

## 비만인과 정상인간 일회성 점증부하 훈련이 항산화 효소에 미치는 효과

김진우<sup>1</sup>, 조병준<sup>2</sup>, 한건수<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>주성대학 응급구조과, <sup>2</sup>강원대학교 응급구조학과,

<sup>3</sup>Department of Health Science, Kinesiology, Recreation and Dance,  
University of Arkansas, Fayetteville, AR

## Effects of gradual loaded exercise on antioxidative enzymes response in normal and obese men

Jin-Woo Kim<sup>1</sup>, Byung-Jun Cho<sup>2</sup> and Gun-Soo Han<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>Emergency Medical Technology, JuSung College

<sup>2</sup>Emergency Medical Technology, Kangwon National University

<sup>3</sup>Department of Health Science, Kinesiology, Recreation and Dance,  
University of Arkansas, Fayetteville, AR

**요 약** 본 연구는 일회성 점증부하에 의한 혈액 세포내 항산화 효소 발현을 비만인과 정상인을 대상으로 운동의 효과에 대한 생화학 적응을 밝히는데 그 목적을 두고 시도되었다. 본 연구에 참가한 피험자는 본 연구의 목적을 충분히 이해하고 자발적인 참여를 원하는 비만인 8명과 정상인 8명의 총 16명이었다. 정상인 집단 8명은 특별한 대사성 질환이나 근골격계 질환이 없었으며, 비만여부의 판정기준은 체지방을 25% 이상으로 하였다. 피험자들의 혈액은 안정 시, 운동직후, 그리고 회복기에 각각 자료처리 분석을 위해 집단 간 시기별 측정치의 차이분석을 위해 공변량분석을 실시하였다. 본 연구결과, 운동직후 정상인이 SOD 활성이 비만인 보다 통계적으로 높게 나타났다 ( $p<0.05$ ). 일회성 운동이 비만인의 항산화 효소 활성보다 정상인의 항산화 효소 활성을 높게 한다는 결과는 운동직후 정상인의 ROS 생성이 활발해짐과 동시에 항산화 체제가 활성화되어 활성산소의 중화제 역할을 수행하는 것으로 사료된다.

**Abstract** The purpose of this study was to identify the effects of acute exercise on antioxidative enzymes in normal and obese men. The written informed consent was obtained from 16 participants of eight normally healthy persons and eight obesity ones. The baseline level of obesity was determined at 25 % of the body fat. Any subjects had no experiences in participating in exercise and did not take vitamin or mineral supplement. Blood was sampled at five minutes before exercise, at exhaustion, and after 30 minutes of recovery. All statistical analyses and description methods were computed by SPSS window 14.0. Analysis of Covariance(ANCOVA) was performed to know the differences in values between pre- and post- exercise in each group. We found that after exhaustion, the normal group showed higher erythrocyte superoxide dismutase (SOD) activity compared to the obesity group. At exhaustion, the normal group had lower HSP activity compared to the obesity group. Based on the results, an acute exercise of normally healthy people induced an up-regulation of superoxide dismutase (SOD) activity. This plays an important role in the protection of extra-cellular fluid components against peroxide-mediated damage.

**Key Words** : Obesity, SOD, Antioxidative enzymes, Exercise

\*교신저자 : 한건수(gunsoo@gmail.com)

접수일 10년 09월 02일

수정일 (1차 10년 09월 24일, 2차 10년 10월 04일)

게재확정일 10년 10월 15일

## 1. 서론

최근 운동과 활성산소의 관계를 규명하려는 연구들은 [1-2] Jenkins등의 인간에게 꼭 필요하기도 하지만 동시에 세포내에 생성된 활성산소는 인간에게 피해를 줄 수 있다는 주장으로 관심을 받기 시작하였다[3].

활성산소란 정상 산소 분자로부터 1개의 전자가 떨어져 나갈 때나, 혹은 정상 산소 분자에 1개의 전자가 부가될 때 형성된다. 과산화음이온 라디칼(superoxide anion radical;  $O_2^-$ ), 수산화 라디칼(hydroxyl radical;  $\cdot OH$ ), 과산화수소(hydrogen peroxide;  $H_2O_2$ ) 등이 이에 속한다. 과산화 라디칼(superoxide radical)은 활성산소 독성의 중추적인 역할을 한다. 또한 에너지 생산을 위해 산화적 인산화 과정을 거치는 동안 쌍을 이루지 않는 전자가 산소와 결합될 때 생성되며 이러한 연쇄반응을 통해 반응성 산소종(reactive oxygen species; ROS)을 형성하게 된다.

활성산소에 대응하여 우리 인체 내에서 분비되는 항산화 효소 SOD(superoxide dismutase)는 활성산소에 의한 단백질, 핵산 및 세포막 손상을 방어한다. 과산화수소와 과산화 음이온 같은 물질이 세포내에서 전이금속 이온인 철, 구리 등과 반응하여 ROS인 수산화 라디칼이 생성되어 DNA, 단백질 및 지질 등에 손상을 입힌다[4]. 따라서 활성산소에 의한 손상을 방어하기 위해 세포내의 SOD가 과산화 음이온의 전환을 촉매하며, 철 분자를 포함한 catalase는 과산화수소를 물과 산소로 전환시킨다[5].

운동을 통해 활성산소에 의한 피해를 최소화 할 수 있지만 격렬한 운동은 오히려 인체의 손상을 불러일으킨다. 따라서 적당한 강도의 운동을 통해 인체내 항산화 효소의 활성을 극대화하여 야 한다[6-7]. 항산화 효소에 의한 방어역할이 ROS에 의해 압도당하면 인체 세포막에서 불포화 지방산과 반응하여 새로운 활성산소를 형성하며, 새롭게 형성된 활성산소는 산소와 결합하여 지질 과산화작용을 일으키고, 이러한 지질 과산화물의 형성은 세포막과 단백질의 변화를 초래하게 되는 것이다[8].

비만인들의 낮은 신체적성 수준은 내적 호흡 능력을 저하시키며 운동 중 섭취된 많은 산소를 세포내의 미토콘드리아로 수용하지 못해 더 많은 활성산소를 발생시킬 수 있다는 것이다[9]. 또한 운동은 인체 조직 내의 SOD, CAT, GPx의 활성을 증가시킨다[9-10]. 이러한 효소 활성의 역할과 크기는 조직에 따라 다양하게 나타나지만, 운동이 항산화 효소에 영향을 준다는 사실은 선행 연구들의 일치된 결론이다[8-9, 11-15].

Higuchi 등은 근육내의 SOD와 CAT의 활성이 운동을 통해 증가된다고 하였지만[16], [18]과 [19]는 장기간 운동으로도 근육내 항산화 활성에 아무런 영향을 주지 못

하였음을 보고하였다. 또한 쥐를 대상으로 1시간 동안의 트레드밀 운동을 시킨 뒤 심장근 및 골격근에서 SOD, GPx 및 CAT를 검사하였지만 유의한 변화가 없었다고 보고하였다[20].

운동을 할 경우 활성산소의 유해 작용을 줄일 수 있을 뿐만 아니라, 면역계를 자극하여 인체에 유익한 영향을 주는 것으로 보고되고 있다[5]. 하지만 운동에 대한 항산화 효소의 효과 및 기전은 명확하지 않다. 일회성 운동에 대한 항산화 효소 활성에 대한 결론은 연구자들 간에 아직까지도 논쟁점으로 남아있다. 일회성 운동의 항산화 효소 활성 효과에 대한 연구는 주로 쥐를 대상으로 하였으며 인간을 대상으로 그 기전을 밝힌 연구는 부족하다 [21-23]. 또한 비만인들의 항산화 효소의 생성능력 및 활성산소 억제능력에 대한 연구는 아직도 미비한 실정이다.

본 연구는 일회성 점증부하 운동 후 혈액 백혈구 세포내 항산화 효소가 비만인과 정상인간의 어떠한 차이가 있는지를 관찰함으로써 운동의 효과에 대한 생화학 적용을 밝히는데 그 목적을 두고 있다.

## 2. 연구 방법

### 2.1 연구 대상

본 연구의 대상은 D시에 소재하고 있는 남성 중 본 연구의 목적을 충분히 이해하고 자발적으로 참여를 원하는 비만인 집단 8명과 정상인 집단 8명으로 총 16명이다. 정상인 집단 8명은 특별한 대사성 질환이나 근골격계 질환이 없었다. 비만인 집단의 비만여부의 판정기준은 체지방율 25%이상으로 하였다[24-25].

피험자들은 각종 미네랄제제나 비타민제 및 기타 약물 복용의 경험이 없으며, 규칙적인 운동을 실시해본 경험도 없는 자들이었으며, 집단별 신체적 특성은 표 1과 같다.

[표 1] 연구대상자들의 신체적 특성

Variable	Obese (n=8)	Normal (n=8)
Age(years)	21.62±1.06	21.37±1.92
Height(cm)	176.75±3.53	173.87±4.35
Weight(kg)	81.60±4.76	66.18±5.13
Body fat(%)	27.88±2.48	16.07±2.09
Body Mass Index	26.37±0.85	21.87±1.47
HRrest(beats/min)	71.75±4.59	68.75±2.60
HRmax(beats/min)	194.62±5.28	192.50±7.25

\*Note: Values are means±SD.

## 2.2 측정 및 분석 방법

본 연구는 정상인과 비만인의 일회성 운동 시 SOD의 변화를 관찰하여 측정항목의 변화 추이를 분석하였다. 피험자들은 트레드밀 운동 측정을 시기별(안정시와 운동직 후 그리고 회복기 30분)로 측정하였으며, 트레드밀 운동 전 적어도 10시간 전에는 극심한 운동이나 식사 및 음주, 흡연, 약물의 섭취를 하지 않도록 통제된 후 오전 8시에 채혈하여 분석하였다.

피험자들의 적정 운동 강도를 설정하기 위하여 트레드밀에서 운동부하 검사를 실시하였다. 실험 2일 전부터 금주시키고, 일상적인 생활에서 필요한 활동 이외의 부가적인 운동은 통제하였다. 실험은 오전 중에 실시하고 전날 저녁식사 이후(9시)부터는 금식을 실시하였다. 피험자는 실험 1시간 전에 실험실에 도착하여 운동검사 동의서를 작성한 다음 30분간 안정을 취하고, 실험시작 10분전에 트레드밀에서 1.0mph에 경사도 0%로 본 운동의 적응을 위해 준비운동을 실시하였다. 운동부하 검사는 전동 트레드밀을 이용하여 3.3mph의 속도로 고정시키고 경사도는 최초 0%로 시작하여 1분마다 2%씩 증가시키는 Balke protocol로 점진적 과부하를 증가시키는 방법을 적용하였다. 최대 운동의 기준을 만족시키기 위하여 자각적 운동 강도(Borg's RPE 15 scale)가 17이상이고 호흡교환율이 1.15이상이거나 본인이 최대로 운동수행을 했다고 생각하면 우측 손을 들게 하여 이 시점을 최대운동으로 간주하였다.

운동부하검사를 측정한 다음 1주일 후에 본 실험을 실시하였다. 실험시작 10분전에 트레드밀에서 1.0mph에서 grade 0%로 본 운동의 적응을 위해 준비운동을 실시하였고, %HRmax의 75% 운동 강도로 50분간 트레드밀에서 달리기 운동을 실시하였다. 이때 매 30초마다 심박수를 측정하여 HRmax의 75%로 운동을 지속하는 지를 확인하였다.

신체구성 측정을 위해 다주파수 부위별 임피던스 측정기를 이용하였다. 이때 피험자는 2시간 이상 동안 음식물을 섭취하지 않은 상태로 최대한 가벼운 복장으로 측정에 임하도록 지시하였다. 오른팔, 왼팔, 몸통, 오른다리, 왼다리에서 4가지의 주파수(5Khz, 50Khz, 250Khz, 500Khz) 대역에서 인체부위별 전기 저항을 통해 %fat, 체지방량, 체지방량 등을 측정하였다.

검체준비는 헤파린 처리된 전혈(heparinated whole blood)을 이용하여, 전처리 과정은 각 검체의 Hb(hemoglobin)을 측정하였다. 전혈 1.0mL + 0.85% NaCl 혼합한 다음 3000rpm, 10분간 원심 분리하였다. 상층을 제거 후 이상의 과정을 4회 반복 실시하였다(적혈구 손실 주의). 차가운 증류수를 첨가하여 total volume을 2.0mL

로 맞춘 후 4℃, 15분간 배양한 후에 0.1 mmol/L phosphate buffer(pH7.0)를 이용하여 25배 희석하였다.

시약준비는 Mixed Substrate(R 1) Kit속에 있는 해당시약 1병을 Kit에 들어있는 Buffer 20 ml로 녹였다. Xantine Oxidase(R 2) Kit속에 있는 해당 시약 1병을 2차 증류수(검사실에서 준비) 10 ml로 녹였다. 표준물질은 Kit속에 있는 해당시약 1병을 2차 증류수(검사실에서 준비) 10 ml로 녹였다. 대조물질을 재증류수 1 ml에 녹여 사용하였다. 분석은 전 처리한 검체를 자동분석기(cobas MIRA)를 이용하여 측정하였다. 결과 환산법은 자동 분석기에서 표준용액(standard)과 검체는 rate( $\Delta$ Abs/min)로 분석되며 이들 값들은 % inhibition으로 환산된 후 다시 SOD units/mL로 환산하였다. Randsod sample diluent rate = rate of uninhibited reaction = 100%

모든 표준용액과 희석된 검체의 rate는 Randsod sample diluent rate의 %로 환산되었고 100%에서 이것들을 뺀 값이 % inhibition으로 주어졌다.

$$100 - \frac{(StandardRate) \times 100}{(samplediluentrate) \times 100} = \%inhibition$$

$$100 - \frac{(SampleRate) \times 100}{(samplediluentrate) \times 100} = \%inhibition$$

표준 용액 농도 측을 상용대수를 사용(X축), % inhibition을 그래프로 그렸다(Y축). 검량선에서 검체의 % inhibition을 사용하여 검체의 SOD농도를 찾았다. SOD units/mL of whole blood = SOD units/mL from Standard curve  $\times$  dilution factor(50배). 위의 결과를 Hemoglobin 보정을 실시하면 다음과 같았다.

$$\frac{SODunits/mL}{gHb/mL} = SOD\ units/gHb$$

## 2.3 자료 처리

본 실험 과정을 통하여 얻은 실험결과 자료는 SPSS/PC+ Version 14.0 통계프로그램을 이용하여 SOD의 평균과 표준편차를 측정 시기별로 산출하였다. 비만인과 정상인간 항산화 효소의 차이를 알아보기 위해 안정시를 공변인(covariate)으로 한 공변량분석(ANCOVA)을 실시하였다. 본 연구에서는 가설검증 유의수준  $p < .05$ 로 설정하였다.

## 3. 결과

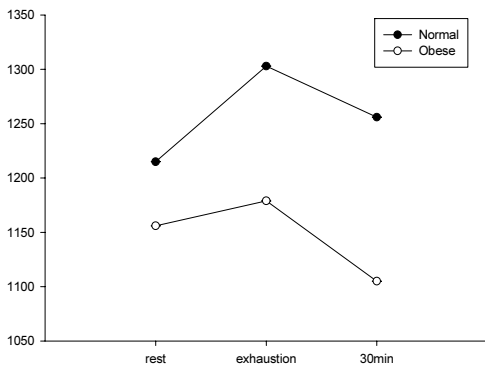
### 3.1 비만인과 정상인에서 일회성 운동 시 SOD 활성의 차이

표 2와 그림 1은 정상인과 비만인의 일회성 운동 후 SOD 활성의 차이를 알아보기 위해 공변량분석을 실시한 결과이다.

[표 2] 집단별 운동 전·후 및 회복 후 SOD의 평균 및 표준편차

Group	n	Rest	Exhaustion	30mins Recovery
Normal	8	1,215±0.12	1,303±0.13	1,256±0.16
Obese	8	1,156±0.10	1,179±0.46	1,105±0.15
Total	16	1,174±0.14	1,241±0.46	1,180±0.17

\*Note: Values are mean±SD; Unit : units/gHb



[그림 1] 일회성 운동 후 SOD의 변화

안정시의 SOD는 정상인이 1,215±0.12 units/gHb, 비만인은 1,156±0.10 units/gHb으로 정상인이 비만인 보다 높은 것으로 나타났으나, 두 집단간에 통계적으로 유의한 차이는 보이지 않았다 [표 3].

[표 3] 운동직후 SOD의 공변량분석 결과

Source	SS	df	MS	F	p
Covariates	1.689E-02	1	1.689E-02	3.016	0.10
Main Effect	3.596E-02	1	3.596E-02	6.442	0.02
Error	7.280E-02	13	5.600E-03		
Total	24.812	16			

운동직후 SOD 활성은 정상인이 1,303±0.13 units/gHb, 비만인의 SOD는 1,179±0.46 units/gHb으로 정상인이 비만인 보다 SOD 활성이 높은 것으로 나타났으며 두 집단간에 통계적으로 유의한 차이를 보였다 [F(1, 14)]=6.442, p<0.05.

표 4와 그림 1에서 보는 바와 같이 회복기 30분의 SOD 활성은 정상인이 1,256±0.16 units/gHb, 비만인의 SOD는 1,105±0.15 units/gHb으로 정상인이 비만인보다 SOD가 높은 것으로 나타났지만, 통계적으로 유의한 차이는 보이지 않았다.

따라서 일회성 운동에 따른 측정시기별 SOD 활성에는 두 집단 간에 부분적으로 차이가 있는 것으로 나타나 본 연구의 가설은 부분적으로 지지되었다.

[표 4] 회복기 SOD의 공변량분석 결과

Source	SS	df	MS	F	p
Covariates	1.567E-03	1	1.567E-03	0.056	0.81
Main Effect	7.187E-02	1	7.187E-02	2.546	0.13
Error	0.367	13	2.823E-03		
Total	22.773	16			

#### 4. 논의

산소를 필요로 하는 모든 운동은 산화적 스트레스를 일으키는 주범이다. 특히 비만인은 유산소성 운동을 통해 몸에 축적된 지방을 분해시키고 근육량을 늘려 몸의 체중을 조절하는 것은 식이요법과 더불어 가장 좋은 운동 형태라고 할 수 있다. 왜냐하면 운동을 통해 증가된 근육량은 운동시 더 많은 에너지를 필요로 하고 증가된 에너지 대사율은 신체질량지수를 긍정적인 측면으로 이동시키기 위해 매우 적합한 것이기 때문이다.

일회성 운동이 SOD 활성에 미치는 영향을 규명하고자 실시된 본 연구에서 나타난 결과로 일회성 운동시 비만인과 정상인간의 측정시기별 SOD 활성 변화는 운동직 후에는 비만인보다 정상인이 높은 것으로 나타났지만, 안정시와 회복기의 SOD는 유의한 차이가 없었다. 이러한 연구결과는 선행연구 결과와 일치되지 않는 것을 보여주는 것이다. [16]은 근육 SOD와 CAT의 활성화가 운동 후에 증가하였다고 보고하였고, 신정희 등은 일회성 운동시 SOD 생성 및 NO의 활성을 측정할 결과 운동이 SOD 생성을 유의하게 증가시켰다고 하였다[17]. 규칙적인 운동 군과 비운동군을 비교했을 때, 규칙적인 운동 군에서 혈액 항산화 물질의 농도와 항산화 효소 활성을 보고하였다[24]. 남상남 등도 유산소 운동을 병행하여 실시한 근 저항성 운동 후 SOD와 GPx의 활성도가 높다는 결과를 발표하였으며[25], Wenz 등도 지구성 운동이 항산화 효소 활성을 촉진시킨다고 하였다[26].

운동에 의한 SOD 활성에 유의한 변화가 나타난다는

연구결과와는 대조적으로 장기간 운동으로 인한 근육 항산화 활성에 아무런 변화를 발견하지 못하였다[18-19]. 또한 쥐를 대상으로 1시간 동안의 트레드밀 운동을 시킨 뒤 심장근 및 골격근에서 SOD, GRx 및 CAT를 검사하였지만 별 다른 차이를 찾아내지 못했다[19].

일회성 운동이 SOD 활성을 증가시키지 않는다고 주장하는 연구자들은 운동 후 미토콘드리아에서 산화 능력 증가하고 중강도의 운동 후 지질과산화물을 낮추는데 크게 기여하여 농도가 낮게 나타난다고 설명하였다[18-19]. 즉 SOD 생성과 더불어 황산화 체제가 활성화되는 것을 설명하고 있다[18-19]. 이러한 운동에 의한 황산화 효소의 다양한 변화와 일치하는 것은 처치한 운동의 강도와 시간, 황산화 효소의 작용 부위, 운동처치와 피험자 상태 등의 다양함에 기인한다고 볼 수 있다.

본 연구에서는 운동시에 영향을 주지 않는다는 가설을 설정하여 연구를 착수한 만큼 일회성 운동시 정상인의 SOD 농도가 높아지고 있음은 활성산소 중화제로서 역할이 더 커졌음을 역설적으로 추론할 수 있다.

## 5. 결론

본 연구는 운동이 비만인과 정상인의 항산화 효소에 미치는 영향을 알아보기 위해 일회성 점증부하 시에 의한 혈액 세포내 항산화 효소 발현을 통해 관찰함으로써 운동의 효과에 대한 생화학 적응을 밝히는데 그 목적을 두고 시도되었다.

본 연구결과 SOD 활성은 운동직후에 정상인이 높은 것으로 나타났으며 안정시와 회복기에서는 비만인과 정상인간의 SOD 활성은 차이가 없었다. 일회성 운동이 비만인의 항산화 효소 활성보다 정상인의 항산화 효소 활성을 높게 한다는 결과는 운동직후 정상인의 ROS 생성이 활발해짐과 동시에 항산화 체제가 활성화되어 활성산소의 중화제 역할을 수행하는 것으로 나타났다.

## 참고문헌

[1] C. J. Dillard, et al., "Effect of dietary vitamin E on expiration of tentane & ethane by the rat", *Lipids*, Vol. 12, pp. 109-114, 1976.  
 [2] R. R. Jenkins, "The role of superoxide dismutase & catalase in muscle fatigue. In : Biochemistry of Exercise Champaign", *Human Kinetics*, Ch. 13, pp. 467-471. 1983

[3] R. Jenkins, A. Goldfarb, "Introduction : oxidant stress, aging, & exercise, *Medicine Science Sports Exercise*", Vol. 25, pp. 210-212, 1993.  
 [4] A. J. Rivett, "Preferential degradation of oxidatively modified form of glutathione synthetase by intracellular mammalian proteases", *Journal of Biological Chemistry*, Vol. 260, pp. 300-305. 1985.  
 [5] A. Bast, et al., "Oxidants & antioxidants : State of the art". *American Journal of Medicine*, Vol. 30, pp. 91-100. 1991.  
 [6] A. Boyum, et al., "The effect of strenuous exercise, calorie deficiency & sleep deprivation on white blood cells, plasma immunoglobulins & cytokines", *Scandinavica Journal of Immunology*, 43, 228-235, 1996.  
 [7] L. L. Ji, "Exercise & oxidative stress: Role of the cellular antioxidant systems. In: *Exercise & Sports Science Review*", edited by Journal. Holloszy. Baltimore, MD: Williams & Wilkins, 1995.  
 [8] J. M. Gutteridge, J. Stocks, "Peroxidation of cell lipids", *Medicine Laboratory Sciences*, Vol. 33, pp. 281-285, 1986.  
 [9] L. L. Ji, "Antioxidant enzyme response to exercise & aging", *Medicine & Science in Sports & Exercise*, Vol. 25, pp. 225-231, 1993.  
 [10] R. R. Jenkins, "Free radical chemistry : Relationship to exercise". *Sports Medicine*. Vol. 5, pp. 156-170. 1988.  
 [11] 김성수, 신말순, 김영표, 천병욱, 최형규, "장기간의 지구성 운동이 쥐의 혈액 항산화 효소, GSH 및 지질과산화에 미치는 영향", *한국운동과학회 논문지*, 제7권, pp. 185-194. 1998.  
 [12] 배철웅, "장기간 규칙적인 유산소성 달리기 운동이 항산화 효소 활성도와 지질 과산화물의 변화에 미치는 영향", *한국체육학회지 논문지*, 제40권, 제4호, pp. 829-839, 2001.  
 [13] 오해근, 김기진, 조성봉, "비만인의 지속적 운동시 운동 강도에 따른 생리적 변인의 변화", *한국사회체육학회 논문지*, 제15권, pp. 539-607, 2001.  
 [14] 신말순, "장기간의 지구성 운동이 혈액 항산화 효소, GSH 및 지질과 산화에 미치는 영향", *고려대학교 대학원 박사학위논문*, 1998.  
 [15] 진영수, "운동과 항산화제", 서울, 중앙병원, 1998  
 [16] M. J. Higuchi, et al., "Superoxide dismutase & catalase in skeletal muscle: Adaptive response to exercise", *Journal of Gerontology*, Vol. 40, pp. 281-286, 1985.  
 [17] 신정희, 김현숙, 권년수, "단기간의 운동이 마우스 대식세포의 Nitric Oxide 생성 및 조직의 반응성산

소종과 항산화효소 활성에 미치는 영향”, 한국운동영양학회 춘계학술대회, 1998.

- [18] H. M. Alessio, “Lipid peroxidation & scavenger enzymes during exercise : Adaptive response to training”, *Journal of Applied Physiology*, Vol. 64, pp. 1333~1336, 1988.
- [19] M. H. Laughlin, “Skeletal muscle oxidative capacity, antioxidant enzymes & exercise training”, *Journal of Applied Physiology*, Vol. 68, pp. 2337~2343, 1990
- [20] L. L. Ji, et al., “Glutathione & antioxidant enzymes in skeletal muscle : Effects of fiber type & exercise intensity”, *Journal of Applied Physiology*, Vol. 73, pp. 1854~1859, 1992.
- [21] D. H. Choi, “Influence of Exercise on Hindlimb Suspension-induced Alteration in Stress Proteins. Unpublished Doctoral Dissertation”, The University of Toledo, 1997.
- [22] 박명수, “트레드밀 운동강도와 시간이 쥐의 심장근과 골격근의 HSP 72발현에 미치는 영향”. 단국대학교 대학원 박사학위논문, 2001.
- [23] 최대혁, “일회성 운동 및 지구력 운동이 HSP70 생성과 함량에 미치는 영향”. 한국운동과학회 논문지, 제8권, pp. 519~528, 1999.
- [24] H. K. Vincent, et al., “Obesity is associated with increased myocardial oxidative stress”. *International Journal of Obesity*, Vol. 23, No. 1, pp. 67~74, 1999.
- [25] 남상남, 김종혁, 지민철, “유산소 운동을 병행한 근저항성 운동이 노인 여성의 혈중 MDA 및 SOD, GPx 활성에 미치는 영향”, 한국콘텐츠학회 논문지, Vol. 9, No. 11, pp. 391~398, 2009.
- [26] T. Wenz et al., “Endurance exercise is protective for mice with mitochondrial myopathy”, *Journal of Applied Physiology*, Vol. 106, pp. 1712~1719, 2009.

---

**김진우(Jin-Woo Kim)**

[정회원]



- 2005년 2월 : 고려대학교 (체육학석사)
- 2010년 9월 ~ 현재 : 주성대학교 응급구조과 조교수

<관심분야>  
응급구조 및 의학

---

**조병준(Byung-Jun Cho)**

[정회원]



- 1997년 2월 : 충남대학교 체육학과 (체육학석사)
- 2003년 2월 : 충남대학교 체육학과(이학박사)
- 2010년 9월 ~ 현재 : 강원대학교 응급구조학과 조교수

<관심분야>  
응급구조 및 의학

---

**한건수(Gun-Soo Han)**

[정회원]



- 2000년 2월 : 충남대학교 사회체육학과 (체육학석사)
- 2010년 8월 : University of Arkansas, Fayetteville (Ph.D. in Kinesiology)

<관심분야>  
대사성질환 · 트레이닝