

울산 지역 당뇨 질환 노인의 항산화 영양소 섭취실태 및 혈액 항산화 영양상태

김 미 정 · 김 정 희[†]

서울여자대학교 식품과학부 식품영양학전공

Dietary Antioxidant Vitamins Intakes and Plasma Antioxidant Levels in Korean Elderly with Diabetes Living in Ulsan

Mi-Joung Kim, Jung-Hee Kim[†]

Department of Nutrition, College of Natural Sciences, Seoul Women's University, Seoul, Korea

Abstract

Diabetic mellitus in an older population is associated with increased basal oxidative stress and free radical accentuated by hyperglycemic challenge. Enhanced free radical in diabetic elderly can cause the oxidative damage and such damage can be protected by antioxidant defense system. It is believed that vitamin C, A and E are the most abundant and effective antioxidants in human plasma. The purpose of this study was to determine the antioxidant status in Korean diabetic elderly using the case-control study. The antioxidant status was examined by determining plasma levels of antioxidant vitamins (vitamin C, A, E, β -carotene), total antioxidant status (TAS) and thiobarbituric acid reactive substance (TBARS) and intakes of vitamin C, A, β -carotene and retinol. Fasting glucose and HbA1c levels and serum lipid profiles (triglyceride (TG), total cholesterol, HDL-cholesterol and LDL-cholesterol) were also determined. Diabetic subjects were 122 elderly persons over 60 years old, visiting public health center, and control subjects were 96 healthy elderly persons living in Ulsan, Korea and they were matched by age, gender, smoking and drinking status. The diabetic and control subjects were divided into sub-groups according to the status of using diet therapy and vitamin supplement. The subjects were interviewed to collect data on their general characteristics, disease history, vitamin supplement, diet therapy and health-related habits by questionnaires. Their dietary intakes were obtained by means of semi-quantitative food frequency questionnaires (SQFFQ). Fasting plasma glucose and HbA1c levels were significantly higher in diabetes than in control subjects, and plasma total cholesterol level of diabetes was not significantly different from that of control subjects. However serum HDL cholesterol level of diabetes was significantly lower and serum TG level of diabetes was significantly higher than those of control group. The average vitamin A and β -carotene intakes of diabetes were significantly higher than those of control subjects. There was no significant difference in plasma vitamin C, β -carotene, and TBARS levels between two groups, but plasma vitamin A, E and TAS levels were significantly higher in diabetes than those in control group. Plasma vitamin A and TAS levels of diabetic subjects using diet therapy were higher than those of control using diet therapy, and plasma vitamin E, β -carotene and TAS levels of diabetic subjects using vitamin supplements were significantly higher than those of controls using vitamin supplements. These results suggested that diabetic mellitus could enhance antioxidant defences against reactive oxygen species and interest in healthy eating such as consumption of more antioxidant nutrients. (*Korean J Community Nutrition* 13(2) : 276~287, 2008)

KEY WORDS : diabetes · elderly · TAS · vitamin A · vitamin C · vitamin E

접수일: 2008년 3월 27일 접수

채택일: 2008년 4월 14일 채택

*This study was supported by a grant of the Institute of Natural Sciences at Seoul Women's University in 2007

[†]**Corresponding author:** Jung Hee Kim, Department of Nutrition, College of Natural Sciences, Seoul Women's University, #126 Kongneung 2-dong, Nowon-gu, Seoul 139-774, Korea

Tel: (02) 970-5646, Fax: (02) 976-4049

E-mail: jheekim@swu.ac.kr

서론

우리나라의 노인인구는 급격히 증가되어 2000년 7.3%에서 2005년 9.3%로 29.5% 증가하였으며(Korean National Statistical Office 2005), 노인인구 비율의 증가 속도가 미국, 영국 등 다른 나라에 비해 매우 빠르게 진전되고 있어 고령화가 사회적 문제점으로 대두되고 있다. 이러한

인구 구조의 변화에 따라 노화와 함께 유병률이 증가하는 만성질환에 대한 관심이 증가되고 있어 노화와 관련된 산화스트레스와 만성질환에 대한 많은 연구들이 이루어지고 있다(Berlett & Stadtman 1997; Samiec 등 1998; Andriollo-Sanchez 등 2005).

만성질환 중 당뇨병은 우리나라 사망원인의 주요 질환으로 2005년 사망원인의 5위를 차지하고 있으며, 유병률이 증가추세에 있어 2001년에는 7.6%였던 당뇨병 유병률이 2030년에는 총 인구의 14.3%가 될 것으로 전망되고 있고, 연령이 증가할수록 유병률이 증가하고 있다(Ministry of Health and Welfare 2006). 당뇨병은 체내 혈당을 조절하는 인슐린의 절대적 혹은 상대적 부족으로 일어나는 질환으로 당뇨병자의 고혈당 상태는 활성산소의 생성을 증가시켜 체내 산화스트레스를 증가시키고(Peuchant 등 2004), 증가된 활성산소는 단백질의 당화과정과 포도당의 자동산화증가시킨다(Hunt 등 1990; Baynes 1991). 그러므로 당뇨병자에게서는 체내 지방, 단백질 및 DNA의 비정상적 대사가 초래되어 혈관의 손상이 일어나고, 혈중 콜레스테롤 농도와 지질과산화물이 증가되며, 혈액 응고 대사에 이상이 발생하는 것으로 알려져 있다(Saudek & Eder 1979; Paton & Passa 1983; Baynes 1991).

인체는 이러한 산화스트레스에 대응하기 위한 항산화 방어 체계를 가지고 있으며, 가장 잘 알려진 항산화 영양소는 비타민 A, C, E 및 β -carotene 등 항산화 비타민이다. 비타민 A의 활성형인 retinol은 자유라디칼의 반응으로부터 세포막을 보호하고, 지방산 산화나 지질과산화물의 생성을 억제하며(Mettlin 1984), 대표적 수용성 항산화제인 비타민 C는 다른 물질을 환원시키는 능력을 가지고 있어 활성산소를 직접 제거하고(Frei 등 1989), α -tocopherol의 산화된 형태를 재생시켜 주는 기능을 한다(Bowry 등 1995; Packer 1997). 또한, 비타민 E는 대표적인 지용성 항산화제로 세포막의 다불포화지방산의 산화를 억제하여 생체막을 보호해주고(Handelman 등 1996), 활성산소를 제거하여 지질과 산화를 억제하며(Packer 1991), β -carotene은 비타민 A의 전구체로서의 역할뿐만 아니라 일중산소를 제거하는데 가장 효과적인 물질로 알려져 있다(Krinsky 1993). 이러한 항산화 비타민들은 독자적인 항산화 능력도 있지만 상호작용에 의해 각각의 항산화 기능을 상승시켜 효과적으로 산화스트레스를 제거하는 것으로 보고되고 있다(Niki 등 1995).

인슐린 비의존형 당뇨병 환자에 있어서 항산화 영양소는 고혈당으로 인해 증가된 활성산소, 포도당의 자동산화, 지질과산화 등 당뇨병으로 인해 증가된 산화스트레스에 대응하여 당뇨병의 합병증 발생이나 심혈관계 질환의 위험률을 감

소시키는 물질로 알려져 있다(Fairfield & Fletcher 2002). 그러므로 당뇨병 환자들에게서 항산화 비타민인 혈장 비타민 E, 비타민 C 등이 정상인에 비해 더 빠르게 사용되어 당뇨병자가 정상인에 비해 혈장 비타민 E의 농도가 낮아지고(Paolisso 등 1993), 체내 항산화 영양상태는 감소된다고 보고되고 있다(Ceriello 등 1997).

그러나, 최근 당뇨병자의 산화스트레스와 항산화 영양상태에 관한 많은 연구들에서 일관되지 않고, 서로 상반된 결과를 보이는 연구들이 보고되고 있다. Malone(1991)에 따르면, 항산화 비타민의 식이 섭취가 부족하거나 혈장 항산화 비타민의 농도가 낮을 경우 당뇨병에 걸릴 위험도가 증가한다고 하였고, Sundaram 등(1996)과 Kedziora-Kornatowska 등(1998)은 정상인 사람에 비해 당뇨병자에게서 혈중 비타민 E, C 및 항산화 효소 활성도가 낮았고, 지질과산화물 농도는 높았다고 보고하였다. 이와 반대로 일부 연구들은 당뇨병자에게서 산화스트레스를 나타내는 지표의 변화가 나타나지 않았다고 보고하거나(Nourooz-Zadeh 등 1997; Van der Jagt 등 2001) 당뇨병자의 혈중 비타민 농도가 정상인 사람과 차이가 없었다고 보고하고 있다(Kim & Park 1998; Ha & Kim 1999). 특히 65세 이상 노인에게서 당뇨병의 유병률이 높음에도 불구하고 노인 당뇨병 환자를 상대로 한 연구와 총항산화도를 이용하여 체내 항산화 영양상태를 조사한 연구는 부족하다.

따라서 본 연구에서는 울산 지역 노인을 대상으로 당뇨병과 대조군으로 나누어 항산화 영양소 섭취량, 혈중 지질 조성, 혈장 항산화 비타민 농도와 총항산화도를 측정하여, 비교 분석함으로써 당뇨병을 지닌 노인의 항산화 영양소 섭취 실태 및 혈중 항산화 영양 상태를 평가하고, 이에 영향을 미치는 관련 요인을 알아보려고 하였다.

조사대상 및 방법

1. 조사대상자

본 연구에서 당뇨병환 노인의 항산화 영양소 섭취실태와 혈액 내 항산화 영양상태를 대조군과 비교하기 위하여 울산광역시 중구와 남구 소재 노인복지회관을 방문한 60세 이상 노인들을 대상으로 조사를 실시하였다. 조사대상자는 병력 조사를 통해 병원에서 당뇨병으로 진단 받은 병력을 가진 노인을 당뇨병으로 하여 당뇨병만을 가진 사람 및 당뇨병과 함께 다른 질환을 가진 사람도 일부 포함하였으며, 질환이 없는 건강한 노인과 경미한 관절염, 위장질환 및 골다공증 증상을 가진 사람들을 대조군으로 나누어 조사를 실시하였다. 또한, 대조군과 당뇨병군 모두 식사요법 실시 유무와 비타민 보충제 섭

취 여부에 따라 세부 군으로 나누어 항산화 영양소 섭취 상태와 혈액 항산화 영양상태를 조사하였다.

2. 조사내용 및 조사방법

1) 조사대상자의 일반사항

일반사항은 조사 대상자들의 연령, 가족관계 등을 포함하는 일반 환경 조사, 흡연, 음주, 운동 등 생활습관조사, 질병의 유무나 과거의 병력조사, 비타민 보충제 섭취 및 식사요법 실시 유무 등을 포함하였으며, 일반사항에 대한 설문지(Kim 등 2002)를 이용하여 훈련받은 조사원과 1 : 1 면담 형식으로 이루어졌다.

2) 조사대상자의 신체계측

신장은 신장계를 이용하여 측정하였고, 체중, 체질량지수(Body Mass Index: BMI), 체지방 및 체성분 측정에는(주) 바이오 스페이스 Inbody 3.0(Bio-electrical Impedance Fatness Analyzer, GIF-891)을 이용하여 BIA(Bio-electric Impedance Analysis)방법으로 측정하였다.

3) 조사대상자의 식이섭취 조사

식이 섭취조사를 위해 식습관 및 식이섭취빈도 조사에 의한 식품 섭취조사를 설문지를 이용하여 1주일간 교육 및 3차에 걸친 예비조사를 통해 훈련된 조사원과 1 : 1 직접 면접법으로 조사하였으며, 식품섭취빈도조사표에서는 항산화 비타민의 급원인 채소 및 과일의 섭취빈도를 중점적으로 조사하였다. 조사의 정확성을 높이고자 식품섭취조사는 실물 크기 음식사진, 계량컵, 스푼, 두께자를 활용하였다. 식이섭취빈도 조사를 통한 영양소 섭취량 분석은 Lee 등(2002)에 의해 타당도가 검증된 반 정량 식품빈도 조사법(SQFFQ) 및 CEFF-Qtns(Computerized evaluation of food frequency questionnaire for total nutritional survey) 프로그램을 이용하여 분석하였다.

4) 조사대상자의 혈액 생화학적 분석

(1) 혈액 채취 및 혈청 분리

대상자들을 채혈하기 전 12시간 동안 음식물을 먹지 않도록 하였으며, 이들로부터 아침 공복 시에 상완정맥에서 채혈하여 혈청 분리용 tube(Becton-Dickinson, Meylan, France)와 heparin 처리된 혈장 분리용 tube에 혈액을 수집하였다. 채취된 혈액은 4°C, 3,000 rpm에서 20분간 원심 분리하여 혈청, 적혈구 및 혈장을 얻었고, 혈청은 혈당 및 혈중 지질 조성 측정에 이용하였으며, 적혈구는 당화혈색소(HbA_{1c}) 분석에 사용하였다. 혈장은 비타민 C 분석용으로

혈장 200 µl에 0.75 M 메타인산 0.8 ml를 첨가하였고, 나머지는 혈장 그대로를 endorf tube에 나누어 담아 액체 질소로 급속 냉동하여 분석 전까지 -80°C 냉동 보관하였다가 분석에 사용하였다.

(2) 혈청 glucose, HbA_{1c} 및 지질조성 측정

혈청 glucose 농도는 glucotrend(Roche, Germany)를 사용하여 측정하였고, 혈청 TG, total cholesterol, HDL-cholesterol, LDL-cholesterol 및 HbA_{1c}는 생화학자동분석기(Selectra II, Vital scientific N.V., Holland)를 사용하여 측정하였으며, VLDL-cholesterol은 Friendewald 등(1972)의 공식을 이용하여 산출하였다.

(3) 혈장 항산화 비타민 농도 측정

혈장 비타민 C 분석은 비타민 C 분석용을 metaphosphoric acid를 처리하여 냉동시켜 놓았던 시료를 해동한 후 3,000 rpm에서 10분간 원심 분리하여 단백질을 제거하고, 2,4-dinitrophenyl hydrazine method(Pesce & Kaplan 1987)에 의하여 UV spectrophotometer(Uvikon 930, Kontron, Swizerland)를 이용하여 측정하였다.

지용성 비타민인 비타민 A와 비타민 E 농도는 혈장에서 n-hexane으로 지질성분을 추출한 후 Bieri 등(1979)의 방법을 수정하여 HPLC(high pressure liquid chromatography)(712 HPLC System, Gilson Medical Electronics, France)로 측정하였다. 측정시 detector는 UV absorbance detector를 사용하였고, column은 Nova-Pak C18(3.9×150 mm, Waters, Ireland) column을 사용하였으며, 이동상은 methanol : water(95 : 5)로 1.5 ml/min의 유속을 유지하였고, 파장은 292 nm이었다. 이때 비타민 A의 함량은 retinol을 표준물질로, 비타민 E는 α-tocopherol을 표준물질로 이용하였다.

혈장으로부터 β-carotene 추출 및 분석은 Bieri 등(1985)의 방법을 수정하여 HPLC로 측정하였으며, 실험의 모든 과정은 직사광선에 노출되지 않도록 하였다. Column은 Nova-Pak C18(3.9×150 mm, Waters, Ireland) column을 이용하였고, 이동상은 acetonitrile : dichloromethane L methanol(70 : 20 : 10)로 1.5 ml/min 유속을 유지하여 452 nm에서 측정하였다. 혈장 β-carotene의 농도는 β-carotene 표준용액을 HPLC에 주입하여 표준용액의 peak area와 비교하여 정량하였다.

(4) 혈장 지질 과산화물 측정

혈장의 지질과산화물 분석은 과산화 지표로 TBARS를

Ohkawa 등(1979)의 방법을 일부 수정한 2-thiobarbituric acid(TBA) 방법을 이용하여 측정하였다. 혈장 0.2 ml에 8.1% sodium dodecyl sulfate 0.2 ml와 20% acetic acid 1.5 ml를 차례로 넣고 잘 섞은 후, 0.8% TBA 1.5 ml와 증류수 0.6 ml를 넣고, 95°C water bath에서 1 시간 동안 가열하였다. 가열 직후 5분간 냉각하여 증류수 1 ml와 n-butanol : pyridine (15 : 1, v/v) 5.0 ml를 넣어 30초간 진탕하였다. 그리고, 실온에서 15분간 3,000 rpm에서 원심 분리한 후 상층액을 분리하여 10분간 실온에서 안정시킨 후 532 nm에서 흡광도를 측정하였다. 이때 표준물질로 1,1,3,3-tetraethoxypropane (TEP)을 사용하였다.

(5) 혈장 총항산화도 측정

혈장 중 총항산화도의 측정은 trolox equivalent antioxidant capacity (TEAC)법에 따라 분석하는 Total Antioxidant Status (TAS) kit (Randox Lab. Ltd., UK)을 이용하여 혈액자동분석기 (Cobas Mira, SW8847)로 측정하였다. 이 방법은 Rice-Evans & Miller (1997)의 inhibition assay 방법으로 ABTS (2,2'-azobis 3-rthylbenzothiazoline 6-dulfonate)와 metmyoglobin을 H_2O_2 로 활성화시킴으로 생성된 ferryl myoglobin radical species와의 상호 작용에 의해 형성된 ABTS radical cation의 흡광도를 측정하는 데 기초를 두고 있으며, 그 흡광도 억제 정도는 시료 속에 들어 있는 항산화제의 양에 비례하게 된다. 이 때 수용성 비타민 E 유사화합물인 trolox를 standard로 한 trolox calibration curve를 이용하여 혈장 총항산화도를 측정하였다.

3. 자료분석 및 통계처리

수집된 자료는 SAS (Statistical Analysis System) 프로그램 (ver 8.01)을 이용하여 통계처리 하였으며, 모든 자료는 산술평균, 표준오차, 백분위수 등의 기술통계량을 구하였고, 비교하는 군 간의 유의성 검증은 $p < 0.05$ 수준에서 t-test, chi-square test를 실시하였다. 당뇨병과 대조군의 항산화 영양상태 비교에서는 항산화 영양상태에 영향을 주는 것으로 알려진 성별, 연령, 음주 및 흡연 상태에 따른 두 군간의 분포 차이를 통계적으로 조정하기 위하여 ANCOVA를 실시하였으며, 당뇨병과 대조군을 식사요법 실시 유무와 비타민 보충제 섭취 유무에 따라 4군으로 나누어 비교한 결과에서는 $p < 0.05$ 수준에서 ANCOVA와 Duncan's multiple range test를 사용하였고, 각 지표간의 상관관계는 Pearson's correlation test를 사용하였다.

결 과

1. 조사대상자의 연령, 성별, 건강관련 생활 습관 분포

본 연구의 조사대상자는 울산광역시 60세 이상 노인 218명이었으며, 이 중 당뇨병은 남자 44명 (36.0%), 여자 78명 (64.0%)으로 총 122명이었고, 대조군은 남자 23명 (24.0%), 여자 73명 (76.0%)으로 총 96명이었다. 당뇨병의 평균연령은 67.6세로 대조군의 평균연령인 71.7세 보다 유의적으로 낮았으며, 당뇨병의 평균 유병기간은 9.5년으로 조사되었다 (Table 1).

흡연, 음주 및 규칙적 운동 유무 등 생활습관에 관한 조사 결과, 당뇨병의 현재흡연자 비율은 27.9%로 대조군 (15.6%)에 비해 유의적으로 높았으나 ($p < 0.05$) 현재음주자의 비율 (21.5%)은 대조군 (35.4%)에 비해 유의적으로 낮았으며, 규칙적인 운동을 하는 사람의 비율은 군 간의 차이가 없었다. 흡연자의 하루 평균 흡연개피수 및 흡연력 (pack-year), 음주자의 하루 평균 음주량 등은 당뇨병과 대조군 사이에 유의적인 차이가 나타나지 않았다 (Table 1).

조사대상자 중 식사요법을 실시하고 있는 사람의 비율은 당뇨병 47.1%, 대조군 9.7%이었으며, 비타민 보충제를 섭취하는 사람의 비율은 당뇨병 18.9%, 대조군 8.3%로 식사요법 실시하는 사람이 비율과 비타민 보충제 섭취하는 사람의 비율 모두 대조군에 비해 당뇨병에서 유의적으로 높게 나타났다.

2. 신체계측

각 군간의 평균 신장, 체중, 체지방량, BMI 및 WHR (waist hip ratio)에 대한 자료는 Table 2에 제시하였다. 평균 신장은 당뇨병 155.7 cm로 153.7 cm인 대조군과 유의적인 차이가 없었으며, 평균 체중은 당뇨병 61.1 kg, 대조군 56.5 kg으로 당뇨병이 대조군에 비해 유의적으로 높았고, BMI, 체지방량 및 WHR은 당뇨 질환에 따른 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 신체계측 결과를 성별에 따라 나누어 비교해 본 결과, 남자노인의 경우 평균 신장, 체중, BMI, 체지방량 및 WHR 모두 당뇨병과 대조군 사이에 유의적인 차이가 없었으나 여자노인의 경우 평균 체중 (당뇨군 59.0 kg, 대조군 55.2 kg), BMI (당뇨군 25.6 kg/m², 대조군 24.3 kg/m²) 및 체지방량 (당뇨군 34.2%, 대조군 31.8%) 모두 대조군에 비해 당뇨병에서 유의적으로 높았다.

3. 혈청 glucose 농도, HbA_{1c} 및 지질조성

당뇨군의 평균 공복시 혈청 glucose 농도는 157.9 mg/

Table 1. General characteristics of control and diabetic elderly

	Control	Diabetes	P values
Number	96 (44.0) ¹⁾	122 (56.0)	
Men / Women	23 (24.0) / 73 (76.0)	44 (36.0) / 78 (64.0)	NS
Age (years)	71.7 ± 6.7 ²⁾	67.6 ± 5.2	p < 0.001 ³⁾
Duration of diabetes (years)	-	9.5 ± 7.8	-
Smoking			
Yes / No or Past	15 (15.6) / 81 (84.4) ¹⁾	34 (27.9) / 88 (72.1)	p < 0.05 ⁴⁾
Number of cigarettes / day	10.8 ± 6.6 ²⁾	12.5 ± 5.5	NS
Smoking history (pack-years)	24.4 ± 17.4	23.8 ± 15.9	NS
Drinking			
Yes / No or Past	34 (35.4) / 62 (64.6) ¹⁾	26 (21.5) / 95 (78.5)	p < 0.05
Amount of alcohol per day (ml)	33.4 ± 24.8 ²⁾	62.8 ± 72.6	NS
Exercise			
Yes / No	52 (54.2) / 44 (45.8) ¹⁾	63 (51.6) / 59 (48.4)	NS
Duration of exercise (hour)	1.8 ± 4.2 ²⁾	1.8 ± 3.7	NS
Diet therapy			
Yes / No	9 (9.7) / 84 (90.3) ¹⁾	57 (47.1) / 64 (52.9)	p < 0.001
Vitamin supplement use			
Yes / No	8 (8.3) / 88 (91.7)	23 (18.9) / 99 (81.2)	p < 0.05

1) Number of subjects, (): % of subjects

2) Mean ± SD

3) Significance probability value between control and diabetes group by t-test

4) Significance probability value by chi-square test, NS: not significantly different

Table 2. Comparison of anthropometric indicators in control and diabetic elderly

Variables		Control	Diabetes
Height (cm)	Male	164.0 ± 7.2 ¹⁾	165.2 ± 4.5
	Female	150.7 ± 6.6	151.9 ± 5.2
	Total	153.7 ± 8.4	155.7 ± 8.1
Weight (kg)	Male	62.3 ± 7.9	64.9 ± 8.4
	Female	55.2 ± 9.4	59.0 ± 7.6*
	Total	56.5 ± 9.5	61.1 ± 8.4**
BMI ²⁾ (kg/m ²)	Male	23.2 ± 3.0	23.8 ± 2.8
	Female	24.3 ± 3.0	25.6 ± 3.1*
	Total	24.1 ± 3.0	24.9 ± 3.1
Percent body fat (%)	Male	21.8 ± 5.6	24.1 ± 4.8
	Female	31.8 ± 5.0	34.3 ± 5.0*
	Total	29.9 ± 6.4	30.6 ± 6.9
WHR ³⁾	Male	0.93 ± 0.05	0.93 ± 0.04
	Female	0.94 ± 0.04	0.96 ± 0.05
	Total	0.94 ± 0.04	0.95 ± 0.05

1) Mean ± SD

*, **: significantly different between control and diabetes group at p < 0.05 and p < 0.01, respectively by t-test

2) BMI: Body mass index

3) WHR: Waist hip ratio

dL로 108.6 mg/dL인 대조군에 비해 유의적으로 높았으며, 당뇨 진단 기준치인 126 mg/dL보다 높은 수준이었다(Table 3). 당뇨군 중 당뇨 기준치 미만인 사람은 37명 (30.3%) 이었으며, 기준치 이상인 사람은 85명 (69.7%)이었고, 대조군

Table 3. Comparison of serum glucose, HbA_{1c} and lipids profiles in control and diabetic elderly

Variables	Control	Diabetes	Normal range ¹⁾
Glucose (mg/dL)	108.6 ± 2.3 ²⁾	157.9 ± 5.1***	< 126
HbA _{1c} (%)	7.9 ± 0.3	10.9 ± 0.3***	< 6.5
TG ³⁾ (mg/dL)	145.5 ± 10.3	188.7 ± 9.8**	< 200
T-cholesterol ⁴⁾ (mg/dL)	208.1 ± 4.9	211.1 ± 4.5 ^{NS}	< 240
VLDL-cholesterol ⁵⁾ (mg/dL)	29.1 ± 2.1	37.4 ± 2.0**	
HDL-cholesterol (mg/dL)	50.7 ± 1.5	44.5 ± 1.1***	> 40
LDL-cholesterol (mg/dL)	112.3 ± 6.3	128.6 ± 11.2 ^{NS}	< 160
LDL/HDL ⁶⁾	2.47 ± 0.14	3.04 ± 0.27 ^{NS}	

1) Normal range is refer to The Third Korea National Health and Nutrition Examination Survey (KNHANES III), 2005

2) Mean ± SE

, *: significantly different between control and diabetes group at p < 0.01 and p < 0.001, respectively by t-test

NS: Not significantly different

3) TG: Triglyceride

4) T-cholesterol: Total cholesterol

5) VLDL-cholesterol (mg/dL): Triglyceride/5

6) LDL/HDL: LDL-cholesterol/HDL-cholesterol

중 당뇨 기준치 미만인 사람은 83명 (86.5%), 기준치 이상인 사람은 13명 (13.5%)이었다. 또한, 당뇨환자의 혈당관리 정도를 나타내는 지표인 HbA_{1c} 함량 역시, 당뇨군 10.9%,

대조군 7.9%로 대조군에 비해 당뇨병에서 유의적으로 높게 나타났으며, 두 군 모두 당뇨 진단 기준치인 6.5%보다 높게 나타났다(Ministry of Health and Welfare 2006) (Table 3). 당뇨병의 HbA_{1c} 정상 기준치 6.5% 미만인 사람은 43명 (35.2%), 기준치 이상인 사람은 79명 (64.7%) 이었고, 대조군의 HbA_{1c} 정상 기준치 미만인 사람은 88명 (91.8%), 정상기준치 이상인 사람은 8명 (8.3%)로 조사되었다.

혈청 TG 농도는 당뇨병군의 평균 농도(188.7 mg/dL)가 대조군(145.5 mg/dL)에 비해 유의적으로 높았으며, VLDL-cholesterol 농도 역시 당뇨병군(37.4 mg/dL)이 대조군(29.1 mg/dL)보다 유의적으로 높게 나타났다(Table 3). HDL-cholesterol 농도는 당뇨병군 44.5 mg/dL, 대조군 50.7 mg/dL로 당뇨병군에서 유의적으로 낮게 나타났으나 혈청 total cholesterol과 LDL-cholesterol 농도는 당뇨병 유무에 따른 두 군간의 차이가 나타나지 않았다(Table 3).

4. 항산화 영양소 섭취 실태 및 혈장 내 항산화 영양 상태

항산화 비타민의 섭취실태를 조사한 결과, 당뇨병군의 평균 비타민 C 섭취량은 144.0 mg, 대조군에서는 122.4 mg으로 당뇨병 유무에 대한 유의적인 차이는 없었으나 당뇨병에서 섭취량이 높았다(Table 4). 비타민 C 평균필요량인 75 mg 미만으로 섭취하는 사람의 비율도 당뇨병 27.0% (33명), 대조군 33.3% (32명)로 당뇨병에서 낮게 나타나 섭취량을 증가시킬 필요성이 있는 사람의 비율이 당뇨병에서 낮았으며, 권장섭취량 이상 섭취하는 사람의 비율은 당뇨병 55.7% (68명), 대조군 52.1% (55명)로 당뇨병에서 섭취량이 적정할 가능성이 있는 사람의 비율이 대조군에 비해 높게 나타났(Table 4). 비타민 A의 평균 섭취량은 당뇨병 780.0 µgRE, 대조군 611.1 µgRE로 조사되어 당뇨병에서 유의적으로 높게 나타났고, 비타민 A의 평균필요량 미만으로 섭취하는 사람의 비율은 당뇨병 33.6%, 대조군 32.3%로 당

뇨군에서 높게 나타났으나 권장섭취량 이상 섭취하는 사람의 비율 역시 대조군(34.4%)에 비해 당뇨병(50.8%)에서 높게 조사되어 당뇨병에서 섭취량이 적정할 가능성이 있는 사람의 비율이 대조군에 비해 높게 나타났(Table 4). β-carotene의 섭취량은 비타민 A와 마찬가지로 당뇨병에서 유의적으로 높게 나타났으나(당뇨군 3972.5 µg, 대조군 3116.4 µg) retinol의 섭취량은 당뇨병 유무에 대한 차이가 나타나지 않았다(당뇨군 67.0 µg, 대조군 63.6 µg) (Table 4).

혈장 비타민 C 농도는 당뇨병군에서 14.9 mg/l, 대조군에서 15.2 mg/l이었고, 혈장 β-carotene의 농도는 당뇨병군에서 0.21 mg/l, 대조군에서 0.20 mg/l로 당뇨 유무에 따른 유의적인 차이가 없었다. 혈장 비타민 A의 농도와(당뇨군 0.37 mg/l, 대조군 0.32 mg/l) 혈장 비타민 E의 농도는(당뇨군 8.0 mg/l, 대조군 6.4 mg/l) 대조군에 비해 당뇨병군에서 유의적으로 높게 나타났다. 지질과산화물의 지표인 혈장 TBARS 농도는 대조군과 당뇨병 사이에 유의적인 차이를 보이지 않았으며, 총 항산화도는 당뇨병군에서 1.24 mmol/l로 1.19 mmol/l인 대조군에 비해 유의적으로 높게 나타났(Table 5).

식사요법 실시 유무에 따라 당뇨병군과 대조군을 나누어 비교한 결과, 혈장 비타민 C, 비타민 E와 β-carotene 농도는 군 간의 유의적인 차이가 나타나지 않았으며, 혈장 비타민 A의 농도는 식사요법을 하는 당뇨병(0.41 mg/l)이 식사요법을 하는 대조군(0.32 mg/l)에 비해 유의적으로 높았고, 식사요법을 하지 않는 당뇨병(0.35 mg/l)과 식사요법을 하지 않는 대조군(0.32 mg/l) 사이에는 유의적이지는 않지만 대조군에 비해 당뇨병에 높은 경향을 나타냈다. 혈장 총항산화도는 식사요법을 하지 않는 당뇨병에서 1.26 mmol/l로 가장 높게 나타났으며, 식사요법을 하는 당뇨병(1.23 mmol/l)이 식사요법을 하는 대조군(1.16 mmol/l)에 비해 유의적으로 높았고, 식사요법을 하지 않는 당뇨병(1.26 mmol/l)과 식사요법을 하지 않는 대조군(1.19 mmol/l) 사이에는

Table 4. Comparison of antioxidant vitamin intakes in control and diabetic elderly

	Control			Diabetes		
	Intake	< EAR ¹⁾	≥ RI ²⁾	Intake	< EAR	> RI
Vitamin C (mg)	122.4 ± 11.7 ³⁾	32 (33.3) ⁴⁾	50 (52.1)	144.0 ± 10.3 ^{NS}	33 (27.1)	68 (55.7)
Vitamin A (µgRE)	611.1 ± 49.8	31 (32.3)	33 (34.4)	780.0 ± 43.8*	41 (33.6)	62 (50.8)
Retinol (µg)	63.6 ± 9.3			67.0 ± 8.2 ^{NS}		
β-carotene (µg)	3116.4 ± 257.7			3972.5 ± 226.8*		

1) EAR: Estimated average requirements, Dietary Reference Intakes(DRI) for Koreans, 2005

2) RI: Recommended Intake, DRIs for Koreans, 2005

3) Mean ± SE (data were adjusted by age, gender, smoking and drinking status)

*: significantly different between control and diabetes group at p < 0.05 by ANCOVA

NS: Not significantly different,

4) Number of subjects, () : % of subjects

유의적이지는 않지만 대조군에 비해 당뇨군에 높은 경향을 나타냈다. 혈장 TBARS 농도는 군 간의 차이가 없었다 (Table 6).

당뇨군과 대조군을 비타민 보충제 섭취 유무에 따라 세부 군으로 나누어 비교한 결과, 혈장 비타민 C 농도는 비타민

보충제를 섭취 유무에 따른 당뇨군과 대조군 사이에 유의적인 차이가 없었으며, 혈장 비타민 E 와 β-carotene 농도는 비타민 보충제를 섭취하는 경우 당뇨군 (12.4 mg/l, 0.26 mg/l)이 대조군 (7.1 mg/l, 0.18 mg/l)에 비해 유의적으로 높았고, 비타민 보충제를 섭취하지 않는 경우에는 당뇨군과 대조군 사이에 차이가 없었다. 혈장 비타민 A 농도는 비타민 보충제 유무에 따른 모든 당뇨군이 대조군에 비해 유의적이지는 않지만 높은 경향을 보였다. 혈장 총항산화도는 비타민 보충제를 섭취하는 경우 당뇨군 (1.26 mmol/l)에서 대조군 (1.16 mmol/l)에 비해 유의적으로 높게 나타났고, 혈장 TBARS 농도는 모든 군간에 유의적인 차이가 없었다 (Table 7).

체내 항산화 영양상태에 영향을 미치는 관련요인을 알아보기 위해 총항산화도, 혈청 glucose 농도 및 HbA_{1c} 함량과 혈액 내 항산화 영양소 간의 상관관계를 조사한 결과, 전체 대상자의 총항산화도는 혈장 TBARS와 유의적인 양의 상관관계 (p < 0.01)를 나타냈으며, 혈장 비타민 C 및 비타민 E와는 유의적인 관계를 보이지 않았고, 혈장 비타민 A

Table 5. Comparison of plasma antioxidant vitamin levels in control and diabetic elderly

Variables	Control	Diabetes
Vitamin C (mg/l)	15.2 ± 0.4 ¹⁾	14.9 ± 0.4 ^{NS}
Vitamin E (mg/l)	6.4 ± 0.5	8.0 ± 0.4 [*]
Vitamin A (mg/l)	0.32 ± 0.02	0.37 ± 0.01 ^{**}
β-carotene (mg/l)	0.20 ± 0.01	0.21 ± 0.01 ^{NS}
TAS ²⁾ (mmol/l)	1.19 ± 0.02	1.24 ± 0.01 [*]
TBARS ³⁾ (nmole/mg protein)	0.054 ± 0.002	0.053 ± 0.002 ^{NS}

1) Mean ± SE (data were adjusted by age, gender, smoking and drinking status)
 NS: not significantly different
 *, **: significantly different between control and diabetes group at p < 0.05 and p < 0.01, respectively, by ANCOVA
 2) TAS: Total antioxidant status
 3) TBARS: Thiobarbituric acid reactive substance

Table 6. Comparison of plasma antioxidant vitamin levels according to the status of diet therapy

Variables	Control		Diabetes	
	Diet therapy		Diet therapy	
	No	Yes	No	Yes
Vitamin C (mg/l)	15.4 ± 0.4 ^{1)NS}	14.4 ± 1.3	15.1 ± 0.5	15.0 ± 0.5
Vitamin E (mg/l)	6.2 ± 0.6 ^{NS}	7.5 ± 1.5	7.7 ± 0.6	8.4 ± 0.6
Vitamin A (mg/l)	0.32 ± 0.02 ^b	0.32 ± 0.04 ^b	0.35 ± 0.02 ^{ab}	0.41 ± 0.02 ^a
β-carotene (mg/l)	0.20 ± 0.01 ^{NS}	0.23 ± 0.04	0.21 ± 0.02	0.22 ± 0.02
TAS ²⁾ (mmol/l)	1.19 ± 0.02 ^{ab}	1.16 ± 0.05 ^b	1.26 ± 0.02 ^a	1.23 ± 0.02 ^a
TBARS ³⁾ (nmole/mg protein)	0.055 ± 0.002 ^{NS}	0.048 ± 0.006	0.052 ± 0.002	0.055 ± 0.002

1) Mean ± SE (data were adjusted by age, gender, smoking and drinking status)
^{a, ab, b}: means with different superscripts within each row are significantly different among groups at p < 0.05 by Duncan's multiple range test
 NS: Not significantly different
 2) TAS: Total antioxidant status
 3) TBARS: Thiobarbituric acid reactive substance

Table 7. Comparison of plasma antioxidant vitamin levels according to the status of vitamin supplement consumption

Variables	Control		Diabetes	
	Vitamin supplement consumption		Vitamin supplement consumption	
	No	Yes	No	Yes
Vitamin C (mg/l)	15.0 ± 0.4 ^{1)NS}	17.3 ± 1.3	14.5 ± 0.4	16.6 ± 0.8
Vitamin E (mg/l)	6.3 ± 0.5 ^b	7.1 ± 1.9 ^b	7.0 ± 0.4 ^b	12.4 ± 0.9 ^a
Vitamin A (mg/l)	0.31 ± 0.02 ^b	0.38 ± 0.06 ^{ab}	0.36 ± 0.01 ^{ab}	0.42 ± 0.03 ^a
β-carotene (mg/l)	0.20 ± 0.01 ^{ab}	0.18 ± 0.04 ^b	0.20 ± 0.01 ^{ab}	0.26 ± 0.03 ^a
TAS ²⁾ (mmol/l)	1.19 ± 0.02 ^{ab}	1.16 ± 0.05 ^b	1.24 ± 0.02 ^{ab}	1.26 ± 0.03 ^a
TBARS ³⁾ (nmole/mg protein)	0.055 ± 0.002 ^{NS}	0.044 ± 0.006	0.053 ± 0.002	0.050 ± 0.004

1) Mean ± SE (data were adjusted by age, gender, smoking and drinking status)
^{a, ab, b}: means with different superscripts within each row are significantly different among groups at p < 0.05 by Duncan's multiple range test
 NS: Not significantly different
 2) TAS: Total antioxidant status
 3) TBARS: Thiobarbituric acid reactive substance

Table 8. Correlation coefficient(r) among serum glucose, HbA_{1c}, TAS and plasma antioxidant indices in control and diabetic elderly

		TBARS ¹⁾	Vitamin C	Vitamin A	Vitamin E	β-carotene	TAS
Total	TAS ²⁾	0.2055**	-0.0049	0.2270**	-0.0069	-0.1693*	
	glucose	0.0331	-0.0065	0.1153	0.1898**	0.0900	0.0205
	HbA _{1c}	0.1531	0.2433*	0.1997	0.2216*	0.0423	-0.0199
Diabetes	TAS	0.2095*	0.0889	0.2203*	-0.0766	-0.1834*	
	glucose	0.0968	0.1424	0.0542	0.1518	0.1789	-0.1474
	HbA _{1c}	0.1766	0.1528	0.1234	0.1801	-0.0093	-0.0200
Control	TAS	0.2298*	-0.1895	0.0975	-0.1849	-0.1557	
	glucose	-0.0770	-0.2188*	-0.2820*	0.0910	-0.3012**	0.0728
	HbA _{1c}	-0.2305	-0.1697	-0.3413	-0.8947**	-0.4294	-0.2075

1) TBARS: Thiobarbituric acid reactive substance

2) TAS: Total antioxidant status

*, **: significantly correlated at $p < 0.05$, $p < 0.01$, respectively by Pearson's correlation

($p < 0.01$)와 유의적인 양의 상관관계를, 혈장 β-carotene 농도($p < 0.05$)와는 음의 상관관계를 나타냈다. 또한, 혈청 glucose 농도는 혈장 비타민 E($p < 0.01$)와 HbA_{1c} 함량은 혈장 비타민 C($p < 0.05$) 및 비타민 E 농도($p < 0.05$)와 유의적인 양의 상관관계를 보였다(Table 8). 당뇨병과 대조군으로 나누어 각 측정치 간의 상관관계를 본 결과, 당뇨병의 총항산화도는 혈장 TBARS($p < 0.05$) 및 비타민 A 농도($p < 0.05$)와 유의적인 양의 상관관계를 나타냈으며, 혈장 β-carotene 농도($p < 0.05$)와는 음의 상관관계를 나타냈으나 대조군의 총항산화도는 혈장 TBARS를 제외한 혈장 비타민 농도와 유의적인 상관성을 나타내지 않았다(Table 8). 당뇨병에서 혈청 glucose 및 HbA_{1c} 함량은 혈장 항산화 영양소와의 상관성을 나타내지 않았으나 대조군에서는 혈청 glucose 농도는 혈장 비타민 C($p < 0.05$), 비타민 A($p < 0.05$) 및 β-carotene 농도($p < 0.01$)와 유의적인 음의 상관관계를, HbA_{1c}는 혈장 비타민 E 농도($p < 0.01$)와 유의적인 음의 상관관계를 보였다(Table 8).

고 찰

노인에게서 당뇨병은 고혈당 상태로 인한 포도당의 비정상적 대사로 인해 산화적 스트레스를 더욱 증가시키고(Tessier 등 1999), 포도당의 자동산화는 자유라디칼을 형성하는 주요 원인이 된다고 알려져 있다(Hunt 등 1988). 당뇨 노인환자에게서 증가된 자유라디칼은 체내 여러 세포와 조직에 산화적 손상을 일으킬 수 있으며, 이러한 효과는 체내 항산화 방어 체계에 의해 예방될 수 있다(Halliwell 1994). 최근 당뇨병환자의 산화적 스트레스 및 항산화 체계에 관한 여러 연구들이 이루어지고 있으나 일관된 결과를 보이지 않으며, 노인을 대상으로 한 연구는 부족한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 노인 당뇨병환자의 항산화 영양 섭취 및 혈액 내 항산화 영양상태를 대조군과 비교하여 조사함으로써 당뇨병을 지닌 노인의 체내 항산화 영양상태를 평가하고, 이에 영향을 미치는 관련 요인을 알아보려고 하였다.

노인을 대상으로 하여 생활습관에 따른 항산화 영양상태를 연구한 Kim 등(2002)에 따르면, 항산화 비타민 섭취 및 혈장 항산화 비타민 농도는 성별, 연령, 흡연 및 음주 상태에 따라 유의적인 차이가 있다고 보고되고 있다. 본 연구에서 조사대상자들의 성별, 연령, 흡연 및 음주상태에 대한 분포를 조사한 결과, 당뇨병과 대조군간 연령, 흡연 및 음주상태 분포에 대한 유의적인 차이를 보였으므로 당뇨병과 대조군의 혈액 내 항산화 영양상태를 비교하기 위해서는 이에 영향을 주는 성별, 연령, 흡연 및 음주상태를 통계적으로 보정할 필요성이 있었다.

신체계측 결과 평균 체중(당뇨군 61.1 kg, 대조군 56.5 kg)을 제외한 BMI, 체지방량 및 WHR은 당뇨병과 대조군 사이에 유의적인 차이가 나타나지 않았으나 성별에 따라 나누어 비교해 본 결과, 여자노인의 경우 평균 체중(당뇨군 59.0 kg, 대조군 55.2 kg), BMI(당뇨군 25.6 kg/m², 대조군 24.3 kg/m²) 및 체지방량(당뇨군 34.2%, 대조군 31.8%) 모두 대조군에 비해 당뇨병에서 유의적으로 높았다. 이러한 결과는 Dotevall 등(2004)의 BMI가 당뇨병 유병률과 양의 상관관계가 있으며, 이는 비만으로 인한 혈청 cholesterol과 인슐린 저항성 증가 때문이라고 보고한 것과 일치하는 것으로 나타났다.

당뇨군의 평균 공복 시 혈청 glucose 농도와 HbA_{1c} 함량 모두 대조군에 비해 당뇨병에서 유의적으로 높게 나타났으나 대조군의 평균 HbA_{1c} 함량이 정상수준인 6.5% 보다 높게 나타났는데, 이는 대조군 중 당뇨병진단을 받지 않았지만 HbA_{1c} 함량이 정상수준 이상인 사람이 8명 포함되어 있었

기 때문인 것과 노화에 따른 인슐린 합성 및 인슐린 민감성 감소로 인한 내당능 저하에 의한 것으로 사료된다(Ruhe & McDonald 2001).

혈중 지질조성을 측정한 결과, 혈청 TG 농도(당뇨군 189.9 mg/dL, 대조군 142.6 mg/dL)는 당뇨군에서 대조군에 비해 유의적으로 높았으며, HDL-cholesterol 농도(당뇨군 44.9 mg/dL, 대조군 50.4 mg/dL)는 당뇨군에서 유의적으로 낮게 나타났다. 고중성지방혈증은 당뇨환자에게서 나타나는 주요 고지혈증의 한 형태로, 당뇨환자에게서 증가된 인슐린이 혈중 지방산을 이용한 간에서의 TG 합성과 아포지단백 B 생성을 억제하기 때문이라고 보고되고 있다(Steiner & Lewis 1996). 또한, 당뇨 시 발생하는 인슐린 저항성의 증가는 혈청 HDL-cholesterol 농도 및 간에서의 lipase 활성도 조절에 영향을 미쳐(Lichtenstein 등 1987), 혈중 HDL-cholesterol의 농도를 감소시키는 것으로 알려져 있다(Semmens 등 1983). 그러므로 본 연구 결과에서 당뇨군의 높은 혈청 TG 농도와 낮은 HDL-cholesterol 농도는 당뇨환자에게서 나타나는 인슐린 저항성의 증가 때문인 것으로 사료된다.

항산화 비타민의 섭취실태를 조사한 결과, 당뇨군의 평균 비타민 A 섭취량 및 β -carotene 섭취량이 대조군에 비해 유의적으로 높게 나타났고, 비타민 C와 retinol 섭취량은 당뇨군과 대조군간의 차이가 나타나지 않았다. '98년 국민건강·영양조사(Ministry of Health and Welfare 1999)에서도 비타민 A와 C의 섭취량이 64세까지는 정상인보다 당뇨 질환자에서 낮았으나 65세 이상에서는 당뇨 질환자에게서 높은 것으로 조사되어 본 연구의 결과와 일치하였다.

혈장 항산화 영양상태를 측정한 결과, 혈장 비타민 A, 비타민 E 농도 및 총항산화도 지표인 TAS 수준이 당뇨군에서 대조군에 비해 유의적으로 높았고, 비타민 A와 β -carotene 섭취량 역시 당뇨군에서 유의적으로 높게 나타났다. 그러나 이러한 결과는 당뇨군에서 식요법을 실시하는 사람의 비율과 비타민 보충제를 섭취하는 사람의 비율이 대조군에 비해 유의적으로 높았기 때문일 가능성이 있어 당뇨군과 대조군을 식요법 실시와 비타민 보충제 섭취 유무에 따라 subgroup으로 나누어 비교하였다. 식요법 실시 유무에 따라 당뇨군과 대조군을 나누어 비교한 결과, 혈장 비타민 A와 총항산화도가 식요법을 하는 경우 당뇨군에서 대조군에 비해 유의적으로 높았으며, 식요법을 하지 않는 경우에도 유의적이지는 않지만 대조군에 비해 당뇨군에서 높은 경향을 나타냈다. 비타민 보충제 섭취 유무에 따라 대조군과 당뇨군을 나누어 비교한 결과에서는 혈장 비타민 E, β -carotene 농도와 총항산화도가 비타민 보충제를 섭취하는 경우 당뇨

군이 대조군에 비해 유의적으로 높았다. 당뇨병과 산화스트레스에 대한 연구들에 의하면, 당뇨환자들의 고혈당증, 고인슐린분비혈증 및 인슐린 저항성 증가 등은 자유라디칼과 활성산소를 증가시켜, 체내 산화스트레스를 증가시킨다고 보고되고 있다(Hunt 등 1990; Baynes 1991). 또한, 자유라디칼은 지질세포막을 공격하여 지질의 과산화를 촉진하는 등 체내 여러 세포와 조직에 손상을 준다(Reaven 1995). 그러므로, 많은 연구들에서 당뇨환자의 높은 산화스트레스는 지질과산화물의 농도를 증가시키고, 항산화 비타민인 α -tocopherol과 비타민 C의 농도를 유의적으로 감소시킨다고 보고하여 본 연구결과와 상반된 결과를 보이고 있다(Sundaram 등 1996; Ceriello 등 1997; Kedziora-Kornatowska 등 1998). 또한, 건강한 사람을 대상으로 한 여러 cross-sectional studies에서도, 당화혈색소(HbA_{1c})와 인슐린 저항성이 혈장 비타민 C, carotenoid 및 α -tocopherol 농도와 유의적인 음의 상관관계가 있다고 보고하였는데(Facchini 등 2000; Sargeant 등 2000) 이러한 결과는 당뇨가 없는 대조군에서 혈청 glucose 농도가 혈장 비타민 C, 비타민 A 및 β -carotene 농도와 유의적인 음의 상관관계를, HbA_{1c}는 혈장 비타민 E 농도와 유의적인 음의 상관관계를 보인 본 연구 결과와 일치한다. 그러나, 인슐린 비의존형 당뇨 환자를 대상으로 한 Kim & Park(1998)과 Ha & Kim(1999)의 연구에서는 당뇨환자의 혈장 비타민 E 농도가 대조군과 유의적인 차이가 없었으며, 정상범위에 속하였다고 보고하였다. 본 연구결과에서도 혈장 항산화 비타민 농도 및 총항산화도가 당뇨군에서 유의적으로 높게 나타났는데, 이는 질병의 유병기간이 길어짐에 따라 체내 항산화 체계가 증가된 산화적 스트레스에 대한 적응이 일어나는 쪽으로 변화되었을 가능성이 있다. Combs(1998)에 의하면, 인슐린은 혈액 내 비타민 C를 조직으로 이동시키지만 혈당이 조직으로의 비타민 C 이동을 억제하므로 당뇨환자에서 혈장 내 비타민 C의 농도가 높았다고 보고하고 있으며, Bowles(1967)는 당뇨병 상태에서는 비타민 A에 대한 요구가 증가하여 간에서의 비타민 A는 고갈되고, 혈액 내 비타민 A의 농도는 증가한다고 하였다. 또한, Caye-Vaugien 등(1990)도 당뇨환자에게서 α -tocopherol의 이용과 운반이 비정상적으로 일어나 혈장 α -tocopherol 농도가 건강한 사람보다 당뇨환자에게서 높았다고 보고하였다. 당뇨환자의 총항산화도를 연구한 Kim & Kim(2004)의 보고에서는 당뇨 노인의 총항산화도의 지표인 TAS 수준이 당뇨가 없는 대조군에 비해 유의적으로 높았음을 보고하였으며, Kim 등(2000)의 연구에서는 체중과다군의 TAS로 측정된 총항산화도가 정상체중군에 비해 유의적으로 높게 나타난 것을

보고한 바 있다. 본 연구에서도 이와 비슷한 결과를 보여 혈장 비타민 A 농도가 대조군에 비해 당뇨병에서 유의적으로 높게 나타났고, 체중이 높은 당뇨병에서 전반적으로 정상체중을 보여준 대조군에 비해 TAS가 유의적으로 높은 것으로 조사되었다. 이러한 결과들을 종합해 보면 혈중 비타민 농도와 총항산화도가 당뇨병과 관련하여 증가한 산화스트레스에 대항하기 위해 증가했을 가능성을 간과할 수 없다(Ames 등 1993). 그러나 본 연구에서 사용한 TEAC법을 이용한 총항산화도는 혈청 알부민과 요산의 기여도가 각각 28%와 19%인 반면, α -tocopherol과 ascorbic acid의 기여도는 각각 1.74%와 3.08%로 낮은 수준이고, 46.9% 정도는 그 외 여러 요소들에 의해 영향을 받는다고 알려져 있다(Cao & Prior 1998). 본 연구결과에서도 총항산화도는 혈장 TBARS와 유의적인 양의 상관관계를 나타냈으며, 혈장 비타민 C 및 비타민 E와는 유의적인 관계를 보이지 않았고, 혈장 비타민 A와 유의적인 양의 상관관계를 혈장 β -carotene 농도와는 음의 상관관계를 나타내어 혈장 비타민 농도가 총항산화도에 큰 영향을 끼치지 못한 것으로 보여진다. 그러므로 총항산화도 측정의 한 방법을 이용해 얻은 결과만으로는 산화적 스트레스에 대한 생체 방어체계를 전반적으로 파악하기는 어렵다. 따라서, 당뇨병과 관련하여 증가하는 산화스트레스와 이를 방어하는 구체적인 체내 항산화 기전에 대한 앞으로의 더 많은 연구가 필요할 것으로 사료된다.

요약 및 결론

본 연구는 당뇨병을 지닌 노인의 항산화 영양소 섭취 실태 및 혈중 항산화 영양상태를 평가하기 위하여 울산광역시에 거주하는 60세 이상 노인을 대상으로 신체계측, 설문조사와 생화학적 조사를 실시하였으며, 병원진단 기록을 기준으로 당뇨병과 대조군으로 나누어 항산화 영양소 섭취량, 혈중 지질조성, 혈장 항산화 비타민 농도와 총항산화도를 측정하여 비교 분석하였고, 그 결과는 다음과 같다.

1. 연구 대상자 중 당뇨병은 남자 44명 (36.0%), 여자 78명 (64.0%)으로 총 122명이었고, 대조군은 남자 23명 (24.0%), 여자 73명 (76.0%)으로 총 96명이었다. 당뇨병의 평균연령은 67.6세로 대조군의 평균연령인 71.7세 보다 유의적으로 낮았으며, 당뇨병의 평균 유병기간은 9.5년으로 조사되었다.

2. 흡연, 음주 및 규칙적 운동 유무 등 생활습관에 관한 조사결과, 당뇨병의 현재흡연자 비율은 27.9%로 대조군 (15.6%)에 비해 유의적으로 높았으나 ($p < 0.05$) 현재음주자의 비율 (21.5%)은 대조군 (35.4%)에 비해 유의적으로

낮았고, 규칙적인 운동을 하는 사람의 비율은 군 간의 차이가 없었다.

3. 조사대상자 중 식사요법을 실시하고 있는 사람의 비율은 당뇨병 47.1%, 대조군 9.7%이었으며, 비타민 보충제를 섭취하는 사람의 비율은 당뇨병 18.9%, 대조군 8.3%로 식사요법 실시와 비타민 보충제 섭취하는 사람의 비율 모두 대조군에 비해 당뇨병에서 유의적으로 높게 나타났다.

4. 평균 신장은 두 군 간에 차이가 없었으나 평균 체중은 당뇨병이 (61.1 kg) 대조군 (56.5 kg)에 비해 유의적으로 높게 나타났다. 성별에 따라 나누어 비교해 본 결과, 남자노인의 경우 평균 신장, 체중, BMI, 체지방량 및 WHR 모두 당뇨병과 대조군 사이에 유의적인 차이가 없었으나 여자노인의 경우 평균 체중 (당뇨군 59.0 kg, 대조군 55.2 kg), BMI (당뇨군 25.6 kg/m², 대조군 24.3 kg/m²) 및 체지방량 (당뇨군 34.2%, 대조군 31.8%) 모두 대조군에 비해 당뇨병에서 유의적으로 높았다.

5. 당뇨병의 평균 공복 시 혈청 glucose 농도는 157.9 mg/dL로 108.6 mg/dL인 대조군에 비해 유의적으로 높았으며, HbA_{1c} 함량 역시, 당뇨병 10.9%, 대조군 7.9%로 대조군에 비해 당뇨병에서 유의적으로 높게 나타났다.

6. 혈청 TG 농도는 당뇨병의 평균 농도 (188.7 mg/dL)가 대조군 (145.5 mg/dL)에 비해 유의적으로 높았으며, HDL-cholesterol 농도는 당뇨병 44.5 mg/dL, 대조군 50.7 mg/dL로 당뇨병에서 유의적으로 낮게 나타났고, 혈청 total cholesterol과 LDL-cholesterol 농도는 당뇨병 유무에 따른 두 군간의 차이가 나타나지 않았다.

7. 성별, 연령, 흡연 및 음주 상태를 보정하여 항산화 비타민의 섭취실태를 조사한 결과, 평균 비타민 C 섭취량은 당뇨병 144.0 mg, 대조군 122.4 mg으로 당뇨병 유무에 대한 유의적인 차이가 없었으나 비타민 C 평균필요량인 미만으로 섭취하는 사람의 비율은 당뇨병 27.0% (33명), 대조군 33.3% (32명)로 대조군에 비해 당뇨병에서 낮았다. 비타민 A의 섭취량은 당뇨병 780.0 μ gRE, 대조군 611.1 μ gRE로 대조군에 비해 당뇨병에서 유의적으로 높았으며, β -carotene의 섭취량도 당뇨병에서 유의적으로 높게 나타났다 (당뇨군 3972.5 μ g, 대조군 3116.4 μ g).

8. 성별, 연령, 흡연 및 음주 상태를 보정하여 혈장 항산화 비타민 농도를 측정된 결과, 혈장 비타민 A의 농도와 비타민 E 농도는 당뇨병에서 (0.37 mg/l, 8.0 mg/l) 대조군 (0.32 mg/l, 6.4 mg/l)에 비해 유의적으로 높게 나타났다. 혈장 총항산화도 역시 당뇨병에서 1.24 mmol/l로 1.19 mmol/l인 대조군에 비해 유의적으로 높게 나타났다.

9. 식사요법 실시 유무에 따라 당뇨병과 대조군을 나누어

비교한 결과, 혈장 비타민 A 농도 및 총항산화도가 식사요법을 하는 당뇨병군(0.41 mg/l, 1.23 mmol/l)이 식사요법을 하지 않는 대조군(0.32 mg/l, 1.16 mmol/l)에 비해 유의적으로 높았고, 식사요법을 하지 않는 당뇨병군(0.35 mg/l, 1.26 mmol/l)과 식사요법을 하지 않는 대조군(0.32 mg/l, 1.19 mmol/l) 사이에는 유의적이지는 않지만 대조군에 비해 당뇨병군에 높은 경향을 나타냈다.

10. 비타민 보충제 섭취 유무에 따라 당뇨병군과 대조군을 나누어 비교한 결과, 혈장 비타민 E, β -carotene 농도 및 총항산화도는 비타민 보충제를 섭취하는 경우 당뇨병군이 대조군에 비해 유의적으로 높았고, 비타민 보충제를 섭취하지 않는 경우에는 당뇨병군과 대조군 사이에 차이가 없었다.

결론적으로, 60세 이상 노인에서 당뇨병이 있는 경우 대조군에 비해 높은 혈중 TG 농도와 낮은 혈중 HDL-cholesterol 농도를 보였고, 항산화 비타민 섭취량의 증가와 함께 혈장 비타민 농도와 총항산화도가 증가하였다. 특히, 총항산화도는 식사요법 실시나 비타민 보충제를 섭취하는 경우 모두 대조군에 비해 당뇨병군에서 유의적으로 높았으며, 혈장 비타민 E 농도는 식사요법을 실시하는 경우 당뇨병군이 대조군에 비해 유의적으로 높았고, 혈장 비타민 E와 β -carotene 농도는 비타민 보충제를 섭취하는 경우 당뇨병군이 대조군 보다 유의적으로 높게 나타났는데, 이러한 결과는 당뇨병으로 인해 증가된 산화스트레스에 대한 총항산화도에 영향을 미치는 여러 혈장 항산화 성분이 증가함으로써 체내 항산화 방어 체계가 증가되었을 가능성이 있는 것으로 사료된다. 그러나 본 연구는 총항산화도에 영향을 미치는 여러 혈장 항산화 성분에 대한 자료 부족 등의 제한점을 가진다. 그러므로 당뇨병환자의 총항산화도 증가에 대한 요인을 보다 정확히 규명하기 위해서는 당뇨병의 진행정도나 합병증에 따른 항산화 상태 연구가 이루어져야 하며, 당뇨병과 관련된 구체적인 항산화 체계 요소들의 변화와 산화 손상에 대한 지속적인 연구가 이루어져야 할 것이다.

참 고 문 헌

- Ames BN, Shigenaga MK, Hagen TM (1993): Oxidants, antioxidants, and the degenerative disease of aging. *Proc Natl Acad Sci USA* 90(17): 7915-7922
- Andriollo-Sanchez M, Hinginer-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(2): S58-62
- Baynes JW (1991): Role of oxidative stress in the development of complications in diabetes. *Diabetes* 40(4): 405-412
- Berlett BS, Stadtman ER (1997): Protein oxidation in aging, disease and oxidative stress. *J Biol Chem* 272(33): 20313-20316
- Bieri JG, Tolliver TJ, Catignani GL (1979): Simultaneous determination of α -tocopherol and retinal in plasma or red cells by high pressure liquid chromatography. *Am J Clin Nutr* 32(10): 2143-2149
- Bieri JG, Brown ED, Smith JC (1985): Determination of individual carotenoid in human plasma by high performance liquid chromatography. *J Liq Chrom* 8(3): 474-484
- Bowles WH (1967): Influence of insulin on liver vitamin A in rats. *Diabetes* 16(10): 704-707
- Bowry VW, Mohr D, Cleary J, Stocker R (1995): Prevention of tocopherol-mediated peroxidation in ubiquinol-10-free human low density lipoprotein. *J Biol Chem* 270(11): 5756-5763
- Cao G, Prior R (1998): Comparison of different analytical methods for assessing total antioxidant capacity of human serum. *Clin Chem* 44(6): 1309-1315
- Cay-Vaugien C, Krempf M, Lamarche P, Charbonnel B, Pieri J (1990): Determination of α -tocopherol in plasma, platelets and erythrocytes of type I and type II diabetic patients by high performance liquid chromatography. *Int J Vitam Nutr Res* 60(4): 324-330
- Ceriello A, Bortolotti N, Falletti E, Taboga C, Tonutti L, Crescentini A, Motz E, Lizzio S, Russo A, Bartoli E (1997): Total Radical Trapping Antioxidant Parameter in NIDDM patients. *Diabetes Care* 20(10): 194-197
- Combs GF (1998): The vitamins-Fundamental aspects in nutrition and health. p. 251, Academic press. USA
- Dotevall A, Johansson S, Wilhelmsen L, Rosengren A (2004): Increased levels of triglycerides, BMI and blood pressure and low physical activity increase the risk of diabetes in Swedish women. A prospective 18-year follow-up of the BEDA study. *Diabet Med* 21(6): 615-622
- Facchini FS, Humphreys MH, DoNascimento CA, Abbasi F, Reaven GM (2000): Relation between insulin resistance and plasma concentrations of lipid hydroperoxides, carotenoids, and tocopherols. *Am J Clin Nutr* 72(3): 776-779
- Fairfield KM, Flecher RH (2002): Vitamins for Chronic Disease prevention in Adults-Scientific review. *JAMA* 287(23): 3116-3126
- Frei B, Stocker R, Ames BN (1989): Antioxidant defenses and lipid peroxidation in human blood plasma. *Proc Natl Acad Sci USA* 86(16): 6377-6381
- Friedewald WT, Levy RI, Fredrickson DS (1972): Estimation of the concentration of low-density lipoprotein cholesterol in plasma, without use of the preparative ultracentrifuge. *Clin Chem* 18(6): 499-502
- Ha AW, Kim HM (1999): The study of lipid-peroxidation antioxidant enzymes, and the antioxidant vitamins in NIDDM patients with microvascular-diabetic complications. *Korean J Nutr* 32(1): 17-23
- Halliwel B (1994): Free radicals and antioxidants : a personal view. *Nutr Rev* 52(8): 253-265
- Handelman GJ, Packer L, Cross CE (1996): Destruction of tocopherols, carotenoids and retinol in human plasma by cigarette smoke. *Am J Clin Nutr* 63(4): 559-565
- Hunt JV, Gean R, Wolff S (1988): Hydroxyl radical production and autoxidative glycosylation. Glucose autoxidation as the cause of

- protein damage in the experimental glycation model of diabetes mellitus and aging. *Biochem J* 256(1): 205-212
- Hunt JV, Smith CC, Wolff SP (1990): Autoxidative glycosylation and possible involvement of peroxides and free radicals in LDL modification by glucose. *Diabetes* 39(11): 1420-1424
- Kedziora-Kornatowska KZ, Luciak M, Blaszczyk Pawlak W (1998): Lipid peroxidation and activities of antioxidant enzymes in erythrocytes of patients with non-insulin dependent diabetes mellitus with or without nephropathy. *Nephrol Dial Transplant* 13(11): 2829-2832
- Kim JH, Kim Mj (2004): Dietary intakes and plasma antioxidant vitamins levels in Korean elderly with diabetes. *Asia Pac J Clin Nutr* 13(Suppl 1): S152
- Kim MJ, Kim OH, Kim JH (2002): The effects of smoking, drinking and exercise on antioxidant vitamin intakes and plasma antioxidant status in elderly people living in Ulsan. *Korean J Community Nutr* 7(4): 527-538
- Kim SK, Park YS, Byoun KE (2000): Comparison of the total antioxidant status and usual dietary intake in normal and overweight males. *Korean J Community Nutr* 5(4): 633-641
- Kim WK, Park OJ (1998): Plasma concentrations of vitamin E and A, and effects of vitamin E supplementation on oxidative stress and immune status in Korean non insulin dependent diabetic patients. *Nutr Sci* 1(1): 22-28
- Korean National Statistical Office (2005): The cause of death statistics 2005 (deaths and death rates)
- Krinsky NI (1993): Actions of carotenoids in biological systems. *Ann Review Nutr* 13: 561-567
- Lee HJ, Park SJ, Kim JH, Kim CI, Chang KJ, Yim KS, Kim KW, Choi HM (2002): Development and validation of a computerized semi-quantitative food frequency questionnaire program for evaluating the nutritional status of the Korean elderly. *Korean J Community Nutr* 7(2): 277-285
- Lichtenstein MJ, Yamell JWG, Elwood PC, Beswick AD, Sweetnam PM, Marks V, Teale D, Riad-Fahmy D (1987): Sex hormones, insulin, lipids, and prevalent ischemic heart disease. *Am J Epidemiol* 126(4): 647-657
- Malone WF (1991): Studies evaluating antioxidants and β -carotene as chemopreventives. *Am J Clin Nutr* 53(1): 383S-385S
- Mettlin C (1984): Epidemiologic studies on vitamin A and cancer. *Adv Nutr Res* 6: 47-50
- Ministry of Health and Welfare (1999) : 98' National Health and Nutrition Survey in Korea
- Ministry of Health and Welfare (2006): The Third Korea National Health and Nutrition Examination Survey (KNHANES III), 2005, pp. 34-62, Seoul
- Niki E, Noguchi N, Tsuchihashi H, Gotoh N (1995): Interaction among vitamin C, vitamin E and β -carotene. *Am J Clin Nutr* 62(6): 1322S-1326S
- Nourooz-Zadeh J, Rahimi A, Tajaddini-Sarmadi J, Tritschler H, Rosen P, Halliwell B, Betteridge DJ (1997): Relationships between plasma measures of oxidative stress and metabolic control in NIDDM. *Diabetologia* 40(6): 647-653,
- Ohkawa H, Ohishi N, Aogi K (1979): Assay for lipid peroxides in animal tissues by thiobarbituric acid reaction. *Anal Biochem* 95(2): 351-358
- Packer L (1991): Protective role of vitamin E in Biological systems. *Am J Clin Nutr* 53(4): 1050S-1055S
- Packer L (1997): Vitamin C and redox cycling antioxidants. In: Packer L, Fuchs J, eds. Vitamin C in health and disease, pp. 95-121, Marcel Dekker Inc., New York
- Paolisso G, D'Amore A, Giugliano D, Ceriello A, Varricchio M, D'Onofrio F (1993): Pharmacological doses of vitamin E improve insulin action in healthy subjects and non-insulin-dependent patients. *Am J Clin Nutr* 57(5): 650-656
- Paton RC, Passa P (1983): Platelets and diabetic vascular disease. *Diabetes Metab* 9(4): 306-312
- Pesce AJ, Kaplan LA (1987): Methods in clinical chemistry. Part 10, Chapter 75, pp. 574-581, The CV Mosby-Company, St. Louis Washington DC, Toronto.
- Peuchant E, Brun JL, Rigalleau V, Dubourg L, Thomas MJ, Daniel JY, Leng JJ, Gin H (2004): Oxidative and antioxidative status in pregnant women with either gestational or type 1 diabetes. *Clin Biochem* 37(4): 293-298
- Reaven P (1995): Dietary and pharmacologic regimens to reduce lipid peroxidation in non-insulin-dependent diabetes mellitus. *Am J Clin Nutr* 62(6): 1483S-1489S
- Rice-Evans C, Miller N (1997): Total antioxidant status in plasma and body fluids. *Method in Enzymology* 234: 279-293
- Ruhe RC, McDonald RB (2001): Use of antioxidant nutrients in the prevention and treatment of type 2 diabetes. *J Am Coll Nutr* 20(5): 363S-369S
- Samiec PS, Drews-Botsh C, Flagg EW, Kurtz JC, Sternberg P Jr, Reed RL, Jones DP (1998): Glutathione in human plasma: decline in association with aging, age-related macular degeneration, and diabetes. *Free Radic Biol Med* 24(5): 699-704
- Sargeant LA, Wareham NJ, Bingham S, Day NE, Luben RN, Oakes S, Welch A, Khaw KT (2000): Vitamin C and hyperglycemia in the European Prospective Investigation into Cancer--Norfolk (EPIC-Norfolk) study: a population-based study. *Diabetes Care* 23(6): 726-732
- Saudek CD, Eder HA (1979): Lipid metabolism in diabetes mellitus. *Am J Med* 66(5): 843-852
- Semmens J, Rouse I, Belin LJ, Masarei RL (1983): Relationship of plasma HDL-cholesterol to testosterone, estradiol and sex hormone-binding globulins in men and women. *Metabolism* 32(5): 429-432
- Steiner G, Lewis GF (1996): Hyperinsulinemia and triglyceride-rich lipoproteins. *Diabetes* 45(Suppl 3): S24-S26
- Sundaram RK, Bhaskar A, Vijayalingam S, Viswanathan M, Mohan R, Shanmugasundaram KR (1996): Antioxidant status and lipid peroxidation in type II diabetes mellitus with and without complications. *Clin Sci* 90(4): 255-260
- Tessier D, Khalil A, Fulop T (1999): Effects of an oral glucic challenge on free radicals/antioxidants balance in an older population with type II diabetes. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 54(11): M541-545
- Van der Jagt DJ, Harrison JM, Ratliff DM, Hunsaker LA, Van der Jagt DL (2001): Oxidative stress indices in IDDM subjects with and without long-term diabetic complications. *Clin Biochem* 34(4): 265-270