J Korean Soc Food Sci Nutr
40(5), 689~695(2011)

한국식품영양과학회지
DOI: 10.3746/jkfn.2011.40.5.689

제2형 당뇨환자에 대한 영양교육이 당뇨병 관리와 혈액 항산화 상태에 미치는 영향

신경남 · 이혜상 · 권정숙†
안동대학교 생활과학대학 식품영양학과

Effects of Nutrition Education in Type 2 Diabetes Mellitus on Diabetes Control and Blood Antioxidant Status

Kyung Nam Shin, Hye-Sang Lee, and Chong Suk Kwon†
Dept. of Food Science and Nutrition, Andong National University, Gyeongbuk 760-749, Korea

Abstract

Diabetic patients need nutritional education more than those suffering from other diseases because of the necessity of controlling blood glucose levels with dietary treatment. The purpose of this study was to find out the effectiveness of nutrition education on diabetes control and antioxidant status, both of which are related to diabetic complications. Thirty (15 males and 15 females) type 2 diabetes mellitus patients aged 66.7±8.8 years participated in a 4-week nutrition education program. Nutrient intakes, blood glucose level, antioxidant status, and DNA damage were evaluated before, immediately after, and three months after the education program. Changes in those parameters over time were analyzed using repeated-measures analysis of covariance. Over time, HbA1c (p=0.000), plasma total cholesterol (p=0.002), plasma thiobarbituric acid related substances (TBARS; p=0.000), and leukocyte DNA damage (p=0.000) significantly decreased; plasma retinol (p=0.001), plasma tocopherol (p=0.000), erythrocyte catalase (CAT; p=0.000), and erythrocyte glutathione peroxidase (GPx; p=0.000) significantly increased. In an evaluation of nutrient intakes by Dietary Reference Intakes for Koreans (KDRI), energy (p=0.009), phosphorus (p=0.033), sodium (p=0.001), potassium (p=0.019), zinc (p=0.043), riboflavin (p=0.050), folic acid (p=0.048) and vitamin C (p=0.008) intakes had significant positive changes. In a correlation analysis of the biochemical and nutritional changes resulting from the education program, plasma TBARS were negatively correlated with potassium (r=-0.418, p<0.05), iron (r=-0.443, p<0.05), riboflavin (r=-0.432, p<0.05), and folic acid (r=-0.446, p<0.05) intakes, while plasma retinol was positively correlated with energy (r=0.543, p<0.01), protein (r=0.543, p<0.01), phosphorus (r=0.425, p<0.05), iron (r=0.485, p<0.05), zinc (r=0.570, p<0.01) and niacin (r=0.510, p<0.05) intakes. Erythrocyte CAT was positively correlated with folic acid intake (r=0.605, p<0.01). From these results, we suggest that an improvement in nutrition resulting from a diabetic education program for type 2 diabetes patients led to improvement in their antioxidant status, also possibly reducing complications resulting from diabetes.

Key words: diabetes mellitus, nutrition education, nutrition status, antioxidant status

서 론

국제당뇨병연맹에서는 전 세계 당뇨병 환자가 전체 인구의 약 6%에 해당하는 약 2억 8,500만 명이며, 20년 내에 약 4억 3,800만 명이 될 것이라고 예측하고 있다(1). 우리나라의 경우 2008년 국민건강영양조사 결과에 의하면 당뇨병 유병률은 30세 이상에서 남자 10.8%, 여자 9.3%이며, 연령이 증가할수록, 교육수준이 낮을수록 유병률이 높은 것으로 보고하였다(2). 2009년 통계청의 사망원인 통계연보에 따르면 인구 10만 명당 19.6명이 당뇨병으로 사망하고 있어 국내 10대 사인 중 당뇨병이 5위를 차지한다고 하였다(3). 그러나 당뇨병 환자 중에 혈당강하제나 인슐린 주사를 통해 적정 혈당을 유지하는 사람의 비율은 남자 26.0%, 여자 21.6%로 매우 낮은 실정이다(2).

당뇨병은 췌장에서 인슐린의 분비가 부족한 경우, 또는 분비는 어느 정도 유지되나 민감성이 떨어져서 인슐린의 작용이 부족한 경우, 또는 인슐린의 분비와 작용이 모두 부족한 경우 나타나는 대사이상이며, 이 중 췌장에서 인슐린의 분비는 어느 정도 유지되나 인슐린의 민감성이 떨어져 포도당의 이용 장애가 일어나는 경우를 제2형 당뇨병이라고 한다(4). 제2형 당뇨병은 일단 발병하면 근본적으로 치유가 되지 않으며 다양한 만성합병증으로 발전하는 경우가 많지만, 영양교육을 통해 식사요법을 잘 수행하면 이러한 합병증들을 효과적으로 예방할 수 있기 때문에 타 질병에 비해 영양교육의 중요성이 더욱 강조되고 있다(5-10). 최근 여러 논문에서도 당뇨병관리에 있어서 식사요법에 관한 영양교육의

†Corresponding author. E-mail: cskwon@andong.ac.kr
Phone: 82-54-820-5484, Fax: 82-54-820-6281

효과가 매우 크다는 점을 보고하고 있다(11-13).

당뇨병에서 고혈당을 제대로 관리하지 않을 경우 망막증, 신장질환 및 심혈관계 질환과 같은 합병증을 유발하게 되는데 과거에는 당뇨병성 합병증의 발생 원인을 고지혈증, 고혈압 등으로 설명하였으나 최근에는 고혈당으로 인한 산화 스트레스(oxidative stress)가 중요한 원인으로 논의되고 있다(14-17). 고혈당 상태에서 산화 스트레스가 증가하는 것은 포도당의 자가 산화로 인해 자유기(free radical)의 생성이 증가하여 체내 산화/항산화 시스템의 균형이 깨어졌기 때문이며, 이로 인해 지질과산화물의 생성이 증가하고 단백질의 당화 과정이 촉진되어 조직에 손상을 일으켜 당뇨병성 합병증이 유발되는 것으로 알려져 있다(14-16). 당뇨병과 산화 스트레스의 관련성에 관한 많은 연구에서, 당뇨환자는 건강인에 비해 혈액의 비타민 C, 비타민 E 및 β-carotene 등의 항산화 영양소 농도와 superoxide dismutase(SOD), glutathione peroxidase(GPx) 등의 항산화 효소 활성은 낮고, 지질과산화물 농도와 DNA 손상 정도는 현저히 높음을 보고하고 있다(18-20). 한편 당뇨환자에게 항산화 영양소와 항산화 물질을 보충함으로 인슐린 활성 증진에 의한 혈당 감소와 당화헤모글로빈 농도 감소 및 지질과산화물과 DNA 손상 정도의 감소 효과가 있었음을 보고하고 있다(21,22). 따라서 당뇨병 관리를 위한 영양교육의 효과에 대한 평가에 있어서도 혈당 관리의 개선과 함께 체내 산화 스트레스의 감소에 대해 주목할 필요가 있다.

한편 Kirkpatrick(23)은 영양교육에 의한 행동변화 효과는 교육 3~6개월 후에 평가하는 것이 적절하다고 하였는데 그동안 당뇨병에 대한 영양교육 효과 평가는 교육 직후에 행해진 것들이 대부분이었다(7,8,10-12). 그러나 최근 발표된 초등학교 나트륨 교육 효과에 대한 연구(24)에서는 교육 후 3개월부터 교육 효과가 감소하기 시작하는 것으로부터 영양교육의 참 효과를 측정하기 위해서는 교육 후 3개월의 효과를 평가하는 것이 적절하다고 하였으며, 보건소에서의 당뇨병 교육 프로그램의 효과를 분석한 연구(13)에서도 프로그램 실시 3개월 후의 변화를 분석하여 효과를 평가하는 등 교육 후 어느 정도 시간이 지난 후의 교육효과를 평가하는 사례가 늘어나고 있다.

당뇨병 관리와 합병증 예방을 위해 당뇨교육의 중요성은 인식되어 있으나 일반적으로 교육이 일회성에 그치는 경향이 있고, 그 실행 여부에 대해서도 관리가 잘 이루어지지 않고 있어 그 실효성이 의문시 되고 있으며, 교육 효과의 평가에 있어서도 당뇨합병증 발생과의 관련성이 높은 항산화 영양상태에 관한 연구는 부족한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 제2형 당뇨병 환자를 대상으로 4주간의 당뇨교육을 하고, 교육 전, 교육 후 및 교육 후 3개월에 각각 영양소 섭취, 혈당 관리와 항산화 영양상태 및 DNA 손상 정도를 조사하였으며, 이를 통해 효과적인 당뇨 교육 및 평가 방안을 모색하는데 기초 자료를 제시하고자 한다.

대상 및 방법

조사대상과 교육방법

경북 안동시 지역에 거주하면서 안동시 보건소를 내원하는 제2형 당뇨병 환자 중 본 연구에 동의한 30명(남 15명, 여 15명)을 대상으로 하였다. 교육 전 일반사항에 관한 설문조사, 신체 계측, 혈액 검사와 식이섭취 조사를 하였으며, 교육은 매주 1회 총 4회에 걸쳐 실시하고, 교육 5주째에는 당뇨중식회와 함께 혈액 검사와 식이섭취 조사를 실시하였다. 교육과정과 내용은 당뇨병의 일반사항 및 식사요법의 중요성, 식품교환표 활용법 등으로 구성된 선행 연구(25)를 토대로 항산화 영양소와 당뇨합병증에 관한 내용을 추가하여 진행하였다. 교육 후 관리로는 교육 후 1개월에 전화로 모든 대상자들에게 교육 내용을 상기시키고 실행 여부를 확인하였으며, 교육 후 2개월에는 보건소를 방문하게 하여 영양 상담과 함께 교육 내용을 상기시키고 실행 동기를 부여하였으며, 교육 후 3개월에는 혈액 검사와 식이섭취에 대해 조사하였다.

조사내용

일반사항 및 당뇨관련 특성 조사: 조사대상자의 일반사항으로는 연령, 성별, 당뇨관련 특성으로는 당뇨병 이환기간, 가족력, 당뇨관련 영양교육경험, 당뇨치료 여부 및 방법 등을 조사하였다.

신체계측 및 혈압 측정: 신장과 체중은 자동신장체중측정기(DS-102, Gilwoo Trading, Seoul, Korea)로 측정하고, 신장과 체중 측정치로부터 체질량지수(BMI, body mass index)를 산출하였으며, 혈압은 10분 이상 안정 상태를 유지한 후 전자혈압계(FT 500, Jawon Medical, Gyeongsan, Korea)를 이용하여 측정하였다.

식이섭취 조사: 식이섭취 상태는 24시간 회상법을 사용하였으며, 식품 모형을 사용하여 잘 훈련된 조사원과의 일대일 면담을 통해 평일 하루 동안의 식사를 조사하였다. 식이섭취 조사 자료는 CANPro 3.0(한국영양학회)을 사용하여 열량과 각 영양소의 섭취량을 계산하고, 각 연령별 영양섭취기준(에너지필요추정량, 권장섭취량, 충분섭취량)에 대한 섭취 비율(%)을 산출하였다.

혈액의 생화학적 검사: 공복 상태에 채혈한 혈액을 원심분리(3000×g, 10분, 4°C)하여 혈장을 분리하고, 적혈구는 0.9% NaCl로 3회 세척한 후 각각 -80°C에 보관하였다. 혈당은 효소 kit(Asan Pharm., Seoul, Korea)로 측정하였고, 당화혈색소 농도는 NycoCard^{TM} HbA1c kit로 발색시킨 후 NycoCard Reader Ⅱ(Axis-Shield, Dundee, Scotland)로 측정하고 총 혈색소에 대한 당화혈색소 농도를 백분율(%)로 표시하였다. 혈장의 중성지방, 총콜레스테롤 및 HDL-콜레스테롤 농도는 효소 kit(Asan Pharm.)를 사용하였고, 혈장의 과산화 지질 함량은 Yagi(26)의 방법에 따라 측정하였다. 적혈구 항산화 효소의 활성으로 catalase(CAT) 활성은 Aebi

(27)의 방법으로, superoxide dismutase(SOD) 활성은 Flohe와 Otting(28)의 방법으로, glutathione peroxidase(GSH-Px) 활성은 Paglia와 Valentine(29)의 방법으로 분광광도계를 사용하여 각각 측정하였으며, 혈장 retinol, β-carotene, tocopherol 및 ascorbic acid의 농도는 Bieri 등(30)의 방법에 따라 HPLC로 각각 분석하였다. DNA 손상 정도는 Singh 등의 방법(31)에 따라 Comet assay를 시행하고 Komet 5.0 image analysis software(Andor, Belfast, Northern Ireland)로 분석하여 Tail DNA(%), Tail length (μm) 및 Tail Extent Moment[TEM, tail length×tail DNA(%)/100]로 나타내었다.

통계분석

자료의 처리는 SPSS 통계 프로그램(version 14.0)을 사용하여 분석하였고, 결과는 평균과 표준편차로 표시하였다. 혈액의 생화학적 결과와 영양소 섭취의 교육 전, 교육 직후 및 교육 후 3개월의 차이는 반복 측정 분산분석(repeated measures ANOVA)으로 검정하였다. 그리고 생화학적 결과와 영양소 섭취에 대해 교육 전과 교육 후 3개월의 차이를 구하고 그 관련성을 Pearson's correlation coefficient로 분석하였다.

결과 및 고찰

조사대상자의 일반 특성

교육에 참여한 제2형 당뇨병 환자의 일반 특성은 Table 1과 같다. 대상자는 남녀 각각 15 명씩 전체 30명으로 평균 연령은 66.7±8.8세, 당뇨병 이환기간은 8.3±8.2년이었으며, 당뇨병 관리방법은 경구혈당 강하제 사용이 70.0%(21명)로 가장 많았으며, 인슐린은 3명만 사용하고 있었고 나머지는 식사요법만으로 당뇨병 관리를 하고 있는 것으로 조사되었다. 다른 연구에서는 혈당강하제 사용비율이 75.0%(13), 83.9%(6), 87.4%(12)로 이 연구결과보다 다소 높은 것으로 나타났다. 당뇨병 가족력이 있는 사람은 13명(43.3%)이었으며, Lee 등의 연구(12)에서는 가족력이 있는 비율이 58.3%로 조사되어 이 연구에서 다소 낮은 것으로 나타났다. 당뇨영양교육을 받은 적이 있는 사람은 23.3%(7명)에 그쳤고 대부분 일회성 교육이었다고 답하였으며, 다른 연구의 35.0%(13), 64.5%(12)에 비해 다소 낮은 비율이었다. 당뇨교육은 일회성 교육으로 끝나는 경우가 많으며, 일회성 교육으로는 환자의 실천도를 높여 자아효능감을 경험하도록 하기에 부족하므로 교육 내용의 실행을 강화할 수 있는 연속성 있는 프로그램의 운영이 필요한 것으로 사료된다(10).

영양교육에 의한 혈액 생화학적 특성의 변화

영양교육 전과 교육 후, 그리고 교육 후 3개월의 혈액 생화학적 특성에 대한 영양교육의 효과를 반복측정 분산분석을 통해 분석하였다(Table 2). 공복혈당의 경우, 시기에 따른 유의한 차이는 없는 것으로 나타났는데 이는 조사대상자의 80%가 혈당강하제 또는 인슐린을 사용하고 있어서 공복혈당을 대체로 잘 유지할 수 있었기 때문인 것으로 사료된다. HbA1c의 경우, 시기에 따라 유의적으로 감소하여 교육 전 8.35%이던 것이 교육 직후와 교육 후 3개월에 각각 7.04%와 7.23%를 나타내었으며(p=0.000), 이로서 교육 후 3개월에도 혈당 관리가 지속적으로 원활하게 이루어지고 있음을 알 수 있었다. 혈액의 지질 농도를 보면 중성지방과 HDL-콜레스테롤은 시기에 따른 유의적인 변화가 나타나지 않았으나, 총 콜레스테롤은 시기에 따라 유의적으로 감소하여, 교육 전, 교육 후 및 3개월 후에 각각 202.0, 181.4 및 175.9 mg/dL로 나타났다(p=0.002). Lee 등의 연구(12)에서는 교육 후 공복혈당과 HbA1c의 감소 효과는 있었으나 총콜레스테롤의 감소 효과는 없었다고 하였으며, Kang 등의 연구(11)에서는 교육 후 공복혈당에서 유의적인 변화가 나타나지 않았다고 하였고, Oh와 Kim의 연구(13)에서는 교육 후 공복혈당, 총콜레스테롤, 중성지방, HDL-콜레스테롤의 유의미한 변화는 없었으나 HbA1c의 경우에는 유의하게 감소하였다고 하였다. 연구에 따라서 차이는 있었으나 대부분의 연구에서 교육 후 HbA1c의 감소 효과는 있는 것으로 나타났다.

혈장 항산화 영양소 농도를 측정한 결과, 혈장 레티놀(p=0.001)과 토코페롤 농도(p=0.000)는 교육 전, 교육 후 및 교육 후 3개월에 각각 0.45, 0.44 및 0.61 μg/mL와 5.73, 4.48 및 6.96 μg/mL로 시기에 따라 유의적으로 상승하였으나, 혈

Table 1. General characteristics of the subjects

Gender	
Male	15 (50.0)[1)]
Female	15 (50.0)
Age (yr)	66.7±8.8[2)]
≧75	6 (20.0)
65~74	13 (43.3)
50~64	10 (33.3)
<50	1 (3.3)
Weight (kg)	61.7±10.0
BMI (kg/m^2)	23.9±2.8
Blood pressure (mmHg)	
Systolic BP	129.4±15.0
Diastolic BP	78.4±9.4
Duration of DM (year)	8.3±8.2
≦5	12 (40.0)
6~10	7 (23.3)
>10	11 (36.7)
DM treatments	
Insulin	3 (10.0)
OHA	21 (70.0)
None	6 (20.0)
Family history	
Have	13 (43.3)
None	17 (56.7)
Nutrition education	
Have	7 (23.3)
None	23 (76.7)

[1)]N (%). [2)]Mean±SD.
BMI, body mass index; BP, blood pressure; DM, diabetes mellitus; OHA, oral hypoglycemic agent.

Table 2. Biochemical measurements of the subjects between before and after nutrition education

Variables	Before education	Immediately after education	3 months after education	p-value
FBG (mg/dL)	118.2±57.7[1)]	124.2±22.7	110.4±28.3	0.088
HbA1c (%)	8.35±1.21	7.04±0.72	7.23±0.91	0.000
Blood lipids (mg/dL)				
Triglyceride	102.7±54.3	117.8±73.3	84.4±43.9	0.256
Total cholesterol	202.0±40.9	181.4±30.9	175.9±30.4	0.002
HDL cholesterol	42.4±11.7	44.9±12.3	42.4±13.7	0.120
Plasma antioxidant nutrients (μg/mL)				
Retinol	0.45±0.14	0.44±0.19	0.61±0.17	0.001
β-Carotene	1.26±1.08	1.36±1.02	1.29±1.09	0.559
Ascorbic acid	28.4±16.9	34.4±14.4	30.2±12.3	0.319
α-Tocopherol	5.73±1.93	4.48±1.87	6.96±1.35	0.000
Erythrocyte antioxidant enzymes				
CAT (k/g Hb)	890.6±109.7	1098.7±323.0	1362.3±316.4	0.000
GPx (nmole/g Hb)	223.4±35.2	397.2±119.0	353.1±42.4	0.000
SOD (U/g Hb)	1069.5±291.0	1143.2±217.7	1224.6±243.5	0.090
Plasma TBARS (nmole/mL)	4.22±0.85	3.64±0.96	4.02±1.27	0.000
DNA damage				
Tail DNA (%)	9.1±1.0		5.8±1.1	0.000
Tail length (μm)	13.1±1.6		8.0±1.4	0.000
TEM	1.16±0.23		0.55±0.18	0.000

[1)]Mean±SD. Change in each variable over time was analyzed using repeated-measures analysis of covariance.
FBG, fasting blood glucose; CAT, catalase; GPx, glutathione peroxidase; SOD, superoxide dismutase; TBARS, thiobarbituric acid reactive substances; TEM, tail extent moment.

장 β-carotene과 비타민 C 농도는 각각 1.26, 1.36 및 1.29 μg/mL와 28.4, 34.4 및 30.2 μg/mL로 교육 직후에 다소 상승하는 경향을 보였으나 시기에 따른 유의성은 나타나지 않았다. 당뇨병에서는 산화스트레스의 증가로 인해 항산화 비타민의 소모가 증가하므로 혈액 항산화 비타민 농도가 정상인에 비해 낮으며(20,32), 당뇨병 환자에게 비타민 E를 보충하면 HbA1c, 혈액 과산화지질 농도, LDL의 산화 및 DNA 손상이 감소된다고 하였다(22,33). 이 연구에서는 당뇨교육을 통해 항산화 비타민을 포함하여 영양소 섭취가 전반적으로 향상(Table 3)된 것이 항산화 비타민의 혈중 농도 상승에도 영향을 미쳤을 것으로 사료된다.

적혈구에서 항산화 효소 활성을 측정한 결과, CAT(p=0.000)와 GPx(p=0.000)의 활성이 시기에 따라 유의적으로 상승하였으며, SOD 활성은 유의적인 변화가 없었다. 항산화 효소의 활성 증가와 반대로 혈장의 과산화지질(TBARS) 농도는 시기에 따라 유의적으로(p=0.000) 감소한 것으로 나타났다. 당뇨병에서는 항산화 효소 활성이 정상인보다 낮으며, 이는 당뇨병에서 혈당 조절이 부적절할 경우 항산화 효소 단백질의 당화로 인해 항산화 효소의 활성이 감소하며, 이와 함께 혈액 과산화지질 농도는 상승하여 합병증 발생이 증가하는 것으로 알려져 있다(18,20,34-36). 또한 당뇨병에서는 일반적으로 고지혈증이 수반되며 혈액의 지질은 자유기의 일차 공격 대상이 되므로 항산화능이 감소된 상태에서는 혈액의 과산화지질 농도가 증가하게 되고 따라서 미세혈관 합병증 발생 위험성도 증가하는 것으로 알려져 있다(36-38). 이 연구에서는 교육 전에 비해 교육 후 혈액 항산화 효소 활성이 증가하였고 이와 함께 혈액의 과산화지질 농도도 감소하였으며 항산화능이 증진된 상태가 교육 후 3개월에서도 유지된 것으로 나타났다.

DNA 손상 정도를 Comet assay로 분석한 결과, Tail DNA (%)가 교육 전 9.1%에서 교육 후 3개월에 5.8%로 34% 감소하였으며, Tail length도 13.1 μm에서 8.0 μm로, TEM도 1.16에서 0.55로 각각 유의적(p=0.000)으로 감소하였다. 당뇨병에서 DNA 손상 여부를 조사한 다른 연구에서도 당뇨병에서 SOD와 GPx 활성 감소와 아울러 DNA 손상이 증가하였고, 비타민 E 보충으로 DNA 손상 정도가 감소하였다고 하였다(22,39). 이 연구에서도 영양교육 후 영양섭취가 개선되었고 항산화 효소의 활성도 증가하였으며 이와 함께 DNA 손상이 감소된 것으로 나타났다.

영양교육에 의한 영양소 섭취 상태의 변화

영양소 섭취 상태에 대한 영양교육의 효과를 알아보기 위해 영양소 섭취량을 한국인영양섭취기준의 각 연령대별 에너지필요추정량(EER), 권장섭취량(RI) 및 충분섭취량(AI)에 대해 섭취비율(%)을 구하고, 교육 효과를 반복측정 분산분석으로 검정한 결과는 Table 3과 같다. 에너지의 경우, 교육 전에 EER의 76.4% 수준으로 섭취하였으나 교육 직후와 교육 후 3개월에 각각 83.6%와 90.6%로 유의하게 증가한 것으로 나타났다(p=0.009). 에너지 섭취의 증가와 함께 모든 영양소의 섭취량이 교육 전에 비해 교육 후에 증가한 것으로 나타났으며, 그중에서 인(p=0.033), 나트륨(p=0.001), 칼륨(p=0.019), 아연(p=0.043), 리보플라빈(p=0.050), 엽산(p=0.048) 및 비타민 C(p=0.008)의 섭취는 시간 경과에 따라 유의적으로 증가하였다. 당뇨병에서 식이를 통한 영양소의 보충으로

Table 3. Nutrient intakes of the subjects between before and after nutrition education

Nutrients	Before education	Immediately after education	3 months after education	p-value
Energy (% EER)	76.4±21.7[1)]	83.6±15.1	90.6±21.7	0.009
Protein (% RI)	158.8±55.4	149.6±17.8	166.0±62.5	0.781
CHO:Fat:Protein (% Cal)	62:17:21	60:22:18	62:20:18	
Calcium (% RI)	83.3±39.4	84.1±50.2	88.2±39.3	0.959
Phosphorus (% RI)	124.2±18.7	111.6±35.6	138.9±31.2	0.033
Sodium (% AI)	340.9±134.8	310.7±145.5	381.3±143.0	0.001
Potassium (% AI)	49.2±15.6	51.3±16.1	62.0±14.3	0.019
Iron (% RI)	151.9±42.1	155.7±55.0	165.7±51.9	0.664
Zinc (% RI)	91.1±28.4	96.8±25.0	105.9±32.8	0.043
Vitamin A (% RI)	92.6±87.0	101.5±112.5	129.4±178.5	0.752
β-Carotene (mg/day)	2.9±2.6	3.2±4.4	4.7±7.3	0.484
Thiamin (% RI)	73.1±31.6	75.1±23.4	83.8±20.0	0.624
Riboflavin (% RI)	54.3±25.4	58.9±21.8	73.7±29.0	0.050
Niacin (% RI)	85.0±33.5	80.0±25.8	100.2±40.1	0.174
Vitamin B6 (% RI)	115.3±51.1	113.1±38.5	142.3±46.7	0.060
Folic acid (% RI)	47.9±21.0	61.1±32.3	66.7±17.4	0.048
Vitamin C (% RI)	73.9±37.8	89.1±63.8	128.8±74.8	0.008
Vitamin E (% AI)	91.8±61.6	109.5±59.5	103.9±44.4	0.071

[1)]Mean±SD. Change in each variable over time was analyzed using repeated-measures analysis of covariance.
EER, Estimated Energy Requirements; RI, Recommended Intake; AI, Adequate Intake.

항산화 상태가 개선이 되면 산화 스트레스를 현저히 감소시켜 당뇨합병증의 예방과 치료에 도움이 된다는 연구 결과가 많으며, 특히 비타민 E와 아연, 그리고 과일과 채소에 함유되어 있는 flavonoids들의 효과가 알려져 있다(40). 이 연구에서는 교육을 통한 영양소의 섭취 상태의 개선 효과가 교육 후 3개월까지도 전반적으로 양호하게 유지되고 있는 것으로 나타났으며, 특히 채소와 과일의 섭취 증가로 인해 엽산과 비타민 C의 섭취가 증가된 것으로 나타났고, 비타민 E의 섭취도 유의성은 없었지만 증가한 것으로부터 이들이 항산화 영양상태의 개선에 기여하였을 것으로 사료된다. Ford 등(41)은 혈중 카로티노이드 농도의 상승과 혈당 저하와의 관련성이 있음을 보고하였는데, 이 연구에서 베타-카로틴의 섭취도 증가하였으나 유의성은 나타나지 않았다. 이는 개인별 섭취량의 차이가 컸기 때문인 것으로 사료된다. 영양교육에 의한 영양소 섭취 상태의 변화를 측정하는 경우 대상자의 영양섭취기준과 관계없이 섭취량 자체의 변화로 평가하는 경우가 많다(5,11). 이 연구에서는 영양섭취기준에 대한 섭취비율을 비교한 관계로 선행연구와의 비교가 어려운 점이 있었으나 전반적으로 대상자들의 영양 섭취 상태가 개선되었음을 확인할 수 있었다.

영양소 섭취 상태의 변화와 생화학적 결과의 변화 간의 상관성

영양소 섭취 상태의 변화와 생화학적 특성 변화 간의 관련성을 알아보기 위해 영양교육 후 3개월의 결과와 교육 전 결과의 차이를 구하고, 이 기간 동안 발생한 영양소 섭취 변화와 생화학적 변화의 관련성을 Pearson's correlation coefficient로 분석하였다(Table 4). 대부분의 영양소 섭취 변화는 HbA1c 및 공복혈당의 변화와 음의 상관성을 보였으나 유의성은 없었다. 즉 영양소 섭취의 증가로 영양 섭취 상태가 좋아질수록 HbA1c와 공복혈당이 낮아지는 경향이었으며, 인은 섭취가 증가할수록 공복혈당이, 나트륨은 공복혈당과 HbA1c 둘 다 올라가는 경향으로 나타났다. 영양소 섭취 변화가 혈장 과산화지질 농도 변화와도 대부분 음의 상관성을 보였으며, 특히 칼륨(r=-0.418, p<0.05), 철분(r=-0.443, p<0.05), 리보플라빈(r=-0.432, p<0.05) 및 엽산(r=-0.446, p<0.05)과는 유의적인 음의 상관성을 보여 이들 영양소의 섭취 상태 개선이 혈액의 과산화지질 감소와 관련성이 있는 것으로 나타났다. 혈장의 레티놀, 베타-카로틴, 토코페롤 및 비타민 C 농도에 있어서도 영양 상태의 개선과 양의 상관성을 나타내는 경향을 보였으며, 그중에서 혈장 레티놀과 유의적인 관련성을 보인 영양소로는 에너지(r=0.543, p<0.01), 단백질(r=0.545, p<0.01), 인(r=0.425, p<0.05), 철분(r=0.485, p<0.05), 아연(r=0.570, p<0.01) 및 나이아신(r=0.510, p<0.05)이 있었다. 단일 영양소 섭취 변화가 DNA 손상정도(TEM) 변화와 상관성을 보이지는 않았지만 엽산섭취 변화는 CAT와 유의적인 양의 상관성(r=0.605, p<0.01)을 보였다. Choi 등(22)의 연구에서는 고혈당과 DNA 손상 정도 간에 유의적인 상관관계가 있음을 보고하였다.

이상의 결과들로부터, 제2형 당뇨병 환자를 대상으로 시행한 4주간의 영양교육을 통해 대상자의 영양소 섭취 상태의 개선이 체내 항산화능을 증가시키는 긍정적인 변화를 가져왔음을 알 수 있었다. 이 연구의 한계로는 교육에 참여한 대상자가 적었고 교육 효과만을 측정하기 위한 통제그룹이 없었다는 점을 들 수 있으나, 교육효과 측정 방법으로 교육 전, 교육 직후, 교육 후 3개월의 영양소 섭취상태, 혈액의 생화학적 항산화특성 및 DNA 손상정도를 평가하였고, 그 효과를 확인할 수 있었다는 측면에서 가치가 있다고 볼 수 있다. 향후 중·노년층의 제2형 당뇨병 환자를 대상으로 영

Table 4. Correlation between nutritional and biochemical changes through diabetic education

Nutrients	FBG	HbA1c	TBARS	Plasma retinol	Plasma β-carotene	Plasma α-tocopherol	Plasma ascorbic acid	CAT	GPx	SOD	DNA damage (TEM)
Energy	-0.152	-0.240	-0.188	0.543**	0.245	0.278	-0.308	0.298	-0.070	-0.024	0.027
Protein	-0.083	-0.267	-0.173	0.545**	0.163	0.267	-0.120	0.265	-0.198	-0.136	-0.093
Calcium	-0.014	-0.156	-0.153	-0.067	0.049	-0.005	0.168	0.032	-0.297	-0.171	-0.325
Phosphorus	0.073	-0.272	-0.145	0.425*	0.155	0.211	0.010	0.363	-0.137	-0.204	-0.203
Sodium	0.176	0.296	0.060	-0.345	-0.187	-0.279	0.075	-0.078	-0.016	0.231	0.148
Potassium	-0.223	-0.398	-0.418*	0.154	0.049	0.045	0.050	0.373	-0.092	-0.292	-0.277
Iron	-0.264	-0.263	-0.443*	0.485*	0.341	-0.007	0.127	-0.074	-0.242	-0.027	-0.104
Zinc	-0.207	-0.281	-0.048	0.570**	0.262	0.370	0.005	0.319	-0.006	-0.045	0.083
Vitamin A	-0.105	-0.004	-0.071	-0.060	0.007	-0.260	0.216	-0.327	0.039	-0.066	-0.020
β-Carotene	-0.071	-0.124	-0.270	0.144	-0.147	-0.010	0.007	-0.234	-0.164	0.180	-0.023
Thiamin	-0.136	-0.266	-0.133	0.097	-0.015	0.033	0.006	0.183	-0.088	0.004	-0.187
Riboflavin	-0.256	-0.205	-0.432*	0.319	0.028	0.054	-0.178	0.332	-0.036	0.018	-0.155
Niacin	-0.223	-0.286	-0.133	0.510*	0.141	0.099	-0.260	0.225	0.058	-0.045	0.101
Vitamin B6	-0.223	-0.035	-0.177	0.327	-0.094	0.046	-0.050	0.321	0.066	-0.007	-0.086
Folic acid	-0.230	-0.336	-0.446*	0.051	0.070	0.165	-0.051	0.605**	-0.179	-0.175	-0.206
Vitamin C	-0.392	-0.084	-0.043	0.018	0.084	0.000	0.103	0.135	0.080	-0.209	-0.235
Vitamin E	-0.365	-0.045	-0.319	0.146	0.017	0.010	-0.209	0.348	0.179	-0.274	-0.143

Abbreviations: See below Table 2.

양교육을 수행할 경우 영양소 섭취 상태 개선을 통한 체내 항산화상태 개선에 초점을 맞추어 영양교육의 효과를 평가하여 관련 자료를 더 많이 축적할 필요가 있는 것으로 사료된다. 이와 같은 연구는 당뇨합병증의 예방과 치료에 도움이 될 수 있을 것으로 기대되며, 당뇨병으로 인한 의료비용 경감과 당뇨병 환자의 삶의 질 향상에도 기여할 것으로 보인다.

요 약

본 연구는 효과적인 당뇨 교육 및 평가 방안을 모색하는데 기초 자료를 제시하고자 안동시 보건소를 내원하는 제2형 당뇨병 환자를 대상으로 4주간의 당뇨교육을 하고, 교육 전, 교육 후 및 교육 후 3개월에 각각 영양소 섭취, 혈당 관리와 항산화 영양상태 및 DNA 손상 정도를 조사하여 영양교육의 효과를 평가하였다. 시기에 따른 교육 효과를 반복 측정 분산 분석으로 검정한 결과, HbA1c와 총 콜레스테롤은 유의적으로 감소하였고, 혈장 레티놀(p=0.001)과 토코페롤(p=0.000), 그리고 CAT(p=0.000)와 GPx(p=0.000)의 활성은 유의적으로 상승하였으며, 혈장 과산화지질(TBARS) 농도(p=0.000)와 DNA 손상 정도(p=0.000)는 유의적으로 감소한 것으로 나타났다. 영양소 섭취 상태에 대한 영양교육의 효과는 에너지의 경우, 교육 전에 EER의 76.4% 수준으로 섭취하였으나 교육 직후와 교육 후 3개월에 각각 83.6%와 90.6%로 유의하게 증가한 것으로 나타났다(p=0.009). 에너지 섭취의 증가와 함께 인(p=0.033), 나트륨(p=0.001), 칼륨(p=0.019), 아연(p=0.043), 리보플라빈(p=0.050), 엽산(p=0.048) 및 비타민 C(p=0.008)의 섭취도 유의적으로 증가하였다. 한편, 영양소 섭취 상태의 변화와 생화학적 특성 변화 간의 관련성을 분석한 결과, 대부분의 영양소 섭취 변화는 공복혈당 및 HbA1c의 변화와 유의성은 없었으나 음의 상관성을 보였고, 칼륨(r=-0.418, p<0.05), 철분(r=-0.443, p<0.05), 리보플라빈(r=-0.432, p<0.05) 및 엽산(r=-0.446, p<0.05)의 섭취 상태 개선이 혈액의 과산화지질 감소와 관련성이 있는 것으로 나타났다. 에너지(r=0.543, p<0.01), 단백질(r=0.545, p<0.01), 인(r=0.425, p<0.05), 철분(r=0.485, p<0.05), 아연(r=0.570, p<0.01) 및 나이아신(r=0.510, p<0.05)의 섭취는 혈장 레티놀과, 엽산 섭취(r=0.605, p<0.01)의 변화는 CAT와 각각 유의적인 양의 상관성을 보였다. 이처럼 당뇨병에서 식이를 통한 영양소의 섭취 증가는 항산화 상태 개선 및 산화 스트레스 감소와 일부 연관이 있는 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 2002-2003년도 안동시 보건소 건강증진사업의 일환으로 수행되었습니다.

문 헌

1. International Diabetes Federation. 2010. Diabetes facts. Available from http://www.idf.org/about-diabetes cited 2010 July 28.
2. Ministry of Health, Welfare and Family affairs, Korea Centers for Disease Control & Prevention. 2010. 2008 Korean National Health and Nutrition Examination Survey. Available from http://knhanes.cdc.go.kr/include/lFrameNull.jsp?url=/board cited 2010 Oct 26.
3. Korean Statistical Information Service. 2010. Deaths and causes of death statistics in 2009. Available from http://www.kosis.kr/ cited 2010 Nov 3.
4. Zeman FJ. 1991. *Clinical Nutrition and Dietetics*. 2nd ed. Macmillan Publishing Co, New York, NY, USA. p 399-402.
5. Woo YJ, Lee HS, Kim WY. 2006. Individual diabetes nutrition education can help management for type II diabetes. *Korean J Nutr* 39: 641-648.
6. Kim TY, Um SH, Kim WY, Chang NS. 2004. Group lunch

visits at the public center improve glycemic control in older adults with type 2 diabetes mellitus. *Korean J Nutr* 37: 302-309.
7. Wilson C, Acton K, Brown T, Gilliland S. 2003. Effects of clinical nutrition education and educator discipline on glycemic control outcomes in the Indian health service. *Diabetes Care* 26: 2500-2504.
8. Lee YW, Hwang WS, Choe SJ, Lee DH, Kim DH, Lee EH, Hong EG, Noh HL, Chung YS, Lee KW, Kim HM. 2003. The effect of intensive education on glycemic control in type 2 diabetes patients. *J Kor Soc Endocrinol* 18: 63-72.
9. Chung SO, Song OK, Ko JM, Wi JH, Lee TH, Yum JH, Cho DK, Son JH, Nam HW, Yoo HJ, Lee YN, Kim SG, Moon HK, Kim ES. 2000. The effect of teaching methods on the dietary compliance and hemoglobin A_{1c} level in patients with diabetes mellitus. *J Kor Diabetes Asso* 124: 560-573.
10. Kim JH, Chang SA. 2009. Effect of diabetes education program on glycemic control and self management for patients with type 2 diabetes mellitus. *Korean Diabetes J* 33: 518-525.
11. Kang HJ, Sin EM, Kim KW. 2009. Evaluation of nutrition education for diabetes mellitus of older adults. *Korean J Community Nutr* 14: 734-745.
12. Lee SY, Kim MJ, Kwon SJ. 2010. Effects of low glycemic index nutrition education on the blood glucose control in patients with type 2 diabetes mellitus. *Korean J Nutr* 43: 46-56.
13. Oh JY, Kim SB. 2010. Development and effects analysis of nutrition education program for diabetes mellitus at community health center－focused on individual daily energy requirements and food exchange units－. *Korean J Community Nutr* 15: 485-497.
14. Chon S, Kwon MK, Oh SJ, Woo JT, Kim SW, Kim JW, Kim YS. 2008. The relationship between antioxidant enzyme activities and diabetic microvascular complications in type 2 diabetic patients. *J Kyung Hee Univ Med Cent* 24: 90-97.
15. Vincent AM, Russell JW, Low P, Feldman EL. 2004. Oxidative stress in the pathogenesis of diabetic neuropathy. *Endocrine Reviews* 25: 612-628.
16. Figueroa-Romero C, Sadidi M, Feldman EL. 2008. Mechanisms of disease: The oxidative stress theory of diabetic neuropathy. *Rev Endocr Metab Disord* 9: 301-314.
17. 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: 17-23.
18. Collins AR, Raslova K, Somorovska M, Petrovská H, Ondrusová A, Vohnout B, Fábry R, Dusinská M. 1998. DNA damage in diabetes: correlation with a clinical marker. *Free Radic Biol Med* 25: 373-377.
19. Martin-Gallan P, Carrascosa A, Gussinye M, Dominguez C. 2003, Biomarkers of diabetes-associated oxidative stress and antioxidant status in young diabetic patients with or without subclinical complications. *Free Radic Biol Med* 34: 1563-1574.
20. Song F, Jia W, Yao Y, Hu Y, Lei L, Lin J, Sun X, Liu L. 2007. Oxidative stress, antioxidant status and DNA damage in patients with impaired glucose regulation and newly diagnosed type 2 diabetes. *Clin Sci* 112: 599-606.
21. Sardas S, Yilmaz M, Oztok U, Cakir N, Karakaya AE. 2001. Assessment of DNA strand breakage by comet assay in diabetic patients and the role of antioxidant supplementation. *Mutat Res* 490: 123-129.
22. Choi SW, Benzie IF, Lam CS. 2005. Inter-relationships between DNA damage, ascorbic acid and gycaemic control in type 2 diabetes mellitus. *Diabetic Med* 22: 1347-1353.
23. Kirkpatrick D. 1996. Great idea revisited: Techniques for evaluating training program. *Training & Development* 50: 54-59.
24. Lee YM, Park HN. 2010. The effectiveness of Na education program in elementary school－six month follow-up study－. *Korean J Community Nutr* 15: 603-613.
25. Son SM, Kim MJ. 2001. The effect of nutrition education program for various chronic disease in elderly visiting public health center. *Korean J Community Nutr* 6: 668-677.
26. Yagi K. 1984. Assay for blood plasma or serum. *Methods Enzymol* 105: 328-331.
27. Aebi H. 1984. Catalase in vitro. *Methods Enzymol* 105: 121-126.
28. Flohe L, Otting F. 1984. Superoxide dismutase assays. *Methods Enzymol* 105: 93-104.
29. Paglia DE, Valentine WN. 1967. Studies on the quantitative and qualitative characterization of erythrocyte glutathione peroxidase. *J Lab Clin Med* 70: 158-169.
30. Bieri JG, Brown ED, Smith JC. 1985. Determination of individual carotenoids in human plasma by high performance liquid chromatography. *J Liq Chromatogr* 8: 473-484.
31. Singh NP, McCoy MT, Tice RR, Schneider EL. 1988. A simple technique for quantitation of low levels of DNA damage in individual cells. *Exp Cell Res* 175: 184-191.
32. Will JC, Byers T. 1996. Does diabetes mellitus increase the requirement for vitamin C? *Nutr Rev* 54: 193-202.
33. Sharma A, Kharb S, Chugh SN, Kakkar R, Singh GP. 2000. Evaluation of oxidative stress before and after control of glycemia and after vitamin E supplementation on diabetic patients. *Metabolism* 49: 160-162.
34. Sundaram RK, Bhaskar A, Vijayalingam S, Viswanatthan M, Mohan R, Shanmugasundaram KR. 1996. Antioxidant status and lipid peroxidation in type II diabetes with and without complicaitons. *Clin Sci* 90: 255-260.
35. Muruganandam A, Drouilard C, Thibert RJ, Cheung RM, Draisey TF, Mutus B. 1992. Glutathione metabolic enzyme activities in diabetic platelets as a function of glycemic control. *Thromb Res* 67: 385-397.
36. Griesmacher A, Kinderhauser M, Andert S, Schreiner W, Toma C, Knoebl P, Pietschmann P, Prager R, Schnack C, Schernthaner G. 1995. Enhanced serum levels of TBARS in diabetes mellitus. *Am J Med* 98: 469-475.
37. Baynes JW, Thorpe SR. 2000. Glycoxidation and lipoxidation in atherogenesis. *Free Radic Biol Med* 28: 1708-1716.
38. Inoguchi T, Li P, Umeda F, Yu HY, Kakimoto M, Imamura M, Aoki T, Etoh T, Hashimoto T, Naruse M, Sano H, Utsumi H, Nawata H. 2000. High glucose level and free fatty acid stimulate reactive oxygen species production through protein kinase C-dependent activation of NAD(P)H oxidase in cultured vascular cells. *Diabetes* 49: 1939-1945.
39. Dincer Y, Akcay T, Ilkova H, Alademir Z, Ozbay G. 2003. DNA damage and antioxidant defense in peripheral leukocytes of patients with type 1 diabetes mellitus. *Mutat Res* 527: 49-55.
40. Lean ME, Noroozu M, Kelly I, Burns J, Talwar D, Sattar N, Crozier A. 1999. Dietary flavonols protect diabetic human lymphocytes against oxidative damage to DNA. *Diabetes* 48: 176-181.
41. Ford ES, Will JC, Bowman BA, Narayan KM. 1999. Diabetes mellitus and serum carotenoids: findings from the Third National Health and Nutrition Examination Survey. *Am J Epidem* 149: 168-176.

(2011년 3월 4일 접수; 2011년 4월 22일 채택)