

The Effects of Soybean Peptide on Lipid Peroxidation, Antioxidant Enzyme and Inflammatory Cytokines in Elite Taekwondo Player

Chang-Seob Son¹, Hye-Sook Lee², Yoon-Bok Lee³, Myeong-Soo Park⁴,
Yung-Choon Yoo⁵, Junglim Lee⁵ and Seock-Yeon Hwang^{6,†}

¹Department of Physical Education Graduate School, Soonchunhyang University, Asan 336-745, Korea

²Department of Beauty and Health care, Daejeon University, Daejeon 300-716, Korea

³Central Research Institute, Dr. Chung's Food Co. Ltd, Cheongju 361-782, Korea

⁴Department of Hotel Culinary Arts, Anyang Technical College, Anyang 430-714, Korea

⁵Department of Microbiology, College of Medicine, Konyang University, Daejeon 302-718, Korea

⁶Department of Biomedical Laboratory Science, Daejeon University, 300-716, Korea

The purpose of this study was to investigate the effects of soybean peptide on lipid peroxidation, antioxidant enzyme and inflammatory cytokines in male high school taekwondo players. The subjects were divided into 2 groups, which were a soybean peptide intake group (S-peptide, n=13) and a placebo intake group (Placebo, n=10). The s-peptide group took 4 g a day of soybean peptide for 4 weeks. Blood samples were taken from the antecubital vein at before taekwondo performance, after 2 and 4 weeks taekwondo performance. The plasma was analyzed for the antioxidant enzyme activity factor, lipid peroxidation and cytokines. As a result, the s-peptide group decreased lipid peroxidation (MDA) and increased the antioxidant enzyme activity factor (TAS and CAT). The plasma concentration of inflammatory cytokines, IL-6 and TNF- α were significantly decreased in the s-peptide group after 4 weeks and showed significant differences between the groups. These results indicate that the intake of soybean peptide was positively improved on antioxidant enzyme and inflammatory cytokines in taekwondo player.

Key Words: Soybean peptide, Lipid peroxidation, Antioxidant enzyme, Inflammatory cytokines

서 론

최근 들어 건강에 대한 관심이 고조되면서 개인의 건강증진을 위한 방법 중 하나로 규칙적인 운동이 일반화되고 있어 운동에 참여하는 인구가 증가하고 있지만, 운동에 대한 올바른 지식을 정확히 인지하지 못하고 자신의 능력범위를 벗어난 운동량과 운동방법으로 산화적 스트레스와 같은 부정적인 결과를 초래하게 된다 (Shephard and Shek, 1999). 산화적 스트레스는 자신의 능력을 벗어난 과도한 신체활동으로 체내에 활성산소를 발생시켜 생체 세포막 구성 성분인 다중 불포화 지방산과 매우

민감하게 반응하여 DNA 손상과 지질과산화 (malondialdehyde, MDA)를 발생하여 고혈압, 동맥경화, 심장질환 등의 질병을 유발한다고 보고되고 있다 (Halliwell and Gutteridge, 1989). 이러한 인체의 산화적 반응에 의한 자극은 세포의 손상과 함께 염증을 유발하는데, 체내 염증과정에는 다양한 사이토카인의 분비가 영향을 미친다 (Wellen and Hotamisligil, 2003). 그 중 TNF- α , IL-6와 leptin 같은 염증 반응 사이토카인은 직접적으로 에너지 대사에 영향을 미침으로써 제 2형 당뇨병과 심혈관질환의 발병을 증가시키는 역할을 한다 (Sowers, 2003). 이처럼 다양한 질병을 유발시키는 산화적 스트레스 생성에 의한 세포막의 손상을 방지하기 위한 방법으로 인체에는 SOD (Superoxide dismutase), CAT (Catalase), GPX (Glutathione peroxidase) 등과 같은 항산화 효소들이 존재함으로써 산소유리기를 제거하여 세포를 안전하게 보호할 수 있다고 한다 (Packer, 1991). Asghar 등 (2007)은 장기간 동안 적절한 강도의 지구성 운동은 산화적 스트레스를 예방하고

*접수일: 2010년 10월 8일 / 수정일: 2010년 12월 9일

채택일: 2010년 12월 20일

†Corresponding author: Seock-Yeon Hwang, Department of Biomedical Laboratory Science College of Applied Science and industry, Daejeon University 96-3 Yongun-dong, Dong-gu, Daejeon 300-716, Korea.
Tel: +82-42-280-2902, Fax: +82-42-280-2904
e-mail: syhwang@dju.ac.kr

Table 1. Physical characteristics of subjects

Group/Item	Age (years)	Height (cm)	Weight (kg)	% fat (%)	LBM (kg)
Placebo (n=10)	17.2±0.6	176.9±3.4	67.6±6.0	15.0±0.9	57.5±3.4
S-peptide (n=13)	17.84±0.3	174.3±4.2	64.61±8.6	15.6±1.5	54.6±3.1

Values are mean ± SD, LBM: lean body mass.

항산화 효소를 증가시킨다고 보고하였고, Shargorodsky 등 (2010)은 항산화 방어능력을 증가시키는 방법으로 비타민 E, C 및 항산화 보조제를 섭취하는 방법을 제시하였다.

최근 격렬한 운동을 하는 선수들의 운동수행능력을 향상시키기 위해 산소라디칼의 공격과 항산화 효소의 방어 효과를 극대화시키는 여러 가지 천연물질을 이용한 항산화제에 대한 관심이 고조되면서 녹차, 당근, 콩, 마늘, 생강 등의 식물과 한약재 등의 천연물을 이용한 항산화제가 권장되고 있다. 이 중 대두 단백질은 영양적 가치의 우수성 뿐 만 아니라 혈청 콜레스테롤을 저하시켜 관상동맥질환을 예방하는 기능성도 인정되어 그 가치가 매우 높게 평가되고 있다. 특히 대두 성분 중 이소플라본은 지질 농도를 감소시키며 항산화와 에스트로겐 활성기능을 가지고 있어 가장 각광받고 있다고 한다 (Wilson et al., 2002). Jang (2007)의 연구에 의하면 대두에서 추출한 단백질 섭취는 TNF- α 와 IL-1 β 의 분비를 억제하며, 혈중지질농도감소와 항산화제인 SOD의 증가를 나타내어 항산화에도 효과가 있음을 보고하였다 (Seo and Kim, 2008). 이처럼 대두의 기능성 성분에 관한 연구가 활발하게 진행되면서 대두 이소플라본, 식이섬유, 대두 올리고당 등과 함께 체내 흡수가 신속한 대두 펩타이드를 효율적으로 섭취할 수 있는 영양보조제를 개발하려고 하고 있다.

이에 본 연구는 고강도의 무산소성 체급경기인 태권도를 수행하는 엘리트 태권도 선수를 대상으로 대두 펩타이드를 섭취하게 함으로써 운동선수들의 지질과산화물, 항산화 효소 활성 그리고 염증사이토카인 활성화에 미치는 영향을 알아보려고 한다.

재료 및 방법

연구대상

본 연구의 대상자는 충청북도 소재 고등학교의 남자 태권도 선수 23명을 선정하였고 경력은 6년 이상이었다. 이들은 연구의 목적과 취지를 충분히 이해하고 운동을 수행할 수 있는 자들로 측정변화에 영향을 줄 수 있는

특정한 식이요법이나 약물 투여의 경험이 없는 선수들을 선정하였다. 실험기간 동일한 태권도 훈련프로그램을 실시하였으며 대두 펩타이드 섭취군 (S-peptide) 13명과 위약 섭취군 (Placebo) 10명으로 구성하여 1일 4 g을 아침 공복상태에 대두 펩타이드 (Bioland co., ltd, Korea)를 섭취하게 하였다. 신체적 특징은 Table 1과 같다.

실험 절차 및 방법

실험설계. 본 연구는 대두 펩타이드 섭취에 의한 운동프로그램 수행 시 태권도 엘리트 선수들의 과산화지질과 항산화 및 사이토카인의 활성을 알아보려고 4주간 합숙 훈련을 실시하였다. 실험 실시 전 선수들의 신체적 특성과 혈액 성분의 변화를 측정하였고, 선수들이 일반적으로 행하는 태권도 훈련을 실시하였다. 훈련내용은 새벽 운동 (05:50~07:10), 오전 운동 (10:00~12:00), 오후 운동 (2:00~5:00) 및 야간 운동 (7:00~8:30)으로 구분해서 실시하였다. 운동 강도는 Polar (Polar Electro Co, Finland)를 이용하여 최대 심박수를 측정하여 아침 70%, 오전 80%, 오후 90% 이상, 야간 60~80%의 수준에서 진행되었다.

채혈 및 분석. 체내 항산화 효소와 과산화지질 및 염증 사이토카인의 활성 정도를 알아보기 위해 8시간 이상의 공복상태를 유지하여 오전 6시 30분에서 7시 사이 피험자의 전완정맥으로부터 10 cc를 채혈하였다. 그 후 혈청분리용 시험관인 Serum Separator tube (BD Diagnostics, USA)에 혈액을 분주하여 응고 또는 용혈이 일어나지 않게 조심스럽게 혼합한 다음 실온에서 30분간 방치한 후, 3,000 rpm에서 10분간 원심분리하여 상층액인 혈청을 채취하여 -70 °C에 보관하면서 실험에 사용하였다. 신체조성은 In body 3.0 (Biospace, Co., LTD, Korea)을 이용하여 신장, 체중, 체지방과 체지방을 각각 측정하였다.

측정 항목 및 방법

항산화 효소와 과산화지질

총 항산화능 (TAS) 측정. 혈청 내 총 항산화능 측정 (total antioxidant status; TAS)은 commercial kit (Randox Antioxidant

Table 2. Changes of TAS, CAT and MDA after 2 and 4 weeks

Group/Item		TAS (mmol/L)	CAT (IU/mg/protein)	MDA (μ mol/L)
Start	Placebo	1.56 \pm 0.32	5.63 \pm 0.71	3.54 \pm 0.64
	S-peptide	1.62 \pm 0.27	5.26 \pm 0.46	3.59 \pm 0.27
2 weeks	Placebo	1.49 \pm 0.34	5.43 \pm 0.85	3.64 \pm 0.42
	S-peptide	1.72 \pm 0.69*	4.97 \pm 0.95	3.38 \pm 0.55
4 weeks	Placebo	1.41 \pm 0.53*	5.16 \pm 0.59	3.58 \pm 0.74
	S-peptide	1.76 \pm 0.54**	5.46 \pm 0.97*	3.19 \pm 0.66**

Values are mean \pm SD. TAS: total antioxidant status, CAT: catalase, MDA: malondialdehyde, # P <.05, ## P <.01 significance of differences in s-peptide and placebo treatments during 4 weeks. * P <.05, ** P <.01 significantly different from start in each group.

Status)를 이용하였으며, 분석방법 (Prior et al., 1999)은 ABTS (2,2'-Azino-DI-[3-ethylbin-zthiazoline sulphonate])를 peroxidase 및 H₂O₂와 반응시킨 후 ABTS에 의해 매우 안정한 청록색 분자인 양이온이 생성되면 600 nm에서 측정하였다. 이는 시료 안에 존재하는 항산화제가 농도 비례적으로 청색의 발현을 억제시키는 원리를 이용한 것으로 단위는 mmol/L로 표시하였다.

CAT 활성도 측정. 혈청에서 catalase의 활성도 검사는 Lowry 등 (1951)의 방법을 이용하여 단백질을 정량한 후에 sample 1 ml 당 0.02 mg/protein으로 조제하였다. 이 과정이 끝나면 5 mM EDTA가 함유된 1M Tris-HCl buffer (pH 8.0) 150 μ l와 10 mM H₂O₂ 2.7 ml, 그리고 증류수 90 μ l를 첨가한 후 30초 동안 vortex mixer로 혼합시켰다. 혼합액을 37°C에서 10분간 반응시킨 다음 여기에 1 ml 당 0.02 mg protein으로 조제한 sample 60 μ l를 첨가한 후 240 nm에서 1분간 optical density의 변화량을 측정하였고 (Aebi, 1984), 단위는 IU/mg protein로 표시하였다.

MDA의 활성도. 혈청 과산화지질 정도를 측정하기 위해 Yagi (1976)의 방법에 따라 혈청 100 μ l를 사용하여 thiobarbituric acid (TBA)와 반응하는 물질 thiobarbituric acid reactive substances (TBARS)을 n-butanol로 추출한 후 UV-spectrophotometer (HP 8453, Hewlett Packard, USA)를 이용하여 531 nm에서 흡광도 측정을 통하여 농도를 계산하였으며 이 때 표준물질로는 1,1,3,3-tetramethoxypropane을 사용하였고 단위는 μ mol/L로 표시하였다.

사이토카인의 측정: 측정시료에 대하여 미세원심분리기를 이용하여 혈청을 분리한 뒤 ELISA법을 이용하여 TNF- α 와 IL-6 (BD OptEIA™ Set; BD Biosciences Pharmingen, San Diego, CA, USA)를 측정하였다.

자세한 방법은 kit에 있는 insert manual에 준하여 측정하였으며, TAS, CAT, MDA 및 사이토카인의 측정은 결과의 정확성을 기하기 위하여 위와 같은 방법으로 각각 2번을 측정하였다.

자료처리

본 연구의 자료처리는 SPSS 13.0 프로그램과 SAS program을 이용하여 평균과 표준편차 (mean \pm SD)를 산출하고, 대두 펩타이드 섭취군 (S-peptide), 위약 섭취군 (Placebo)의 섭취 전, 2주 그리고 4주 후의 각 시기별 유의성 검증을 위해 ANOVA (one-way analysis of variance) test를 실시하였다. 그 후 유의한 차가 있을 경우 Duncan's multiple range test를 이용하여 위약 섭취군과의 유의성을 검증하였다.

결 과

항산화 효소와 지질과산화 활성도 변화

태권도 선수를 대상으로 한 대두 펩타이드의 섭취군 (S-peptide)과 위약 섭취군 (Placebo)의 총 항산화 농도 (TAS), CAT (catalase) 및 지질과산화 (MDA)를 측정한 결과는 다음 Table 2와 같다. 본 연구의 TAS는 섭취 전 집단 간의 비교에서 s-peptide군이 1.62 \pm 0.27 mmol/L, placebo군이 1.56 \pm 0.32 mmol/L로 관찰되었으나, 4주 후에는 s-peptide군은 1.76 \pm 0.54 mmol/L로 증가하였고 placebo군은 1.41 \pm 0.53 mmol/L로 감소하여 두 집단간의 유의한 차이를 나타내었다 (P <0.05). 시기별 변화에서도 두 집단 모두 섭취 전 보다 섭취 4주 후 유의한 변화가 관찰되었다 (P <0.05). CAT 활성도에서는 시기별 변화에서 섭취 후 s-peptide군이 5.46 \pm 0.97 IU/mg protein으로 유의한 증가를 나타내었고 placebo군은 감소하는 경향을 나타내었지만 두 집단 간의 통계적인 유의성은 관찰되지 않

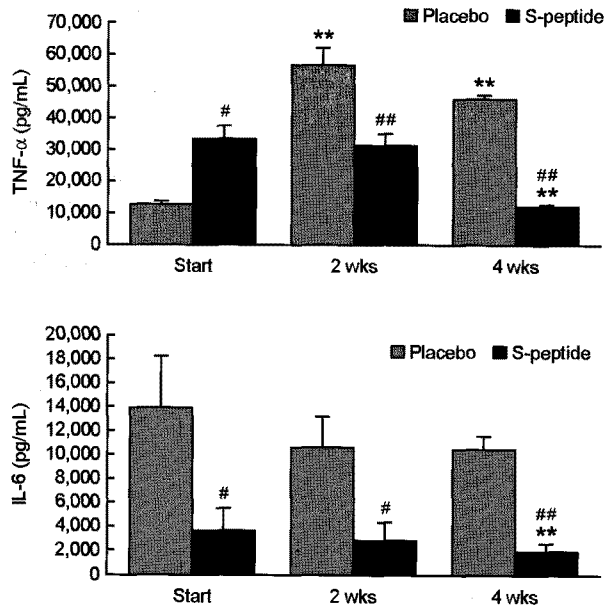


Fig. 1. Effects of soybean peptide on TNF- α and IL-6 in male taekwondo players. Data are mean \pm S.D. wks: weeks, TNF- α ; tumor necrosis factor, IL-6; interleukin-6. [#] $P < .05$, ^{##} $P < .01$ significance of differences in s-peptide and placebo treatments during 4 weeks ^{**} $P < .01$ significantly different from start in each group.

았다. MDA 활성도의 시기별 변화에서는 섭취 4주 후 s-peptide군은 유의한 감소를 보인 반면 ($P < 0.05$), placebo군은 증가하는 경향이 관찰되었고 집단 간의 비교에서도 4주 후 s-peptide군은 $3.19 \pm 0.663 \mu\text{mol/L}$, placebo군은 $3.58 \pm 0.74 \mu\text{mol/L}$ 로 나타나 유의성을 관찰할 수 있었다 ($P < 0.05$).

염증성 사이토카인의 활성화 변화

태권도 선수의 대두 펩타이드 섭취에 의한 사이토카인 TNF- α 와 IL-6를 측정된 결과는 다음 Fig. 1과 같다. 대두 펩타이드 섭취 전 집단 간의 비교에서 TNF- α 는 s-peptide군이 $33,358 \pm 3,865 \text{ pg/mL}$, placebo군이 $12,254 \pm 1,083 \text{ pg/mL}$ 로 관찰되었으나 ($P < 0.05$), 대두 펩타이드 섭취 후에는 s-peptide군이 유의한 감소를 나타내면서 4주 후 s-peptide군은 $11,674 \pm 782 \text{ pg/mL}$, placebo군은 $45,529 \pm 1,464 \text{ pg/mL}$ 로 변화를 나타내어 집단 간 유의성을 관찰할 수 있었다 ($P < 0.01$). IL-6의 집단 간 비교의 경우, 섭취 전 s-peptide군은 $3,601 \pm 1,883 \text{ pg/mL}$, placebo군은 $13,983 \pm 4,334 \text{ pg/mL}$ 로 s-peptide군의 낮은 수준을 관찰할 수 있었고 ($P < 0.05$), 대두 펩타이드 섭취 후에도 관찰된 집단 간의 유의한 차이는 4주 후에도 s-peptide군이 $1,995 \pm 555 \text{ pg/mL}$, placebo군이 $10,480 \pm 1,087 \text{ pg/mL}$ 를 나타내어 통계

적인 유의한 차이를 보였다 ($P < 0.01$).

각 집단의 시기별 변화에서 TNF- α 의 경우, placebo군은 섭취 전에 비하여 2주, 4주 후에는 각각 4.5배, 3.7배로 유의하게 증가한 반면 s-peptide군에서는 섭취 전에 비하여 4주 후에는 약 35%로 유의한 감소를 나타내었다 ($P < 0.01$). IL-6는 s-peptide군이 섭취 후에는 감소하는 경향을 나타내었고, 4주 후에는 섭취 전과 비교하여 약 55.4% 감소를 나타내어 통계적으로도 유의한 변화를 보였다 ($P < 0.01$).

고 찰

생체 내에서 free radical 반응에 의해 생성되는 활성산소종 (reactive oxygen species: ROS)은 단백질, 핵산 및 생체막을 손상시켜 SOD, GPX, CAT 등의 항산화 효소 활성을 상쇄시킨다. 또한, 일시적으로 강한 운동을 할 경우에는 과산화 수준이 증가하여 인체 방어기전이 정상적인 역할을 하지 못하기 때문에 세포 및 조직의 손상을 간접적으로 측정할 수 있는 지표인 MDA 생성이 늘어나게 된다 (Davis et al., 1982). 이와 같은 과도한 운동으로 초래되는 산화적 손상 정도를 최소화하기 위해서는 적당한 강도로 규칙적인 운동을 실시하거나 (Oh-ishi et al., 1997), 비타민 E, C 및 항산화 보조제를 섭취하는 것이 신체의 항산화 방어능력을 증가시켜주는 방법인 것이다 (Hyun, 2002; Parker, 1991). 하지만 탁월한 항산화 효과가 있는 비타민류는 열과 빛에 불안정하고 그 중 지용성인 토코페롤류는 광범위하게 이용되는 것에 한계가 있어, 최근 가열 또는 효소처리를 통해 영양학적인 가치를 상승시킬 수 있는 대두 단백질수분해물에 대한 관심이 높아지고 있다 (Donna et al., 2002; Park, 2007).

대두는 단백질과 지질의 함량이 풍부하여 대두제품 섭취는 총항산화력 (TAS)과 항산화 효소를 증가시켜 MDA의 억제와 ABST radical 소거 활성에 긍정적인 효과를 나타낸다 (Disilvestro et al., 2006; Han, 2008). 이러한 대두의 항산화 효과는 특히 고강도의 운동으로 산화적 스트레스를 유발하여 체내 산화적 손상을 초래하게 되는 운동선수들의 운동수행능력에 효과가 있을 것으로 보고되어 대두 투여가 운동과 관련하여 항산화 효소에 미치는 영향에 대한 연구들이 많이 이루어지고 있다. Lee (2006)는 당뇨 유발 흰쥐에 콩 단백질 섭취 시 제니스테인 섭취군보다 TBARS는 감소되고 SOD의 활성은 증가되었다고 보고하였고, Oh 등 (2007)은 난소절제 흰쥐가 대두 이소

플라본 섭취와 운동병행으로 인해 항산화 방어능력이 향상되었다고 보고하였다.

본 연구에서는 운동과 병행하여 체내 흡수가 신속한 대두 가수분해물질인 대두 펩타이드를 4주간 합숙 훈련하는 엘리트 태권도 선수들에게 섭취하게 함으로써 대두 펩타이드의 항산화 효과를 연구한 결과 위의 선행연구들과 같이 TAS와 CAT 활성도의 유의한 증가와 MDA 활성도의 억제 효과를 관찰할 수 있었다. 이는 운동선수들의 산화적 스트레스에 대한 저항력을 길러주어 선수들의 운동수행능력을 향상시킬 수 있을 것으로 사료된다.

인체의 산화적 반응에 의한 자극은 세포의 손상과 함께 염증을 유발하는데, 체내 염증과정에는 다양한 사이토카인의 분비가 영향을 미치는 것으로 알려져 왔다 (Wellen and Hotamisligil, 2003). 특히 염증 발생의 중요한 요인으로 알려진 TNF- α 는 지방 및 근육조직에서 분비되는 염증성 사이토카인으로 동물 및 사람에게서 비만과 인슐린의 저항성과 관련이 있기에 농도가 감소하게 되면 혈관내피의 염증 억제와 순환계 질환 발병의 가능성을 감소시키게 된다 (Hotamisligil et al., 1993). 그리고 근육에서 분비되는 IL-6는 염증성 사이토카인인 IL-1 및 TNF- α 에 의해서 생성이 촉진되며 염증을 억제하는 작용을 가지고 있는 것으로 Bruun 등 (2006)은 고도 비만인을 대상으로 저식이요법과 규칙적인 운동을 통한 생활습관의 변화는 지방조직의 TNF- α 의 양을 감소시킴으로써 염증 상태를 개선시켰다고 보고하였고, Marfella 등 (2004)도 장기간의 식이조절과 운동으로 체중을 감량한 비만 중년 여성은 TNF- α 농도가 감소되었다고 보고하였다. Lee 등 (2010)은 운동 시 땀나무 추출액 섭취는 IL-6, TNF- α 농도의 감소를 나타내어 이는 복합처치의 상승 효과가 나타난 것으로 보고하였다. 본 연구에서도 고강도의 무산소성 체급경기인 태권도를 수행하는 엘리트 태권도 선수들의 위약 섭취 후의 IL-6와 TNF- α 농도는 섭취 전 보다 증가하는 결과를 나타내었고, 대두 펩타이드 섭취 후에는 IL-6와 TNF- α 농도가 억제되어 선행연구들과 동일한 결과를 보였다. 이에 본 연구는 고강도의 운동을 하는 운동선수들의 대두 펩타이드 섭취는 지질과산화와 염증성 사이토카인의 억제와 항산화 방어능력을 향상시켜 산화적 스트레스를 감소시키고, 근육 분해에 의해서 유발되는 염증성 반응에 효과를 나타내어 운동 효과를 증대시키는 영양보조제로서의 긍정적인 영향을 줄 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 농림수산식품부에서 시행한 농림기술개발 사업의 지원으로 수행한 연구결과의 일부로서 이에 감사드립니다.

REFERENCES

- Aebi H. Catalase in vitro. *Methods Enzymol.* 1984. 105: 121-126.
- Asghar M, George L, Lokhandwala MF. Exercise decreases oxidative stress and inflammation and restores renal dopamine D1 receptor function in old rats. *Am J Physiol Renal Physiol.* 2007. 293: F914-F919.
- Bruun JM, Helge JW, Richelsen B, Stallknecht B. Diet and exercise reduce low-grade inflammation and macrophage infiltration in adipose tissue but not in skeletal muscle in severely obese subjects. *Am J Physiol Endocrinol Metab.* 2006. 290: E961-E967.
- Davies KJ, Quintanilha AT, Brooks GA, Packer L. Free radicals and tissue damage produced by exercise. *Biochem Biophys Res Commun.* 1982. 107: 1198-1205.
- Disilvestro RA, Mattern C, Wooda N, Devor ST. Soy protein intake by active young adult men raises plasma antioxidant capacity without altering plasma testosterone. *Nutrition Research* 2006. 26: 92-95.
- Donna L. Bazzoli, Steven Hill, Robert A. DiSilvestro. Soy protein antioxidant actions in active, young adult women. *Nutrition Research* 2002. 22: 807-815.
- Halliwel B, Gutteridge JMC. Oxygen is poisonous an introduction to oxygen toxicity and free radicals in Biology and Medicine. 1989. 2nd Ed. Clarendon Press. Oxford.
- Han YH, Park SK, Kim HY. Effect of soy protein hydrolyzate on lipid metabolism and antioxidant activity in the rat. *Korean J Nutr.* 2008. 41: 119-126.
- Hotamisligil GS, Shargill NS, Spiegelman BM. Adipose expression of tumor necrosis factor- α : direct role in obesity-linked insulin resistance. *Science* 1993. 259: 87-91.
- Hyun GS. The Effect of Antioxidant Vitamin C and E Supplementation on Superoxide Dismutase, Catalase Activity after Submaximal Exercise. *Journal of Sport and Leisure Studies* 2002. 18: 1467-1476.
- Jang HC. Effects of combined exercise and soy protein supplementation on adiponectin and inflammatory cytokines in Obese Middle-age Women. The graduate school korea national sport university. 2007.

- Lee YK, Kwon OS, Song YJ, Kim SH, Kim PG, Ryu SP. Inhibitory Effect of Rhus Verniciflua Extract on Lipid Peroxidation and Inflammatory Cytokines during Endurance Exercise Training. *Jour Korean For Soc.* 2010. 99: 102-110.
- Lee JS. Effects of soy protein and genistein on blood glucose, antioxidant enzyme activities, and lipid profile in streptozotocin-induced diabetic rats. *Life Sci.* 2006. 79: 1578-1584.
- Lowry OH, Rosebrough NJ, Farr AL, Randall RJ. Protein measurement with the Folin phenol reagent. *J Biol Chem.* 1951. 193: 265-275.
- Marfella R, Esposito K, Siniscalchi M, Cacciapuoti F, Giugliano F, Labriola D, Ciotola M, Di Palo C, Misso L, Giugliano D. Effect of weight loss on cardiac synchronization and proinflammatory cytokines in premenopausal obese women. *Diabetes Care* 2004. 27: 47-52.
- Oh HY, Lim S, Lee JM, Kim DY, Ann ES, Yoon S. A combination of soy isoflavone supplementation and exercise improves lipid profiles and protects antioxidant defense-systems against exercise-induced oxidative stress in ovariectomized rats. *Biofactors* 2007. 29: 175-185.
- Oh-ishi S, Kizaki T, Ookawara T, Sakurai T, Izawa T, Nagata N, Ohno H. Endurance training improves the resistance of rat diaphragm to exercise-induced oxidative stress. *Am J Respir Crit Care Med.* 1997. 156: 1579-1585.
- Packer L. Protective role of vitamin E in biological systems. *Am J Clin Nutr.* 1991. 53: 1050S-1055S.
- Park SY. Screening of biological activities and purification of antioxidant peptide from soybean protein hydrolysate. The graduate school hanyang university. 2007.
- Prior RL, Cao G. In vivo total antioxidant capacity: comparison of different analytical methods. *Free Radic Biol Med.* 1999. 27: 1173-1181.
- Seo HB, Kim HK. Effect of chungkukjang powder feeding and exercise training on blood lipids concentration and SOD activity, MDA content in Sprague-Dawley. *The Korea Journal of Sports Science* 2008. 17: 1571-1580.
- Shargorodsky M, Debbi O, Matas Z, Zimlichman R. Effect of long-term treatment with antioxidants (vitamin C, vitamin E, coenzyme Q10 and selenium) on arterial compliance, humoral factors and inflammatory markers in patients with multiple cardiovascular risk factors. *Nutr Metab (Lond).* 2010. 7: 55-62.
- Shephard RJ, Shek PN. Effects of exercise and training on natural killer cell counts and cytolytic activity: a meta-analysis. *Sports Med.* 1999. 28: 177-195.
- Sowers JR. Obesity as a cardiovascular risk factor. *Am J Med.* 2003. 115: 37S-41S.
- Wellen KE, Hotamisligil GS. Obesity-induced inflammatory changes in adipose tissue. *J Clin Invest.* 2003. 112: 1785-1788.
- Wilson T, March H, Ban WJ, Hou Y, Adler S, Meyers CY, Winters TA, Maher MA. Antioxidant effects of phyto-and synthetic-estrogens on cupric ion-induced oxidation of human low-density lipoproteins in vitro. *Life Sci.* 2002. 70: 2287-2297.
- Yagi K. A simple fluorometric assay for lipoperoxide in blood plasma. *Biochem Med.* 1976. 15: 212-216.