

## 서울지역 일부 성인 여성에서 혈청 Ferric Reducing Antioxidant Power와 대사 위험요인간의 상관성에 대한 연구

곽호경 · 이미숙<sup>1)</sup> · 임소영<sup>2)</sup> · 윤 선<sup>2)\*</sup>

한국방송통신대학교 가정학과, <sup>1)</sup>(주)코어메드, <sup>2)</sup>연세대학교 식품영양학과

### Relationship between Ferric Reducing Antioxidant Power and Metabolic Risk Factors in Korean Women Living in Seoul

Ho-Kyung Kwak, Mee-Sook Lee<sup>1)</sup>, So-Young Lim<sup>2)</sup>, Sun Yoon<sup>2)\*</sup>

Department of Home Economics, Korea National Open University, Seoul, Korea

<sup>1)</sup>CoreMed Co. Ltd., Healthcare Company, Seoul, Korea

<sup>2)</sup>Department of Food and Nutrition, Yonsei University, Seoul, Korea

#### Abstract

The present study was conducted to examine metabolic risk factors and total antioxidant capacity (TAC) of Korean females living in Seoul and to investigate the relationship between the metabolic risk factors and serum TAC. A total of 353 females aged between 20 and 64 participated in the study. Obesity indicators, blood pressure, serum lipid profile and fasting blood glucose were measured as metabolic risk factors. Ferric reducing antioxidant power (FRAP) assay was employed to determine serum TAC of subjects. Obesity indicators such as body mass index, waist circumference and waist-hip ratio were significantly higher in the participants aged  $\geq 50$  y (older group) than in the participants aged 20-49 y (younger group) ( $p < 0.001$ ). Blood pressure, serum total cholesterol (TC), triglyceride (TG) and fasting blood glucose were also significantly higher in the older group than in the younger group ( $p < 0.001$ ), demonstrating significant positive correlations between age and MS risk factors. The association between FRAP and MS risk factors were also investigated. FRAP values showed significant positive correlations with age ( $p = 0.001$ ), serum TG ( $p = 0.002$ ) and TC ( $p = 0.03$ ). A tendency of positive association between FRAP and waist circumference was observed without any significant difference ( $p = 0.06$ ). Increased serum FRAP with central obesity and serum lipids may be interpreted as results of activation of antioxidant defense system against oxidative stress induced by metabolic syndrome (MS) constituent factors. However, to verify the function of FRAP as a potential biomarker of susceptibility to MS various contributors to the plasma antioxidant capacity and their biological relevance related to MS should be elucidated further. (*Korean J Community Nutrition* 13(1) : 91~99, 2008)

**KEY WORDS** : ferric reducing antioxidant power · metabolic syndrome · obesity · cholesterol · triglyceride

#### 서론

혈중 총 항산화능은 체내의 총괄적인 유해산소 중화능력을 평가하기 위해 oxygen radical absorbance capacity (ORAC), trolox-equivalent antioxidant capacity

(TEAC), ferric reducing antioxidant power (FRAP) 등과 같은 방법으로 측정되고 있다(Cao & Prior 1998). 그 중 Benzie & Strain(1996)에 의해 개발된 FRAP assay는 초기에는 Ferric Reducing Ability of Plasma 로 정의 내려졌지만 현재는 Ferric Reducing/Antioxidant Power(Benzie & Strain 1999)로 용어가 재정립 되었다. 이 방법은 저렴하며, 실험 조작이 간편하여 반복 시행이 용이한 방법으로 혈액(Benzie 등 1999, Rizvi 등 2006)뿐 아니라 식품의 항산화 활성(Benzie & Szeto 1999; deGraft-Johnson 등 2007) 등을 측정하는 방법으로 이용 범위가 확대 되었다.

체내에 축적되는 산화 스트레스는 노화뿐만 아니라 당뇨,

접수일: 2007년 12월 26일 접수

채택일: 2008년 2월 12일 채택

\*Corresponding author: Sun Yoon, Department of Food and Nutrition, Yonsei University, Seoul, Korea

Tel: (02) 2123-3119, Fax: (02) 2123-3115

E-mail: snkim@yonsei.ac.kr

심혈관계 질환과 같은 만성 질병의 한 요인이라는 것은 널리 알려진 사실이다(Baynes 1991; Redón 등 2003; Touyz 2003). 따라서 혈중 총 항산화능을 측정하는 것은 산화 스트레스에 의한 체내 대사 변화를 간접적으로 평가 할 수 있는 지표가 될 수 있다. 이에 혈청의 항산화 활성을 측정하는 FRAP 방법이 개발되어 많은 연구에서 사용되고 있다. 여러 연구에서 FRAP 방법으로 측정된 항산화능이 연령의 증가나 대사성 질환을 가진 경우 유의적으로 감소함이 보고되었다. Rizvi 등(2006)의 연구에 의하면 18세에서 85세 사이의 대상자에서 연령의 증가와 함께 FRAP이 유의적으로 낮아졌다. 또한 70세 이상 노인들의 혈중 총 항산화능이 55~70세 성인에 비해 유의적으로 낮았으며, 이러한 결과는 연령의 증가와 함께 산화스트레스가 증가하였기 때문으로 추정되었다(Andriollo-Sanchez 등 2005). FRAP으로 측정된 혈중 총 항산화능이 고혈압(Kashyap 등 2005; Rodrigo 등 2007), 관상동맥질환(Mutlu-Türkoğlu 등 2005), 당뇨(Kuppusamy 등 2005b) 환자에서 정상인에 비해 낮았음이 보고된 바 있다. 또한 대사증후군 환자의 경우 정상인에 비해 DNA의 산화적 손상 및 LDL 산화가 증가하는 등 산화스트레스가 증가하는 것은 잘 알려져 있으며(Van Guilder 등 2006; Cangemi 등 2007) 이와 함께 혈중 총 항산화능 역시 정상인에 비해 낮았음이 보고되었다(Demirbag 등 2006).

그러나 이와는 달리 FRAP으로 측정된 혈중 항산화능이, 질병이 있을 경우 증가한다는 연구 결과도 보고되고 있다. 여러 연구 결과 노인성 황반변성 환자(Nowak 등 2003), 말기 신장병 환자(Kuppusamy 등 2005a), 당뇨병 환자(Astaneie 등 2005) 등에서 정상인에 비해 FRAP으로 측정된 혈중 총 항산화능이 유의적으로 증가함이 보고되었다. 또한 FRAP을 포함한 ORAC, TEAC으로 측정된 혈중 총 항산화능이 비만도, 혈중 콜레스테롤 수준과 같은 대사 위험요인과 양의 상관관계를 가지고 있음이 보고된 바 있다(Kim 등 2000; Collins 등 2004; Kwak and Yoon 2005; Sharifian 등 2005). 그러나 몇몇 연구에서는 혈중 총 항산화능이 연령, 고혈압 등과 유의적인 상관성을 보이지 않았다(Rosell 등 1999; Vasalle 등 2004).

노화 및 만성질환의 요인이 되고 있는 산화스트레스에 대한 관심과 함께 체내 항산화 상태를 간접적으로 나타내는 혈중 총 항산화능 측정이 많은 연구에서 시도되고 있으나, 연구 결과에 일치가 이루어지고 있지 않고 있는 실정이다. 또한 국외 여러 연구들이 다양한 방법으로 혈중 총 항산화능 측정 결과를 제시하고 있으나 한국인을 대상으로 한 연구에서는 많은 경우 상품으로 개발되어 있는 Total Antioxidant Status(TAS)를 이용한 TEAC 방법이 널리 이용되고 있다

(Kim 등 2000; Kim 등 2003; Lee 2004; Bae 2006). 반면 FRAP을 이용한 총 항산화능 측정은 일부 연구에서만 수행되고 있어(Kim 등 2006) FRAP으로 측정된 한국인의 총 항산화능 평가 연구는 부족한 실정이다. 이에 본 연구에서는 저렴하며 조작성 간편한 FRAP 방법으로 총 항산화능을 측정하여 FRAP으로 측정된 한국인의 총 항산화능 평가 자료를 제공하고자 하였다. 본 연구에서는 또한 서울 지역에 거주하고 있는 20세 이상 일부 성인 여성을 대상으로 대사증후군 요소를 포함하는 여러 대사 위험요인들에 대한 평가 자료를 제공하고, 연령의 증가가 이들 요인들과 FRAP에 미치는 영향을 평가 하였다. 또한 혈중 항산화 상태를, 대상자의 비만도, 혈압, 혈중 지질 패턴과 비교함으로써, FRAP과 대사증후군 위험요소와의 관련성도 규명 하였다.

## 조사대상 및 방법

### 1. 조사대상자

본 연구의 대상자는 2004년 10월과 12월 사이 실시한 서울 강남 소재 백화점의 우수고객을 위한 건강검진 서비스를 통해 검진을 받은 여성 중 20세 이상 65세 미만의 성인 여성 일부를 무작위로 선정하였다. 대상자로 선정한 358명의 연령에 따른 대사 위험요인 및 총 항산화능의 차이를 살펴보기 위하여, 대상자들을 한국인 영양섭취 기준(Dietary Reference Intakes For Koreans 2005)에서 분류한 연령군을 참고하여, 20세 이상 50세 미만과 50세 이상 65세 미만의 여성으로 구분하여 비교하였다.

### 2. 신체 계측, 혈압 측정 및 체질

모든 대상자들의 신장과 체중은 신장계와 체중계를 이용하여 측정하였고, 이를 이용하여 체질량지수(Body Mass Index: BMI)를 계산하였다. 허리둘레와 엉덩이 둘레를 측정하여, 허리-엉덩이 둘레비율(Waist Hip Ratio: WHR)을 계산하였다. 혈압은 2분 이상 휴식을 취하게 한 후 혈압계를 사용하여 수축기와 이완기 혈압을 측정하였다. 채혈을 하기 전 12시간 정도 공복상태를 유지하도록 한 후 상완정맥으로부터 혈액을 채취하고, 4°C에서 15분 간 원심 분리하여 혈청을 분리하였다. 분리한 혈청은 분석 전 까지 -80°C에서 냉동 보관하였다.

### 3. 생화학적 분석

총 콜레스테롤(Total Cholesterol: TC), LDL-콜레스테롤(Low Density Lipoprotein Cholesterol), HDL-콜레스테롤(High Density Lipoprotein Cholesterol),

중성 지방(Triglyceride: TG) 및 혈당은 자동 혈액 생화학 분석기(ADVIA 1650 Chemistry System, Bayer HealthCare LLC, Germany)를 이용하여 정량하였다. 혈중 총 항산화능은 Benzie & Strain(1996)의 방법을 일부 수정한 Ferric Reducing Antioxidant Power (FRAP) 방법을 이용하였다. 사용되는 시약은 300 mM sodium acetate buffer(pH 3.6), TPTZ reagent, 20 mM FeCl<sub>3</sub> 용액으로, 10 : 1 : 1의 비율로 혼합하여, 37°C에서 15분간 incubation한 후 사용하였다. TPTZ reagent는 10 mM의 TPTZ(2,4,6-tri(2-pyridil)-s-triazine, Fluka)를 40 mM HCl에 용해시켜 제조하였다. 표준물질로 수용성 비타민 E 유사체인 Trolox(6-hydroxyl-2,5,7,8,-tetramethylchroman-2-carboxylic acid)를 사용하였다.

표준물질, 희석시킨 혈청과 pre-warmed working FRAP reagent를 각각 96-well plate에 분주한 후 약 15분간 incubation 시키고 microplate 분석기(Victor, PerkinElmer LAS, USA)를 이용하여 550 nm에서의 흡광도를 측정하였다. Trolox를 사용하여 얻은 표준 곡선으로부터 각 혈청의 항산화능을 trolox equivalent로 환산하였다. 실험에 사용한 모든 시약 제조와 시료의 희석 시에 Chelex-treated(2 g/L) De-ionized Milli-Q water를 사용하였다.

4. 자료 분석 및 통계처리

수집된 자료는 SPSS for windows(v 12.0 SPSS Inc., Chicago)를 이용하여 평균과 표준편차를 구하였다. 연령 간의 차이를 비교하기 위해 20~49세의 여성군과 50~64세 여성군간의 유의성 검증은 독립표본 t-검정을 통하여 분석하였다. 총 항산화능과 각 계측 간의 관련성은 Pearson의 상관계수로 분석하였다. 통계적인 유의성 검증은 p < 0.05 수준에서 실시하였다.

결 과

1. 조사대상자

본 연구 대상자 358명의 연령별 차이를 비교하기 위해 나눈 두 군 중 20세 이상 50세 미만의 여성군은 총 203명으로 20~29세 여성 9명, 30~39세 여성 72명, 40~49세 여성 122명으로 구성되었다. 50세 이상 65세 미만의 여성군은 총 155명으로 50~59세 여성 122명, 60~64세 여성 33명으로 구성되었다.

2. 신체계측 및 혈압

연구 대상자의 신체 계측 결과 및 혈압은 Table 1에 제시하였다. 대상자 중 20세 이상 50세 미만의 대상자와 50세 이상 65세 미만의 대상자 간의 신체 계측치는 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 평균 신장은 50세 미만의 여성군에서 높은 반면 평균 체중은 50세 이상의 여성군에서 유의적으로 높게 나타났다. 따라서 체중(kg)을 신장(m)의 제곱으로 나눈 체질량지수(BMI)는 50세 미만의 여성에 비해 50세 이상의 여성에서 유의적으로(p < 0.001) 높았다. 체질량지수가 30 kg/m<sup>2</sup> 이상인 대상자는 총 5명이었으며, 이중 50대가 4명, 20대가 1명이었다. 체질량지수 25 이상 30 미만은 총 38명으로 그 중 60대가 11명, 50대가 13명, 40대가 9명, 30대가 4명, 20대가 1명이었다. 엉덩이 둘레는 50세 이상 145명과 20~49세 여성 189명이 측정에 참가하였다. 허리-엉덩이 둘레 비율로 비만도를 측정할 결과 50세 이상의 여성군에서 평균 허리-엉덩이 둘레비가 0.86으로, 20~49세 여성군의 0.82에 비해 유의적으로 높았다. 그러나 20세~49세 여성 중에도 64명(33.9%)이 허리-엉덩이 둘레비가 0.85를 넘었으며, 그 중 36명(19.0%)은 0.9 이상이었다. 평균 허리둘레 역시 50세 이상의 여성군에서 20~49세 여성군에 비해 유의적으로 높았다.

혈압은 수축기 혈압과 이완기 혈압 모두 50세 이상 군에서 유의적으로 높았으나, 평균 혈압은 정상 수준이었다(Table 1). 총 대상자 중 수축기 혈압이 140 mmHg 이상이거나, 이완기 혈압이 90 mmHg 이상인 사람이 25명(7.0%)으로,

Table 1. Anthropometric indicators and blood pressure

	All subjects (n = 358)	Younger group (n = 203)	Older group (n = 155)
		20 - 64 years	20 - 49 years
Height (cm)	160.0 ± 5.0 <sup>1)</sup>	161.3 ± 4.9	159.0 ± 5.3**
Weight (kg)	55.8 ± 7.8	54.5 ± 6.5	57.5 ± 9.0**
Body Mass Index (kg/m <sup>2</sup> )	21.7 ± 2.9	21.0 ± 2.5	22.7 ± 3.1**
Waist Circumference (cm)	76.6 ± 9.2	74.3 ± 6.5	79.5 ± 9.8**
Hip Circumference <sup>2)</sup> (cm)	92.0 ± 6.7	90.8 ± 6.1	93.5 ± 7.1**
Waist-Hip ratio <sup>2)</sup>	0.84 ± 0.08	0.82 ± 0.08	0.86 ± 0.08**
Systolic blood pressure (mmHg)	109.7 ± 12.9	106.3 ± 10.3	114.2 ± 14.6**
Diastolic blood pressure (mmHg)	70.9 ± 9.7	68.9 ± 8.7	73.6 ± 10.3**

1) Mean ± SD

2) n = 334 (younger group, n = 189; older group, n = 145)

\*\* : p < 0.001, significantly different from the younger group by independent samples t-test

그 중 40대 후반 여성 한 명을 제외하고는 모두가 50세 이상인 여성이었다. 30대 이상의 각 연령대별 혈압은 연령대가 증가할수록 수축기와 이완기 혈압 모두 증가하는 양상을 보였다.

**3. 생화학적 지표**

50세 이상의 여성군에서 20~49세 여성군에 비해, 혈중 총콜레스테롤, 중성 지방, LDL-콜레스테롤은 유의적으로 높았으며, HDL-콜레스테롤은 유의적으로 낮았다(Table 2). 50세 이상군의 평균 총콜레스테롤 농도는 202.3 mg/dL 이었다. 대상자 중 총 콜레스테롤 농도가 200 mg/dL 이상은 142명 (39.7%)이었다. 각 연령대 별로 60대가 21명, 50대가 58명, 40대가 42명, 30대가 16명, 20대가 2명 이었다. 중성 지방 농도의 경우 150 mg/dL 이상인 대상자는 53명 (24.8%)으로 그 중 60대가 8명, 50대가 24명, 40대가 16명, 30대가 3명 수준이었다. 대상자의 평균 HDL-콜레스테롤은 61.9 mg/dL로 연령군에 관계없이 정상 수준인 50 mg/dL 이상이였다. 그러나 대상자 중 60명 (16.8%)은 HDL-콜레스테롤 농도가 50 mg/dL 미만으로 60대, 50대, 40대, 30대에서 각각 21.2%, 19.7%, 17.2%, 6.9%로 연령 군이 증가할수록 정상보다 낮은 HDL-콜레스테롤 농도를 나타내는 비율이 높아졌다.

평균 공복혈당은 50세 이상의 여성군이 92.8 mg/dL, 50세 미만의 여성군이 85.7 mg/dL으로 모두 100 mg/dL 미만이었으나, 50세 이상 여성군의 평균 공복 혈당이 50세 미만의 여성군에 비해 약 8% 가량 높은 것으로 나타났다 (p = 0.018). 개인별로 살펴보면 공복혈당이 100 mg/dL 이상이 되는 대상자의 수는 51명 (14.3%)이었다. 각 연령

대별로 보면 60대가 5명, 50대가 20명, 40대가 19명, 30대가 5명 이었다.

혈중 평균 FRAP농도는 50세 미만 여성들에 비해 50세 이상의 여성군에서 유의적 (p < 0.001)으로 높았다. Fig. 1은 각 연령대별 FRAP의 분포를 보여주며 FRAP의 중간 값은 연령대가 증가할수록 유의적으로 증가하였다. 각 연령대별 평균 FRAP 수치를 살펴보면 60대에서 241.2 ± 75.9, 50대에서 238.1 ± 85.8, 40대에서 210.2 ± 65.3, 30대에서 207.5 ± 69.1, 20대에서 199.1 ± 49.5 μmol/L로 나타나 연령의 증가에 따라 평균 FRAP값이 점차적으로 증가하는 것을 볼 수 있다.

**4. 대사증후군과 FRAP**

본 연구에서는 한국 성인 여성들을 대상으로 허리둘레, 중성지방, HDL-콜레스테롤, 혈압, 공복혈당치를 분석하여, 대사증후군의 위험도를 평가하였다(Fig. 1). 현재 사용되고 있는 대사증후군 진단기준 중 미국 콜레스테롤 교육 프로그램 (National Cholesterol Education Program: NCEP)의 Adult Treatment Panel(ATP) III(NCEP-ATP III) (Expert Panel on Detection, Evaluation and Treatment of High Blood Cholesterol in Adults 2001)의 기준을 적용하여 1) 허리둘레 88 cm 이상, 2) 중성지방 150 mg/dL 이상, 3) HDL-콜레스테롤 50 mg/dL 미만, 4) 수축기 혈압 130 mmHg 이상 또는 이완기 혈압 85 mmHg 이상, 5) 공복혈당 110 mg/dL 이상과 같은 위험인자 중 3개 이상인 경우를 대사증후군으로 진단하였다. 그 결과 NCEP ATP III 기준에 의한 대사증후군은 총 16명으로 4.5%에 해당하였다. 이 중 60대의 9.1% (3명), 50대의 4.9% (6명), 40대의 5.7% (7명)가 대사증후군에 속하였으며, 30대와 20대 여성들은 여기에 해당하지 않았다. 한국인의 국민건강 · 영양 조사(2005년)에서 제시한 여성의 복부 비만 85cm 이상과 공복혈당 100 mg/dL 이상의 진단

Table 2. Biochemical measures

	All subjects (n = 358)	Younger group (n = 203)	Older group (n = 155)
	20 - 64 years	20 - 49 years	50 - 64 years
Total cholesterol (mg/dL)	192.7 ± 33.1 <sup>1)</sup>	185.4 ± 29.9	202.3 ± 34.6**
Triglyceride (mg/dL)	101.2 ± 65.0	87.3 ± 49.8	119.4 ± 77.1**
LDL-cholesterol (mg/dL)	110.9 ± 28.9	105.0 ± 26.2	118.5 ± 30.6**
HDL-cholesterol (mg/dL)	61.9 ± 13.2	63.1 ± 13.5	60.2 ± 12.6*
Glucose (mg/dL)	88.8 ± 25.2	85.7 ± 11.6	92.8 ± 35.6*
FRAP (μmol/L)	221.7 ± 75.7	208.8 ± 66.2	238.8 ± 83.8**

1) Mean ± SD  
\*: p < 0.05 \*\*: p < 0.001, significantly different from the younger group by independent samples t-test

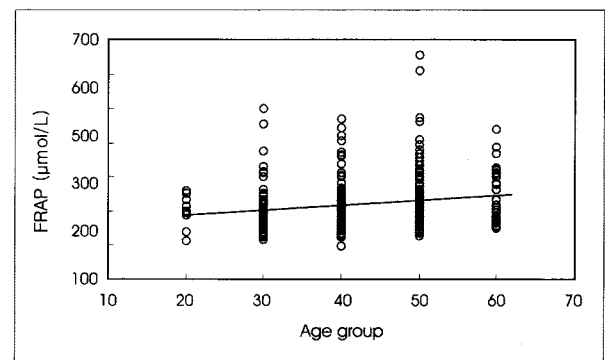


Fig. 1. Distribution of the serum FRAP in each age group.

Table 3. Pearson's correlation coefficients between measures

	Age	Weight	BMI	Waist Circumference	Waist-Hip ratio	Systolic blood pressure	Diastolic blood pressure	Total cholesterol	Triglyceride	LDL-cholesterol	HDL-cholesterol	Glucose
Weight	0.204**											
BMI	0.318**	0.897**										
Waist Circumference	0.319**	0.701**	0.713**									
Waist-Hip ratio	0.245**	0.259**	0.292**	0.775**								
Systolic blood pressure	0.303**	0.357**	0.376**	0.295**	0.163**							
Diastolic blood pressure	0.244**	0.360**	0.387**	0.259**	0.111*	0.867**						
Total cholesterol	0.274**	0.156**	0.197**	0.204**	0.132*	0.142**	0.109*					
Triglyceride	0.290**	0.322**	0.303**	0.335**	0.214**	0.225**	0.185**	0.300**				
LDL-cholesterol	0.249**	0.159**	0.207**	0.176**	0.100	0.084	0.067	0.901**	0.083			
HDL-cholesterol	-0.143**	-0.262**	-0.244**	-0.202**	-0.100	-0.053	-0.068	0.241**	-0.407**	0.003		
Glucose	0.124*	0.176**	0.206**	0.184**	0.137*	0.076	0.078	0.000	0.255**	-0.055	-0.134*	
FRAP	0.178**	0.032	0.079	0.098	0.054	0.041	-0.001	0.114*	0.165**	0.081	-0.054	0.017

\*: Correlation is significant at the 0.05 level  
 \*\*: Correlation is significant at the 0.01 level

기준을 본 연구 대상자에게 적용하였을 경우, 40대와 60대 여성 각각 한 명과 50대 두 명이 추가되어 5.6% (20명)가 대사증후군에 해당하였다. 대사증후군으로 판정된 여성들의 평균 FRAP은 262.9 ± 97.7 μmol/L로 대사증후군이 없는 여성들의 평균 FRAP 219.3 ± 73.6 μmol/L에 비해 20% 가량 높게 나타났다.

### 5. 상관관계

체질량지수, 허리둘레, 연령, 혈압 및 생화학적 지표들과 FRAP과의 상관관계는 Table 3과 같다. FRAP으로 측정된 혈중 총 항산화능은 연령 (p = 0.001), 총콜레스테롤 농도 (p = 0.03), 중성지방 농도 (p = 0.002)와 유의적인 양의 상관관계를 보였다. 비만도와 관계에서 혈청의 FRAP값은 허리둘레와의 양의 상관성을 나타내었으나 통계적으로 유의하지는 않았다 (p = 0.06).

## 고 찰

비만을 측정하기 위해 본 연구에서는 체중과 신장, 허리둘레를 측정하였으며, 체질량지수와 허리-엉덩이 둘레비를 구하였다. 체질량지수의 경우 60~64세 대상자의 33%, 50~59세의 14%, 40~49세의 7%, 30~39세 대상자의 6%가 체질량지수 25 kg/m<sup>2</sup> 이상으로 나타났다. 이는 2005년 국민건강·영양조사에서 나타난 체질량지수 25 kg/m<sup>2</sup> 이상의 비율인 60~69세 47%, 50~59세 43%, 40~49세

29%, 30~39세 20%에 비해 낮은 양상을 보였다. 본 연구에 참여한 30대~60대 여성의 평균 비만도 역시 2005년 국민건강·영양조사에서 나타난 한국 여성의 평균 체질량지수보다 낮았다. 복부비만에 대한 진단기준은 다양하여, NCEP-ATP III에서는 허리둘레 ≥ 88 cm, 세계보건기구(WHO) 아시아-태평양 지역의 비만에 대한 기준(WHO West Pacific Region 2000)에서는 여성의 경우 허리둘레 ≥ 80 cm으로 발표한 바 있다. 본 연구 대상자들의 경우 아시아-태평양 복부비만기준에서 133명 (37%)이 복부 비만임을 알 수 있었다. 그 중 60대 여성 대상자의 복부 비만율이 67%로 가장 높았다. 2005년 국민건강·영양조사에서 여성의 복부 비만 진단으로 사용한 허리둘레 85 cm 이상의 기준에 의하면, 본 연구 대상자들의 복부 비만율은 17%로, 국민건강·영양조사에서 나타난 20세 이상 여성 복부 비만율인 23.4%에 비해 낮은 경향을 나타냈다. 체질량지수와 허리둘레로 평가한 비만도 기준에 의하면 본 연구에 참여한 여성들의 전반적인 비만도가 한국여성의 평균 수준보다 낮은 것으로 보여 진다. 이는 본 연구의 대상자들이 경제적으로 여유로운 여성들로 체중 관리에 상대적으로 높은 관심을 가지고 있었던 것으로 그 이유를 추측해 볼 수 있다. WHO에서는 (Alberti & Zimmet 1998) 허리-엉덩이 둘레비 0.85 이상을 여성의 복부 비만 기준으로 제시하였다. 본 연구에 참여한 50세 이상 여성들의 평균 허리-엉덩이 둘레비는 0.86으로, WHO에서 복부비만 기준으로 제시한 0.85보다 높았다. 50세 이상 여성 대상자중 52% (76명)가 허리-엉덩이

둘레비 0.85 이상인 복부 비만이었으며, 그 중 29% (45명)가 허리-엉덩이 둘레비 0.9 이상으로 고도 비만에 속하였다. 50세 미만 여성군의 평균 허리-엉덩이 둘레비는 0.85 미만으로 나타났으나, 이 중 34%가 WHO 대사증후군 기준에 의해 복부 비만을 알 수 있었다. 본 연구 대상자들의 비만도는 체질량지수보다는 허리 둘레나, 허리-엉덩이 둘레비 기준으로 평가 하였을 때 비만도가 더 높게 나타났다. 따라서 본 연구에 참여한 한국인 성인 여성들의 경우 생활 습관 수정을 통하여, 대사증후군 위험 인자인 복부 비만을 낮추어야 할 것으로 평가된다.

본 연구 대상자 전체의 평균 혈압은 수축기 혈압과 이완기 혈압 모두 정상 수준이었다. 고혈압( $\geq 140/90$  mmHg)인 여성은 전체 대상자의 7% 정도로, 2005년 국민건강·영양조사에서 나타난 20대 이상 성인 여성의 고혈압 유병율인 21%보다 낮았다. 본 연구 대상자 중 30대 이상 여성의 평균 혈압은 정상 수준이었다. 그러나 연령이 증가할수록 수축기와 이완기 혈압이 증가하는 양상을 보였다. 이는 2005년 국민건강·영양조사에서 나타난 결과와 유사하였다. 우리나라 성인 여성의 평균 혈압(2005년 국민건강·영양조사)과 비교해 보면, 본 연구 대상자 중 20대의 평균 혈압은 약 7% 높았고, 30대의 평균 혈압은 비슷한 수준이었으며, 40~60대 평균 혈압은 2005년 국민건강·영양조사의 결과에 비해 6~10% 낮았다.

혈중 총 콜레스테롤, 중성 지방, LDL-콜레스테롤은 50세 이상의 여성군에서 50세 미만인 여성군에 비해 유의적으로 높아, 연령 증가에 따른 고지혈증의 위험을 나타냈다. 이는 선행연구(Park 등 1993; Ahn 등 2005; Ministry of Health and Welfare 2007)에서 보고된 결과와 유사하였다. 본 연구 대상자 중 50세 이상 여성의 평균 총 콜레스테롤 농도는 202.3 mg/dL로, 2005년 국민건강·영양조사에서 나타난 201 mg/dL와 유사한 수준이었으나, 50세 미만 여성의 총 콜레스테롤 농도는 185.4 mg/dL로 국민건강·영양조사의 결과에 비해 높은 경향을 나타냈다. 반면 평균 중성지방 농도는 20~49세가 87.3 mg/dL, 50세 이상 여성군은 119.4 mg/dL로, 2005년 국민건강·영양조사에서 나타난 20~40대 여성과 50대 이상 여성의 평균 중성 지방 농도에 비해 낮았다. 2005년 국민건강·영양조사 결과 전체 연령대의 평균 HDL-콜레스테롤이 50 mg/dL에 미치지 못한 것과는 달리, 본 연구 대상자의 평균 HDL-콜레스테롤 농도는 61.9 mg/dL로서 기준치 보다 높게 나타났다. 본 연구 대상자들의 평균 혈중 중성 지방이나 HDL-콜레스테롤 농도는 정상 범위 내에 있음을 알 수 있었다.

본 연구 대상자의 평균 공복 혈당은  $88.8 \pm 25.2$  mg/dL

로, 2005년 국민건강·영양조사에서 보고된 20세 이상 여성 평균 공복 혈당인  $92.2 \pm 0.5$  mg/dL에 비하여 3~10% 가량 낮은 것으로 나타났다. 또한 연령대가 증가함에 따라 공복 혈당도 높아졌다.

본 연구에 참여한 성인 여성들의 경우 허리둘레, 중성지방, HDL-콜레스테롤, 혈압, 공복 혈당 등의 측정치로 추정된 대사증후군 유병률은 선행 연구 결과(Kim 2000, Ministry of Health and Welfare 2007) 들과 유사하거나, 낮은 경향을 보였다. 따라서 경제적으로 여유롭고 체중 관리가 상대적으로 양호한 본 연구 대상자들의 경우 한국 평균 여성에 비하여 대사증후군의 위험 요소들을 상대적으로 적게 가지고 있는 집단으로 평가된다.

본 연구에서는 대사증후군으로 판정된 여성들의 혈청 FRAP 측정치가 대사증후군이 없는 여성들의 평균 FRAP 측정치에 비해 20% 가량 높게 나타났다. 몇몇 선행 연구에서는 고혈압(Kashyap 등 2005), 관상동맥질환(Mutlu-Türkoğlu 등 2005), 당뇨(Kuppusamy 등 2005b) 등과 같은 질병을 가지고 있는 경우 혈청 FRAP 값이 감소하였다고 보고하였다. 그러나 질병 상태에 따른 이러한 선행연구 결과를 대사 위험요인을 적게 가지고 있던 본 연구 집단의 결과와 직접적으로 비교하기는 어려울 것으로 사료된다. 반면 건강한 성인을 대상으로 한 Collins 등(2004)과 Sharifian 등(2005)의 연구에서는 대사증후군 위험 요인들과 혈중 총 항산화능간에 양의 상관성이 있다는 결과를 보고하여 본 연구 결과와의 유사점을 일부 발견할 수 있다.

본 연구에서는 여성들의 혈청 총 콜레스테롤, 중성 지방 농도가 혈청 FRAP 측정치와 유의적인 양의 상관관계를 나타냈다. Collins 등(2004)도 건강한 중년 성인 남녀를 대상으로 라이코펜의 섭취가 혈중 항산화 상태와 콜레스테롤 농도에 미치는 영향을 연구한 논문에서 혈중 FRAP값과 총 콜레스테롤 농도가 유의적인 양의 상관성을 나타냈다고 보고하였다. 또한 혈중 FRAP의 증가가 지질 과산화물인 MDA의 혈중 농도와도 양의 상관관계가 있다고 밝혔다. 그러나 다른 연구에서는 영양 보조제 투여 후 중년 남성에서 FRAP 값은 증가하였으나, MDA 농도는 감소하였으며(Nagyova 등 2004), 운동 후 콜레스테롤 농도와 MDA 농도는 증가하였으나 FRAP은 유의적인 차이가 없었다는(Pialoux 등 2006) 결과들이 보고되었다. 따라서 콜레스테롤 농도, 지질과산화물, 혈중 총 항산화능과의 상관성에 대해서는 결과가 일치되지 않고, 지속적인 연구를 통하여 규명해야 할 문제로 남아 있다.

총 항산화능과 비만과의 관계에서 Sharifian 등(2005)은 건강한 성인 남성의 경우 체질량지수와 혈청 FRAP 측정치

간에 유의적인 양의 상관관계를 보여 주었다. 그러나 본 연구에서는 FRAP은 허리둘레로 측정된 복부 비만과는 양의 관련성을 보였으나, 체질량지수와는 유의적인 관련성을 나타내지 않았다. 여러 선행 연구들에서 혈중 uric acid 농도가 체중 과다나 체지방 증가와 양의 상관성을 가지고 있음이 보고된 바 있다(Kim 등 2000; Hikita 등 2007). 혈중 uric acid는 FRAP 방법에 의한 혈청 항산화능에 가장 큰 영향을 주는 물질로 그 기여도가 60% 이상으로 알려져 있다(Benzie & Strain 1996; Cao & Prior 1998). 따라서 혈중 uric acid가 본 연구의 FRAP 측정치에도 크게 기여했을 것이라고 추측된다. Hikita 등(2007)은 내장 지방, 피하지방, 혈청 중성 지방 모두가 혈청 uric acid 농도와 양의 상관관계를 보였으며, 특히 내장 지방의 증가와 함께 혈청 uric acid 농도가 유의적으로 증가하였음을 보고하였다. 본 연구에서는 혈청 uric acid 농도를 측정하지는 않았으나, 대상자들의 혈청 FRAP 측정치가 허리둘레와 양의 관련성을 보였으며, 이는 복부 지방 증가와 관련된 혈중 uric acid 증가가 원인으로 작용했을 가능성을 간과할 수 없을 것이다. 또한 본 연구 결과 나타난 FRAP 측정치와 중성 지방간의 유의적인 양의 상관관계( $p < 0.005$ )도 혈청 uric acid 농도 증가에 따른 결과로 추측이 되나 후속 연구에서 uric acid와의 관련성에 대한 좀더 자세한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

본 연구에서는 연령의 증가에 따라 FRAP이 유의적으로 증가하였으며, 50대 이상의 여성군에서 50대 미만의 여성군에 비해 14% ( $p < 0.001$ ) 높게 나타났다. 이는 Mutlu-Türkoğlu 등(2003)과 Rizvi 등(2006)의 연구에서 연령과 FRAP 간에 유의한 음의 상관관계가 관찰된 것과는 정반대의 결과이다. 그 밖의 선행연구들에서도 40세 미만의 젊은 층에 비해 61~85세 연령층에서, 55~70세 대상자에 비해 70~85세 노인층에서 FRAP이 유의하게 낮아졌음이 보고되었다(Mutlu-Türkoğlu 등 2003, Andriollo-Sanchez 2005). 그러나 이들 연구의 대상 노인층의 연령이 본 연구에서 대상으로 한 65세 미만의 연령대에 비해 높다는 차이가 있다. 평균 연령 37세의 남성을 대상으로 한 Sharifian 등(2005)의 연구에서는 본 연구 결과와 유사하게 연령의 증가와 함께 FRAP이 증가하였다. 이와 같이 각 연구들 간에 연령과 FRAP과의 관련성에서 상이한 결과들이 보고되고 있다. 이는 대상 연령대, 비만여부, 혈중 항산화 물질 등과 같은 여러 인자들이 FRAP으로 측정된 혈중 총 항산화능에 영향을 미치고 있기 때문으로 해석된다. 그러므로 노화가 산화스트레스와(Andriollo-Sanchez 등 2005), 혈중 총 항산화능에 미치는 영향을 규명하기 위해서는 관련되는 여러 요인들에 대한 체계적인 연구가 지속적으로 수행 되어야 한다.

본 연구에서 20~64세 여성들을 대상으로 측정된 혈청 FRAP 수치의 범위는 100~650  $\mu\text{mol/L}$ 이었다. 이는 고혈압 환자와 정상 혈압 대상자의 평균 혈장 FRAP 수치가 약 270~350  $\mu\text{mol/L}$  수준으로 나타난 Lopes 등(2003)과 307~420  $\mu\text{mol/L}$ 의 평균 FRAP 수치를 보인 Rodrigo 등(2007)의 연구 대상자들과 유사한 결과였다. 그러나 중년층을 대상으로 측정된 FRAP의 평균치가 760  $\mu\text{mol/L}$  수준이었던 Collins 등(2004)의 결과나 젊은 층과 노인층의 평균 FRAP 수치가 각각 1040, 889  $\mu\text{mol/L}$ 이었던 Mutlu-Türkoğlu 등(2003)의 결과에 비해서는 낮았다. 또한 건강한 중국 성인의 FRAP 수치 범위인 600~1600  $\mu\text{mol/L}$ (Benzi & Strain 1996)에 비해서도 낮은 결과이다. 각 연구에서 나타난 혈청 FRAP 수치의 차이는 연구 대상자들의 특성뿐 아니라 실험 조건의 차이에서 기인된 것으로 추측된다. 따라서 연구 결과 간의 FRAP 수준의 비교 분석을 위해서는 혈청 FRAP 수치에 영향을 미치는 요인 분석과 함께 실험 방법의 표준화가 요구된다.

## 요약 및 결론

본 연구에서는 20세 이상 65세 미만의 한국 성인 여성을 대상으로 대사 위험요인으로 비만도, 혈압, 혈중 지질 및 공복혈당을 측정하고, 각각의 요인들과 FRAP 방법을 이용하여 측정된 혈중 총 항산화능과의 상관성을 분석하였다. 또한 전체 대상자를 50세 미만(203명)과 50세 이상(155명)으로 구분하여 연령 증가에 따른 대사 위험요인과 혈청 총 항산화능의 차이를 연구하였다. 본 연구 결과를 다음과 같이 요약하였다.

1) 50세 미만에 비해 50세 이상의 여성군에서 체중, 체질량지수, 허리둘레, 허리-엉덩이둘레비로 측정된 비만도가 모두 유의적으로 ( $p < 0.001$ ) 높았다. 체질량지수가 25  $\text{kg}/\text{m}^2$  이상인 여성의 비율은 연령이 증가함에 따라 증가하여, 50세 미만에서 10% 미만인데 비하여, 50~59세 연령군에서는 14%, 60~64세에서는 33%로 나타났다. 허리둘레가 85 cm 이상인 대상자의 비율도 연령이 증가함에 따라 30대 10%, 40대 12%, 50대 20%에서 60~64세 연령군 45%로 증가하여, 연령 증가가 복부 비만 증가로 이어짐을 알 수 있었다.

2) 혈압, 혈중 지질, 공복혈당으로 살펴본 대사 위험요인들도 50세 이상의 여성군에서 모두 유의하게 ( $p < 0.05$ ) 높았다. 혈압은 90/140 mmHg 이상인 대상자 25명 대부분이 50세 이상이었다. 총 콜레스테롤 농도가 200 mg/dL 이상인 대상자는 20대와 30대에서 각각 22%, 40대 34%, 50

대 48%, 60대 64%로 연령에 따른 증가 현상이 뚜렷하였다. 혈중 중성지방 농도가 150 mg/dL 이상인 대상자는 30대 18%, 40대 13%, 50대 20%, 60대 24% 수준이었다. 평균 공복혈당도 50세 이상의 여성군에서 50세 미만 여성군에 비해 유의적으로 높았다. 그러나 연령별 공복혈당이 100 mg/dL 이상인 비율은 30대 7%, 40대 16%, 50대 16%, 60대 15%로 40세에서 64세까지 큰 차이가 없었다.

3) FRAP수치로 나타낸 혈중 총 항산화능은 50세 이상의 여성군에서 50세 미만 여성에 비해 유의적 ( $p < 0.001$ )으로 높았으며, 연령의 증가와 함께 혈청 FRAP수치가 증가하는 경향이였다. 혈청 FRAP 수치는 연령 ( $p = 0.001$ ), 중성지방 농도 ( $p = 0.002$ ), 총 콜레스테롤 농도 ( $p = 0.03$ )와 유의적인 양의 상관관계를 보여주었고, 허리둘레와는 유의적이지는 않으나 양의 관련성을 나타냈다 ( $p = 0.06$ ).

본 연구 대상자들은 2005년 국민건강·영양조사에서 발표한 결과에 비해 비만도 및 각각의 대사 위험요인들을 적게 가지고 있는 건강한 집단이다. 그러나 연령의 증가와 함께 대사 위험요인이 증가하는 것을 알 수 있었다. FRAP으로 측정한 혈중 총 항산화능은 연령과 복부 비만, 혈중 콜레스테롤 및 중성 지방 농도의 증가와 양의 상관성을 나타냈다. 또한 대사증후군이 있는 여성의 FRAP 수치는 대사증후군이 없는 여성에 비해 20% 가량 높게 나타났다. 이는 연령 및 대사증후군 위험요인들의 증가에 따른 산화스트레스에 대항하기 위하여 체내 항산화 방어능이 증가하였고, 그 결과가 혈중 총 항산화능의 상승으로 나타난 것으로 풀이된다. FRAP을 이용한 혈중 항산화능 측정법은 저렴하고, 실험 조작이 용이하며, 단시간에 많은 시료를 분석할 수 있는 신속한 방법이다. 그러나 다양한 건강 상태의 생체지표로서 FRAP의 유용성을 검증하기 위해서는 FRAP 수치에 영향을 주는 여러 요인들에 대한 체계적인 연구가 수행되어야 한다.

## 참 고 문 헌

- Ahn NY, Shin YJ, Kim KJ (2005): Blood lipids concentration and body composition as the different age in obese women. *J Korean Physical Edu Assoc for Girls and Women* 19(1): 55-65
- Alberti KG, Zimmet PZ (1998): Definition, diagnosis and classification of diabetes mellitus and its complications. Part I: diagnosis and classification of diabetes mellitus provisional report of a WHO consultation. *Diabet Med* 15(7): 539-553
- Andriollo-Sanchez M, Hininger-Favier I, Meunier N, Venneria E, O'Connor JM, Maiani G, Coudray C, Roussel AM (2005): Age-related oxidative stress and antioxidant parameters in middle-aged and older European subjects: the ZENITH study. *Eur J Clin Nutr* 59: S58-62
- Astancie F, Afshari M, Mojtahedi A, Mostafalou S, Zamani MJ, Larjani B, Abdollahi M (2005): Total antioxidant capacity and levels of epidermal growth factor and nitric oxide in blood and saliva of insulin-dependent diabetic patients. *Arch Med Res* 36(4): 376-381
- Bae HS (2006): Body mass index, dietary intake, serum lipids and antioxidant status of young females. *Korean J Comm Nutr* 11(4): 479-487
- Baynes JW (1991): Role of oxidative stress in development of complications in diabetes. *Diabetes* 40(4): 405-12
- Benzie IF, Strain JJ (1996): The Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) as a Measure of "Antioxidant Power": The FRAP Assay. *Anal Biochem* 239(1): 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
- Benzie IF, Szeto YT (1999): Total antioxidant capacity of teas by the ferric reducing/antioxidant power assay. *J Agric Food Chem* 47(2): 633-6
- Benzie IF, Szeto YT, Strain JJ, Tomlinson B (1999): Consumption of green tea causes rapid increase in plasma antioxidant power in humans. *Nutr Cancer* 34(1): 83-7
- Cangemi R, Angelico F, Loffredo L, Del Ben M, Pignatelli P, Martini A, Violi F (2007): Oxidative stress-mediated arterial dysfunction in patients with metabolic syndrome: Effect of ascorbic acid. *Free Radic Biol Med* 43(5): 853-859
- Cao G, Prior RL (1998): Comparison of different analytical methods for assessing total antioxidant capacity of human serum. *Clin Chem* 44(6): 1309-1315
- Collins JK, Arjmandi BH, Claypool PL, Perkins-Veazie P, Baker RA, Clevidence BA (2004): Lycopene from two food sources does not affect antioxidant or cholesterol status of middle-aged adults. *Nutr J* 3: 15
- deGraft-Johnson J, Kolodziejczyk K, Krol M, Nowak P, Krol B, Nowak D (2007): Ferric-reducing ability power of selected plant polyphenols and their metabolites: Implications for clinical studies on the antioxidant effects of fruits and vegetable consumption. *Basic Clin Pharmacol Toxicol* 100(5): 345-352
- Demirbag R, Yilmaz R, Gur M, Celik H, Guzel S, Selek S, Kocyyigit A (2006): DNA damage in metabolic syndrome and its association with antioxidative and oxidative measurements. *Int J Clin Pract* 60(10): 1187-1193
- Hikita M, Ohno I, Mori Y, Ichida K, Yokose T, Hosoya T (2007): Relationship between hyperuricemia and body fat distribution. *Intern Med* 46(17): 1353-1358
- Kashyap MK, Yadav V, Sherawat BS, Jain S, Kumari S, Khullar M, Sharma PC, Nath R (2005): Different antioxidants status, total antioxidant power and free radicals in essential hypertension. *Mol Cell Biochem* 277: 89-99
- Kim AJ, Kim HB, Bang IS, Kim SY (2006): The effects of mulberry fruit extract supplementation on the serum mineral contents and oxidative stress markers of middle-aged humans living in Choongnam area. *Korean J Food Sci Technol* 38(2): 284-289
- Kim SH, Chang MJ, Kee SG, Chang WS, Choi HH, Sung JH (2003): The effect of ginseng administration on malondialdehyde



- and total antioxidant status of the blood in human. *Korean J Physical Edu* 42(3): 661-668
- Kim SK, Park YS, Byon KE (2000): Comparison of the total antioxidant status and usual dietary intake in normal and overweight males. *Korean J Comm Nutr* 5(4): 633-641
- Kuppusamy UR, Indran M, Ahmad T, Wong SW, Tan SY, Mahmood AA (2005a): Comparison of oxidative damage in Malaysian end-stage renal disease patients with or without non-insulin-dependent diabetes mellitus. *Clin Chim Acta* 351(1-2): 197-201
- Kuppusamy UR, Indran M, Rokiah P (2005b): Glycaemic control in relation to xanthine oxidase and antioxidant indices in Malaysian Type 2 diabetes patients. *Diabet Med* 22(10): 1343-1346
- Kwak HK, Yoon S (2005): Relation of serum oxygen radical absorbance capacity with metabolic risk factors in human volunteers. *J Comm Nutr* 7(4): 215-219
- Lee SA, Woo JH, Paik IY (2004): Effects of cross application of endurance and resistance exercise on tissue damage and antioxidant system in soccer players and bodybuilders. *Exercise Science* 13(4): 423-434
- Lopes HF, Martin KL, Nashar K, Morrow JD, Goodfriend TL, Egan BM (2003): DASH diet lowers blood pressure and lipid-induced oxidative stress in obesity. *Hypertension* 41(3): 422-430
- Ministry of Health and Welfare (2007): The Third Korea National Health & Nutrition Examination Survey -Health Examination
- Mutlu-Türkoğlu Ü, Akalin Z, İlhan E, Yılmaz E, Bilge A, Nişancı Y, Uysal M (2005): Increased plasma malondialdehyde and protein carbonyl levels and lymphocyte DNA damage in patients with angiographically defined coronary artery disease. *Clin Biochem* 38: 1059-1065
- Mutlu-Türkoğlu Ü, İlhan E, Oztezcan 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
- Nagyova A, Krajcovicova-Kudlackova M, Horska A, Smolkova B, Blazicek P, Raslova K, Collins A, Dusinska M (2004): Lipid peroxidation in men after dietary supplementation with a mixture of antioxidant nutrients. *Bratisl Lek Listy* 105(7-8): 277-80
- Nowak M, Swietochowska E, Wielkoszyński T, Marek B, Karpe J, Górski J, Głogowska-Szeląg J, Kos-Kudła B, Ostrowska Z (2003): Changes in blood antioxidants and several lipid peroxidation products in women with age-related macular degeneration. *Eur J Ophthalmol* 13(3): 281-286
- Park YH, Rhee CS, Lee YC (1993): Distribution patterns of serum lipids by age and the relation of serum lipids to degree of obesity and blood pressure in Korean adults. *Korean J Lipid* 3(2): 165-180
- Pialoux V, Mounier R, Ponsot E, Rock E, Mazur A, Dufour S, Richard R, Richalet J-P, Coudert J, Fellmann N (2006): Effects of exercise and training in hypoxia on antioxidant/pro-oxidant balance. *Eur J Clin Nutr* 60(12): 1345-1354
- Redón J, Oliva MR, Tormos C, Giner V, Chaves J, Iradi A, Sáez GT (2003): Antioxidant activities and oxidative stress byproducts in human hypertension. *Hypertension* 41(5): 1096-1101
- Rizvi SI, Jha R, Maurya PK (2006): Erythrocyte plasma membrane redox system in human aging. *Rejuvenation Res* 9(4): 470-475
- Rodrigo R, Bächler JP, Araya J, Prat H, Passalacqua W (2007): Relationship between (Na + K)-ATPase activity, lipid peroxidation and fatty acid profile in erythrocytes of hypertensive and normotensive subjects. *Mol Cell Biochem* 303(1-2): 73-81
- Rosell M, Regnström J, Kallner A, Hellénus ML (1999): Serum urate determines antioxidant capacity in middle-aged men - a controlled, randomized diet and exercise intervention study. *J Intern Med* 246: 219-226
- Sharifian A, Farahani S, Pasalar P, Gharavi M, Aminian O (2005): Shift work as an oxidative stressor. *J Circadian Rhythms* 3:15 DOI:10.1186/1740-3391-3-15
- Touyz RM (2003): Reactive oxygen species in vascular biology : role in arterial hypertension. *Expert Rev Cardiovasc Ther* 1: 91-106
- Van Guilder GP, Hoetzer GL, Greiner JJ, Stauffer BL, Desouza CA (2006): Influence of metabolic syndrome on biomarkers of oxidative stress and inflammation in obese adults. *Obesity* 14(12): 2127-2131
- Vassalle C, Masini S, Carpegiani C, L'Abbate A, Boni C, Zucchelli GC (2004): In vivo total antioxidant capacity: comparison of two different analytical methods. *Clin Chem Lab Med* 42(1): 84-89
- World Health Organization, International Association for the study of Obesity & International Obesity Task Force (2000): The Asia-Pacific Perspective: Redefining obesity and its treatment, Health Communications Australia Pty Limited, Geneva