

Streptozotocin유도 당뇨쥐의 단기간 capsaicin 섭취와 운동이 혈중 지질, 항산화 효소 및 Akt량에 미치는 영향

서대윤 · 고정림 · 백영호*

부산대학교 체육학과

Received November 6, 2008 / Accepted December 19, 2008

The Effects of Short-term Exercise and Capsaicin Supplementation on Serum Lipids, Antioxidants and Akt Contents in STZ-induced Diabetic Rats. Dae Yun Seo, Jeong Rim Ko and Yeong Ho Baek*. *Department of Physical Education, Pusan National University, Busan 609-735, Korea* - The purpose of this study was investigate the effects of short-term exercise and capsaicin supplementation on serum lipids, antioxidants and Akt contents in diabetic rats whose symptom was induced through the use of 50 mg/kg streptozotocin, 31 white rats were experimented. Rats in one exercise group and another exercise-capsaicin supplementation group exercised on a treadmill maintained by a 15-min run at 0° inclination five times for a week during two weeks one week after the diabetes was induced. 10 mg of capsaicin per kilogram of weight was orally administered to rats in the capsaicin supplementation group after the diabetes was induced. The serum lipids were analyzed through the use of blood obtained from the incision of the abdomen, and antioxidants and Akt contents were analyzed through the use of livers to reach following conclusions. As for the serum lipids, TG significantly decreased in group DCE and HDL-C was higher than in other groups. ROS significantly decreased in all groups except for group D. CAT significantly increased in group DC, SOD was significantly high in groups DE and GSH was significantly high in all groups except for D. Akt contents significantly increased in group DC and p-Akt in group DE. As a result of this study, it has been found that short-term exercise and the capsaicin supplementation had a significantly effect on the serum lipids, antioxidants and Akt contents.

Key words : Capsaicin, SOD, CAT, GSH, Akt

서 론

당뇨병에 대한 운동의 효과는 단순히 혈당강하효과 이외에 혈중 지질 이상 및 복부비만 개선, 혈압강하 등 다양한 작용에 의해 합병증을 예방하고 당뇨병 환자의 수명을 연장하는데 기인한다고 알려져 있다[4,5]. 운동은 지방조직에서 인슐린 작용자의 감수성 강화와 글리코겐 저장을 늘리는 골격근의 적응 현상이라고 하며[7], 골격근에서 당 이용을 증가시키고, 인슐린 감수성을 향상시키며, 대사 장애를 개선하는 등의 당화혈색소 농도를 저하시켜 인슐린의 필요량을 감소시키는 효과가 있다[27].

당뇨병 환자에 있어서 규칙적인 유산소 운동을 실시할 경우 혈당이 저하되고, 인슐린에 대한 감수성이 향상되고 혈당조절 능력이 개선되어 지질대사에도 긍정적인 영향을 주는 것으로 알려져 있으며[13], 저지방 콜레스테롤 식사와 운동을 병행하면 식사 조절만 한 경우 보다 HDL-C가 현저하게 증가하고, LDL-C은 상당한 감소를 나타낸다고 하였다[18].

고추의 주요 성분 중 capsaicin의 생리적 작용은 식욕증진,

신미성, 타액분비항진, 장관연동 운동항진, 식염 섭취량 저하, 혈관 확장 및 수축, 위산 분비항진, 콜레스테롤 저하, 에너지 대사 항진 등이 있고, 신생쥐 시기에 capsaicin 성분을 투여하여 substance P와 calcitonin gene-related peptide (CGRP)를 분비하는 미주구심 신경섬유(vagal afferent nerve fiber)의 감각신경기능을 억제하면, 성숙쥐에서 인슐린분비에 의한 당대사기능이 개선되거나[9], 인슐린 분비의 증가 없이 포도당 불내성이 개선되며, 골격근의 글리코겐 합성증가를 통한 인슐린 감수성이 항진된다는 보고가 있었다[15].

Capsaicin 섭취에 관한 연구에서는 소장 점막에서 소화효소들의 활성을 높여 소화를 촉진하며[25], 면역반응을 조절한다고 하였다[28]. 또한 혈장지질과 지질단백질의 감소[23], capsaicin을 체중 1 kg당 50 mg을 한 달 이상 복용하게 되면 혈중 포도당, 인지질, 콜레스테롤, 중성지방, 유리지방산 및 뇨중 질소치의 저하가 나타난다고 하였다[22].

쥐에게 고지방식 사료에 capsaicin을 혼합하여 섭취한 후 지방조직 중량을 측정된 결과 capsaicin 투여량이 증가함에 따라 유의하게 감소하였다. 이것은 capsaicin의 투여가 지방의 산화를 촉진할 가능성이 있다고 하였으며[10], 지방함량이 중간 정도인 정제사료에 capsaicin을 0.014% 혼합하여 2주간 섭취시키면서 트레드밀(20 m/min, 8°)운동을 시킨 후, 실험 당

*Corresponding author

Tel : +82-51-515-1647, Fax : +82-51-515-1991

E-mail : ds-cook@hanmail.net

일에는 식후 2시간에 운동 중 30분 간격으로 해부하여 측정된 결과 근육 글리코겐 농도와 혈중 에너지 기질농도에는 영향을 미치지 않는다고 하였다[21].

수영 pool 운동 장치를 이용한 연구에서 일반적으로 사육된 쥐에 capsaicin을 투여하였을 때 2시간 후 운동 능력이 현저히 증가함을 보고한 결과는 capsaicin (10 mg/kg)섭취 후 아드레날린의 분비촉진에 따른 지방대사 항진에 의한 혈중 유리지방산 농도의 증가에 의한 것임을 밝힌 바 있다[12].

단기간 정상 쥐에 capsaicin을 식이사료에 첨가하여 섭취시킨 결과 항산화적 효과가 있다고 하였으며[3], 이것은 조직에 대한 메커니즘은 분명하지 않으나, 적혈구의 지질산화와 마이크로 페이지에서의 산소반응을 억제하는 효과가 있다는 것을 발견함으로써 효과적인 항산화제임을 보고하였다[14].

Streptozotocin유발 당뇨쥐에 capsaicin 0.028%을 사료에 첨가하여 4주간 자유 식이를 시행한 결과 고혈당을 감소시키는 것을 확인할 수 있었으며, 이러한 capsaicin에 의한 고혈당 개선효과는 capsaicin 농도에 비례하여 0.028% 함유 식이가 0.014% 함유 식이보다 더 좋은 개선효과를 초래한다고 하였다[8]. 이러한 capsaicin에 의한 혈당감소는 인슐린 분비량 증가에 기인한 것이 아니라 혈중 유리지방산 감소와 근육조직의 제4형 당수송체 증가와 같은 말초조직의 인슐린 감수성 증가에 기인한다고 하였다[24].

인슐린 감수성을 높여 주는 제4형 당수송체를 조절하는 Akt는 세포의 생존을 촉진하고 글루코스의 섭취 및 전달을 강화시키는 단백질로 알려져 있다. 지구성 운동과 인슐린 복합 처치군에서는 Akt의 인산화가 증가된다고 하였고, 6주간의 지구성 트레이닝과[20] 5일간의 지구성운동 트레이닝은 쥐의 골격근에서 인슐린에 의한 Akt의 인산화를 증가시키는 것으로 알려졌다[2].

이와 같이 capsaicin 효과에 대한 많은 연구가 진행되어왔으며, 당뇨유발쥐에 capsaicin 섭취가 인슐린 감수성을 높여 준다는 선행연구를 바탕으로 Akt인산화에 의한 인슐린 감수성 변화와 항산화효과를 알아보기 위해 본 실험을 진행하였다.

재료 및 방법

실험 동물

생후 7주령의 Sprague Dawley계 수컷 흰쥐 31마리를 구입하여 Table. 1과 같이 구분하여 5주 동안 실험하였다. 실험동물은 사육cage에 2마리씩 개별 사육을 하였다. 사육실의 온도는 22.0±1.0°C, 상대습도는 50.0±10.0%로 조절하였다. 명암주기는 12시간 간격으로 유지하였으며, 물과 사료는 동일한 조건으로 충분히 섭취하도록 제한하지 않고 공급하였다.

투여 방법

당뇨유발은 실험대상 흰쥐를 4시간 절식시킨 후 streptozo-

tocin (STZ)를 0.1 M sodium citrate buffer (pH 4.3)에 녹여서 하복부를 통하여 STZ농도 50 mg/kg을 주사하였고, 실험 전 일주일 동안 혈당을 체크하여 200 mg/dl의 고혈당을 쥐임을 확인한 후 실험을 시작하였다.

Capsaicin 섭취 그룹들은 실험동물의 체중 당 10 mg/kg의 capsaicin을 3% ethanol과 10% tween 80으로 이루어진 capsaicin saline 용액을 운동 직전에 경구 투여하였다. capsaicin 비섭취군은 capsaicin 섭취 군과 동일한 스트레스를 적용하기 위해 위약을 투여 하였다.

운동 방법

운동그룹들은 트레드밀(Pro-Jog EJ36GLE, Korea Hi-Tech) 운동을 실시하였다. 트레드밀 런닝은 15마리가 동시에 달릴 수 있는 레인을 설치하여 Table 2에서와 같이 실시하였다.

실험 동물의 처리

실험사육 2주간의 최종일에는 12시간 이상 절식시켰고, ether 마취 후 복부를 절취하여 혈액 및 간을 채취하여 -70°C에 냉동 보관하여 분석을 실시하였다.

혈중 지질 분석

Total glyceride, Total cholesterol, High density lipoprotein cholesterol 및 Low lipoprotein cholesterol의 분석은 Hitachi 7150 (auto system)을 사용하여 효소법으로 각각 분석 하였으며, TG는 Sicdia L TG reagent를 사용하였고, T-C는 Sicdia L T-CHO reagent를 사용하여 검체 및 표

Table 1. Experimental groups

Week (age-week)	Group	N (n=7)	STZ			
			D (n=5)	DC (n=6)	DCE (n=6)	DE (n=7)
1(7)			adaptable period			
2(8)	control		control	control	control	control
3(9)	↓		STZ - injection			
4(10)	↓		↓	Capsaicin injection+Exercise		
5(11)	↓		↓			

N: Normal
 D: Diabetes
 DC: Diabetes + Capsaicin
 DE: Diabetes + Exercise
 DCE: Diabetes + Capsaicin + Exercise

Table 2. Exercise method

Speed (m/min)	Degree (°)	Time (min/day)	Frequency (day/week)
15	0	25	5

준물 질의 흡광도를 측정하여 파장 50 nm에서 측정하고, 생성된 자색 퀴논(qinone)색소의 흡광도를 측정하여 농도를 구하였다.

HDL-C는 측정시약 Wako L-Type HDL-C, LDL-C는 Wako L-Type LDL-C를 사용하여 검체 및 표준의 흡광도를 각각 파장 593 nm, 600 nm에서 측정하고, 생성된 자색 퀴논 색소의 흡광도를 측정 후 농도를 구하였다.

항산화 효소 분석

시약은 2',7'-dichlorodihydrofluorescein diacetate (DCF-DA dye)는 Molecular Probes (Eugene, OR, USA)에서 구입하여 사용하였다. 항체인 p-Akt, Akt, catalase, SOD는 Santa Cruz Biotechnology (Santa Cruz, CA, USA)로부터 구입하였고, Anti-rabbit Ig G-horseradish peroxidase-conjugated 항체는 Amersham으로부터 구입하여 사용하였다.

활성산소 분석

조직을 균질화한 후 cytosol을 획득하여 조직내 ROS(reactive oxygen species) 생성능을 dichlorofluorescein diacetate (DCFH-DA)을 이용하여 측정하였다. 25M DCFH-DA 존재 하에서 생성된 형광의 변화를 excitation 485 nm 및 emission 530 nm에서 30분간 Fluorescence Microplate reader FL500의 기기를 이용하여 측정하였다.

GSH/GSSG 효소 분석

측정은 Glutathione level 1 mM EDTA가 들어있는 50 mM phosphate buffer에 trichloric acid (TCA)를 처리한 조직을 더 하여 0-phthaldehyde를 첨가하여 25분 동안 실온에서 반응을 하였다. 또한 GSSG level은 TCA를 처리한 조직에 N-ethylmaleimide를 첨가하여 30분동안 실온에서 반응 후, 0.5 N NaOH와 0-phthaldehyde를 첨가하여 25분간 실온에서 반응 하였다. 두 GSH 와 GSSG level은 excitation 360 nm 및 emission 460 nm에서 30분간 Fluorescence Microplate reader FL500으로 측정하였다.

Akt량 분석

Postmitochondria 분획을 동량의 gel loading buffer (0.125 M Tris-Cl, pH 6.8, 4% SDS, 10% 2-mercaptoethanol, 0.2% bromphenol blue)와 혼합한 후 5분간 끓였다. 각각의 sample (100 µg)을10-15% sodium dodecyl sulphate (SDS)- polyacrylamide mini-gel에서 1시간 30분간 15 V에서 전기영동 시켰다. Towbin buffer (25 mM Tris-Cl, 192 mM glycine, 20% MeOH)를 이용하여 polyvinylidene difluoride (PVDF) membrane에 transfer시키고, 비특이적 단백질결합을 차단하기 위해 membrane을 5% non-fat milk를 함유하는 washing buffer (10 mM Tris-Cl, pH 7.5, 100 mM NaCl, 0.1% tween- 20)에서 1시간 동안 shaking을 시킨 후 washing buffer로 1번 세척을 하고 각각의 1차 항체와 실온에서 1 시간 동안 반응시켰다. Washing buffer로 3회 세척하고 horseradish-peroxidase가 결합된 2차 항체와 실온에서 1 시간 동안 반응시켰다. washing buffer로 4회 세척 후 ECL detection reagent를 가하여 생성되는 인광을 hyperfilm에 감광시켜 현상하여 signal을 확인하였다. pre-stained blue protein markers (Bio-rad)를 이용하여 분자량을 각각 산출하였다.

자료 처리

본 실험의 자료는 SPSS Ver 12.0(statistical package for social science)통계 package를 이용하였으며, 각 변인들 간에 평균값 및 표준편차를 산출한 후 집단 내 변화는 paired t-test를 실시하고, 집단 간 평균치 검증은 one-way ANOVA를 실시했다. 사후검증은 duncan방법을 이용하고, 유의수준은 α<0.05 수준으로 검증하였다.

결 과

혈중 지질의 변화

혈중지질의 경우에 Table 3에서 보는 바와 같이 TG의 농도는 N, DCE군이 DC, D군보다 유의하게 낮게 나타났다 (P<0.05). T-C의 농도는 다른 군에 비하여 D군, DCE군이 높게

Table 3. The comparison of plasma lipids concentration in exercise and capsaicin treated group (mg/dl)

Group item	N (n=7)	D (n=5)	DC (n=6)	DE (n=7)	DCE (n=6)	F-value	Duncan
TG	68.00±13.54	131.50±68.80	128.80±38.10	100.20±21.58	69.80±15.51	3.573*	N,DCE <DC,D
T-C	99.80±19.11	113.50±17.74	94.60±13.53	106.20±24.13	110.80±12.96	0.879	
HDL-C	52.72±5.79	86.47±12.06	70.94±9.07	79.56±16.51	89.18±11.63	7.872***	N<ALL DC<DCE
LDL-C	15.20±3.11	15.25±2.87	13.40±1.14	15.60±3.57	14.60±1.51	0.545	

Values are M±SD.

See Table 1 for abbreviations and details.

*: p<0.05, **: p<0.01, ***: p<0.001

Table 4. The comparison of liver CAT, SOD, GSH and ROS in exercise and capsaicin treated group

Group Item	N (n=7)	D (n=5)	DC (n=6)	DE (n=7)	DCE (n=6)	F-value	Duncan
CAT Arbitrary density (% of Young)	100.00±5.30	74.91±6.71	100.62±6.48	87.22±10.18	86.25±3.89	6.220**	D<N,DC
SOD Arbitrary density (% of Young)	100.00±6.72	79.19±12.86	130.81±18.18	165.14±26.34	80.54±33.69	7.849**	D,DCE <DC,DE N<DE
GSH (pM/mg protein)	00.07±.00	00.06±.00	00.13±.00	00.13±.02	00.11±.00	22.612***	D,N<DCE,DC,DE
ROS (Fluorescence/mg protein)	128.08±12.86	272.28±25.15	190.66±8.25	175.04±21.61	176.76±21.39	18.509***	N<ALL DE,DCE,DC<D

Values are M±SD.

See Table 1 for abbreviations and details.

* ; p<0.05, ** ; p<0.01, *** ; p<0.001

나타났으나 유의한 차이는 없었다. HDL-C은 DCE군은 DC군에 비해 유의하게 높았으며(p<0.001), LDL-C은 DC군에서 13.40±1.14 mg/dl로 가장 낮았으나 유의한 차이는 없었다.

항산화 효소와 ROS의 변화

Table 4에서 보는 바와 같이 CAT는 D군에 비해 N군, DC군이 유의하게 높게 나타났고(p<0.01), SOD는 D군, DCE군에 비해 DC군, DE군이 유의하게 높은 것으로 나타났으며(p<0.01), 이중 DE군은 N군보다 유의하게 높게 나타났다(p<0.01).

GSH는 D군, N군에 비해 DCE군, DC군, DE군이 유의하게 높게 나타났다(p<0.01). ROS는 N군에 비해 당뇨유발군들은 유의하게 높게 나타났고(p<0.001), DE군, DCE군, DC군에 비해 D군이 유의하게 높은 것으로 나타났다(p<0.001).

Akt 효소의 변화

Table 5에서 보는 바와 같이 Akt는 D군, DCE군, N군에 비해 DE군, DC군이 유의하게 높게 나타났고(p<0.001), DC군은 DE군에 비해 유의하게 높은 것으로 나타났다(P<0.001). p-Akt는 D군에 비해 DC군, DCE군, DE군이 유의하게 높게 나타났으며, DCE군, DE군은 N군에 비해 유의하게 높은 것으로 나타

났다(P<0.001).

고 찰

본 연구에서 STZ로 유발된 당뇨쥐를 대상으로 2주 동안 운동 직전 capsaicin을 구강 투여하여 혈중지질, 항산화 및 Akt량의 변화량을 검토하였다.

혈중 지질 변화에서는 당뇨군, capsaicin만 섭취한 군의 TG는 다른 군보다 유의하게 높게 나타났으며, capsaicin 섭취와 운동을 병행한 군은 다른 군들에 비해 정상군과 비슷한 수준으로 유의하게 낮게 나타났다. T-C와 LDL-C는 그룹 간 유의한 차이가 없었고, HDL-C는 capsaicin 섭취와 운동을 병행한 군이 다른 군에 비해 유의하게 높게 각각 나타났다.

전성현[8]등은 STZ유발 당뇨쥐에서 capsaicin을 0.014%와 0.028%를 첨가한 식이를 4주간 투여한 결과 혈중 TG의 경우 변화가 없고, T-C와 LDL-C는 감소하였으나 HDL-C은 변화가 없어 HDL-C에 대한 LDL-C의 비율이 감소하므로 capsaicin 식이는 효과적이라고 하였고, 정상쥐를 대상으로 2주간 고지방식 및 트레이닝을 적용시키고 2주간 고지방식에 capsaicin을 섭취한 연구결과에서는 TG가 현저하게 감소하였다[26]. 이것은 카테콜아민분비에 의해 지방분해가 촉진되어 트레이닝

Table 5. The comparison of liver Akt, p-Akt in exercise and capsaicin treated group (% of Young)

Group Item	N (n=7)	D (n=5)	DC (n=6)	DE (n=7)	DCE (n=6)	F-value	Duncan
Akt Arbitrary density	100.00±11.10	92.55±2.86	158.62±3.16	125.02±1.04	93.21±8.27	50.711***	D,DCE,N<DE,DC DE<DC
p-Akt Arbitrary density	100.00±28.25	52.51±7.43	137.90±30.03	172.70±39.31	158.77±40.09	7.560**	D<DC,DCE,DE N<DCE,DE

Values are M±SD.

See Table 1 for abbreviations and details.

* ; p<0.05, ** ; p<0.01, *** ; p<0.001

기간 동안 지방이 에너지원으로 쓰인 것으로 생각된다.

Reck 등[26]은 운동이 적어도 6개월 이상 지속되어야 HDL-C의 긍정적인 영향을 미친다고 하였으며, Frey 등[6], Lokey 등[19]은 낮은 강도의 유산소 운동에서는 HDL-C의 변화가 없다고 하였다. 하지만 운동에 의해 TG지방은 감소하고 HDL-C은 증가하나, LDL-C에 대한 효과는 아직 논란이 많다[1].

이것은 단기간 저강도의 운동임에도 불구하고 운동직전 capsaicin을 구강 투여한 결과로 사료되며 capsaicin과 운동이 당뇨병의 혈중지질성분을 개선한 것으로 사료된다.

ROS의 변화에서는 당뇨군이 가장 유의하게 높았으며 운동을 처치한 군, capsaicin 섭취와 운동을 병행한 군, capsaicin만 섭취한 군에서 유의하게 낮게 나타났다.

이러한 결과는 당뇨 유발에 의해 지질 과산화와 같은 화학적 연쇄반응을 거쳐서 조직에 대한 손상을 유발하였으나 capsaicin 섭취와 운동을 시킨 군이 다른 군에 비해 유의하게 낮게 나타난 것은 운동과 capsaicin 섭취에 의하여 항산화제의 활성이 높아진 것으로 사료된다.

항산화 효소 변화에서 Laughlin 등[17]도 쥐를 대상으로 12 주 동안 매주 5일, 32 m/min 속도로 하루 2시간씩 트레드밀 운동을 시켰을 때 통제군에 비해 훈련군의 골격근에서 SOD, CAT, GPX 활성도가 증가하였음을 보고하였다. 김대성[11]은 당뇨쥐를 1회 운동시켰을 때, SOD 활성도 변화를 살펴본 결과 운동군이 활성도가 증가하였다고 보고 하였는데 이는 당뇨에 의한 스트레스로 인하여 지질과산화가 나타났고 이를 억제하기 위해 SOD가 증가 하였다.

CAT의 변화에서는 capsaicin만 섭취한 군, SOD, GSH는 운동만 처치한 군이 유의하게 높았다. 이러한 결과들은 운동이 항산화제의 향상에 잠재적인 효과를 가질 수 있다는 점에서 당뇨병의 예방과 합병증 치료에 도움이 될 수 있을 것으로 생각된다. capsaicin에 의한 항산화 효소활성도 변화에 대한 보고는 아직 미흡하나 본 연구 결과 STZ 유발 당뇨흰쥐에서 운동과 capsaicin 섭취 군에서의 항산화 효소 활성도가 높은 것으로 항산화제에 효과적인 것으로 사료된다.

Akt효소는 Akt인산화가 되기 전에 capsaicin 섭취한 군에서 유의하게 높았으나 p-Akt는 운동만 처치한 군이 유의하게 증가하였다.

p-Akt는 Akt가 인산화된 형태를 말하며 p-Akt는 글리코겐 합성 및 전달하는 단백질로써 세포막의 IRS의 영향을 받아 글루코스를 효과적으로 근육내로 전달하는 역할을 한다. 세포내로 글루코스가 들어가게 되면 Glut4 효소가 글루코스를 에너지로 쓸 수 있도록 한다. 본 실험의 연구 결과 단기간 운동과 capsaicin 구강 투여만으로도 Akt효소량을 증가시켜 인슐린 감수성을 증가시킬 수 있음을 시사하고 있다.

전반적으로 당뇨병에 대한 운동과 Akt효소에 관한 연구가 부족하며 당뇨쥐에 운동과 capsaicin을 병행한 연구도 미흡한

실정이다. 하지만 운동과 capsaicin 섭취가 Akt량 증가의 결과로 인슐린 감수성을 높여 당뇨병의 예방과 치료 및 합병증 완화에 도움을 줄 수 있을 것으로 생각되며 그 효과가 당뇨병에만 국한되지 않고 각종 만성병의 예방 및 조절에도 효과적으로 활용될 수 있을 것으로 사료되어 이에 대한 후속 연구가 지속적으로 진행되어야 할 것으로 생각되어 진다.

요 약

본 연구는 50 mg/kg의 STZ로 유발된 당뇨쥐에서 단기간 운동과 capsaicin 섭취가 혈중지질, 항산화 효소 및 Akt량에 미치는 영향을 알아보고자 31마리의 흰쥐를 대상으로 실험하였다. 운동 군과 운동과 capsaicin을 병행한 군에서는 당뇨 유발 일주일 후 부터 15 m/min, 0%의 경사도로 25분간 주5회 2주간 트레드밀 운동을 실시하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

혈중 지질 농도는 capsaicin 섭취와 운동을 병행한 군에서 TG는 유의하게 감소하였고, HDL-C는 다른 군에 비해 유의하게 높게 나타났고, ROS는 당뇨군을 제외한 모든 군에서 유의하게 감소하였다.

CAT는 capsaicin만 섭취한 군에서 유의하게 증가하였고, SOD는 운동만 처치한 군과 capsaicin만 섭취한 군에서 유의하게 높았으며, GSH는 당뇨군을 제외한 모든 군에서 유의하게 높은 것으로 각각 나타났다.

Akt효소는 capsaicin만 섭취한 군, p-Akt는 운동군에서 유의하게 증가하였다.

References

1. Beak, Y. H. 1999. Effect of TRDM on blood glucose, blood pressure and serum lipids who suffer from diabetes mellitus, hypertension and hyperlipidemia. *Ministry of Health and Welfare report*.
2. Chibalin, A. V., M. Yu, J. W. Ryder, X. M. Song, D. Galuska, A. Krook, H. Wallberg-Henriksson and J. R. Zierath. 2000. Exercise-induced change in expression and activity of protein involved in insulin signal transduction in skeletal muscle: differential effects on insulin-receptor substrates 1 and 2. *Proceeding of the National Academy of Science of United States of America* **97**, 38-43.
3. Chung, S. W. 2004. Effects of capsaicin ingestion on blood lipids and antioxidant system during exercise in rats. *MS Dissertation* Kyung Buk National University.
4. DeFronzo, R. A. 1998. *Current Therapy of Diabetes Mellitus*. First Edition. pp. 90-96.
5. Ericksson, J., S. Taimela, and V. A. Koivisto. 1997. Exercise and the metabolic syndrome. *Diabetologia* **40**, 125-135.
6. Frey, M., A. M. Doerr, B. M. Laubach, L. L. Mann, B. L. and C. J. Glueck. 1982. Exercise does not change high density lipoprotein cholesterol in women after ten weeks of training. *Metabolism* **31**, 1142-1146.

7. Gradat, U., M. Berger and P. Lefebvre. 1994. Physical activity, fitness & NIDDM diabetes mellitus. In Bouchard, C., R. J. Shephard and T. Stephens (Eds). Physical activity, fitness & health, pp 669-683. Champaign, IL: Human Kinetics.
8. Jun, S. H. and B. J. Park. 2001. Effects of dietary capsaicin on glucose and lipid metabolism in streptozotocin-induced diabetic mellitus. *J. Dent. Sci.* **13**, 130-139.
9. Karlsson, S., F. Sundler and B. Ahren. 1992. Neonatal capsaicin-treatment in mice effect on pancreatic peptidergic nerves and 2-deoxy-D-glucose-induce insulin and glucagon secretion. *J. Auton. Nerv. Syst.* **39**, 51-59.
10. Kawada, T., T. Suzuki, M. Takahashi and K. Iwi. 1984. Gastrointestinal absorption and metabolism of capsaicin and dihydrocapsaicin rats. *Tox. Appl. pharmacol.* **72**, 449-456.
11. Kim, D. S. 2004. Effect of HCA ingestion and exercise on blood lipids and antioxidative defense system in streptozotocin-induced diabetic rats. *MS Dissertation*. Kyung Buk National University.
12. Kim, K. M., T. Kawada, K. Ishihara, K. Inoue and T. Fushiki. 1997. Increase in swimming endurance capacity of mice by capsaicin-induced adrenal catecholamine secretion. *Biosci. Biotech. Biochem.* **61**, 1718-1723.
13. Kim, J. I. 1993. The effects of aerobic training on glucose and apolipoprotein metabolism in NIDD clients. *PhD Dissertation*. Pusan National University.
14. Kim, M. S., C. Y. Lee, S. W. Yoon and C. H. Lee. 2003. Short-term control of Capsaicin on Blood and Oxidative stress of Rats In Vivo. *Phytother. Res.* **17**, 454-458.
15. Koopmans, S. J., B. Leighton and R. A. Defronzo. 1998. Neonatal deafferentation of capsaicin-sensitive sensory nerves increases in vivo insulin sensitivity in conscious adult rats. *Diabetologia.* **41**, 813-820.
16. Kramer, J. H., I. T. Mak and W. B. Weglicki. 1984. Differential sensitivity of canine cardiac sarcolemmal and microsomal enzyme to inhibition by free radical-induced lipid peroxidation. *Cir. Res.* **55**, 120-124.
17. Laughlin, M. H., T. Simpson, W. L. Sexton, O. R. Brown, J. K. Smith and R. J. Korhuis. 1990. Skeletal muscle oxidative capacity, antioxidant enzymes and exercise training. *J. Appl. Physiol.* **68**, 2337-2343.
18. Lee, T. H. 1998. clinic pathology. *medicin of korea.*
19. Lokey, E. A., and Z. V. Tran. 1989. Free radicals, insulin action and diabetes in superoxide dismutase. *Boca. Raton. FL. CRC.* **111**, 151-190.
20. Luciano, E., E. M. Carnerio, C. R. Carvalho, J. B. Carvalheira, S. B. Peres, M. A. Reis, M. J. Sad, A. C. Boschero and L. A. Velloso. 2002. Endurance training improves responsiveness to insulin and modulates insulin signal transduction through the phosphatidylinositol 3-kinase/Akt-1 pathway. *J. European Endocrinology* **147**, 149-157.
21. Mastuo, T., M. Yoshio and M. Suzuki. 1996. Capsaicin in diet does not affect glycogen contents in the liver and skeletal muscle of rats before and after exercise. *J. Nur. Sci. Vitaminol.* **42**, 249-256.
22. Monsereenusorn, Y. 1983. Subchronic toxicity studies of capsaicin and capsaicum in rats. *Res. Commun. Chem. Pathol. Pharmacol.* **41**, 95-110.
23. Negulesco, J. A., S. A. Noel, H. A. Newman, E. C. Naber, H. B. Bhat and D. T. Witiak. 1987. Effects of pure capsaicinoids(capsaicin and dihydrocapsaicin) on plasma lipid and lipoprotein concentrations of turkey poults. *Atherosclerosis.* **64**, 85-90.
24. Park, J. H. 1999. Effect of capsaicin on glucose metabolism in streptozotocin-induced diabetic rats. *MD Dissertation*. Chung Nam National University.
25. Platel, K. and K. Srinivasan. 1996. Influence of dietary spices or their active principles on digestive enzymes of small intestinal mucosa in rats. *Int. J. Food. Sci. Nutr.* **47**, 55-59.
26. Reck, U. K. and B. J. Keul. 1994. Sports and nutrition. An out-patient program for adipose children(Long-term experience). *Int. J. Sports Med.* **15**, 242-248.
27. Son, I. J. 1996. Diabetes mellitus in old age. *medical information.* pp 146-151.
28. Yu, R., J. W. Park, T. Kurata and K. L. Erickson. 1998. Modulation of select immune responses by dietary capsaicin. *Int. J. Vitam. Nutr. Res.* **68**, 114-119.