipid in Syrian hamsters with hyperlipoproteinemia. *Nutrion* 7: 105-109.
23. Kim GJ, Kim HS, Kim SH, Kim HS, Choi WJ, Chng SY. 1994. Effects of the feeding mixture of mushrooms and vegetable oils on the lipid component and fatty acid composition on liver in rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 23: 736-742.
24. Choi MY, Lim SS, Chung TY. 2000. 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.
25. Kwon SH, Woo HJ, Han DS, Kim MK. 2001. 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.
26. Kiho T, Yamane A, Hui J, Usui S, Ukai S. 1996. 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.
27. Lin Y. 1999. Pharmacological effect on *Cordyceps sinensis*. paper presented at 1st international symposium on *Cordyceps*. The Korean Society Sericultural Science and the Korean Society of Life Science, Seoul, Korea. p 35-44.
28. Kabir Y, Kimura S, Tamura T. 1988. Dietary effect of *Ganoderma lucidum* mushroom on blood pressure and lipid levels in spontaneously hypertensive rats. *J Nutr Sci Vitaminol* 34: 433-438.
29. Chang R. 1996. Functional properties of edible mushroom. *Nutr Rev* 54: S91-S93.
30. Sugiyama K, Akachi T, Yamakawa A. 1995. Hypocholesterolemic action of eritadenine is mediated by a modification of hepatic phospholipid metabolism in rats. *J Nutr* 125: 2134-2144.
31. Indira M, Kurup PA. 1989. Effects of neutral detergent fiber from blakgram (*Phaseolus mungo*) in rats rabbits. *J Nutr* 119: 1246-1251.
32. Kato T, Takemoto K, Ketayama H, Kuwabara Y. 1984. Effects of Spirulina (*Spirulina platensis*) on dietary hypercholesterolemia in rats. *J Jpn Soc Nutr Food Sci* 37: 323-332.
33. Yeon SH. 2000. The chemical compositions and biological activities of *Cordyceps militaris*. *MS Thesis*. Seoul National University.
34. Kim HY, Song SW, Ha CS, Han SS. 1993. Effects of the population density on growth and various physiological values of Sprague-Dawley rats. *Korean J Lab Ani Sci* 9: 71-78.
35. Kang BH, Son HY, Ha CS, Lee HS, Song SW. 1995. Reference value of hematology and serum chemistry in Krc: Sprague-Dawley rats. *Korean J Lab Ani Sci* 11: 141-145.

(2002년 4월 16일 접수; 2002년 8월 5일 채택)