생명과학회지
Korean J. Life Science, 7(4), 384-391, 1997

유영운동이 콜레스테롤 식이 흰쥐에 있어서 간 조직의 항산화 물질 및 혈액 성분에 미치는 영향

백영호† · 김세종 · 정해영* · 최진호**

부산대학교 체육교육과, *부산대학교 약학과
**부경대학교 식품생명과학과

Effects of Swimming Training on Hepatic Antioxidant Enzymes and Serum Lipid in Cholestrol-Dietary Rats

Yeong-Ho Beak†, Se-Jong Kim, Hae-Young Chung* and Jin-Ho Choi**

Department of Physical Education, Pharmacy, Pusan National University, Pusan 609-735, Korea*
***Department of Food and Life Science, Pukyong National University*

Abstract

The purpose of this study was to investigate effects of swimming training and cholesterol diet on the activation of hepatic antioxidant enzymes and serum lipid in Sprague Dawley rats(24 weeks of age).

They were divided into five groups which were made up of normal-diet detraining group(C), 2% cholesterol-diet detraining group(CC), 2% cholesterol-diet swimming training groups which were classified according to their training time(CSA : 12min., CSB : 8min., CSC : 4min.).

They were given normal diet for the first 6 weeks and then, separated normal-dietary and 2% cholesterol-dietary for 14 weeks. During these periods, 10 weeks' swimming training was performed after 4 weeks later.

And then we analyzed blood and liver by decapitating those rats.

Swimming training showed a tendency to increase the activation of GSH-peroxidase, Nonprotein-SH and malondialdehyde, and decrease total- cholesterol, LDL-C/HDL-C and VLDL significantly.

Whereas, cholesterol diet which has no training showed decrease the activation of hepatic antioxidant enzymes, and increase total-cholesterol and LDL-C/HDL-C absolutely.

These results suggest that swimming training should stimulate the activation of hepatic antioxidant enzymes and decrease total-cholesterol even if they had cholesterol diet.

Key words : *antioxidant enzyme, serume lipid*

서 론

노화는 시간경과에 따른 연속적 현상으로 일정한 외부환경에 대한 적응력의 점진적 소실로 인해 생명력이 감퇴되어가는 자연적인 현상이다. 노화현상은 어떤 기작으로 나타나는 것인가? 수명과 노화는 별개의 기작으로 나타나는 현상인가, 분리된 개념이 아니라면 노화를 예방해서 수명을 연장할 수 없는가에 대하여 현대과학의 발전과 성과의 눈

† Corresponding author

부심에도 불구하고 이 문제에 대한 대답은 미진하고 요원하다. 그러면, 이러한 노화는 왜 일어나는가에 대해서는 많은 가설들이 제안되어 있다. 이러한 학설들 중에 최근 활성산소와 관련된 free radical theory가 주목받고 있는데, 노화의 free radical 설을 처음으로 제안한 Harman(1956)[1]에 의하면 free radical은 정상적인 대사과정에서 생성되어 중요한 생체내 분자와 반응하며 이러한 손상의 계속적인 축적의 결과로 노화와 관련된 기능의 쇠퇴를 초래한다고 하였다. 이 학설은 방사선에 의한 수명단축, 물의 방사선 분해에 의한 radical의 형성과 생체내 산화반응에 대한 radical의 관여에 그 근거를 두고 있다. free radical이란 분자 혹은 원자 최외각 전자궤도에 부대전자를 가진 불안정한 화합물을 말하는데, 생체내 문제가 되는 것은 대사과정에서 부수적으로 생기는 활성산소로서 superoxide(O^-_2), 과산화수소(H_2O_2), hydroxyl radical(·OH)이 있으며, 이들은 세포내 과립(mitochondria, microsome, peroxisome) 및 cytosol에서 생성되며 또한, machrophage, 백혈구에서도 생성된다(Oyanagui, 1989)[2]. free radical은 생체내 정상적 대사과정에서 끊임없이 생성되어 대식세포의 살균작용, 정보전달, 오래된 단백질의 제거 등에 이용되는 필수불가결한 물질이다. 그러나 생체내 방어기전을 벗어나 손상을 줄 수 있는데, 지질의 과산화, 효소의 불활성, 세포내의 산화·환원 상태의 변화, 그리고 DNA에 대한 다양한 세포손상을 초래한다. 여러 효소계에 의해 생성되는 superoxide radical은 금속이온 존재하에 여러 hydroperoxide와 반응하여 반응성이 큰 alkoxyl radical(LO·)이나 hydroxyl radical이 되어 생체 분자를 공격하여 조직손상을 일으키게 된다. 일반적으로 노화에 의해 생체내 각 조직에 free radical 반응산물이 증가하는데, 그 대표적인 것이 lipofuscin과 과산화지질이며 이들은 노화의 지표로서 이용된다(Yoshikawa, M. and Hirai, S., 1967)[3]. 그러나, 생체내에는 이러한 활성산소의 독성으로부터 조직을 보호하고 항상성을 유지하려는 방어 역할의 항산화계가 존재하며, superoxidase dismutase(SOD), catalase, glutathione peroxidase(GSH), GSH reductase, GSH S-transgerase, GSH, protein-SH, nonprotein-SH, 비타민 E 등이 있으며, 이러한 황산화계를 이용하여 활성산소를 제거함으로써 생체 homeostasis를 유지하고 있다(Chung, H. Y. and Kim, Y. K., 1992)[4]. 식이제한은 막의 구조와 기능, 세포 구성물을 유지시키고 xenobiotics의 해독작용을 조절하고 간조직의 항산화효소의 활성을 높이고 막의 지질과산화를 억제하며 여러가지 노화현상을 지연시킨다고 보고되어 있다(Yu, B. P., 1994)[5]. Kim 등(1996)[6]은 식이 제한과 운동이 항산화효소에 미치는 영향을 연구한 결과 식이 제한은 항산화효소에 영향이 없었으나, 18.5개월간의 지구성 운동이 항산화효소를 증가시켰다고 하였다. Parkhouse 등(1995)[7]은 마우스에게 유산소성 운동을 실시한 결과 GSH-peroxide, catalase 수준이 증가하였다고 보고한 바 있다. 그리고 가장 최근에 Yu 등(1996)[8]의 마우스를 통한 연구에서, 운동과 식이제한을 병행할 때가 마이크로좀의 산화반응물질(ROS ; reactive oxidant species)생성을 억제하고 세포막 유동성을 유지하는 가장 효과적인 수단이라고 보고하였다. 식이제한과 관련된 간에서의 항산화물질의 활성에 미치는 영향에 대한 연구는 많이 수행되어 왔으나, 운동에 따른 항산화물질의 변화에 대한 보고는 아직 많은 연구를 필요로 하는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 콜레스테롤 식이와 운동에 의한 간에서의 지질과산화와 항산화능 및 혈액 성분의 변화를 검토하고자, 흰쥐를 이용하여 자유식이군과 2% 콜레스테롤 식이군으로, 그리고 2% 콜레스테롤 식이군을 각각 운동군과 비운동군으로 나누어서 catalase, SOD, 그 외 GSH관련 항산화효소 등과 Total-C, HDL-C, LDL-C, LDL-C/HDL-C 등의 혈액 성분을 측정하여 운동이 간에서의 항산화 물질에 미치는 영향을 알아보고자 하였다.

재료 및 방법

1. 실험동물 및 사육조건

실험동물로서는 생후 4주령의 Sprague Dawley 종 수컷 흰쥐를 20주 동안 사육 및 훈련시킨후 36마리를 실험 대상으로 하였다. 흰쥐들은 18cm ×18cm ×17cm 크기의 플라스틱 cage에 1마리씩 넣어 사육하였으며, cage는 2주에 3번씩 깔짚을 청소하였다. 온도와 상대습도는 22~24℃, 60%를 유지하였으며, 사육 명암주기는 자연광으로 하였다. 처음 6주간은 S사 제품 실험동물용 사료와 물을 자유식이로 하였고, 이후 14주 동안은 2% 콜레스테롤 식이군과 정상식이군으로 구별하여 사육하였다.

2. 식이의 조제 및 실험방법

정상식이는 S사 제품을 사용하였으며, 그 제품의 식이성

분은 Table 1 과 같다.

Table 1. Ingredient of dietary

Ingredient	Content
moisture	8.60%
crude fat	6.80%
ash	6.30%
P	0.76%
crude protein	25.30%
crude fiber	2.90%
Ca	1.12%
NFE	50.10%
etc.	0.48%

*NFE (Nitrogen Free Extract)

2% 콜레스테롤 식이는 S사 제품을 분쇄한 분말 980g과 K사 제품 콜레스테롤 20g을 잘 섞어 반죽한 후, 흰쥐가 먹기 적합하도록 직경 1~2cm 크기로 둥글게 만들어 건조하여 섭취시켰다.

본 연구의 실험절차는 4주령의 흰쥐 36마리를 6주간 정상식이를 시킨 후, 11주령부터 정상식이군 7마리와 2% 콜레스테롤식이군 29마리로 구분하여 14주령까지 4주간 사육하였다. 15주령부터 24주령의 10주간은 정상식이군은 계속 유지한 채, 2% 콜레스테롤 식이군을 대조군(CC) 9마리와 수영 A군 8마리, 수영 B군 6마리, 수영 C군 6마리로 나누어 유영운동을 실시하였다. 유영운동은 25g 무게의 추를 미근부에 달아서 지름 35cm, 깊이 50cm의 pool에 1마리씩 넣어 가장 긴 지속시간(CSA)은 12분, 중간 지속시간(CSB)은 8분, 가장 짧은 지속시간 (CSC)은 4분간 운동시켰다. 유영 운동을 마치면 건조기로 말려서 각각의 cage에 넣었다.

3. 분석시료의 조제 및 분석방법

1) 간조직의 분석

간장을 일정량 취하여 10배의 냉 50 mM phosphate buffer(pH 7.4)를 가하여 냉각하에서 glass teflon homogenizer로 균질화한 후 700×g에서 10분간 원심분리하여 postnuclear 분획을 얻어, 이를 12,000×g에서 20분간 원심분리하여 postmito-chondrial 분획을 얻어 다음과 같은 항산화 효소의 활성 정도를 측정하였다.

① catalase 활성

50 mM phosphate buffer(pH 7.0) 2ml에 효소원 100 μℓ를 가하고, H_2O_2 용액을 1ml 가하여 240 nm에서 2분간 흡광도 감소를 관찰하여 측정하였다. 1 unit 는 1분 동안 H_2O_2 1μmol을 분해하는 효소의 양으로 정의하였다.

② GSH-peroxidase 활성

0.1 M phosphate buffer(pH 7.0) 1.5ml, 10mM EDTA 300μl, 10mM NaN_3 300μl, 200 U/ml GSH reductase 30μl, 5 mM NADPH 120μl, 20mM GSH 150μl 및 효소원 200μl를 가하여 잘 혼화한 후 25℃에서 2분간 항온처리하였다. 마지막으로 5 mM H_2O_2 150μl를 첨가하여 340 nm에서 2분간 흡광도 감소를 측정하였다. 1 unit는 1분 동안 NADPH 1 μmol을 산화하는 효소의 양으로 정의하였다.

③ nonprotein-SH

10% 간장균질액에 동량의 10% tricholroa-cetic acid 용액을 가하여 원심분리한 상등액을 시료로 하였다. 시료 0.1ml에 0.01M의 $NaNO_2$ 1 vol과 H_2SO_4 9 vol을 혼합 조제한 용액 0.5ml를 가한 후 5분간 방치하고, 0.5% sulfamic acid ammonium 수용액 0.2ml를 가해 강하게 혼화한 후 1% $HgCl_2$ 1 vol과 3.4% sulfanlamide/0.4N HCl 용액을 1ml 가하고 5분 후 540nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준용액으로 125μM *glutathione* 용액을 사용하였다.

④ malondialdehyde(MDA)

16.8% trichloroacetic acid(0.125 N HCl 용액) 100 ml에 416mg의 thiobabituric acid를 가하여 용해시킨 후에 6.8mM butylated hyeroxytoluene 용액을 10ml 가해서 정지액을 사용하였다. 간장균질액 0.5ml에 정지액 3ml를 가하여 95℃에서 20분간 가열한 후 식혀서 3,000×g에서 25분간 원심분리하고 상등액을 취해 535nm에서 흡광도를 측정하였다.

⑤ superoxide dismutase(SOD)

0.1mM EDTA를 함유한 phosphate buffer(pH 7.8) 420μl에 cyanide의 농도가 50μM이 되도록 20mM cyanide 용액을 가한 후 37℃에서 10분간 보온하였다. 이 용액에 시료용액 300μl 와 0.1mM cytochrome C 50μl를 넣어 37℃, 550nm 에서 흡광도를 측정하였다. 이 때 cytochro-me C의 양은 분자흡광계수 19,500 $M^{-1}cm^{-1}$로 계

산하였다.

2) 혈액 분석

① 글루코스(Glucose)

혈청 0.02ml에 glucose oxidase 효소 3ml를 가한 다음, 혼합한 후에 37℃에서 15분간 가온하였다. 그리고 약 10분간 방치 하여 500nm에서 흡광도를 측정하여 혈청 glucose 농도를 계산하였다.

② 유리 콜레스테롤(Free Cholesterol)

혈청 0.2ml에 효소시약 3.0ml를 가한 다음, 혼합한 후 37℃의 항온조에서 5분간 데워서 파장 555nm에서 흡광도를 측정하여 계산하였다.

③ 총 콜레스테롤(Total Cholesterol)

개량 phosphotungstate $NgCl_2$ 법에 따라 분석하였다. 즉, 혈청 0.02ml에 효소 용액 3ml를 가한 다음 온화후 37℃에서 5분간 가온하였다. 그리고 약 10분간 방치하여 500 nm에서 흡광도를 측정하여 혈청 총 cholesterol 농도를 계산하였다.

④ 고밀도 지단백(High Density Lipoprotein)

개량 phosphotungstate $NgCl_2$ 법에 따라 분석하였다. 즉, 혈청 0.3ml를 가하고 실온에 10분 이상 방치 후 3000 rpm에서 10분간 원심분리하였다. 그리고 약 10분간 방치하여 500nm에서 흡광도를 측정하여 혈청 HDL-C 농도를 계산하였다.

⑤ 저밀도 지단백(Low Density Lipoprotein), 초저밀도 지단백(Very Low Density Lipoprotein), 킬로마이크론(Chylomicron)

혈청을 세 개의 시험관 I, II, III에 각각 0.1ml 씩 넣고 효소시약 I, II, III 을 각각의 시험관에 4.0ml 씩 넣어 잘 혼합한 후 25±3℃에서 25분간 방치 후에 650nm로 흡광도를 측정하여 시험관 I + 효소시약 I 에서 LDL+VLDL+Chylomicron, 시험관II + 효소시약II에서 VLDL%Chylomicron, 시험관III + 효소 시약III에서 Chylomicron을 계산하여 LDL, VLDL, Chylomicron을 산출하였다.

결과 및 고찰

1. 간 조직의 분석 결과

각 그룹에 있어서 간 조직의 항산화효소 분석의 결과는 Table 2와 같다.

간 조직의 항산화효소 분석 결과는 Table 3에서 보는 것과 같이 Catalase는 콜레스테롤식이 운동군(CSA, CSB, CSC)이 통제군(C, CC)에 비해 대체로 높게 나타났으며, 특히 CSC군에서 가장 높게 나타났다. GSH-peroxidase는 콜레스테롤식이 통제군(CC)이 가장 낮은 반면, 콜레스테롤식이 운동군(CSA, CSB, CSC)에서는 모두 높게 나타났으며(Fig. 1), Nonprotein-SH 역시 콜레스테롤식이 통제군

Table 2. Effects of exercise and 2% cholesterol diet on hepatic antioxidant in all groups

Group / Variable	C	CC	CSA	CSB	CSC
Catalase (n mol/mg protein)	5.08± 0.53	5.38± 0.82	6.48± 0.59	6.86± 0.46	8.09± 1.33
GSH-peroxidase (mU mol/mg protein)	918.00± 36.20	737.00± 11.76	847.00± 16.58	808.83± 22.26	792.33± 13.75
Nonprotein-SH (U mol/mg protein)	44.76± 3.30	24.79± 2.65	38.35± 3.32	37.38± 3.81	38.54± 1.61
MDA (p mol/mg protein)	758.14± 24.91	675.89± 7.08	769.25± 12.17	850.17± 38.31	832.83± 73.19
SOD (mU/mg protein)	116.43± 4.48	81.56± 1.72	95.12± 5.73	89.83± 6.62	97.33± 4.81

Values are means± S.E.

GSH-peroxidase : glutathione(GSH)-peroxidase, MDA : malondialdehyde, SOD : superoxide dismutase

(CC)이 가장 낮게 나타났고, 콜레스테롤식이 운동군(CSA, CSB, CSC)에서는 모두 높게 나타났다(Fig. 2).

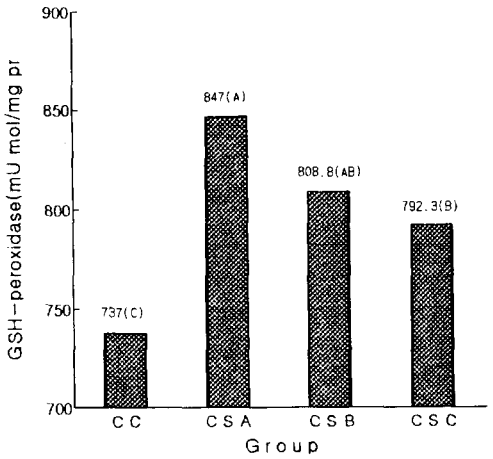

Fig. 1. Comparison of GSH-peroxidase in CC, CSA, CSB and CSC group

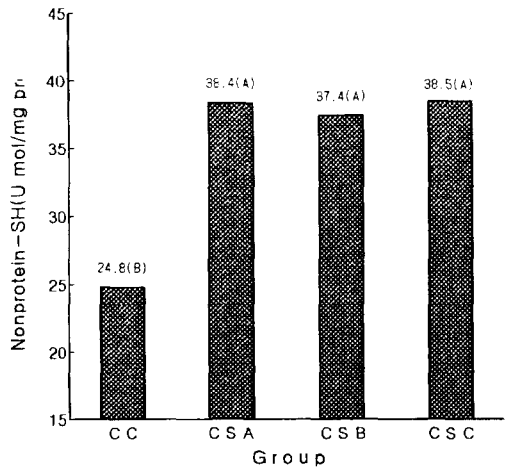

Fig. 2. Comparison of Nonprotein-SH in CC, CSA, CSB and CSC group

MDA는 통제군(C, CC)보다 콜레스테롤식이 운동군(CSA, CSB, CSC)에서 모두 높게 나타났으며, SOD는 콜레스테롤식이 통제군(CC)이 가장 낮게 나타났으며, 정상식이 통제군(C)과 콜레스테롤식이 운동군(CSA, CSB, CSC)에서는 모두 높게 나타났다.

정상식이 운동군과 콜레스테롤식이 비운동군의 간 조직의 항산화 효소 생성을 비교해 본 결과 GSH-peroxidase, nonprotein-SH 와 MDA, SOD 에서 모두 정상식이 비운동군이 높게 나타났으며, 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 즉, 콜레스테롤식이는 GSH-peroxidase 와 nonprotein-SH 등을 낮추는 것으로 나타났다. 이것은 그 기전은 아직 명확하지 않지만 콜레스테롤식이가 활성산소에 대항하는 항산화 효소의 생성을 그만큼 억제 또는 방해하기 때문인 것으로 사료된다.

GSH-peroxidase는 운동군이 비운동군보다 모두 높게 나타났는데 이것은 운동의 유효성을 잘 보여주는 것 같다. Hong 등(1995)[9]은 산소소비가 클수록 oxygen stress 가 높아져서 간, 신장, 골격근, 심장의 GSH-peroxidase가 감소한다고 하였으나, Parkhouse 등(1995)[7], Clakson(1995)[10]은 운동에 의해 높아진다고 보고하였는데 이러한 점과 일치함을 보여준다.

정상식이 비운동군과 콜레스테롤식이 운동군 사이의 항산화 효소 생성의 차이는 크지 않은 반면, 콜레스테롤식이 비운동군과 운동군 사이에서는 Catalase, GSH-peroxidase, Nonprotein-SH, MDA, SOD 의 모든 항목에서 콜레스테롤식이 비운동군이 현저하게 낮게 나타났다. 즉, 이러한 효소의 특수한 활성이 운동을 하는 그룹에서 모두 유효하게 증가하였는데 이것은 최근 Yu 등(1996)[8]의 연구 결과와 일치한다. 콜레스테롤식이 운동군들 사이의 항산화 효소 생성의 비교는 통계적으로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. 이것은 지속시간에 따른 변화는 크지 않다는 것을 암시하며, 앞으로 계속 연구가 필요한 것으로 사료된다.

Maxwell(1995)[11]은 유리기의 산화적 스트레스는 질병의 병리학적 과정에 다양한 영향을 미치며, 항산화적 요법은 당뇨, 염증성 질환과 동맥경화, carcinogenesis와 같은 만성적 질환과정에 유효할 것이라고 보고하였다. 가장 최근의 Yu 등(1996)[8]의 Fischer쥐로 실험한 결과 식이제한만 수행하는 것보다는 운동과 식이제한을 배합하여 수행한 그룹에서 가장 효과적으로 산화반응물질을 억제하고, 세포막 유동성을 유지하는 것으로 보고하였다. 노화에 관련된 예방의학적 차원에서 식이제한 뿐만 아니라 운동에 의한 산화반응물질과 항산화 효소의 활성간의 이상적인 운동양식이 있을 것으로 사료되며, 이에 대한 앞으로의 지속적인 연구가 필요할 것이다.

2. 혈액분석결과

집단별 혈액 성분의 결과는 Table 3와 같다.

Table 3. Chemical analysis results of serum in all groups

group / Var.	C	CC	CSA	CSB	CSC
TC	55.86	80.46	65.81	64.98	67.74
(mg/dl)	±8.03	±11.76	±11.00	±13.66	±10.03
FC	12.09	14.11	12.96	12.67	13.86
(mg/dl)	±1.73	±1.95	±1.86	±2.98	±2.18
HDL	31.95	41.35	43.74	46.12	51.99
(mg/dl)	±5.58	±6.18	±8.09	±9.74	±8.65
LDL	377.69	383.83	340.59	314.79	306.76
(mg/dl)	±92.58	±67.73	±78.41	±30.36	±104.08
VLDL	7.16	16.41	17.43	9.78	12.23
(mg/dl)	±2.95	±6.26	±16.14	±2.45	±12.06
LDL/	11.80	9.45	8.18	7.11	5.83
HDL	±1.76	±2.07	±2.88	±1.69	±1.63
CM	15.90	4.89	5.91	4.48	11.50
(mg/dl)	±9.10	±2.45	±2.30	±2.36	±3.08
GL	135.98	132.66	139.03	137.65	133.57
(mg/dl)	±12.55	±14.37	±9.56	±5.18	±10.43

Values are mean± S.D. of 6 to 9 rats

집단별 혈액 성분의 분석 결과는 Table 3에서 보는 바와 같이 TC(Total Cholesterol)와 FC(Free Cholesterol)는 비운동군에서는 콜레스테롤식이 비운동군(CC)이 정상식이 비운동군(C)보다 높았으며, 콜레스테롤식이군에서는 운동군(CSA, CSB, CSC)이 비운동군(CC)보다 모두 낮게 나타났다(Fig. 3).

HDL(High Density Lipoprotein)은 비운동군(C, CC)보다 운동군(CSA, CSB, CSC)이 모두 높게 나타났으며, LDL(Low Density Lipoprotein)은 운동군이 비운동군보다 모두 낮았다. VLDL(Very Low Density Lipoprotein)은 정상식이 비운동군(C)이 가장 낮게 나타났으며, 2% 콜레스테롤식이군에서는 운동군이 비운동군보다 낮거나 비슷하였다. CM(Chylomicron)은 정상식이 비운동군(C)이 가장 높게 나타났으며, 콜레스테롤식이군에서는 운동군이 비운동군보다 높거나 비슷하였다. LDL/HDL은 콜레스테롤식이 운동군(CSA, CSB, CSC)이 비운동군(C, CC)들보다 모두 낮게 나타났다.

정상식이 비운동군(C)과 콜레스테롤식이 비운동군(CC)의 혈액 성분을 비교해 본 결과, LDL(Low Density Lipoprotein)과 GL(Glucose)를 제외한 나머지 항목에서 모두 통계적으로 유의한 차이가 나타났다.

정상상식이 비운동군(C)과 콜레스테롤식이 운동군(CSA, CSB, CSC)들의 혈액 성분의 비교에서는 HDL(High Density Lipoprotein), CM(Chylomicron), LDL/HDL의 항목에서 통계적으로 유의한 차이를 보였는데, HDL과 CM은 운동군이 C군 보다 매우 높게 나타났으며, LDL/HDL는 C군이 운동군 보다 높게 나타났다. 이것은 선행된 연구들로 미루어 짐작할 수 있는 결과들로서 유영운동으로 HDL의 수치를 상승시킴으로 인해 상대적으로 비운동군 보다 LDL/HDL의 수치를 낮추게 된 것으로 사료된다.

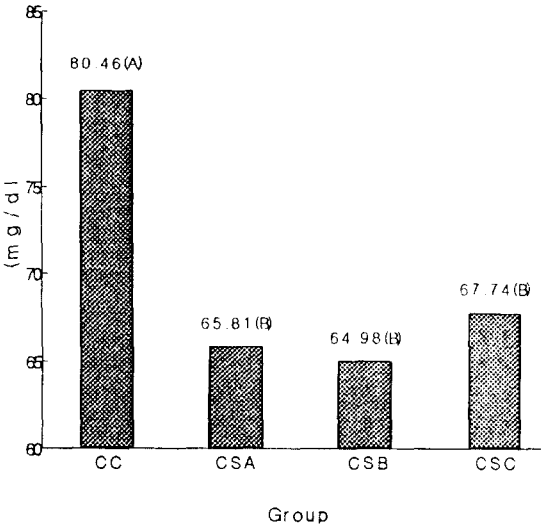

Fig. 3. Comparison of Total-C in CC, CSA, CSB and CSC group

콜레스테롤식이 비운동군(CC)과 콜레스테롤식이 운동군(CSA, CSB, CSC)들 간의 혈액 성분의 비교에서는 TC(Total Cholesterol), CM(Chylomicron), LDL/HDL의 항목에

Table 4. Effect of training on T-C/HDL-C ratio in serum with different fat diets

Var.	Normal diet		Fat diet		F-Value
	A*1	B	C	D	
			Low fat diet		
Pre	2.58±0.37*3	4.16±0.63	2.70±0.40	2.12±0.34	46.93c
Post	2.73±0.41	4.40±0.69	2.53±0.35	1.61±0.27	69.45c
t-Value*3	−1.51a	−1.62b	1.90b	2.49	
			High fat diet		
Pre	2.94±0.41	4.44±0.58	2.86±0.51	2.10±0.43	38.95c
Post	2.88±0.31	4.53±0.91	2.77±0.36	2.08±0.39	35.29c
t-Value	0.89b	−0.51b	0.92b	0.47c	

*1. A, measured after 90 days training ;
B, measured after 25 days detraining following 90 days training ;
C, measured after 10 days retraining ;
D, measured after 20 days retraining

*3. Paired t-test for comparison between pre-test and post-test group.

*4. Values are Mean ± SD.

a, b, and c mean significant differences : a, p<.05 ; b, p<.01 ; c, p<.001

서 통계적으로 유의한 차이를 보였다. TC와 LDL/HDL는 운동군이 CC군 보다 낮게 나타났는데, 이것은 콜레스테롤식이와 유영운동이 TC를 낮추고, 이로 인해 LDL/HDL도 낮춘 것으로 사료된다. BAEK(1994)[12]의 연구 보고에 의하면 사람을 대상으로 LDL의 함량은 재트레이닝에 의해 현저히 감소하였고, HDL의 함량은유의성 있게 증가하였다. 그러나, LDL 감소 및 HDL에 대한 TC 및 LDL/HDL의 비는 고지방 식이보다 저지방 식이가 효과적인 것으로 나타났다(Table 4). CM은 CSC군에서 가장 높게 나타났다.

콜레스테롤식이 운동군(CSA, CSB, CSC) 간의 혈액 성분 비교는 간 조직의 항산화 효소의 비교와 같이 통계적인 유의성을 보이지 않았다. 이것은 운동 지속시간에 따른 변화가 크지 않음인지, 아니면 또 다른 메카니즘에 의한 것인지 앞으로 계속 연구가 필요한 것으로 사료된다.

요 약

생후 4주령의 Sprague Dawley종 흰쥐 36마리를 대상으로 2%콜레스테롤 식이와 정상식이, 그리고 비운동군과 지속시간을 각각 달리한 유영운동군의 간 조직의 항산화 물질과 혈액성분을 분석하였다. 그 결과 콜레스테롤식이 운동군이 콜레스테롤식이 비운동군 보다 catalase와 SOD를 제외한 GSH-peroxidase, MDA, nonprotein-SH의 항산화 물질의 생성이 유의하게 증가된 것으로 나타났으며, 정상식이 비운동군보다 GSH-peroxidase와 SOD를 제외한 catalase, MDA, nonprotein-SH의 항산화 효소의 생성이 높게 나타났다. 콜레스테롤식이 운동군과 콜레스테롤식이 비운동군과의 비교에서도 운동이 MDA, SOD, nonprotein-SH, GSH-peroxidase의 활성에 효과적이었다.

그리고 혈액성분의 분석 결과 콜레스테롤식이 운동군에서 Total-Cholesterol, LDL/HDL과 VLDL이 비운동군 에서 보다 유의하게 낮게 나타났다.

이상과 같은 연구에서 유영운동이 혈중의 HDL-C을 높이고 LDL-C/HDL-C의 비율을 낮추며, 항산화 효소의 생성을 효과적으로 유도하여 산화반응물질에 의한 노화 등 만성적 질병을 예방하거나 억제할 수 있을 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. Harman, D. : Aging : A theory based on free radical

and radiation chemistry. J. Gerontol., 11, 298－300 (1956).
2. Ouanagui, Y. : SOD and active oxygen modulator. Nihon Igakukan, Tokyo. 17－36(1989).
3. Yoshikawa, M. and Hirai, S. : Lipid peroxide formation in the brain of aging rats. J. Gerontol., 22 : 162(1967).
4. Chung, H. Y. and Kim, Y. K. : Age-associated alteration in the hepatic superoxide generation and antioxidant activities in the senescence accelerated mice. Yakhak Hoeji, 36 : 460(1992).
5. Yu, B. P. : Modulation of aging process by dietary restriction. Boca Raton. CRC Press (1994).
6. Kim, J. D., Yu, B. P., Mccarter, R. J. M., Lee, S. Y., Herlihy, J. T. : Exercise and Diet Modulate Cardiac Lipid-Peroxidation an Antioxidant therapies. Drugs. 49(3), 345－61(1996).
7. Parkhouse, W. S., Willis, P. E. and Zang, J. : Hepatic Lipid-Prrxidation and Antioxida -nt Enzyme Responses to Long-Term Voluntary Physical-Activity and Aging. Age 18(1), 11－17(1995).
8. B. P. Yu, J. D. Kim and R. J. M. McCarter. : Influence of age, exercise, and dietary restriction on oxidantive stress in rats. Aging Clin. Exp. Res. 8, 123－129(1996).
9. Hong, H. and Johnson, P. : Antioxidant Enayme-Activities and Lipid Peroxidation Levels in Exercised and Hypertensive Rat-Tissues. International J. of Biochemistry & Cell Biology. 27(9), 923－931(1995).
10. Clarkson, P. M. : Antioxidants and Physical Performance. Critical Reviews In Food Science and Nutrition, 35(1－2), 131－141(1995).
11. Maxwell, S. R. : Prospects for the use of antioxidant therapies. Drug. 49(3), 345－61(1995).
12. BAEK, Y. H. : Effects of Detraiming, Retraining dependant upon Different Level of fatdiets on Cardiorespiratory function and Blood Components in male Athletes. Graduate School. Ph. D. National Fisheries Univ of Pusan(1994).