

목초액 단기섭취가 훈련된 흰쥐의 항산화 방어기전에 미치는 영향

이수천¹, 김동기¹, 김재우¹, 서효빈¹, 이윤경¹, 전병덕¹, 이동운², 류승필^{3*}

¹경북대학교 운동영양학 연구실, ²경북대학교 생물응용학과, ³경북대학교 레저스포츠학과

Effects of Short-Term Ingestion of Wood Vinegar on Antioxidative Defense System in Trained Rats

Soo-Chun Lee¹, Dong Ki Kim¹, Jae-Woo Kim¹, Hyo-Bin Seo¹, Yoon-Kyung Lee¹, Byung-Duk Jeon¹, DongWoon Lee² and Sungpil Ryu^{3*}

¹Lab of Exercise Nutrition, Dept. of Physical Education, Kyungpook National University, Daegu, 702-701, Korea

²Dept. of Applied Biology, Kyungpook National University, Gyungbuk Province, Sangju, 742-711, Korea

³Dept. of Leisure Sports, Kyungpook National University, Gyungbuk Province, Sangju, 742-711, Korea

Abstract - The purpose of this study is to know the effect of wood vinegar ingestion on antioxidative defense system in trained rats. Twenty-eight male Sprague-Dawley male rats were used as the subject. Experimental groups were divided into CON-SED(control + sedentary), CON-EX(control + exercise), WV-SED(wood vinegar ingestion + sedentary), and WV-EX(wood vinegar ingestion + exercise), respectively. Body weight and stored fat weight(mesentery, retroperitoneal and epididymal) were not significantly differed in each group. Concentration of TG and FFA was not differed by wood vinegar ingestion. Concentration of glucose was revealed significant difference in exercise group rather than sedentary group, but there was no difference by wood vinegar ingestion between the groups. Contents of SOD in WV-EX group was significantly higher than other three groups. Contents of MDA in CON-EX group was significantly lower than CON-SED group, while the difference between CON group and WV group was not observed. In conclusion, wood vinegar ingestion with exercise seems to have a positive beneficial effects on reducing oxidative stress.

Key words - Wood vinegar, Exercise training, Triglyceride, Antioxidant, Rat

서 언

건강에 관한 관심이 증가되고 있는 현대사회에 지속적인 운동을 실시하는 것은 건강을 증진시키고 삶의 질을 윤택하게 할 수 있는 매개체로 인식 되어가고 있으며, 이제는 사람들의 삶의 일부분으로 자리 잡아가고 있다. 적절한 운동은 건강유지의 필요조건으로서 뿐만 아니라, 관상동맥질환의 위험인자인 혈중지질에 유효한 변화를 가져와 심혈관질환의 발생을 감소시키므로 그 필요성이 강조되고 있다. 그러나 이러한 장점에도 불구하고 운동은 산화스트레스를 가중시킨다는 연구가 보고되기도 하였다(Kwon *et al.*, 2002).

강도 높은 신체활동은 산소소비와 에너지 대사의 증가로 체내 항산화 방어체계의 불균형을 초래하고 산화 스트레스

를 발생시켜 체내 조직의 손상을 유발시키는데, 이러한 산화스트레스는 규칙적인 운동에 의하여 산화스트레스에 대한 민감도를 낮춤으로써 운동에 의해 발생된 산화스트레스를 줄일 수 있으며(Ji, 1999) 외부로부터 영양보조물을 섭취함으로써 그 농도를 낮추거나 지연시킬 수 있다고 보고되고 있다(Urso and Clarkson, 2003).

목초액은 오래전부터 항균, 살균, 보존성향상, 항산화효과, 가공식품의 향취개선 등을 목적으로 식품용 첨가제로 사용하여 왔으며, 일본에서는 농업 및 환경정화 분야에서 목초액의 활용성에 관한 연구가 수행되어 현재까지 토양살균, 축산분뇨의 탈취, 작물의 해충기피, 퇴비발효촉진, 식물생장 및 뿌리생육 촉진효과를 지니고 있음이 밝혀져 있다(Kim *et al.*, 2001). 그 외에도 목초액은 항산화 활성에도 관여하는 것으로 보고되고 있는데 목초액의 항균 및 DPPH(2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl) 라디칼 소거 활

*교신저자(E-mail) : ryusp@knu.ac.kr

성에 관한 연구에서 목초액의 항산화력은 주로 페놀성 분획에서 가장 높은 항산화 활성이 보고되고 있으며(Lee *et al.*, 2004), 또 다른 연구에서는 간 조직 중의 활성산소의 제거효소로서 catalase(CAT), superoxide dismutase (SOD), glutathione peroxidase(GPX)의 활성의 증가효과가 나타났으며(Cho and Choi, 2007b), 참나무 목초액의 항균 및 항산화 활성에 관한 연구에서는 SOD 유사활성(superoxide dismutase like activity; SODA)을 측정해 본 결과 추출물의 농도가 증가할수록 항산화 효과가 증가하였다고 보고하고 있다(Jeong *et al.*, 2007). 목초액의 지질대사에 관한 연구에서는 목초액의 장기간 투여가 중성지방(triglyceride: TG), 총콜레스테롤(total cholesterol: TC) 및 LDL-C(low density lipoprotein-cholesterol)을 효과적으로 억제할 뿐만 아니라 HDL-C(high density lipoprotein-cholesterol: HDL-C)을 효과적으로 증가시켜 성인병 예방에도 효과적일 것으로 보고되고 있다(Cho and Choi, 2007a).

한편 규칙적인 운동은 혈중 지질농도를 개선시킴으로써 비만이나 심혈관계질환의 발생을 감소시킬 수 있음이 잘 알려져 있다. Hur *et al.*(2006)의 연구에 의하면 8주 동안 유산소 운동이 혈중지질에 유의한 영향을 주었는데 고강도 운동군에서 TG, TC, LDL-C는 낮은 증가율을, HDL-C는 유의하게 높은 증가율을 나타났다고 보고하였으며, Lee *et al.*(2005)은 운동이 고지방식 조건하에서 콜레스테롤을 유의하게 감소시키는 것으로 나타나 운동의 효과가 혈중 지질성분의 개선에 효과적일 것으로 보고하고 있다.

이러한 선행연구들을 살펴보면 목초액이 혈중 지질성분의 개선과 항산화 활성에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 보고되고 있으며 운동으로 인한 혈중 지질성분의 개선의 효과도 뚜렷한 것으로 알려져 있다. 그러나 아직 목초액의 명확한 기능에 대한 연구는 미흡한 실정이며, 혈중 지질성분, 항산화 기전에 관련된 연구는 매우 부족한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 국내에서 생산되고 있는 목초액 음용이 운동 중의 피로회복과 혈중 지질성분 그리고 항산화 효과에 미치는 영향을 알아보고자 한다.

재료 및 방법

목초액 조제 및 공급

본 실험에서 사용한 목초액은 식품첨가물로 시판되고 있

는 태립(강원참숯)의 참나무 목초액을 사용하였고, 검액의 조제는 100% 원액을 증류수와 혼합하여 17.5%의 농도로 희석하여 사용하였다. 목초액 섭취 시험군은 효창사이언스로부터 공급받은 체중 100 g 내외의 4주령 된 Sprague-Dawley계 수컷 흰쥐에 운동시작 2주 후부터 2주간 운동한 시간 전에 조제한 목초액을 1 ml 씩 경구 투여 하였다(Cho and Choi, 2007b).

사육 및 식이방법

공시 동물의 사육과 식이방법은 4주령 된 Sprague-Dawley계 수컷 흰쥐(n=28)를 환경적응을 위해 2주간 실험 소동물용 고형사료를 사용하여 예비사육 후 집단구분은 대조군과 목초액 섭취군으로 나누었으며, 이를 다시 운동군과 비운동군으로 구분하였다. 모든 집단은 체중의 평균값을 이용하여 각 7마리씩 구분하였다. 사육실의 습도는 60% 내외로 하고 온도는 22-24°C로 하였으며 08:00-20:00까지 12시간 간격으로 명암주기를 유지하여 개별 케이지에서 사육하였다. 실험기간 동안에는 오전 및 오후 두 차례에 10 g씩 제한식이를 시켰으며 물은 자유섭취토록 하였다. 본 실험기간 동안 사용된 식이는 아침 08:00-09:00, 저녁 20:00-21:00에 나누어 1일 2회(10 g/회) 공급하였고, 미국영양학회(AIN-76)의 성분표를 참고로 직접 조제한 일반식이를 공급하였다.

Table 1. Composition of basal diet

| Ingredients | Amount(%) |
|--------------------|-----------|
| Casein | 20.0 |
| Corn starch | 15.0 |
| Sucrose | 50.0 |
| Corn oil | 5.0 |
| DL-methionine | 0.3 |
| Mineral mix* | 3.5 |
| Vitamin mix** | 1.0 |
| Choline bitartrate | 0.2 |
| Cellulose | 5.0 |

*, ** Vitamin mix: AIN-76 formular.

운동 방법

운동은 점증적 부하의 원리를 이용하여 4주간, 주간빈도 5회로 자체 제작한 소동물용 전동 트레드밀에서 실시하였으며 희생 당일 모든 쥐는 상경사 7°에서 27 m/min 속도로 30분 동안 트레드밀 운동을 실시하였다.

희생 및 시료수집

도살 12시간 전부터 절식하였고, 운동군은 트레드밀 운동 후, 대조군은 운동을 하지 않고, 단두희생하여 채혈하였다. 이 때 혈액은 동맥혈과 정맥혈이 혼합된 형태이다. 채취된 혈액은 3,000 rpm에서 15분간 원심분리(비전과학, 대한민국) 후 혈청만 분리하여 분석 시까지 냉동고에 보관하였다. 도체는 개복하여 간의 일부를 적출한 후 클램핑하여 액체질소에 담가 활성을 정지시킨 뒤 micro-balance (1/10,000, Shimatsu, Japan)를 이용하여 무게를 측정하고 분석 시까지 -70°C 초저냉동고(Sanyo, Japan)에 보관하였다. 그 다음 남은 간과 부고환, 장간막, 복막 후 지방 조직을 분리하여 무게를 측정한 후 폐기하였다.

분석 항목

혈액성분 중 글루코스는 글루코스 분석용 키트(아산제약, 서울, 대한민국)을 사용하여 측정하였으며 샘플 혈청 0.02 ml에 효소시액 3 ml를 잘 혼합하여 37°C에서 5분간 방치한 다음 파장 500 nm에서 흡광도를 측정하였다. 유리지방산은 효소법을 이용한 혈청 유리지방산 측정용 분석 키트를 사용하였으며 TC, TG, HDL-C, LDL-C의 함량은 효소법에 의한 정량용 키트(아산제약)으로 측정하였으며, 각각의 분석방법에서 제시하는 파장을 이용하여 분광광도계를 사용하여 분석하였다.

간의 SOD와 MDA 함량의 측정하기 위하여 전처리 과정으로서 일정량의 조직을 무게를 정량한 뒤 0.25 M sucrose, 0.5 mM EDTA(ethylenediaminetetraacetic acid), 5 mM HEPES(4-(2-hydroxyethyl)-1-piperazineethanesulfonic acid) 용액으로 10% 희석하여 초고속원심분리기에서 10,000 rpm으로 20분간 원심분리한 후 상층액 2.0 ml를 채취하여 MDA(malondialdehyde)를 분석에 사용하였으며, 남은 용액을 다시 12,000 rpm으로 30분간 원심분리하여 상층액 1 ml에 ethanol 0.25 ml, chloroform 0.15 ml

를 혼합하여 1분간 혼합한 후 다시 12,000 rpm으로 30분간 원심분리하여 상층액 1.0 ml를 채취하여 SOD 활성도를 측정하였다. SOD 활성도 측정은 Marklund and Marklund(1974)의 방법으로 분석하였다. 50 mM Tris (hydroxymethyl)-amino-methane에 10 mM EDTA와 1 N HCl을 혼합한 Tris EDTA HCl buffer(pH 8.5)에 시료 0.1 ml를 혼합한 뒤 pyrogallol solution 0.1 ml를 첨가하여 25°C 수조에서 10분간 반응시킨 다음, 1 N HCl 용액 0.05 ml을 가하여 반응을 종료시키고, 파장 420 nm에서 흡광도를 측정하여 효소활성을 산출하였다. MDA 함량 측정은 Satoh(1978)의 방법으로 분석하였다. 샘플 0.5 ml에 10% TCA 용액 2.5 ml를 넣고 혼합한 뒤 상온에서 10분간 반응시키고, 3,500 rpm에서 15분간 원심분리하여 상층액을 제거하였다. 침전부에 0.05 M H₂SO₄ 2.5 ml를 혼합하고 TBA 3 ml를 혼합하였다. 이것을 중탕기에 95°C로 30분간 가열한 뒤 냉수에 담가 온도를 낮춘 후 n-butanol : pyridine(15 : 1 V/V)용액 3 ml를 혼합하여 3,000 rpm에서 10분간 원심분리한 후 상층액을 채취하여 분광도계를 사용하여 파장 530 nm에서 흡광도를 측정하였다. 모든 샘플의 단백질량은 bovine serum albumin을 사용하여 각 효소의 단백질 정량은 Lowry(1951)의 방법으로 계산식에 의해 최종 SOD와 MDA 함량을 계산하였다.

자료 처리

본 실험의 결과는 통계 프로그램 SPSS 14.0을 이용하였으며 평균과 표준오차(mean±SE)로 표기하였다. 각 집단 간의 평균차이에 대한 유의성 검정은 two-way ANOVA (analysis of variance)를 실시하였으며, 운동 전과 후의 혈중 성분, SOD, MDA의 결과 비교를 위하여 paired t-test로 사후검정을 실시하였다. 모든 차의 유의수준은 p<0.05로 하였다.

Table 2. Changes of body weight in each group

| Weeks | Control | | Wood vinegar | |
|-------|-------------|-------------|--------------|-------------|
| | SED | EXE | SED | EXE |
| 1st | 230.43±4.39 | 227.86±1.73 | 228.21±3.95 | 226.86±2.83 |
| 2nd | 267.07±4.74 | 264.64±2.13 | 262.29±4.30 | 266.29±3.53 |
| 3rd | 289.64±5.35 | 280.43±5.80 | 283.43±4.98 | 285.36±4.10 |
| 4th | 325.86±6.67 | 313.43±3.29 | 314.57±7.04 | 321.29±5.67 |

Values are mean±standard error. SED: sedentary; EXE: exercise, respectively.

Table 3. Changes of fat weight in each group

| Fat pads | Control | | Wood vinegar | |
|--------------------|-----------|-----------|--------------|-----------|
| | SED | EXE | SED | EXE |
| Mesentery(g) | 4.45±0.31 | 4.23±0.18 | 3.66±0.16 | 4.42±0.29 |
| Retroperitoneal(g) | 2.44±0.19 | 2.19±0.22 | 2.40±0.16 | 2.46±0.20 |
| Epididymal(g) | 2.25±0.10 | 2.05±0.14 | 2.08±0.13 | 2.23±0.11 |

Values are mean±standard error. SED: sedentary; EXE: exercise, respectively.

Table 4. Changes of blood profiles in each group

| Items | Control | | Wood vinegar | |
|---------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|
| | SED | EXE | SED | EXE |
| TG | 33.12±2.13 ^a | 48.52±1.37 ^a | 35.66±3.21 ^b | 50.64±1.65 ^b |
| FFA | 886.61±40.13 ^a | 1911.56±92.19 ^a | 773.50±49.21 ^b | 2020.32±95.26 ^b |
| TC | 57.52±3.16 ^a | 57.82±3.34 ^b | 51.52±5.64 ^c | 59.56±3.68 ^d |
| HDL-C | 14.26±0.42 ^a | 15.06±0.80 ^b | 14.66±1.34 ^c | 14.97±0.94 ^d |
| LDL-C | 7.63±0.63 ^a | 5.36±0.74 ^c | 7.53±1.02 ^b | 4.84±0.90 ^b |
| Glucose | 108.12±2.71 ^a | 67.78±7.25 ^a | 109.50±2.03 ^b | 69.33±4.46 ^b |

Values are mean±standard error. SED: sedentary; EXE: exercise; TG: triglyceride; FFA: free fatty acids; TC: total cholesterol; HDL-C: high density lipoprotein-cholesterol; LDL-C: low density lipoprotein-cholesterol. Units, except FFA, were mg/dl; FFA was μ Eq/l. The same letters in a row indicate the significance at $p < .05$, respectively.

결 과

체중 및 지방량의 변화

체중의 변화는 Control 집단과 Wood vinegar 집단 모두 기간이 경과함에 따라 증가하였으나 통계적인 유의차는 나타나지 않았다.

장간막 지방의 중량은 집단간 통계적 유의차는 나타나지 않았으나, CON-EXE의 경우 다른 집단보다 낮은 경향이 나타났다. 복강후 지방의 중량은 집단간 통계적 유의차는 나타나지 않았으나, CON-EXE의 경우 다른 집단군 보다 낮은 경향이 나타났다. 부고환 지방의 중량도 집단간 통계적 유의차는 나타나지 않았으나, 또한 CON-EXE가 다른 집단군 보다 낮은 경향이 나타났다.

혈중 성분의 변화

혈중 중성지방은 CON-SED와 CON-EXE 집단간 통계적 유의차가 나타났으며($p < 0.05$), WV-SED와 WV-EXE도 집단간 통계적 유의차가 나타났으며($p < 0.05$). 혈중 유리 지방산은 CON-SED와 CON-EXE 집단간 통계적 유의차가 나타났으며($p < 0.05$), WV-SED와 WV-EXE도 집단간 통계적 유의차가 나타났으며($p < 0.05$). 혈중 총콜레스테롤은 WV-SED의 경우 다른 집단 보다 낮은 경향을 보였으나,

집단간 통계적인 유의차는 나타나지 않았다. HDL-C은 CON-EXE의 경우 다른 집단 보다 높은 경향을 보였으나, 통계적으로 유의차는 나타나지 않았다. LDL-C의 변화는 WV-SED와 WV-EXE의 집단간에 통계적 유의차가 나타났다($p < 0.05$). 글루코스 농도의 변화는 CON-SED와 CON-EXE에서 집단간 통계적 유의차가 나타났으며($p < 0.05$) WV-SED와 WV-EXE에서도 집단간 통계적 유의차가 나타났으나($p < 0.05$), 대조(SED)군과 운동(EX)군 내의 집단간 통계적 유의차는 나타나지 않았다.

지질 과산화 정도의 변화

간의 SOD 함량의 변화는 WV-SED와 WV-EXE에서 집단간 통계적 유의차가 나타났으며($p < 0.05$), CON-EXE와 WV-EXE의 경우에도 집단간 통계적 유의차가 나타났으며($p < 0.05$). 간의 MDA 함량의 변화는 CON-SED와 CON-EXE에서 집단간 통계적 유의차가 나타났으며($p < 0.05$), WV-SED와 WV-EXE의 경우에는 집단간 통계적 유의차는 나타나지 않았다.

고 찰

최근 항산화제로서 연구되고 있는 목초액은 원목의 성분

Table 5. Changes of liver SOD, MDA in each group

| Items | Control | | Wood vinegar | |
|-------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|
| | SED | EXE | SED | EXE |
| SOD | 19.02±0.13 ^c | 18.83±0.18 ^a | 19.35±0.19 ^b | 20.05±0.17 ^{ab} |
| MDA | 0.16±0.01 ^a | 0.12±0.01 ^a | 0.13±0.02 ^b | 0.13±0.01 ^c |

Values are mean±standard error. SED: sedentary; EXE: exercise; SOD: superoxide dismutase(unit/mg protein/min); MDA: malondialdehyde (nmol/mg protein). The same letters in a row indicate the significance at $p < .05$, respectively.

을 열로 분해하여 얻어지는 것으로 80-90%는 수분이고 나머지의 10-20%가 유기 화합물로 되어 있는데, 이중 초산이 주성분이며 유기산류, 페놀류, 카르보닐 화합물, 알코올류, 중성 및 염기성 분획 등 200여종의 다양한 성분을 함유하고 있는 것으로 밝혀지고 있으며 목초액의 생리활성에 대한 연구에서 목초액 추출물의 항산화 효과(Lee *et al.*, 2004; Chung *et al.*, 2007; Cho and Choi, 2007b)와 지질대사에 대한 연구들이 보고되고 있다(Cho and Choi, 2007a).

본 연구는 목초액 단기 섭취가 훈련된 흰쥐의 혈중지질, SOD, MDA 함량에 미치는 영향에 대하여 분석하였다. Cho and Choi(2007a)는 목초액 투여가 중성지질 및 총콜레스테롤의 억제효과가 있다고 하였으며 LDL-C는 감소하는 대신 HDL-C는 증가효과가 있다고 보고하였다. 본 연구의 지방량과 지질성분에 대한 결과를 보면 집단 간의 장간막 지방, 복막후 지방, 고환지방의 함량에서는 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았다. 사람과는 달리 흰쥐에서는 HDL-C는 혈중 콜레스테롤의 중요한 운반체인 동시에 간으로의 콜레스테롤 역수송을 거의 전담하고 있으므로 혈장 TC 농도가 감소함에 따라 HDL-C도 또한 감소하게 된다(Park and Lee, 2003). 그러나 본 실험에서는 TC의 경우 WV-SED이 다른 집단군에 비해 낮게 나타는 경향을 보였으나 통계적으로 유의차는 나타나지 않았고, 그에 따른 HDL-C 농도 변화와의 상관관계도 정확히 규명하기 어려웠으며 CON-EXE, WV-EXE의 HDL-C 농도의 증가는 Sgouraki *et al.*(2001)가 격렬한 운동(100% VO₂max)은 종료직후 LPL(lipoprotein lipase)의 조절작용에 의해 HDL-C 농도의 상승 및 HDL subfraction(HDL₂, HDL₃)의 재분배를 야기한다고 추론한 연구결과와 일치하고 있다. LDL-C는 목초액 섭취 후 운동을 실시한 집단에서 농도가 감소하여 Cho and Choi(2007a)의 연구결과와 일치하였다. 혈중 TG와 FFA의 농도는 CON-EXE, WV-EXE가 CON-SED, WV-SED보다 유의하게 높게 나타났는데

($p < .05$) TG와 FFA 모두 운동 후 집단에서 농도가 증가하였으나 CON군과 WV군 간의 유의한 차이는 나타나지 않았다. 목초액의 성분 중에서 가장 함량이 많은 초산이 지질대사에 큰 영향을 줄 것으로 예상하였으나 결과에 유의한 차이를 가져오기에는 2주간의 목초액 섭취 기간이 짧았던 것으로 판단되며 추후 장기간의 목초액 섭취와 운동의 복합 처치에 대한 연구가 이루어진다면 명확한 결과를 얻을 수 있을 것으로 예상된다.

강도 높은 신체활동은 산소소비와 에너지 대사의 증가로 체내 항산화 방어체계의 불균형을 초래하고 산화 스트레스를 발생시켜 체내 조직의 손상을 유발시키는데 운동에 의한 활성산소의 증가로 인한 근육의 피로와 손상을 막기 위해 체내에는 SOD, GPX, CAT와 같은 효소로 구성된 항산화 방어체계와 비타민 C, 비타민 E 등의 비효소적 항산화 방어체계로 구분되는 항산화 방어 시스템을 보유하고 있다. 그러나 지속적인 운동으로 인해 급격하게 증가된 활성산소를 효과적으로 제거하기 위해서는 체내 항산화방어체계와 더불어 영양보조물을 섭취함으로써 활성산소의 생성에 의한 인체 조직의 산화적 손상(Gutteridge, 1988; Jenkins, 1988; Ji, 1995)의 정도를 낮추거나 지연시킬 수 있는 것으로 보고된다(Urso and Clarkson, 2003).

저강도 운동을 지속적으로 실시할 경우 혈당치는 감소하게 되며(Hwang and Kim, 2000), 중등도의 지구성 운동을 하게 되면 세포내의 당 수송체가 활성화 되어 골격근에서의 글루코스 이용이 증가됨에 따라 혈당의 감소를 일으키게 된다. 본 실험에서 글루코스의 변화를 살펴보면 대조군(SED)에 비해 운동군(EXE)에서 농도가 감소하여 운동으로 인한 이용량의 증가를 나타내었다. 이는 글루코스 농도가 운동 직전에 비해서 운동을 시작하면서 감소하기 시작하여 높은 비율로 감소하는 경향을 보여준 Kwon(1999)의 연구결과와 일치하지만 목초액 섭취 여부에 따른 차이는 크지 않은 것으로 나타났다. 목초액의 주성분은 수분을 제외하고는 acetic acid가 가장 많은 것으로 나타난다(Cho

and Choi, 2007b). 이러한 점을 고려할 때, acetic acid의 글루코스 저하작용에 대한 연구(Ogawa *et al.*, 2000; Fushimi *et al.*, 2001)와는 다소 차이가 있는 것으로 나타나며, acetic acid 이외의 다른 물질이 영향을 주었을 가능성과 섭취기간이 짧았기 때문에 나타난 가능성 역시 배제할 수 없다고 생각된다.

최근 목초액의 항산화 활성에 대한 많은 연구들이 이루어지고 있는데, Jeong and Shim(2002)은 목초액 1%, 5% 첨가군이 대조군보다 더 높은 항산화 효과를 나타내었고, 이는 목초액이 인체 내의 활성산소를 제거함으로써 나타나는 결과라고 볼 수 있다고 보고하고 있다. Cho and Choi(2007b)는 흰쥐 간조직의 활성산소 및 제거효소에 미치는 목초액의 영향에 관한 연구에서 25% 및 50% 농도의 목초액 투여군의 간조직의 SOD 활성은 대조군 대비 15-25%나 유의한 활성 증가효과가 인정 되어 활성산소 억제효과가 있다고 보고하였고, Jeong 등(2007)은 참나무 목초액의 추출물의 농도가 증가할수록 항산화 효과가 증가하였고, 50 µl/ml 농도에서 약 65%의 항산화 효과를 나타내었다고 보고하였다. 본 연구에서 간의 SOD함량은 WV-EXE이 CON-SED, CON-EXE, WV-SED보다 유의하게 높게 나타났는데($p < .05$) 이는 운동에 의한 활성산소의 제거에 목초액의 항산화 활성이 작용한 결과로 추측되어 지며 목초액의 섭취가 활성산소의 생성 단계에서부터 활성산소 생성의 효과적인 억제제로의 기능을 할 수 있을 것으로 예상된다. 추후 운동기간, 운동강도에 따른 목초액의 섭취가 항산화 활성에 미치는 영향에 대한 더 많은 연구들이 이루어져야 할 것이다. 과산화지질의 결과물인 MDA는 운동강도가 증가할수록 증가하게 되는데 Jeong(1999)는 고강도 운동집단에서 MDA 농도가 증가하였고, 운동강도에 따라서도 차이가 있어 MDA를 생성하는 운동수준이 존재한다고 하였으며, Alessio and Goldfarb(1998)는 중등도 운동강도에서 보다 고강도 운동 시 MDA 농도가 높았으나 통계적으로 유의한 차이가 없었으며, MDA 함량 차이는 운동강도, 운동시간, 훈련상태에 따라 다르게 나타날 수 있다고 보고하였다. 본 연구에서는 CON-SED에 비해 WV-SED, WV-EXE이 낮게 나타났으나 WV-SED과 WV-EXE 사이의 통계적인 유의차는 나타나지 않았다. 이는 경구 투여한 목초액의 양이 최종 운동강도에서 발생하는 지질과산화물을 방어할 수 있는 한계를 초과한 것이라 판단된다.

적 요

본 연구는 목초액의 섭취가 훈련된 흰쥐의 항산화방어기전에 미치는 영향을 알아보기 위하여 수행되었다. 실험대상으로는 Sprague-Dawley계 수컷 흰쥐를 사용하였는데 실험그룹은 비운동 대조군과 운동 대조군, 목초액 섭취 비운동 대조군, 목초액 섭취 운동 대조군으로 나누어 수행하였는데 체중과 혈중성분 변화, 글리코겐 함량, SOD 활성 수준, MDA 함량에 관한 분석을 하였다. 체중과 체지방(장간막, 복막후, 부고환)은 각 그룹 간에 유의한 차이가 없었고, TG와 FFA 농도도 목초액 섭취로 인한 차이는 없었다. Glucose 농도는 대조군 보다 운동군에서 유의한 차이를 나타내었으나 목초액 섭취로 인한 차이는 없었다. 목초액 투여 운동군에서의 SOD 활성은 다른 그룹보다 유의하게 높았다. 운동 대조군에서의 MDA 함량은 비운동 대조군보다 유의하게 낮게 나타났으나 대조군과 목초액 투여군 간의 차이는 없었다. 결론적으로 운동과 목초액 섭취는 산화적 스트레스의 감소에 긍정적인 영향을 줄 것으로 예상된다.

인용문헌

- Alessio, H. M. and A. H. Goldfarb. 1998. Lipid peroxidation and scavenger enzymes during exercise: adaptative response to training, *J. Appl. Physiol.* 64: 1333-1336.
- Cho, W. K. and J. H. Choi. 2007a. Effect of pyroligneous liquor on lipid metabolism in serum of CD rats. *Kor. J. Nutr.* 40(1): 24-30.(in Korean)
- Cho, W. K. and J. H. Choi. 2007b. Effect of pyroligneous liquor on oxygen radicals and their scavenger enzymes in liver of CD rats. *Kor. J. Nutr.* 40(2): 111-117.(in Korean)
- Fushimi, T. K. Tayama, M. Fukaya, K. Kitakoshi, N. Nakai, Y. Tsukamoto and Y. Sato. 2001. Acetic acid feeding enhances glycogen repletion in liver and skeletal muscle of rats. *J. Nutr.*, 131(7): 1973-1977.
- Gutteridge, J. M. C. 1988. Lipid peroxidation: some problems and concepts. In Halliwell B.(Ed.) *Oxygen radicals and tissue injury*, Bethesda, MD. Upjohn Symposium, 9-19.
- Hur, S., K. E. Hong and J. H. Jang. 2006. Change of plasma leptin concentrations, obesity and blood lipid profiles according to the intensity of the exercise on rats. *Kor.*

- Sport Resear. 17(1): 311-320.(in Korean)
- Hwang, A. L. and C. J. Kim. 2000. The development of exercise therapy protocol applied to an efficacy expectation promoting program in type 2 diabetes mellitus patients. Kor. J. Fund. Nurs. 7(3): 366-378.(in Korean)
- Jenkins, R. R. 1988. Free radical chemistry : relationship to exercise. Am. J. Sports Med., 5: 156-170.
- Jeong, C. H. and K. H. Shim. 2002. Nitrite-scavenging and antioxidant activities of wood vinegar. Kor. J. Food Preserv. 9(3): 351-355.(in Korean)
- Jeong, D. J. 2001. The effect of vitamin E & C supplementation on the activities of GPX and GRD. Exer. Sci. 10(1): 13-20.(in Korean)
- Jeong, I. S., Y. J. Kim, S. W. Gal and Y. J. Choi. 2007. Antimicrobial and antioxidant activities and inhibition of nitric oxide synthesis of oak wood vinegar. J. Life Sci. 17(1): 105-109.(in Korean)
- Ji, L. L. 1995. Oxidative stress during exercise: Implication of antioxidant nutrients. Free Rad. Biol. Med. 18(6): 1079-1086.
- Ji, L. L. 1999. Antioxidants and oxidative stress in exercise. Soc. Exp. Biol. Med. 222: 83-292.
- Kim, Y. H., S. K. Kim, K. S. Kim and Y. H. Lee. 2001. Composition of constituents of commercial wood vinegar liquor in Korea. J. Kor. Agri. Chem. Soc. 44(4): 262-268.(in Korean)
- Kwon, T. D., S. P. Ryu, E. C. Jang and S. C. Lee. 2002. Effects of green tea polyphenol ingestion on blood lipids, MDA and SOD in rats. Kor. J. Exer. Nutr. 6(2): 85-88.(in Korean)
- Kwon, Y. K. 1999. Effects of caffeine on cardiorespiratory function and glucose & lactate metabolism during rest and graded exercise. Kor. J. Sports Med. 17(1): 104-114.(in Korean)
- Lee, H. H., M. J. Oh, D. S. Min, J. O. Kim, S. T. Park, J. H. Yoon and I. G. Jeong. 2005. Effect of treadmill exercise on plasma lipid profile and leptin concentrations in high-fat fed rats. Kor. J. Phy. Edu. 44(5): 507-518.(in Korean)
- Lee, K. M., G. T. Jeong and D. H. Park. 2004. Study of antimicrobial and DPPH radical scavenger activity of wood vinegar. Kor. J. Biotech. Bioengine. 19(5): 381-384.(in Korean)
- Lowry, O. H., N. J. Rosebrough, A. L. Farr and R. J. Randall. 1951. Protein measurement with the folin phenol reagent. J. Biol. Chem. 193: 265-275.
- Marklund, S. and G. Marklund. 1974. Involvement of the superoxide anion radical in the antioxidation of pyrogallol and convenient assay for superoxide dismutase. Eur. J. Biochem. 47(3): 469-474.
- Ogawa, N., H. Satsu, H. Watanabe, M. Fukaya, Y. Tsukamoto, Y. Miyamoto and M. Shimizu. 2000. Acetic acid suppresses the increase in disaccharidase activity that occurs during culture of caco-2 cells. J. Nutr. 130(3) : 507-513.
- Park, S. H. and H. S. Lee. 2003. Effects of legume supplementation on the glucose and lipid metabolism and lipid peroxidation in streptozotocin-induced diabetic rats. Kor. J. Nutr. 36(5): 425-436.(in Korean)
- Satoh, K. 1978. Serum lipid peroxide in cerebrovascular disorders determined by a new colorimetric method. Clinica. Chimica. Acta. 90(1): 37-43.
- Sgouraki, E., A. Tsopanakis and C. Tsopanakis. 2001. Acute exercise: response of HDL-C, LDL-C lipoproteins and HDL-C subfractions levels in selected sport disciplines. J. Sports Med. Phys. Fit. 41(3): 386-391.
- Urso, M. L. and P. M. Clarkson. 2003. Oxidative stress, exercise, and antioxidant supplementation. Toxicol. 189: 41-54.

(접수일 2008.8.22; 수락일 2009.7.2)