

## 영동지역 과체중 및 비만 성인에서 항산화 영양소섭취상태와 혈중 산화 및 염증관련 지표와의 관련성

김 미 현<sup>1</sup> · 연 지 영<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>강원대학교 식품영양학과, <sup>2</sup>숙명여자대학교 식품영양학과

### Relationship between Antioxidant Nutrient Intakes, Blood Oxidative Stress and Inflammatory Markers of Overweight and Obese Adults in Yeongdong Area

Mi-Hyun Kim<sup>1</sup> and Jee-Young Yeon<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Dept. of Food and Nutrition, Kangwon National University, Chuncheon 245-711, Korea

<sup>2</sup>Dept. of Food and Nutrition, Sookmyung Women's University, Seoul 140-742, Korea

#### Abstract

This study was designed to investigate the relationship between the nutrient intakes, antioxidants, and inflammatory markers of overweight and obese adults (46 females and 16 males) in Yeongdong area. The study was conducted through questionnaires, anthropometric checkups, 2-day 24 hr recalls and blood biomarker analyses. Body fat was significantly higher in women compared to men. Diastolic blood pressure (DBP) and systolic blood pressure (SBP) were significantly higher in men compared to women. There were no significant differences in height, weight, body mass index, and waist size among the two groups. The intake of nutrients was significantly higher in men compared to women. Ferric reducing ability plasma (FRAP) was significantly higher in men compared to women. Body fat was positively associated with blood IL-6 and IL-8 levels. DBP was positively associated with FRAP. The intake of protein was negatively associated with IL-6 levels. The intake of carbohydrates was negatively associated with total antioxidant capacity (TAC). Prostaglandin E<sub>2</sub> (PGE<sub>2</sub>) levels were negatively associated with TAC. These results suggest that antioxidant and inflammatory markers may be related to the body fat percentage and dietary intake in overweight and obese adults.

Key words : Body fat, TAC, IL-6, PGE<sub>2</sub>, obesity.

#### 서 론

현재 우리나라는 19세 이상 성인의 비만 유병율이 31.9%로, 남자 36.2%, 여자 27.6%가 비만인 것으로 보고되었으며, 이는 1998년 26.0%에 비해 급격히 증가된 수치로 비만의 심각성이 제기되었다(Ministry of Health, Welfare and Family Affairs [MOHWFA] & Korea Center for Disease Control and Prevention [KCDCP] 2010). 비만 유병율의 증가와 함께 심혈관계 질환과 같은 만성질환 및 암과 관련된 사망률 또한 증가 추세로 비만 및 비만과 관련된 질환의 예방과 치료를 위한 연구에 관심이 집중되고 있다.

비만은 체내에서 만성적인 염증을 유발시켜 만성질환의 발병기전에 영향을 미칠 수 있는데, 이와 관련하여 지방세포에서 합성, 분비되는 leptin, tumor necrosis factor-alpha(TNF- $\alpha$ ), interleukin(IL)-6와 C-reactive protein(CRP)과 같은 염증

성 사이토카인이 보고되고 있다(Renehan *et al* 2008, Kasim-Karakas *et al* 2006). 염증성 사이토카인은 심혈관계 질환, 당뇨병, 유방암과 같은 만성질환 및 암 발생율과 밀접한 관련성이 있는 것으로 보고되고 있다. Eldar & Barak(1996)의 연구에 의하면 사이토카인인 TNF- $\alpha$ 와 IL-1은 혈관 세포에서 IL-6의 생성을 촉진하고, 죽상경화가 진행되면 많은 cytokine을 분비하게 된다고 한다. 또한 Rader DJ(2000)는 관상동맥 질환자를 대상으로 한 연구에서 죽상경화 진행시 염증 지표인 혈중 IL-1 $\beta$ , IL-6와 TNF- $\alpha$ 가 증가된다고 보고하였다. 비만환자에서 증가된 TNF- $\alpha$ , IL-6와 CRP는 대사증후군과 인슐린 저항성과 관련이 있는 것으로 알려지고 있으며(Dandona *et al* 2005), 이는 당뇨병, 고지혈증, 고혈압을 유발하는 것으로 보고되고 있다(Karakelides & Sreekumaran 2005). 염증성 사이토카인과 암과의 관련성에 대한 메타분석 결과, 혈중 IL-6와 CRP가 유방암 발병 위험도를 1.10배, 1.04배 높이는 것으로 보고하였다(Heikkilä *et al* 2009).

인체는 체지방 증가로 증가된 산화스트레스와 염증을 대

\* Corresponding author : Jee-Young Yeon, Tel : +82-33-570-6883, E-mail : yonwl@yahoo.co.kr

을하기 위한 항산화 방어체계를 가지고 있는데, 이는 항산화 기능을 증가시킴으로써 산화적 스트레스와 질병으로부터 우리 몸을 방어하는 역할을 하는 것으로 보고되고 있다(Wild & Mulcahy 2000). 잘 알려져 있는 항산화 영양소로는 비타민 A, C, E 및  $\beta$ -carotene 등이 있다. Thompson *et al*(1999)의 유방암 연구에서 항산화 영양소가 풍부한 과일과 채소 섭취 증가는 산화스트레스 지표를 50% 감소시킨다고 보고하였으며, 혈중 retinol,  $\alpha$ -tocopherol 및 lutein과 같은 항산화 영양소는 염증반응과 음의 상관관계를 가진다고 보고하였다(Talwar *et al* 1997). 또한 산화스트레스는 혈중 비타민 A와 C의 농도와 관련이 있으며(Stephensen & Giugliano 2000), 체질량지수 증가는 혈중 비타민 A, C와 E의 농도 감소와 관련이 있다고 보고되었다(Kant AK 2003). 이러한 선행연구 결과들을 고려하여 볼 때, 과체중 또는 비만인에서도 열량영양소의 섭취 패턴이나 항산화 영양소의 섭취 상태에 따라 체내 염증 및 체내 산화스트레스 상태가 달라질 수 있을 것으로 예상된다.

이에 본 연구에서는 비만 인구가 증가하고 있는 시점에서 과체중 또는 비만인 성인을 대상으로 열량 및 항산화 영양소 섭취상태가 과체중 또는 비만인의 혈액 내 산화 및 염증지표와의 관련성을 규명함으로써, 비만과 관련된 만성질환의 예방과 관련된 영양소의 역할을 알아보고자 하였다.

## 연구방법

### 1. 연구대상자 및 연구설계

본 연구는 영동지역(강릉, 동해, 삼척)에 거주하고 있는 20~59세의 과체중 성인 남녀 62명(남자 16명, 여자 42명)을 대상으로 2007년 10월부터 11월 사이에 모집하였다. 대상자는 체성분 분석을 통하여 체지방률(% Fat)을 기준으로 과체중(men  $20 \leq$  body fat < 25, women;  $28 \leq$  body fat < 33), 비만(men  $25 \leq$  body fat, women;  $33 \leq$  body fat)으로 분류하였다(Lee & Nieman 1996). 실험 전에 모든 대상자들에게 본 연구의 목적과 취지를 충분히 설명한 후 본 중재실험에 참여하겠다는 서면동의서를 작성한 지원자들만을 대상으로 하였으며, 모든 대상자들의 일반사항과 식사조사, 신체계측조사 및 공복 시 혈액 검사를 실시하였다.

### 2. 조사내용 및 방법

#### 1) 식사섭취 및 신체계측조사

식사섭취 조사는 2007년 10월부터 11월까지 과체중 이상의 성인을 대상으로 24시간 회상법을 이용하였으며, 비연속 이틀간의 식사 내용을 훈련된 조사자가 직접 인터뷰하면서 조사하였다(Kim *et al* 2003). 섭취 분량의 정확한 회상을 위

하여 식품 모형 및 식기 등을 보조 자료로 사용하였으며, 조사된 식사 섭취량은 CAN-Pro 3.0(한국영양학회)으로 분석하였다.

신장과 체중은 신장체중자동계측기(DS-102, 길우트레이딩, Korea)를 이용하여 가벼운 옷차림 상태에서 신발을 벗고 직립한 자세로 측정하였으며, 신장과 체중을 이용하여 체질량지수(BMI, body mass index = 체중(kg)/[신장(m)]<sup>2</sup>)를 산출하였다. 체지방함량은 체성분측정기(TBF-300, TANITA Co., Japan)를 이용하여 측정하였다. 혈압은 3분 이상 휴식을 취하게 한 후 혈압계를 사용하여 수축기와 이완기 혈압을 측정하였다.

#### 2) 산화지표 분석

총항산화능(Total antioxidant capacity, TAC)은 혈청을 490 nm에 흡광도를 측정한 뒤  $\text{Cu}^{2+}$  용액을 넣고 3분간 실온에서 배양 후 490 nm 흡광도를 측정하였다(Northwest, Vancouver, WA, Canada). 혈장의 철 환원능을 측정하고자 혈장 Ferric reducing ability plasma(FRAP) 함량을 Benzie & Strain(1996)의 방법으로 분석하였다. FRAP reagent(300 mM acetate buffer, pH 3.6, 10 mM TPTZ solution; 20 mM  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ )를 실험 직전에 만들어 37°C에서 15분간 방치한 후 혈장과 반응시켜 15초 간격으로 8분까지 측정 후 593 nm에서 흡광도를 측정한 뒤 4분을 선택하여 FRAP을 계산하였다.

혈장 내 8-isoprostane(Cayman, MI, USA) 측정은 Enzyme-linked immunosorbent assays(ELISA) kit를 이용하여 측정하였다. 염소와 항마우스 항체가 코팅된 96-well plate에 혈장과 8-isoprostane 항체를 넣고 18시간 동안 4°C에서 반응시킨 후 Ellman's reagent로 발색시켜 405 nm 흡광도를 측정하였다. 혈장 내 oxidized-LDL 측정은 ELISA kit 방법을 이용하여 측정하였다(Mercodia AB, Sylveniusgatan 8A, Sweden). 희석한 혈장에 assay buffer를 첨가하고, 실온에서 2시간 배양한 후 세척하였다. 96-well에 Enzyme conjugate 용액을 첨가 후 실온에서 1시간 동안 반응시킨 후 다시 한 번 세척하였으며, substrate tetramethylbenzidine(TMB)를 추가한 후 450 nm 흡광도에서 측정하였다(Bonnie *et al* 2008).

과산화지표로 malondialdehyde(MDA)를 혈장에서 분석하였다(Northwest, Vancouver, WA, Canada). BHT reagent, sample, acid reagent와 TBA reagent를 잘 혼합한 후 60°C에서 1시간 반응시킨 후 10,000 g에서 3분간 원심분리하여 상층액을 532 nm에서 흡광도를 측정하였다(Yagi K 1998).

#### 3) 염증지표 분석

혈장 내 pro-inflammatory biomarker로 interleukin(IL)-1 $\beta$ , IL-6 및 IL-8 생성량을 ELISA 방법을 이용하여 측정하였다(R & D Systems, Minneapolis, MN, USA). 마우스 항체가 코

팅된 96-well plate에 희석된 혈장을 넣고 실온에서 배양 후 세척하였다. 96-well에 conjugate를 넣고 실온에서 2시간 배양 후 다시 한 번 세척 후 substrate 용액, amplifier 용액을 넣고 30분 반응시킨 후 stop solution을 넣고 490 nm에서 흡광도를 측정하였다(Zhao *et al* 2007).

혈장 내 측정된 Prostaglandin E<sub>2</sub>(PGE<sub>2</sub>) 생성량은 ELISA 방법을 이용하여 측정하였다(R&D Systems, Minneapolis, MN, USA). 염소와 항마우스 항체가 코팅된 96-well plate에 희석된 혈장을 넣고 4°C에서 18시간 배양시킨 후 세척하였다. 96-well에 substrate 용액을 추가하였으며, 20분 동안 암실에서 반응시킨 후 450 nm에서 흡광도를 측정하였다(Warstedt *et al* 2009).

### 3. 자료 처리 및 분석

실험결과로 얻어진 각 데이터는 SAS프로그램(Version 9.1)을 이용하여 평균과 표준편차를 계산하였으며, 항목별 분포

비율에 대한 비교는  $\chi^2$ -test를 통하여 유의성을 검정하였다. 두 군간 유의성 검정은 Student's *t*-test(log-transformed)를 실시하였으며, 영양소 섭취상태와 혈중 항산화 및 염증지표와의 상관관계 분석은 Pearson's correlation(log-transformed)을 이용하여 분석하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 연구대상자의 연령 및 신체계측

본 연구 대상자의 신체 계측치에 대한 결과는 Table 1과 같다. 대상자의 평균 연령은 40.34세였으며, 남성 41.94세, 여성 39.78세로 나타났다. 평균 신장과 체중은 162.28 cm, 73.09 kg 이었으며, 남성 171.53 cm, 81.48 kg, 여성 159.07 cm, 70.17 kg으로 나타났다. 평균 체질량지수는 27.71 였으며, 남성 27.66, 여성 27.72으로 나타났다. 체질량지수를 이용하여 분류한 결과, 전체 대상자의 정상(18.5~<23)은 4.84%,

**Table 1. General characteristics of the subjects**

	Total(n=62)	Men(n=16)	Women(n=46)	<i>t</i> -value or $\chi^2$ <sup>21)</sup>
Age(yr)	40.34±9.63 <sup>2)</sup>	41.94±11.05	39.78±9.15	<i>t</i> =0.77
Height(cm)	162.28±8.28	171.53±8.48	159.07±5.30	<i>t</i> =5.51 <sup>***</sup>
Weight(kg)	73.09±10.97	81.48±13.07	70.17±8.52	<i>t</i> =3.23 <sup>**</sup>
Waist(cm)	91.49±8.08	95.69±6.15	90.03±8.21	<i>t</i> =2.51 <sup>**</sup>
BMI(kg/m <sup>2</sup> )	27.71±3.17	27.66±3.66	27.72±3.02	<i>t</i> =-0.08
18.5~<23	3( 4.84) <sup>3)</sup>	2(12.50)	1( 2.17)	$\chi^2$ =1.31
≥23	59(95.16)	14(87.50)	45(97.83)	
Body fat(%)	37.32±6.95	29.13±3.25	40.17±5.45	<i>t</i> =-9.66 <sup>***</sup>
Overweight <sup>4)</sup>	4( 6.45)	2(12.50)	2( 4.35)	$\chi^2$ =2.75
Obesity <sup>5)</sup>	58(93.55)	14(87.50)	44(95.65)	
SBP(mmHg)	122.34±11.98	128.13±13.51	120.33±10.85	<i>t</i> =2.32 <sup>*</sup>
DBP(mmHg)	79.23±8.74	84.81±10.68	77.28±7.12	<i>t</i> =2.62 <sup>*</sup>
Normal <sup>6)</sup>	26(41.94)	3(18.75)	23(50.00)	
Borderline hypertension	33(53.22)	12(75.00)	21(45.65)	$\chi^2$ =4.77
Hypertension	3( 4.84)	1( 6.25)	2( 4.35)	

<sup>1)</sup> Determined by independent sample *t* test of equality of the means or chi-square tests of differences in proportions.

<sup>2)</sup> Mean±S.D.

<sup>3)</sup> N(%).

<sup>4)</sup> Overweight; men 20~<25, women 28~<33, <sup>5)</sup> Obesity; men ≥25, women ≥33.

<sup>6)</sup> Normal SBP<120 and DBP<80 mmHg; Borderline hypertension 120≤SBP<139 or 80≤DBP<89 mmHg; Hypertension SBP≥140 or DBP≥90 mmHg.

BMI; body mass index, SBP; systolic blood pressure, DBP; diastolic blood pressure.

\* *p*<0.05, \*\* *p*<0.01, \*\*\* *p*<0.001.

과체중 이상( $\geq 23$ )은 95.16%였으며, 남성의 경우 정상은 12.50%, 과체중이상은 87.50%, 여성의 경우 정상은 2.17%, 과체중이상은 87.50%로 나타났다. 평균 체지방 비율은 37.32%였으며, 남성 29.13%, 여성 40.17%으로 나타났다. 체지방을 이용하여 분류한 결과, 남성의 경우 과체중(20~<25% fat) 15%, 비만( $\geq 25\%$  fat) 87.50%였으며, 여성의 경우 과체중(28~<33% fat) 4.35%, 비만( $\geq 33\%$  fat) 95.65%로 나타났다. 이와 같이 체질량지수와 체지방을 이용한 분류방법에 따라 대상자의 체중상태 분류가 차이를 보였으나, 본 연구에서는 체지방률을 이용한 분석방법에 의하여 모든 연구대상자가 과체중과 비만에 속하는 것으로 판단하였다. 남성에서 수축기혈압과 이완기혈압은 128.13 mmHg과 84.81 mmHg이었으며, 여성의 수축기혈압 120.33 mmHg, 이완기혈압 77.28 mmHg으로 나타났다. 미국 국립보건원(National Institute of Health[NIH] 2003)에서 발표한 기준에 따른 결과, 평균 정상혈압 비율은

41.94%, 경계고혈압 53.22%, 고혈압 4.84%으로 나타났다. 2009년 국민건강통계(MOHWFA & KCDCP 2010)의 19~59세 50 백분위 값은 남성의 경우 수축기혈압 115~124 mmHg, 이완기혈압 77~81 mmHg이며, 여성의 경우 수축기혈압 105~122 mmHg, 이완기혈압 69~79 mmHg와 비교해 볼 때 본 연구 대상자에서는 수축기 혈압과 이완기 혈압이 모두 높은 것으로 나타났다. 과체중 성인을 대상으로 한 Chang HS(2008)과 Chang HS(2010)의 보고에 의하면 수축기/이완기 혈압은 남성 124.36/84.42 mmHg와 여성 116.61/ 77.07 mmHg으로 본 연구과 유사한 결과를 보여 과체중과 비만 성인에서는 고혈압의 위험이 높음을 알 수 있다.

## 2. 생활습관 및 식습관

대상자들의 생활습관 및 식습관에 대한 결과는 Table 2와 같다. 흡연 여부 결과, 흡연을 한다고 응답한 비율은 20.97%

Table 2. Life styles and dietary habits of the subjects

Criteria	Total(n=62)	Men(n=16)	Women(n=46)	t-value or $\chi^2$ <sup>1)</sup>
Smoking				
Yes	13(20.97) <sup>2)</sup>	10(62.50)	3( 6.52)	$\chi^2=30.83^{***}$
No(But in the past 'yes')	2( 3.23)	2(12.50)	0( 0.00)	
No	47(75.81)	4(25.00)	43(93.48)	
Alcohol drinking				
Yes	50(80.65)	15(93.75)	35(76.09)	$\chi^2=2.37$
No	12(19.35)	1( 6.25)	11(23.91)	
Frequency of alcohol drinking				
$\geq 3$ times/week	6( 9.68)	4(25.00)	2( 4.35)	$\chi^2=6.46^*$
1 $\leq$ and<3 times/week	36(58.06)	9(56.25)	27(58.70)	
<1 time/week	20(32.26)	3(18.75)	17(36.96)	
Physical activity				
Yes	26(41.94)	10(62.50)	16(34.78)	$\chi^2=3.75$
No	36(58.06)	6(37.50)	30(65.22)	
Number of meals/week				
Breakfast	5.16 $\pm$ 2.10 <sup>3)</sup>	5.82 $\pm$ 1.69	4.93 $\pm$ 2.19	t=1.21
Lunch	6.51 $\pm$ 1.25	7.00 $\pm$ 0.00	6.34 $\pm$ 1.42	t=3.32**
Dinner	6.17 $\pm$ 1.52	6.81 $\pm$ 0.51	5.95 $\pm$ 1.69	t=2.89**
Snack	3.91 $\pm$ 2.16	4.90 $\pm$ 1.95	3.51 $\pm$ 2.14	t=2.22*

<sup>1)</sup> Determined by independent sample t test of equality of the means or chi-square tests of differences in proportions.

<sup>2)</sup> N(%).

<sup>3)</sup> Mean $\pm$ S.D.

\*  $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.01$ , \*\*\*  $p < 0.001$ .

였으며, 남성 62.50%, 여성 6.52%으로 두 군간 유의적인 차이를 보였다( $p < 0.001$ ). 흡연은 Reactive oxygen species(ROS)를 증가시켜 산화스트레스 증가시키는 것으로 보고되고 있으며(Lerner *et al* 2009), Newcomb & Carbone(1992)의 연구에서는 폐암 원인으로 흡연이 남성 90%와 여성 79%이며 비흡연자의 비해 20~40배의 위험인자로 보고하였다. 음주 여부 및 음주 빈도 결과에서 전체 대상자의 80.65%가 음주를 하며, 음주 빈도에서는 주 1회 미만(32.26%), 주 1~3회(58.06%), 3회 이상(9.68%)로 주 1~3회 섭취한다고 응답이 가장 높은 것으로 나타났다. 음주 여부는 두 군간 차이를 보이지 않았으나, 음주 빈도에서는 주 3회 이상 섭취한다고 응답한 비율은 남성(25.00%)이 여성(4.35%)보다 유의적으로 높게 나타났다( $p < 0.05$ ). 성인을 대상으로 한 So *et al*(2009)의 연구 결과, 흡연을 한다고 응답한 비율은 30.1%, 음주 비율은 53.5%로 본 연구 대상자보다 흡연 비율은 높고 음주 비율은 낮은 것으로 나타났다. Gross & Snowdon(1996)의 연구에 의하면 음주자는 비음주자에 비해 혈중 항산화제 농도가 낮으며, 항산화상태가 낮을수록 만성질환의 발병이 증가하는 것으로 알려지고 있다. 선행 연구 결과(Lerner *et al* 2009, Gross & Snowdon 1996)를 고려해 볼 때 흡연이나 음주는 산화스트레스와 관련성이 있는 것으로 생각되며, 남성이 여성에 비해 산화스트레스로 인한 위험에 더 노출되어 있는 것으로 나타났다. 신체 활동에 관한 결과에서 신체 활동을 한다고 응답한 비율은 41.94%으로 나타났으며, So *et al*(2009)의 84.1%보다 낮은 것으로 나타났다. 주별 식사섭취횟수에 관한 응답 비율은 아침 5.16회/주, 점심 6.51회/주, 저녁 6.17회/주, 간식 3.19회/주로 나타났으며, 끼니별 결식률은 아침식사 결식률이 가장 높게 나타났다. 남성이 여성에 비해 점심( $p < 0.01$ ), 저녁( $p < 0.01$ ), 그리고 간식( $p < 0.05$ )의 섭취 횟수가 유의적으로 높은 것으로 나타났다. 본 연구대상자에서 여성은 남성에 비해 불규칙적인 식사 섭취양상을 보이며, 규칙적인 식생활 관리 교육이 필요할 것으로 생각된다.

### 3. 영양소 섭취상태

영양소 섭취상태는 Table 3과 같이 총 평균 열량 섭취량은 1,533.56 kcal이었으며, 남성 1,825.82 kcal, 여성 1,431.90 kcal로 나타났다. 이는 Chang HS(2008)의 연구에서 열량 섭취량은 남성의 경우 2,554.29 kcal, 과체중 여성을 대상으로 한 Kim *et al* (2007)의 1,680.28 kcal에 비해 낮은 섭취량이었으며, 2009년 국민건강통계 결과 남성 2,181.7 kcal, 여성 1,585.4 kcal에 비해 낮았다(MOHFWA & KCDCP 2010). Lansky & Brownell (1982)의 연구 결과, 비만인은 실제 섭취량보다 적은 섭취량을 보고하는 것으로 나타났으며, 이와 유사한 맥락에서 본 연구 대상자의 전반적인 섭취량이 낮게 나타난 것

로 보인다. 또한 본 연구 대상자의 당질 : 단백질 : 지방의 전체비율은 59.10 : 16.29 : 24.63으로 국민건강통계자료(66.8 : 14.6 : 18.7)와 비교 해 볼 때 당질의 섭취비율은 낮은 반면, 지방과 단백질의 섭취비율은 높은 것으로 나타났다(MOHFWA & KCDCP 2010). 따라서 단백질과 지방 섭취 감소로 비만 요인을 해결하고 예방하려는 노력이 필요하다고 생각된다.

항산화 영양소는 비타민 A, C, E 및  $\beta$ -carotene 등이 있으며, 식이를 통한 항산화영양소의 섭취는 혈중 카로티노이드 농도를 반영한다고 하였다(Forman *et al* 1993). 비타민 A와 카로티노이드는 조직 내 지방산의 산화를 막아 세포와 세포막 사이의 유리라디칼을 제거하여 세포막을 보호하는 것으로 알려지고 있으며(Giugliano D 2000), Prakash *et al*(2000)의 세포연구 결과에서는 비타민 A와  $\beta$ -carotene은 세포주기와 관련하여 세포증식, 분열, 사멸을 조절함으로 잠재적인 항암작용을 하는 것으로 보고하였다. 또한 Hadley *et al*(2003)의 건강한 성인을 대상으로 한 영양중재 연구에서 토마토 섭취 증가는 혈중 라이코펜 농도를 유의적으로 증가시켰으며, 이는 지질 산화지표와 DNA 손상 지표를 유의적으로 감소시키는 것으로 나타났다.

본 연구 대상자의 항산화 영양소 섭취량을 한국인 영양섭취 기준(KNS 2010)과 비교하여 보면, 비타민 A 섭취량은 남성 745.90  $\mu$ gR.E, 여성 594.80  $\mu$ gR.E으로 101.44%, 92.42% 섭취 비율을 보였고, 비타민 C 섭취량은 남성 95.65 mg, 여성 81.65 mg으로 95.65%, 81.65%의 섭취상태를 보였다. Kim *et al*(2007)의 과체중 및 비만 여성을 대상으로 한 연구에서 비타민 A 섭취량은 782.14  $\mu$ gR.E으로 본 연구 대상자보다 높은 섭취량을 보였다. 이처럼 본 연구 대상자의 낮은 섭취량은 전체적인 낮은 섭취량과 개인적인 섭취량 차이가 크기 때문인 것으로 생각되어진다. 비타민 E 섭취량은 남성 12.91 mg, 여성 12.77 mg으로 한국인 영양섭취 기준인 충분섭취량과 비교하였을 때 109.36%, 89.56% 섭취 비율을 보였다. 항산화제로 알려진 비타민 C와 E는 혈중 수준이 높을수록 혈중 과산화지질 농도를 유의적으로 감소시키는 것으로 보고되고 있으며, 혈중 항산화 농도의 증가는 MDA 농도와 음의 상관관계를 가지는 것으로 나타나, 심혈관계 질환의 위험을 줄이는데 기여하는 것으로 나타났다(Jung *et al* 2001). 항산화 영양소로 알려진 A, C, E 및  $\beta$ -carotene의 섭취량 증가는 항산화, 항염증 및 항암 기능을 가지므로 섭취량 증가를 통한 만성질환 및 암 질환의 예방이 필요하다고 생각된다.

### 4. 혈중 산화지표 및 염증관련지표

본 연구 대상자의 혈중 산화지표 및 염증지표에 관한 결과는 Table 4와 같다. 산화 스트레스의 축적은 관상동맥질환, 당뇨와 같은 질환의 요인이 될 수 있으며, 축적된 산화 스트

Table 3. Daily energy and nutrient intake of the subjects

	Total(n=62)		Men(n=16)		Women(n=46)		% of KDRIs	% of KDRIs	Total(n=62)	Men(n=16)	Women(n=46)	r-value
	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.						
Energy(kcal)	1,533.56±475.30 <sup>1)</sup>	1,825.82±500.76	1,431.90±426.28									
Protein(g)	62.63±25.21	76.98±29.37	57.64±21.81				125.81±47.35		40.72±9.87	42.07±10.03	40.25±9.88	0.63
Plant protein	29.09±10.16	33.20±7.14	27.66±10.72						19.24±3.87	18.78±4.05	19.40±3.83	-0.55
Animal protein	33.53±20.87	43.78±27.78	29.97±16.81						21.48±10.29	23.29±11.00	20.84±10.08	0.82
Fat(g)	43.14±23.58	53.50±31.21	39.54±19.43						14.80±9.18	17.33±10.52	13.93±8.61	0.69
Plant fat	19.43±12.49	18.76±9.19	19.66±13.53						12.56±6.26	10.87±6.44	13.15±6.16	-0.26
Animal fat	23.72±20.09	34.74±30.97	19.88±13.00						14.80±9.18	17.33±10.52	13.93±8.61	1.28
Carbohydrate(g)	222.13±63.67	250.44±60.51	212.28±62.37						147.74±25.56	140.65±26.39	150.21±25.08	-1.30
Dietary fiber(g)	17.44±7.04	21.11±7.35	16.17±6.54						11.52±3.44	11.63±2.96	11.49±3.62	0.15
Ash(g)	17.22±5.94	20.96±6.13	15.92±5.34						11.42±2.99	11.55±1.97	11.38±3.28	0.24
Calcium(mg)	485.08±232.93	587.15±269.11	449.57±210.75				68.39±32.20		317.58±122.56	318.88±129.23	317.13±121.63	0.05
Plant calcium	237.47±101.27	282.66±94.20	221.75±99.82						157.10±49.09	155.43±35.10	157.68±53.43	-0.16
Animal calcium	247.60±190.23	304.49±211.61	227.82±180.49						160.48±114.45	163.45±119.20	159.45±114.08	0.12
Phosphorus(mg)	922.66±364.77	1,110.43±392.87	857.35±334.69				122.48±47.81		600.05±143.08	606.85±149.04	597.68±142.56	0.22
Iron(mg)	10.41±3.68	12.59±3.76	9.65±3.37				75.97±25.98		6.90±1.78	6.98±1.58	6.87±1.86	0.22
Plant iron	7.58±2.27	8.91±2.20	7.12±2.13						5.08±1.22	4.99±1.12	5.10±1.26	-0.31
Animal iron	2.82±2.07	3.67±2.49	2.53±1.85						1.82±1.15	1.99±1.16	1.76±1.16	0.66
Sodium(mg)	3,903.68±1518.68	4,729.55±1531.93	3,616.42±1420.31				243.54±94.51 <sup>3)</sup>		2,603.29±935.35	2,630.59±633.79	2,593.79±1025.52	0.17
Potassium(mg)	2,492.20±1011.10	3,061.91±1229.09	2,294.04±852.47						1,638.54±450.90	1,655.04±381.31	1,632.80±476.44	0.17
Zinc(mg)	7.98±7.10	11.59±12.85	6.73±2.65				84.12±33.12		4.96±2.17	5.78±3.91	4.67±1.00	1.79
Vitamin A( $\mu$ g R.E)	633.79±369.22	745.90±445.39	594.80±335.63				92.42±51.46		411.01±190.87	394.92±134.96	416.61±207.83	-0.39
Retinol( $\mu$ g)	109.25±141.79	143.79±224.39	97.23±99.50						64.42±60.64	64.71±75.48	64.32±55.55	0.02
Carotene( $\mu$ g)	2,920.59±1804.27	3,199.09±1432.70	2,823.73±1921.32						1,936.74±1131.75	1,770.44±690.85	1,994.58±1250.58	-0.89
Vitamin B <sub>1</sub> (mg)	1.02±0.58	1.29±0.85	0.93±0.43				82.85±35.56		0.65±0.24	0.67±0.25	0.65±0.24	0.22
Vitamin B <sub>2</sub> (mg)	0.98±0.45	1.17±0.57	0.91±0.39				132.61±51.63		0.63±0.17	0.62±0.16	0.63±0.18	-0.20
Niacin(mg)	13.82±6.53	17.50±8.54	12.54±5.20				89.56±37.15		8.93±2.65	9.44±3.33	8.75±2.39	0.90
Vitamin C(mg)	85.27±62.92	95.65±67.70	81.65±61.55				81.65±61.55		56.67±40.49	49.06±19.81	59.32±45.43	-1.23
Vitamin E(mg)	12.80±6.50	12.91±6.73	12.77±6.49				126.65±66.96		8.49±3.73	7.19±3.98	8.94±3.58	-1.64
Cholesterol(mg)	298.32±202.22	356.42±232.09	278.12±189.36						190.00±110.34	187.44±93.60	190.89±116.54	-0.11
Energy distribution												
% Carbohydrate									59.10±10.22	56.26±10.56	60.08±10.03	-1.30
% Protein									16.29±3.95	16.83±4.01	16.10±3.96	0.63
% Fat									24.63±8.44	25.37±8.07	24.37±8.63	0.42

1) Mean±S.D.

2) Percent of Recommended Nutrient Intake(RNI) of 2010 dietary Reference Intakes for Koreans(KDRIs).

3) Percent of Adequate Intake(AI) of 2010 KDRIs.

Table 4. Antioxidant and inflammatory biomarkers of the subjects

	Total(n=62)	Men(n=16)	Women(n=46)	t-value
TAC(mM/L)	0.60±0.20 <sup>1)</sup>	0.63±0.08	0.59±0.23	1.94
FRAP(μM/L)	522.75±162.54	638.58±216.96	487.50±124.88	3.47 <sup>***</sup>
8-isoprostane(pg/mL)	344.33±926.56	380.12±754.99	331.88±986.48	0.33
Oxidized-LDL(U/L)	133.98±30.48	147.28±37.33	129.36±26.65	1.83
MDA(μM/L)	0.68±0.37	0.68±0.21	0.67±0.42	1.05
IL-1β(pg/mL)	2.67±0.82	2.47±0.31	2.75±0.92	-1.59
IL-6(pg/mL)	7.42±2.02	6.99±1.41	7.57±2.19	-0.88
IL-8(pg/mL)	15.54±3.80	16.81±3.76	15.10±3.76	1.67
PGE <sub>2</sub> (pg/mL)	64.96±63.43	71.91±82.15	62.55±56.40	-0.17

<sup>1)</sup> Mean±Standard Deviation, <sup>2)</sup> Independent sample t test of equality of the log-transformed mean concentrations.

TAC; total antioxidant capacity, FRAP; ferric reducing ability plasma, MDA; malondialdehyde, IL-1β; interleukin-1β, PGE<sub>2</sub>; prostaglandin E<sub>2</sub>.

<sup>\*\*\*</sup> p<0.001.

레스는 체내 대사를 변화시키므로 체내 대사를 평가하는 지표로 총 항산화능이 사용되고 있다(Kwak *et al* 2008). 본 연구 결과에서 항산화지표인 TAC는 평균 0.60 mM/L였으며, 남성이 0.63 mM/L로 여성 0.59 mM/L에 비해 높은 경향을 보였으나 유의적인 차이는 보이지 않았고, FRAP은 평균 522.75 μM/L였으며, 남성 638.58 μM/L로 여성 487.50 μM/L보다 유의적으로 높았다(p<0.001). 성인 여성을 대상으로 한 Kwak *et al*(2008)의 연구에서 FRAP 수치는 100~650 μM/L로 나타났으며, 중국 성인의 대상으로 한 연구에서는 600~1,600 μM/L 수치를 보였다(Benzi & Strain 1999). Mutlu-Türkoğlu *et al* (2003)의 연구에 의하면 연령이 증가할수록 FRAP 농도는 감소한다고 하였으며, 대상자들의 특성과 혈청 FRAP 분석의 차이에 따라 FRAP의 범위가 다르다고 하였다(Kwak *et al* 2008). 따라서 대상자들의 특성과 혈청 FRAP에 미치는 영향을 확인하는 연구가 지속적으로 이루어져, 각 연구 간의 비교 분석이 필요하다고 생각된다. 본 연구 결과에서는 IL-1β는 평균 2.67 pg/mL, IL-6 7.42 pg/mL, IL-8 15.54 pg/mL과 PGE<sub>2</sub> 64.96 pg/mL을 보였으며, 두 군간 유의적인 차이는 보이지 않았다. 젊은 성인여성을 대상으로 한 Suh *et al*(2007)의 연구 결과 혈중 염증지표인 IL-6는 3.3 pg/mL로 본 연구 결과보다 낮은 것으로 나타난 반면, 비만 중년여성을 대상으로 한 Cho *et al* (2009)의 연구에서 IL-6는 0.92 pg/mL로 본 연구 결과보다 높은 것으로 나타났다. 따라서 체지방과 염증지표와의 관련성에 관한 지속적인 연구가 필요하다고 생각된다.

##### 5. 신체계측과 혈중 산화지표 및 염증지표와의 상관관계 신체계측과 혈중 산화지표 및 염증지표와의 상관관계분석

결과(Table 5), 체지방율은 혈중 proinflammatory biomarkers인 IL-1β(r=0.3058, p<0.05)와 IL-8(r=0.2804, p<0.05)에서 양의 상관관계를 나타냈다. 염증성 사이토카인은 심혈관계 질환, 당뇨병, 유방암과 같은 만성질환 및 암 발생과 밀접한 관련성이 있는 것으로 보고되고 있다(Karakelides & Sreekumar 2005). 사이토카인인 TNF-α와 IL-1은 혈관 세포에서 IL-6의 생성을 촉진하고(Eldar & Barak 1996), 죽상경화 진행시 염증 지표인 혈중 IL-1β, IL-6와 TNF-α가 증가되는 것으로 보고되었다(Rader DJ 2000). Olholm *et al*(2010)의 지방세포 연구에서는 지방세포에 IL-1β의 자극은 proinflammatory adipokines인 IL-6, IL-8를 증가시키며, mRNA 발현을 증가시키는 것으로 나타났다. 또한 노인 남성에서 IL-1과 IL-6 유전자는 지방축적에 관여하는 것으로 나타났다(Strandberg *et al* 2006). 이상의 연구 결과를 통하여 체지방과 염증 지표와의 관련성을 확인할 수 있었으며, 비만과 관련한 염증 지표 변화에 관한 연구가 지속적으로 필요하다고 생각되어진다.

이완기혈압은 FRAP(r=0.3283, p<0.05)과 유의적인 양의 상관관계를 보였다. FRAP은 생체의 항산화 활성을 측정할 수 있는 지표중의 하나로 산화스트레스에 의한 체내 대사 변화를 간접적으로 평가할 수 있으며, Kwak *et al*(2008)은 정상 여성에 비해 대사증후군 여성에서 혈청 FRAP 농도가 높은 것으로 나타났으며, FRAP은 혈중 중성지방과 총 콜레스테롤 농도와 유의적인 양의 상관관계를 보여 주는 것으로 보고하였다. 혈압의 증가로 인한 체내의 산화적 스트레스의 변화는 이에 대한 방어기전으로 항산화능에도 영향을 주었을 것으로 생각된다.

**Table 5. Correlation coefficients between anthropometric measurements and blood biomarkers**

	Height	Weight	BMI	Body fat	SBP	DBP	Waist
TAC	0.0422	0.0651	0.0567	0.0674	-0.1516	0.0768	0.0081
FRAP	-0.0504	-0.0085	0.0422	0.1700	0.0365	0.3283*	0.1077
8-isoprostane	0.0352	-0.0597	-0.0740	-0.0654	0.1534	0.1954	-0.0184
Oxidized-LDL	-0.0659	-0.0741	-0.0307	0.1564	0.2227	0.1563	-0.0231
MDA	-0.0164	-0.0477	-0.0146	-0.0094	0.0679	0.0211	-0.0474
IL-1 $\beta$	0.0801	0.2280	0.2127	0.3058*	-0.0905	-0.0580	0.1848
IL-6	0.1109	0.2186	0.1935	0.1880	-0.0338	-0.0177	0.2136
IL-8	-0.0928	0.1157	0.1843	0.2804*	-0.0494	-0.0121	0.2044
PGE <sub>2</sub>	-0.0499	0.0159	0.0650	0.1310	-0.0284	-0.0541	0.1398

\*  $p < 0.05$ ,  $p$  value calculated from Pearson by adjusted for age, sex, smoking, alcohol drinking and physical activity of equality of the log-transformed mean concentrations.

BMI; body mass index, SBP; systolic blood pressure, DBP; diastolic blood pressure, TAC; total antioxidant capacity, FRAP; ferric reducing ability plasma, MDA; malondialdehyde, IL-1 $\beta$ ; interleukin-1 $\beta$ , PGE<sub>2</sub>; prostaglandin E<sub>2</sub>.

#### 6. 영양소 섭취상태와 혈중 산화지표 및 염증지표와의 상관관계

영양소 섭취상태와 혈중 산화지표 및 염증지표와의 상관성을 살펴본 결과는 Table 6과 같다. 단백질 섭취량이 증가할수록 IL-6( $r = -0.3048$ ,  $p < 0.05$ )가 감소하는 음의 상관관계를 나타냈으며, 당질의 섭취량은 TAC( $r = -0.2658$ ,  $p < 0.05$ )와 유의적인 음의 상관관계를 나타냈다. Kim *et al* (2005)의 연구에서는 단백질 섭취량과 혈중 알부민 농도는 혈중 CRP와

유의적인 음의 상관관계를 보여 본 연구와 유사한 결과를 보였다. 단백질 섭취는 면역계를 유지하는 역할을 담당하므로 단백질 섭취 부족은 혈중 단백질 영양상태 불량과 염증상태와 유의적인 상관성을 보여 서로 연관성이 있음을 확인할 수 있었다. Kallio *et al* (2008)은 대사증후군 환자 연구에서 당질 섭취의 증가는 혈중 인슐린 농도를 증가시키고 cytokine 농도를 증가시키는 것으로 보고하였으며, 고인슐린혈증은 ROS를 증가시켜 염증반응을 증가시키는 것으로 나타나(Mohanty

**Table 6. Correlation coefficients between nutrient intakes and blood biomarkers**

	Energy	Protein	Fat	Carbo-hydrate	Dietary fiber	Vitamin A	Retinol	Carotene	Vitamin C	Vitamin E
TAC	-0.2561	-0.1643	-0.1617	-0.2658*	-0.0158	-0.0615	-0.0430	-0.0510	0.2170	-0.2100
FRAP	0.0459	-0.0605	0.0552	0.1302	-0.0333	-0.0668	0.0259	-0.0612	-0.1555	-0.0049
8-isoprostane	-0.0396	0.0177	0.1610	-0.1370	-0.1599	-0.0032	0.1202	-0.0642	-0.1219	-0.0623
Oxidized-LDL	0.0732	-0.0163	0.1761	-0.0312	-0.0717	0.0549	0.2582	-0.0201	-0.0403	-0.0074
MDA	-0.1295	-0.1243	-0.0521	-0.1478	-0.2153	-0.0939	-0.1315	-0.1889	-0.1801	-0.1468
IL-1 $\beta$	-0.1608	-0.2613	-0.2626	-0.0702	0.0747	-0.1604	-0.1576	-0.1016	0.1992	-0.0788
IL-6	-0.1492	-0.3048*	-0.2489	0.0169	-0.1513	-0.1265	-0.2004	-0.0545	-0.0432	0.0664
IL-8	-0.1787	-0.1010	-0.2137	-0.0280	0.0475	-0.0998	-0.0277	-0.0034	0.0486	-0.0123
PGE <sub>2</sub>	-0.0793	0.0688	-0.0551	-0.0307	0.0443	0.0374	-0.1930	0.1371	-0.0561	0.0682

\*  $p < 0.05$ ,  $p$  value calculated from Pearson by adjusted for age, sex, smoking, alcohol drinking and physical activity of equality of the log-transformed mean concentrations.

TAC; total antioxidant capacity, FRAP; ferric reducing ability plasma, MDA; malondialdehyde, IL-1 $\beta$ ; interleukin-1 $\beta$ , PGE<sub>2</sub>; prostaglandin E<sub>2</sub>.



et al 2000) 본 연구와 유사한 결과를 보였다.

일부 건강한 성인에 대한 연구에서 식이를 통한  $\beta$ -carotene 과 lycopene 섭취 증가는 cytokine과 산화스트레스 농도를 낮춘다고 하였으나(Moller et al 2004, Watzl et al 2005), 과체중과 비만인을 대상으로 한 본 연구에서는 비타민 A, 비타민 C, 비타민 E 등 항산화 영양소의 섭취와 혈중 산화와 염증지표와 유의적인 상관성을 나타내지 않았다. 총 열량에서 지방 섭취비율이 높은 식이는 체지방량 증가의 원인이 될 수 있다(Dreon et al 1988). 따라서 체지방 증가로 인한 체내 염증 및 산화스트레스의 증가에 대한 영향이 크다는 가능성을 생각해 볼 수 있다. 따라서 단백질과 지방섭취감소로 비만 요인을 해결하고 예방하려는 노력이 필요하다고 생각된다. 그러나, 본 연구는 대상자의 수가 적고, 항산화 영양소의 섭취량을 일부 항산화 영양소만 계산한 것으로 전체적인 항산화 영양소와 세부적인 섭취량을 계산하지 못한 제한점을 갖고 있다. 또한, 대상자의 전반적인 항산화 영양소의 섭취량이 낮아 이에 대한 영향을 관찰하기 어려웠을 가능성도 생각해 볼 수 있다. 따라서 식이를 통한 혈중 항산화 및 염증지표와의 원인과 의미에 대해서는 향후 지속적인 연구를 통해 밝혀져야 할 것으로 생각된다.

#### 7. 혈중 산화지표와 염증지표와의 상관관계

혈중 산화지표와 염증지표와의 상관관계 분석결과(Table 7) PGE<sub>2</sub>가 증가할수록 TAC가 감소하는 음의 상관관계를 나타냈다( $r = -0.2885, p < 0.05$ ). PGE<sub>2</sub>는 COX-2(cyclooxygenase 2)에 의하여 arachidonic acid로부터 생산되어 염증반응의 전사인자를 활성화시킴으로써 염증을 일으킨다. 항산화 비타민이 정상인에 비해 당뇨병과 같은 질환이 있는 환자에서 더 빠르게 사용되므로 혈장내 항산화 비타민 농도가 낮아진다고 보

고되고 있다(Paolisso et al 1993). 건강한 성인을 대상으로 한 Rokling-Andersen et al(2007)의 연구에서 체지방은 혈중 염증지표와 유의적인 상관관계를 보였으며, 대사증후군의 요인수가 증가할수록 혈중 항산화영양소 농도가 낮아지는 것으로 나타났다(Cho et al 2009). 본 연구에서 PGE<sub>2</sub> 농도가 증가할수록 혈중 TAC가 감소하는 결과를 보인 것도 이와 같은 맥락으로 설명될 수 있다.

항산화제로 알려진 비타민 C와 E는 혈중 수준이 높을수록 혈중 과산화지질 농도를 유의적으로 감소시키는 것으로 보고되고 있으며, 혈중 항산화 농도의 증가는 MDA 농도와 음의 상관관계를 가지는 것으로 나타나 심혈관계 질환의 위험을 줄이는데 기여하는 것으로 나타났다(Jung et al 2001).

### 요약 및 결론

본 연구는 과체중 및 비만 성인을 대상으로 설문조사, 식이섭취조사, 혈중 산화 및 염증지표를 측정을 실시하여 과체중 이상 성인에서 신체계측치와 영양소 섭취상태가 혈중 산화 및 염증지표에 미치는 영향을 살펴보고자 하였다. 대상자의 평균 연령은 40.34세였고, 대상자의 평균 체질량지수는 27.71, 체지방량은 37.32%였다. 대상자의 20.97%가 현재 흡연자였으며, 음주 빈도 결과, 항목에서 남녀간의 차이를 보였다. 신체계측과 혈중 산화지표 및 염증지표와의 상관관계분석 결과, 체지방율은 혈중 proinflammatory biomarkers인 IL-1 $\beta$ 와 IL-8간의 유의적인 양의 상관관계를 나타냈다. 영양소 섭취상태와 혈중 산화지표 및 염증지표와의 상관성을 살펴본 결과, 단백질 섭취량이 증가할수록 IL-6이 감소하는 음의 상관관계를 나타냈으며, 당질의 섭취량은 TAC와 유의적인 음의 상관관계를 나타냈다. 혈중 산화지표와 염증지표와의 상관관계 분석결과 PGE<sub>2</sub>가 증가할수록 TAC가 감소하는 음의 상관관계를 나타냈다. 본 연구에서는 과체중과 비만 성인에서 식이를 통한 단백질과 당질의 섭취 수준이 혈중 산화 및 염증지표와의 관련성을 알 수 있었다. 항산화 영양소의 섭취상태는 혈중 산화 및 염증지표와 유의적인 상관성을 나타내지 않았다. 따라서 식이를 통한 혈중 항산화 및 염증지표와의 원인과 의미에 대해서는 향후 지속적인 연구를 통해 밝혀져야 할 것으로 생각된다. 한편, 체지방율은 염증지표와의 양의 상관관계를 나타내므로, 비만으로 인한 만성질환의 예방을 위해서는 생활 습관과 열량 영양소의 섭취조절을 통한 체지방 감소가 필요하다.

### 문헌

Benzie IF, Strain JJ (1996) The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": the

**Table 7. Correlation coefficients between inflammatory biomarkers and oxidative stress biomarkers**

	IL-1 $\beta$	IL-6	IL-8	PGE <sub>2</sub>
TAC	0.0697	-0.0647	0.1152	-0.2561*
FRAP	0.1292	0.0871	0.2514	0.0798
8-isoprostane	-0.0435	-0.0535	-0.0700	0.0390
Oxidized-LDL	0.0092	0.0962	-0.0397	-0.0265
MDA	0.0086	0.0442	-0.0500	-0.0495

\*  $p < 0.05$ ,  $p$  value calculated from Pearson by adjusted for age, sex, smoking, alcohol drinking and physical activity of equality of the log-transformed mean concentrations.

IL-1 $\beta$ ; interleukin-1 $\beta$ , PGE<sub>2</sub>; prostaglandin E<sub>2</sub>, TAC; total antioxidant capacity, FRAP; ferric reducing ability plasma, MDA; malondialdehyde

- FRAP assay. *Anal Biochem* 239: 70-76.
- Benzie IF, Strain JJ (1999) Ferric reducing/antioxidant power assay: direct measure of total antioxidant activity of biological fluids and modified version for simultaneous measurement of total antioxidant power and ascorbic acid concentration. *Methods Enzymol* 299: 15-27.
- Bonnie Ky, Anne Burke, Sotirios Tsimikas, Megan L Wolfe, Mahlet G Tadesse, Philippe O Szapary, Joseph L. Witztum, Garret A FitzGerald, Daniel J Rader (2008) The influence of pravastatin and atorvastatin on markers of oxidative stress in hypercholesterolemic humans. *J Am Coll Cardiol* 51: 1653-1662.
- Chang HS (2008) A study nutrient intakes and blood lipids of middle aged men living in Jeonbuk province by percentage of body fat. *Korean J Community Nutr* 13: 334-345.
- Chang HS (2010) Nutrient intakes and blood lipids according to obesity degree by body fat percentage among middle-aged women in Gunsan city. *Korean J Community Nutr* 15: 15-26.
- Cho SW, Paek YM, Park YK, Choi TI (2009) The relationship between plasma antioxidant levels and metabolic syndrome risk factors in male workers. *Korean J Food Nutr* 22: 357-366.
- Dandona P, Aljada A, Chaudhuri A, Mohanty P, Garg R (2005) Metabolic syndrome: a comprehensive perspective based on interactions between obesity, diabetes, and inflammation. *Circulation* 111: 1448-54.
- Dreon DM, Frey-Hewitt B, Ellsworth N, Williams PT, Terry RB, Wood PD (1988) Dietary fat : carbohydrate ratio and obesity in middle-aged men. *Am J Clin Nutr* 47: 995-1000.
- Eldar E, Barak V (1996) Increased serum concentration of interleukin-1 $\beta$  in patients with coronary artery disease. *Heart* 76:24-28.
- Forman MR, Lanza E, Yong LC, Holden JM, Graubard BI, Beecher GR, Meltiz M, Brown ED, Smith JC (1993) The correlation between two dietary assessments of carotenoid intake and plasma carotenoid concentrations: application of a carotenoid food-composition database. *Am J Clin Nutr* 58: 519-524.
- Giugliano D (2000) Dietary antioxidants for cardiovascular prevention. *Nutr Metab Cardiovasc Dis* 10: 38-44.
- Gross MD, Snowdon DA (1996) Plasma antioxidant concentration in a population of elderly women: finding from the nun study. *Nutr Res* 16: 1881-1890.
- Hadley CW, Clinton SK, Schwartz SJ (2003) The consumption of processed tomato products enhances plasma lycopene concentrations in association with a reduced lipoprotein sensitivity to oxidative damage. *J Nutr* 133: 727-732.
- Heikkilä K, Harris R, Lowe G, Rumley A, Yarnell J, Gallacher J, Ben-Shlomo Y, Ebrahim S, Lawlor DA (2009) Associations of circulating C-reactive protein and interleukin-6 with cancer risk: findings from two prospective cohorts and a meta-analysis. *Cancer Causes Control* 20: 15-26.
- Jung KA, Kim SY, Choi YJ, Woo JI, Chang YK (2001) The nutritional status of antioxidant vitamins in relation to serum MDA level in postmenopausal women. *Korean J Nutr* 34: 330-337.
- Kallio P, Kolehmainen M, Laaksonen DE, Pulkkinen L, Atalay M, Mykkanen H, Uusitupa M, Poutanen K, Niskanen L (2008) Inflammation markers are modulated by responses to diets differing in postprandial insulin responses in individuals with the metabolic syndrome. *Am J Clin Nutr* 87: 1497-1503.
- Kant AK (2003) Interaction of body mass index and attempt to lose weight in a national sample of US adults: association with reported food and nutrient intake, and biomarkers. *Eur J Clin Nutr* 57: 249-259.
- Karakelides H, Sreekumaran NK (2005) Sarcopenia of aging and its metabolic impact. *Curr Top Dev Biol* 68: 123-148.
- Kasim-Karakas SE, Tsodikov A, Singh U, Jialal I (2006) Responses of inflammatory markers to a low-fat, high-carbohydrate diet: effects of energy intake. *Am J Clin Nutr* 83: 774-779.
- Kim JS, Kim HY, Park YK, Kim TS, Kang MH (2003) The effects of green vegetable juice (*Angelica keiskei*) supplements on plasma lipids and antioxidant status in smokers. *Korean J Nutr* 36: 933-941.
- Kim OH, Jung HN, Kim JH (2007) Comparison of food intakes and serum lipid levels in overweight and obese women by body mass index. *Korean J Community Nutr* 12: 40-49.
- Kim SA, Sohn CM, Chae DW (2005) Comparison of nutritional status and inflammatory markers in DM and nonDM hemodialysis patients. *Korean J Community Nutr* 10: 693-699.
- Kwak HK, Lee MS, Lim SY, Yoon S (2008) Relationship between ferric reducing antioxidant power and metabolic risk factors in Korean women living in Seoul. *Korean J*

- Community Nutr* 13: 91-99.
- Lansky D, Brownell KD (1982) Estimates of food quantity and calories : Errors in self-report among obese patients. *Am J Clin Nutr* 35: 727-732.
- Lee RD, Nieman DC (1996) Nutritional assessment 2nd ed. Mosby. St Louis.
- Lerner L, Weiner D, Katz R, Reznick AZ, Pollack S (2009) Increased pro-inflammatory activity and impairment of human monocyte differentiation induced by *in vitro* exposure to cigarette smoke. *J Physiol Pharmacol* 60: 81S-86S.
- Ministry of Health, Welfare and Family Affairs [MOHWFA] & Korea Center for Disease Control and Prevention [KCDPCP] (2010) 2009 National Health Statistics- The 4th Korea National Health and Nutrition Examination Survey, the second year(2009), Korea Center for Disease Control and Prevention, Korea.
- Mohanty P, Hamouda W, Garg R, Aljada A, Ghanim H, Dandona P (2000) Glucose challenge stimulates reactive oxygen species(ROS) generation by leucocytes. *J Clin Endocrinol Metab* 85: 2970-2973.
- Moller P, Viscovich M, Lykkesfeldt J, Loft S, Jensen A, Poulsen HE (2004) Vitamin C supplementation decreases oxidative DNA damage in mononuclear blood cells of smokers. *Eur J Nutr* 43: 267-274.
- Mutlu-Türkoğlu U, İlhan E, Öztezcan S, Kuru A, Aykaç-Toker G, Uysal M (2003) Age-related increases in plasma malondialdehyde and protein carbonyl levels and lymphocyte DNA damage in elderly subjects. *Clin Biochem* 36: 397-400.
- National Institute of Health[NIH] (2003) The seventh report of the Joint National Committee on Prevention, Evaluation and Treatment of High Blood Pressure. U.S. pp 12.
- Newcomb PA, Carbone PP (1992) The health consequences of smoking. *Cancer. Med Clin North Am* 76: 305-331.
- Olholm J, Paulsen SK, Cullberg KB, Richelsen B, Pedersen SB (2010) Anti-inflammatory effect of resveratrol on adipokine expression and secretion in human adipose tissue explants. *Int J Obes* 34: 1546-1553.
- Paolisso G, D'Amore A, Giugliano D, Ceriello A, Varricchio M, D'Onofrio F (1993) Pharmacologic doses of vitamin E improve insulin action in healthy subjects and non-insulin-dependent diabetic patients. *Am J Clin Nutr* 57: 650-656.
- Prakash P, Krinsky NI, Russell RM (2000) Retinoids, carotenoids, and human breast cancer cell cultures: a review of differential effects. *Nutr Rev* 58: 170-176.
- Rader DJ (2000) Inflammatory markers of coronary risk. *N Engl J Med* 343: 1179-1182.
- Renehan AG, Roberts DL, Dive C (2008) Obesity and cancer: pathophysiological and biological mechanisms. *Arch Physiol Biochem* 114: 71-83.
- Rokling-Andersen MH, Reseland JE, Veierod MB, Anderssen SA, Jacobs DR, Jr, Urdal P, Jansson JO, Drevon CA (2007) Effects of long-term exercise and diet intervention on plasma adipokine concentrations. *Am J Clin Nutr* 86: 1293-1301.
- So WY, Jun TW, Choi DH, Yoon YJ, Kim BM, Seo HY, Eom WS, Kim KL, Park ST, Chang HK, Seo DI, Kim SH, Sung DJ, Lee HJ (2009) The association of life style-related factors with hypertension for Korean men. *Korean J Sports Medicine* 27: 137-143.
- Stephensen CB, Gildengorin G (2000) Serum retinol, the acute phase response, and the apparent misclassification of vitamin A status in the third National Health and Nutrition Examination Survey. *Am J Clin Nutr* 72: 1170-1178.
- Strandberg L, Lorentzon M, Hellqvist A, Nilsson S, Wallenius V, Ohlsson C, Jansson JO (2006) Interleukin-1 system gene polymorphisms are associated with fat mass in young men. *J Clin Endocrinol Metab* 91: 2749-2754.
- Suh YS, Lee IK, Kim DH (2007) Proinflammatory cytokines and insulin resistance in nonobese women with high body fat and low fat free mass. *Diabetes & Metabolism J* 31: 136-143.
- Talwar D, Ha TK, Scott HR, Cooney J, Fell GS, O'Reilly DS, Lean ME, McMillan DC (1997) Effect of inflammation on measures of antioxidant status in patients with non-small cell lung cancer. *Am J Clin Nutr* 66: 1283-1285.
- The Korean Nutrition Society[KNS] (2010) Dietary reference intakes for Koreans. p 2-7.
- Thompson HJ, Heimendinger J, Haegele A, Sedlacek SM, Gillette C, O'Neill C, Wolfe P, Conry C (1999) Effect of increased vegetable and fruit consumption on markers of oxidative cellular damage. *Carcinogenesis* 20: 2261-2266.
- Warstedt K, Furuholm C, Duchén K, Fälth-Magnusson K, Fagerås M (2009) The effects of omega-3 fatty acid supplementation in pregnancy on maternal eicosanoid, cytokine, and chemokine secretion. *Pediatr Res* 66: 212-217.
- Watzl B, Kulling SE, Moseneder J, Barth SW, Bub A (2005) A 4-wk intervention with high intake of carotenoid-rich

- vegetables and fruit reduces plasma C-reactive protein in healthy, nonsmoking men. *Am J Clin Nutr* 82: 1052-1058.
- Wild AC, Mulcahy RT (2000) Regulation of gamma-glutamyl-cysteine synthetase subunit gene expression: insights into transcriptional control of antioxidant defenses. *Free Radic Res* 32: 281-301.
- Yagi K (1998) Simple procedure for specific assay of lipid hydroperoxides in serum or plasma. *Free Radical and Antioxidant Protocols* 108: 101-106.
- Zhao G, Etherton TD, Martin KR, Gillies PJ, West SG, Kris-Etherton PM (2007) Dietary alpha-linolenic acid inhibits proinflammatory cytokine production by peripheral blood mononuclear cells in hypercholesterolemic subjects. *Am J Clin Nutr* 85: 385-391.

---

접 수: 2011년 7월 19일  
최종수정: 2011년 10월 20일  
채 택: 2011년 10월 25일