

## 중·노년 당뇨병여성의 아연영양상태와 비만도와의 관련성\*

이정희<sup>1)</sup> · 이희자 · 이인규<sup>2)</sup> · 윤진숙<sup>1)†</sup>

계명대학교 식품영양학과,<sup>1)</sup> 계명대학교 의과대학 내과학교실<sup>2)</sup>

### Relationship between Zinc Status and Obesity of Type 2 Diabetic Women

Jung Hee Lee,<sup>1)</sup> Hee Ja Lee, In Kyu Lee,<sup>2)</sup> Jin-Sook Yoon<sup>1)†</sup>

Department of Food and Nutrition,<sup>1)</sup> Keimyung University, Daegu, Korea  
Department of Internal Medicine,<sup>2)</sup> Keimyung University, Daegu, Korea

#### ABSTRACT

Zinc is known to have important effects on insulin activity and to increase the body fat deposition. The purpose of this study was to investigate the zinc status and obesity in 50 type 2 diabetic women visiting public health center and hospital. The mean age was  $57.9 \pm 6.9$  years old. The mean of diabetic duration was  $8.0 \pm 6.5$  years. Body mass index (BMI) of diabetes was  $23.2 \pm 2.3$  kg/m<sup>2</sup>. There were no significant differences of mean age, anthropometric indices, and insulin level other than fasting blood sugar ( $p < 0.001$ ) and insulin resistance ( $p < 0.001$ ) between diabetes and control group. The obesity ratio of diabetes was 20%, 66% and 84% for BMI, waist circumference and waist/hip ratio (WHR), respectively. Plasma zinc level was not significantly different between diabetes and control group. However, urinary zinc excretion of diabetes was approximately twice of control group ( $p < 0.001$ ). Urinary zinc loss was fivefold higher in the hyperglycemia ( $HbA_{1c} > 10\%$ ) than in normal blood glucose ( $p < 0.001$ ). Anthropometric indices were decreased in hyperglycemia. On the other hand, there were the tendency of increased urinary zinc in obese group for waist circumference and percent of body fat. These results suggested that controlled normal blood glucose could improve hyperzincuria and anthropometric changes in type 2 women diabetes. (*Korean J Community Nutrition* 10(1) : 70~78, 2005)

**KEY WORDS** : diabetes · anthropometric indices · insulin · hyperzincuria · hyperglycemia

#### 서론

식생활의 서구화로 우리나라도 비만인이 증가추세에 있다. 그러나 한국인 제 2형 당뇨병환자는 체질량지수를 기준으로 할 때 비만이 적고 70~80% 이상이 비비만인 것으로 보고 되고 있다(Cho 등 1986; Min 등 1992; Nam 등 2001). 서구지역에서는 제 2형 당뇨병환자의 70~80% 이상이 비만인 것과 대조적이다(National diabetes data group 1976).

접수일 : 2004년 12월 8일

채택일 : 2005년 1월 31일

\*This research was supported by grant No. R05-2001-000-00701-0 from the Basic Research Program of the Korea Science & Engineering Foundation.

†Corresponding author: Jin-Sook Yoon, Department of Food and Nutrition, Keimyung University, 1000 Sindang-dong Dalseo-gu, Daegu 704-701, Korea

Tel: (053) 580-5873, Fax: (053) 580-5885

E-mail: jsook@kmu.ac.kr

그리고 한국인 제 2형 당뇨병환자의 과거 최대체중을 조사해보면 약 50~75% 정도가 과체중 또는 비만이었으나 당뇨병 발병직후나 경과 중에 심한 체중감소가 있었으며 (Song 등 1990; Min 등 1992), 정상체중이 되더라도 복부비만과 인슐린저항성은 그대로 유지되어 당뇨병이 호전되지 않는 특징을 보이고 있다(Barakat 등 1988; Huh & Ahn 등 1993; Nam 등 2001). 이와 같이 한국인 제 2형 당뇨병은 임상양상이 서구인과 다른 점이 많으며 발병원인에 있어서도 차이가 있는 것으로 본다. 이에 대해, 한국인은 유전적 또는 환경적 영향에 의한 췌장 베타세포의 최대 인슐린분비가 낮은 상태에 있기 때문에 가벼운 인슐린저항성이 추가되어도 당뇨병이 쉽게 발병하는 것으로 추정하고 있다(Nam 등 2001).

아연은 당뇨병의 주요 대사조절 지표인 인슐린의 구조적 역할뿐만 아니라 인슐린 호르몬의 합성 및 저장, 분비에 필수적인 것으로 알려져 있다(Wada & King 1986). 여러 연구에서 제 2형 당뇨병환자의 혈중 아연수준은 대조군에 비

해 유의적으로 낮거나(Mooradian & Morley 1987; Levine 등 1983) 차이가 없거나(Kim 등 1985; Kinlaw 등 1983; Pidduck 등 1970) 또는 높게 나타나(Mateo 등 1978; Chooi 등 1976) 일치하지 않았으며, 당뇨병환자의 소변 아연배설량은 크게 증가한(hyperzincuria) 것으로 국내외에서 보고되었다(Pidduck 등 1970; Canfield 등 1982; Kinlaw 등 1983; Kim 등 1985; Park 등 1991). 그리고 아연은 인슐린과 같이 지방세포에서 지방형성을 촉진하는 역할을 하는 것으로 알려졌으나(Coulston & Dandonn 1980), 과체중 또는 비만상태에서의 아연 영양상태 연구결과 혈중 아연 농도가 오히려 유의하게 더 낮음을 보여주기도 하였다(Marreiro 등 2002; Tungtrongchitr 등 2003).

따라서 본 연구에서는 제 2형 당뇨병여성의 비만도를 조사하여 대사조절상태 및 아연영양상태와의 관련성을 분석하고, 대사조절상태와 아연영양상태에 따른 각 비만지표의 차이를 파악하여 당뇨병여성의 아연영양상태 개선을 위한 기초 자료로서 활용하고자 한다.

## 연구내용 및 방법

### 1. 연구기관 및 연구대상자 선정

본 연구는 2001년 11월부터 2002년 2월까지 대구지역 보건소, 개인병원, 의료원에 내원한 제 2형 당뇨병환자들 중 본 연구 대상으로 동의하는 만 40~69세까지의 당뇨병 여성을 대상으로 하였다. 아연 흡수나 배설에 영향을 미칠 수 있는 십이지장궤양 및 위궤양, 그리고 심한 소모성질환을 보유하거나 인슐린으로 치료받고 있는 사람을 제외하고 당뇨병군은 50명이 선정되었으며, 대조군은 역시 만 40~69세 여성으로서 공복혈당으로 확인하여 정상범위인 69명이 선정되었다.

### 2. 연구방법

#### 1) 신체 계측

신장과 체중을 측정하여 전신성 비만지표인 체질량지수(Body mass index : BMI) 및 표준체중에 대한 비만도(Percent ideal body weight : PIBW)를 산출하고, 복부비만 지표로서는 허리둘레(Waist circumference : Wst)와 허리/둔부둘레 비율(Waist/hip circumference ratio : WHR)을 계산하였다. 또한 체지방 측정기(Omron body fat monitor HBF-300)를 이용하여 총 체지방량(g), 체지방율(% body fat)을 측정하였다.

#### 2) 식품 및 아연 섭취량 조사

개별 면담에 의하여 실물 크기의 식품사진을 보며 24시

간 회상법에 의한 하루 식품섭취조사를 하였다. 식품사진에 없는 식품이나 음식들은 되도록 자세하게 기록하여 실 중량을 측정하거나, 한국 식품위생 연구원의 눈대중량 책자(Korean Food Research Institute, 1998)를 이용하였다. 섭취열량은 한국영양학회 CAN program (전문가용 전산 프로그램, 1998)을 이용하여 산출하였으며, 아연 섭취량 분석은 Lee 등(1998)의 식품 아연 함량 데이터베이스를 근거로 계산하였다. 아연의 한국인 영양권장량은 제 7차 개정(The Korean Nutrition Society, 2000)을 참조하였다.

### 3) 약물 복용상태 및 합병증 조사

당뇨병 관리를 위한 혈당 강하제 이외의 약에 대해서 비타민제나 한약, 보약, 건강 보조식품 등 성분을 확실히 알 수 없는 약물 및 식품 복용은 중단한 지 4~7일 이후에 채혈함으로써, 약물 작용의 영향을 가능한 배제하였다. 합병증은 빈도가 높은 대표적인 6가지에 대해서 합병증 유무 및 합병증 가짓수를 조사하였다.

### 4) 생화학적 분석

#### (1) 채혈 및 채뇨

오전 9~10시에 전날 저녁부터 12시간이상 공복상태 혈액을 채취한 뒤 4시간 이내에 혈장과 혈청을 분리하여  $-70^{\circ}\text{C}$ 에 저장하였다. 소변 수집은 오전 중 공복상태의 소변을 임의 수집하여 오염되지 않도록 주의하고, 4시간 이내에 15 ml 혈청 분리관에 3개씩 담아  $-20^{\circ}\text{C}$  냉동실에 보관하였다.

#### (2) 혈당(HbA<sub>1c</sub>, 공복혈당) 측정

항응고 처리된 전혈을 용혈시킨 후 전체 Hb과 HbA<sub>1c</sub>의 농도를 측정하였다. 전체 Hb은 비색법으로, HbA<sub>1c</sub>는 면역비탁법으로 측정하여 두 농도 사이의 비율을 계산하여 최종적인 HbA<sub>1c</sub>의 결과를 얻었다(Goldsein 등 1986). HbA<sub>1c</sub> 시약은 Roche (Switz)를 사용하였으며, 장비는 Cobas Integra 800 (Roche, Switz)을 이용하였다. 그리고 공복혈당(FBS) 측정은 Glucose oxidase법(Mieling 등 1979)에 의해 측정하였다.

#### (3) Insulin 수준 및 Insulin 저항성 측정

혈청 Insulin 수준은 Sandwich 원리의 Immuno radio matrix assay (IRMA) 방법으로 분석하였다(Dowlati 등 1998). Insulin RIA Kit 시약(제조사 : Biosource, 제조국 : Belgium)을 이용하여 Gamma counter (제조사 : Hewlett packard, 제조국 : USA)로 측정하였다. Insulin 저항성은 HOMA<sub>IR</sub> 방법으로 산출하였다. 즉  $[\text{HOMA}_{\text{IR}} = \text{공복 인슐린}(\mu\text{U/ml}) \times \text{공복 혈당}(\text{mmol/L})/22.5]$ 로 계산하여 평가

하였다.

(4) 아연 영양상태 측정

혈장아연은 탈 이온수로 5배 희석한 후 Flame Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS)를 이용하여 같은 파장에서 3번씩 측정하여 평균값을 적용하였다. 소변의 아연배설량은 ICP-Atomic Emission Spectrometer 4300 DV 장비로 측정하였다. 다른 파장의 간섭을 고려하여 여러 파장에서 검사하여 RSD (Relative Standard Deviation) 10% 미만의 안정된 값을 이용하였다. 그리고 소변의 creatinine 측정은 Hawk 등(1954)의 방법에 의하여 540 nm에서 Spectrophotometer로 측정하였다.

3. 자료처리 및 분석

통계처리는 SPSSWIN 12.0[SPSS KOREA(고려 정보산업, Seoul), 2004]로 분석하였다. 측정치는 빈도수 및 백분율, 평균, 표준편차로 표시하였으며, 대조군과의 비교는 t-test 또는  $\chi^2$ 로 검증하였다. 당뇨병의 혈당조절지표에 따른 아연상태 및 각 비만지표의 차이나 혈장아연 수준에 따른 비만지표의 평균차이는 일원변량분석(One-Way ANOVA)을 이용하였고, 다중범위 비교는 LSD 방법으로 하였다. 아연 배설량은 당뇨병 이외의 신장질환의 영향을 배제하기 위하여 General linear model (GLM)에 의한 Univariate Analysis of variance을 이용하여 분석하였다. 또한 변인들과의 상관관계는 Pearson correlation의 상관계수를 구하였고, 소변아연배설과의 상관관계는 Partial correlation 분석방법을 이용하였다.

연구결과 및 고찰

1. 당뇨병군의 신체적 특성

당뇨병군의 평균 연령은 57.9세로서 대조군의 56.3세와

유의적인 차이가 없었다(Table 1). 체중 등의 각 비만지표의 평균도 두 군 간에 유의적인 차이가 없었다. 당뇨병군의 평균 체질량지수(BMI)는  $23.2 \pm 2.27 \text{ kg/m}^2$ 으로서 과체중 범위(대한비만학회 2000)에 있었으나, 허리둘레 및 허리/둔부둘레비율(WHR) 기준으로 볼 때는 비만으로(WHO 1997) 나타났다. 각 비만지표별로 비만인의 비율을 확인한 결과(Table 2), 체질량지수를 기준으로 본 당뇨병군의 비만율은 20%로서 대조군의 31.9%보다 낮았으며, 국내 당뇨병환자의 비만율을 조사한 다른 연구자들의 결과(Cho 등 1986; Min 등 1992; Nam 등 2001)와 유사했다. 그러나 복부비만인의 비율은 66~84% 수준이어서 대조군 59~68%보다 높았다. 이는 Choi 등(2000)의 연구결과와 같은 현상으로 체지방 분포측면에서 복부비만이 많음을 의미하였다. 당뇨병군과 대조군 사이에 비만율의 유의적인 차이를 보인 비만지표는 허리/둔부둘레비율(각각 84.0%, 68.1%,  $p < 0.05$ )이었다.

Table 1. Anthropometric and clinical characteristics of subjects

Variables	Diabetic N = 50	Control N = 69
Age (yrs)	57.9 ± 6.91	56.3 ± 7.9
Height (cm)	154.9 ± 4.97	154.7 ± 5.02
Weight (kg)	55.8 ± 6.77	56.7 ± 6.72
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	23.2 ± 2.27	23.7 ± 2.90
PIBW (%)	110.6 ± 10.7	113.0 ± 13.8
Wst (cm)	83.3 ± 7.39	83.5 ± 8.19
WHR	0.91 ± 0.06	0.89 ± 0.07
Body fat (g)	17.3 ± 3.89	17.9 ± 4.14
% body fat (%)	30.6 ± 4.20	31.2 ± 4.36
Insulin level (μIU)	8.98 ± 4.12	8.75 ± 3.29
Insulin resistance	3.37 ± 1.73	1.84 ± 0.80***
FBS (mg/dl)	146.0 ± 45.13	84.4 ± 9.44***

\*\*\*Mean values are significantly different at  $p < 0.001$  by t-test  
 BMI: Body mass index, PIBW: Percent of ideal body weight, Wst: Waist circumference  
 WHR: Waist/hip circumference ratio, FBS: Fasting blood sugar

Table 2. Distribution of anthropometric indices in diabetic and control group

Obesity indices			Diabetic N = 50	Control N = 69	N (%)
	Ranges				$\chi^2$
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	Obesity	≥ 25.0	10 (20.0)	22 (31.9)	0.149 <sup>NS</sup>
	Non-obesity	<25.0	40 (80.0)	47 (68.1)	
PIBW (%)	Obesity	≥ 120	9 (18.0)	22 (31.9)	0.089 <sup>NS</sup>
	Non-obesity	<120	41 (82.0)	47 (68.1)	
Wst (cm)	Obesity	≥ 80.0	33 (66.0)	41 (59.4)	0.465 <sup>NS</sup>
	Non-obesity	<80.0	17 (34.0)	28 (40.6)	
WHR	Obesity	>0.85	42 (84.0)	47 (68.1)	0.049*
	Non-obesity	≤ 0.85	8 (16.0)	22 (31.9)	
% body fat	Obesity	≥ 33.0	15 (30.0)	24 (34.8)	0.583 <sup>NS</sup>
	Non-obesity	15 - 32	35 (70.0)	45 (65.2)	

\*Mean values are significantly different at  $p < 0.05$  by t-test, NS: Not significant

**Table 3.** Prevalence of diabetic complications in diabetic women  
N = 50

Diabetic complications	N (%)
None	12 (24.0)
Neuropathy	27 (54.0)
Leg vascular disease	25 (50.0)
Retinopathy	25 (50.0)
Nephropathy	18 (36.0)
Coronary heart disease	5 (10.0)
Osteoporosis	3 ( 6.0)
Mean of the number of diabetic complications $\pm$ S.D	2.06 $\pm$ 1.48

## 2. 당뇨병군의 임상적 특성

당뇨병군의 평균 유병기간은 8.0  $\pm$  6.5년이였다. 혈중 인슐린수준은 평균 8.98  $\pm$  4.12  $\mu$ IU/dl로서, 대조군의 8.75  $\pm$  3.29  $\mu$ IU/dl에 비해 유의적인 차이가 없었지만 대조군보다 높은 경향이였다(Table 1). 인슐린 저항성은 평균 3.37  $\pm$  1.73이였으며, 대조군 1.84  $\pm$  0.80보다 약 1.8배로 당뇨병군이 현저하게 더 높았다( $p < 0.001$ ). 이와 같이 당뇨병군은 과체중범위에 있지만 복부비만과 인슐린저항성은 높아서 한국인 제 2 형 당뇨병환자의 특징을 그대로 나타내었다. 공복혈당(FBS)은 146 mg/dl로서 역시 대조군보다 약 1.7배로 높았다. 합병증 보유율은 76%로서 평균 2가지 이상을 보유하고 있었다(Table 3). 당뇨병성 신경병증(Neuropathy)이 합병된 경우가 54%로 가장 많았고, 다음으로 말초혈관질환(Leg vascular disease)과 망막증(Retinopathy)이 각각 50%, 신장병(Nephropathy) 36%, 심혈관 질환자(Coronary heart disease) 10.0%, 그리고 골다공증(Osteoporosis) 6.0%의 순서로 많았다.

## 3. 당뇨병군의 아연영양상태

당뇨병군의 일일 아연섭취량 밀도는 4.15  $\pm$  1.67 mg으로서 대조군 4.75  $\pm$  1.39보다 낮았으며( $p < 0.05$ ), 이는 한국인 적정 아연섭취량 밀도가 남녀 모두 6 mg/1000 kcal 인 것에 비교하면 적정아연섭취량의 69.2% 수준이었다(Table 4). 당뇨병군의 혈장 아연수준은 0.90  $\pm$  0.18 mg/L로서 대조군과 유의적인 차이가 없는 것으로 나타나, Kim 등(1985)과 Kinlaw 등(1983), Pidduck 등(1970)의 연구결과와 일치하였다. 반면에 소변 아연배설량은 당뇨병군이 대조군보다 2배 이상으로 더 높게 나타났다( $p < 0.001$ ). 이와 같이 당뇨병군이 대조군에 비해 아연권장량에 대한 섭취비율이 낮고 소변의 아연배설량은 더 많았으나 혈장 아연농도에 유의적인 차이가 없는 것은 혈장 아연은 항상성이 유지되는 것에 기인하는 것으로 보인다(King 등 2000).

**Table 4.** Zinc status between diabetic and control group

Variables	Zinc	
	Diabetic N = 48	Control N = 67
Energy intake (kcal)	1562.0 $\pm$ 472.4	1662.4 $\pm$ 396.1
Zinc intake		
mg/day	6.20 $\pm$ 2.65	7.97 $\pm$ 3.22**
mg/1000 kcal	4.15 $\pm$ 1.67	4.75 $\pm$ 1.39*
%RDA <sup>1)</sup>	62.0 $\pm$ 26.5	79.7 $\pm$ 32.2**
%ADA <sup>2)</sup>	69.2 $\pm$ 27.9	79.1 $\pm$ 23.2*
Plasma (mg/L)	0.90 $\pm$ 0.18	0.91 $\pm$ 0.12
Urinary excretion/ creatinine (mg/g)	0.79 $\pm$ 0.56	0.38 $\pm$ 0.26***

1) %RDA: Percent of recommended daily allowances

2) %ADA: Percent of adequate daily allowances

\*There is significant different of mean between diabetic and control group at 0.05 level by t-test

\*\* $p < 0.01$  Values are mean  $\pm$  S.D.

\*\*\*Mean value of Urinary excretion/creatinine is significantly different at  $p < 0.001$  by Univariate Analysis of variance. Covariance is diabetic nephropathy

한편 당뇨병군의 혈장아연농도는 대조군과는 유의적인 차이가 없었으나 Lee 등(1996)이 조사한 농촌여성 혈청량인 140.6  $\mu$ g/dl에 비해 매우 낮은 수준이었으며, Kim (1988)의 농촌주부(= 85.8  $\mu$ g/dl)나 Shin (1989)의 농촌지역 남녀 노인(= 66.9  $\mu$ g/dl)과 비교하면 높은 수준이었다. Lee 등(1996)의 연구대상자들은 체질량지수와 체지방량 등이 본 연구의 당뇨병군 및 대조군과 비슷하였지만 혈장아연 농도는 차이가 크게 나타났다. 이러한 차이는 연구 대상자가 당뇨병 환자가 아니었다는 점과 더불어 연구대상자 규모나 식품선택양상 및 아연 이용률(Lee 등 1998; Gibson 등 2001) 등의 차이에도 기인할 것으로 사료된다. 당뇨병군의 혈장아연수준은 서론에서 전술한 바와 같이 국외에서도 서로 일치하지 않는 결과를 보였으며, 이는 당뇨병의 형태, 당뇨조절정도, 검사방법 등의 여러 요인이 작용하기 때문일 것으로 알려지고 있다(Kim 등 1985; Kinlaw 등 1983; Levine 등 1983; Failla & Kiser 1981).

## 4. 당뇨병군의 비만지표와 대사조절지표의 관련성

전신성 비만지표인 체중( $r = 0.369$ ,  $p < 0.01$ ), 체질량지수( $r = 0.395$ ,  $p < 0.01$ ), 그리고 표준체중백분율( $r = 0.387$ ,  $p < 0.01$ )은 대사조절지표 중 인슐린분비량과 매우 유의적인 양의 상관관계를 나타냈으며, 체지방량과 체지방율(각각  $p < 0.05$ )도 양의 상관관계를 보였다(Table 5). 이는 Choi 등(2000)의 연구에서 여성의 경우 혈청 인슐린농도가 체질량지수( $r = 0.35$ ) 및 표준체중 백분율( $r = 0.40$ )과 양의 상관관계를 나타낸 것과 일치한다. 복부비만 지표인 허리둘레는 인슐린분비량과 유의적인 수준은 아니었으나 양의 상관

**Table 5.** Correlation coefficients among diabetic duration, metabolic indices, zinc status, anthropometric indices and the number of complications in diabetic women N = 50

	Diabetic duration	HbA <sub>1c</sub>	FBS	Insulin	Insulin resistance	Plasma Zn	Urinary Zn/cr	The number of complications
Age (yrs)	0.248	-.011	-.153	.200	.116	-.231	.170	-.066
Plasma Zn	-.086	.027	.153	.220	.157	1.000	.108	.028
Urinary Zn/cr	.369*	.657***	.352*	.074	.330	.283	1.000	.130
Weight	-.077	-.151	-.063	.369**	.223	.116	-.129	.043
BMI	-.115	-.187	-.135	.395**	.245	.101	-.118	-.047
PIBW	-.015	-.190	-.133	.387**	.238	.102	-.125	-.051
Wst	-.013	-.058	.021	.233	.278	-.050	-.072	-.025
WHR	-.115	.035	.167	.193	.358*	-.114	-.113	-.134
Body fat	-.119	-.183	-.089	.365*	.251	.013	-.083	.012
% body fat	-.161	-.217	-.108	.304*	.222	-.045	-.065	-.042
The number of complications	.286*	.071	-.164	-.060	-.108	.028	.130	1.000

\*Correlations of variables are significantly different at 0.05 level by Pearson correlation, \*\*p < 0.01

\*Correlation of urinary Zn/cr is significantly different at 0.05 level by Partial correlation, \*\*\*p < 0.001

Covariance is diabetic nephropathy

HbA<sub>1c</sub>: Glycosylated hemoglobin A<sub>1c</sub>, FBS: Fasting blood sugar, Zn: Zinc, cr: Creatinine

**Table 6.** Differences of plasma zinc and urinary zinc loss by obesity and non-obesity group

Anthropometric indices		Ranges	N (%)	Plasma Zn	P	Urinary Zn/cr	P
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	Obesity	≥ 25.0	10 (20.0)	0.98 ± 0.17	0.13 <sup>NS</sup>	0.76 ± 0.73	0.88 <sup>NS</sup>
	Non-obesity	< 25.0	40 (80.0)	0.88 ± 0.18		0.80 ± 0.51	
PIBW (%)	Obesity	≥ 120	9 (18.0)	0.98 ± 0.18	0.15 <sup>NS</sup>	0.71 ± 0.76	0.66 <sup>NS</sup>
	Non-obesity	< 120	41 (82.0)	0.88 ± 0.18		0.81 ± 0.51	
Wst (cm)	Obesity	≥ 80.0	33 (66.0)	0.91 ± 0.21	0.51 <sup>NS</sup>	0.85 ± 0.55	0.34 <sup>NS</sup>
	Non-obesity	< 80.0	17 (34.0)	0.88 ± 0.13		0.68 ± 0.56	
WHR	Obesity	> 0.85	42 (84.0)	0.90 ± 0.20	0.83 <sup>NS</sup>	0.76 ± 0.53	0.47 <sup>NS</sup>
	Non-obesity	≤ 0.85	8 (16.0)	0.89 ± 0.10		0.92 ± 0.70	
% body fat	Obesity	≥ 33.0	15 (30.0)	0.92 ± 0.14	0.74 <sup>NS</sup>	0.88 ± 0.64	0.49 <sup>NS</sup>
	Non-obesity	15 - 32	35 (70.0)	0.90 ± 0.20		0.75 ± 0.53	

There was no significant differences of mean between obesity and non-obesity group at 0.05 level by t-test Values are mean ± S.D. NS: Not significant

관계를 보이는 경향이었으며, 허리/둔부둘레비율보다 상관 계수가 높았다. 다른 연구에서도 허리/둔부둘레비율보다 허리둘레가 체형에 영향을 받지 않고 복부비만과 더 관련이 있었으며, 공복 인슐린 수준과 상관관계가 높은 것으로 제시되었다(Kahn 등 1993; Choi 등 2000; Onat 등 2004; Ingrid 등 2004). 반면에 허리/둔부둘레비율은 인슐린저항성, 당뇨병, 지질대사이상, 그리고 심혈관계질환 등 비만과 관련된 질환을 예측하는 중요한 지표로 알려져 있다(Evans 등 1984; Lee 등 1996; Nam 등 2001; Cikim 등 2004). 본 연구결과에서도 인슐린저항성이 클수록 허리/둔부둘레비율이 높게 나타났다( $r = 0.358$ ,  $p < 0.05$ ). 따라서 고인슐린혈증을 반영하는 지표로서는 체질량지수나 표준체중백분율이, 그리고 인슐린저항성을 반영하는 지표로서는 허리/둔부둘레비율이 유용하다고 할 수 있겠다.

## 5. 당뇨병군의 비만지표와 아연영양상태 지표의 관련성

비만지표들과 혈장아연 및 소변아연배설량과의 사이에는 유의적인 상관관계가 없었다(Table 5). 각 비만지표별로 비만군과 비비만군으로 분류하여 아연영양상태를 비교해 본 결과에서는(Table 6), 유의적인 차이는 없었으나 모든 비만지표에서 비만군의 혈장아연수준이 더 높게 나타났다. 이는 아연이 인슐린과 같이 지방세포에서 지방형성을 촉진하는 역할을 하는 것으로 알려진(Coulston & Dandonn 1980) 바와 상통한다고 볼 수 있겠다. 그런데 소변아연배설량은 허리둘레와 체지방율에 기준한 비만군에서 더 높은 경향을 보여주었다. 따라서 당뇨병여성들의 소변 아연배설량의 감소를 위해서는 복부비만을 줄이는 것도 유용한 하나의 방법이 될 수 있을 것을 시사하였다. 그러나 Chen 등(1997)의 연구결과에서는 혈당과 인슐린농도가 대조군보다 유의하게

**Table 7.** Comparisons of insulin, insulin resistance, zinc status, and anthropometric indices by HbA<sub>1c</sub> levels in diabetic women

N = 44

Variables	HbA <sub>1c</sub> (%)			
	Normal	Good	Fair	Poor
	(4.5 – 5.7%) N = 2	(5.8 – 8.9%) N = 35	(9.0 – 10.0%) N = 4	(> 10.0%) N = 3
Age (yrs)	56.5 ± 7.78	58.03 ± 7.30	60.5 ± 2.65	58.3 ± 2.89
The number of complications	1.00 ± 1.41	1.94 ± 1.55	2.00 ± 1.63	2.00 ± 1.00
Insulin (μIU)	11.9 ± 6.51	9.2 ± 3.93	11.0 ± 6.06	7.0 ± 0.50
Insulin resistance	2.94 ± 1.71	3.24 ± 1.63	4.62 ± 2.73	3.33
Plasma Zn (mg/L)	0.93 ± 0.23	0.90 ± 0.14	0.90 ± 0.16	0.98 ± 0.16
Urinary Zn/cr (mg/g)	0.36 ± 0.32 <sup>a</sup>	0.62 ± 0.34 <sup>a</sup>	1.20 ± 1.16 <sup>b</sup>	1.86 ± 0.60 <sup>b***</sup>
Weight (kg)	57.8 ± 2.47 <sup>a</sup>	56.1 ± 6.60 <sup>a</sup>	59.8 ± 8.58 <sup>a</sup>	45.4 ± 2.16 <sup>b*</sup>
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	24.5 ± 2.12 <sup>a</sup>	23.3 ± 2.00 <sup>a</sup>	24.8 ± 3.59 <sup>a</sup>	19.2 ± 0.31 <sup>b**</sup>
PIBW (%)	116.7 ± 10.3 <sup>a</sup>	110.8 ± 9.55 <sup>a</sup>	117.9 ± 16.7 <sup>a</sup>	91.7 ± 1.43 <sup>b**</sup>
Wst (cm)	85.2 ± 3.75 <sup>a</sup>	83.1 ± 7.38 <sup>a</sup>	86.6 ± 9.07 <sup>ac</sup>	73.3 ± 6.98 <sup>ab</sup>
WHR	0.93 ± 0.03	0.91 ± 0.06	0.93 ± 0.06	0.85 ± 0.06
Body fat (g)	18.5 ± 0.71 <sup>a</sup>	17.4 ± 3.80 <sup>a</sup>	20.0 ± 5.28 <sup>a</sup>	11.4 ± 1.96 <sup>b*</sup>
% body fat (%)	32.4 ± 0.50 <sup>a</sup>	30.7 ± 4.11 <sup>ab</sup>	33.3 ± 4.82 <sup>ad</sup>	24.8 ± 4.27 <sup>ac</sup>

One Way analysis of variance. Values are mean ± S.D. \*p &lt; 0.05, \*\*p &lt; 0.01

\*\*\*Mean values of the urinary Zn/cr is significantly different at p &lt; 0.001 by Univariate analysis of variance. Covariance is diabetic nephropathy

Values with different superscripts in the same row are significantly different by LSD multiple range test

더 높은 비만군의 혈장아연농도가 대조군보다 낮은 결과를 보였다. Marreiro 등(2002)과 Tungtrongchitr 등(2003)이 연구한 비만어린이 및 청소년의 혈중 아연농도도 대조군보다 유의하게 더 낮게 나타났다. 이러한 연구결과와 차이는 또한 조사대상자의 대사조절상태, 아연 섭취상태, 연구 집단의 크기, 그리고 국가간의 유전적, 환경적 영향이 다름에 기인할 것으로 추정된다.

## 6. 당뇨병 대사조절상태와 아연영양상태의 관련성

당뇨병군의 유병기간, 혈당수준, 인슐린 및 인슐린저항상태와 같은 대사조절지표와 혈장 아연수준은 유의적인 상관관계가 없었다(Table 5). 그러나 당뇨병의 주요 대사조절 지표 중 당화혈색소(HbA<sub>1c</sub>)는 소변의 아연배설량과 매우 높은 양의 상관관계(각각 r = 0.657, p < 0.001)를 나타내었으며, 유병기간(r = 0.369, p < 0.05)과 공복혈당(r = 0.352, p < 0.05)도 유의적인 양의 상관관계를 보였다. 즉 유병기간이 길수록 그리고 혈당조절이 잘 안 될수록 소변의 아연배설량이 높은 관련성이 있었다. 이러한 관계는 Kinlaw 등(1983)과 Kim 등(1985)의 연구결과와 일치한다. 따라서 당화혈색소를 정상범위, 양호, 보통, 그리고 불량 군으로 분류하여 소변 아연배설량의 차이를 비교한 결과 Table 7에 제시한 바와 같다. 혈당이 정상범위에서 불량상태까지 단계별로 높아지면 소변의 아연배설량도 거의 2배씩 증가하여, 마침내 불량상태(HbA<sub>1c</sub> > 10.0%)의 아연배설량은 정

상혈당의 것보다 5배 이상 증가하였다.

## 7. 혈당수준에 따른 각 비만지표의 차이

대사조절지표 중 혈당이 정상범위에서 보통수준까지는 각 비만지표에 큰 차이가 없었으나, 혈당이 불량한 수준(HbA<sub>1c</sub> > 10.0%)으로 상승한 단계에서는 각 비만지표마다 심한 감소가 나타났다(Table 7). 특히 체중(p < 0.05), 체지방량지수(p < 0.01), 표준체중 백분율(p < 0.01), 체지방량(p < 0.05) 등의 전신성 비만지표가 유의적으로 감소하였으며, 복부비만 지표인 허리둘레와 허리/둔부둘레비율도 유의적인 수준은 아니지만 감소하는 경향이 있었다. 혈당조절이 불량한 대상자수가 적어서 미흡한 점은 있지만, 이상의 결과는 한국인 당뇨병의 특징으로서 발병 전에 과체중 또는 비만이었던라도 발병직후나 경과 중에 심한 체중감소가 있었다는 사실과 유사한 경향이 있었다(Song 등 1990; Min 등 1992).

## 8. 혈장아연수준에 따른 각 비만지표의 차이

성인여성의 일반적인 혈장아연 정상범위 기준에 따라 (Bauer 1982), 정상범위 이하수준, 정상범위(76~110 μg/dl), 정상범위 이상 수준으로 분류한 군별로 당뇨병환자들의 각 신체계측지표의 평균을 비교한 결과 유의적인 차이는 없었다(Table 8). 이는 Table 5와 Table 6에서 각 신체계측지표들과 혈장아연사이에 유의적인 상관관계나 차이가 없었던 바와 같은 경향으로 생각된다.

**Table 8.** Comparisons of anthropometric indices and the number of complications by plasma zinc ranges in diabetic women

Variables	Plasma zinc ranges				P
	<0.76	0.76 - 1.10	> 1.10	Total	
N	9	35	4	48	
Weight (kg)	54.5 ± 7.13	56.0 ± 7.03	57.4 ± 6.22	55.8 ± 6.88	0.77
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	23.0 ± 2.47	23.2 ± 2.34	23.7 ± 2.21	23.2 ± 2.31	0.90
PIBW (%)	109.6 ± 11.7	110.6 ± 11.1	112.9 ± 10.5	110.6 ± 10.9	0.89
Wst (cm)	85.0 ± 6.90	82.7 ± 7.93	82.2 ± 4.12	83.1 ± 7.46	0.69
WHR	0.93 ± 0.05	0.90 ± 0.07	0.90 ± 0.03	0.91 ± 0.06	0.38
Body fat (g)	17.7 ± 4.04	17.3 ± 4.09	16.6 ± 3.44	17.3 ± 3.97	0.91
% body fat (%)	31.4 ± 3.47	30.6 ± 4.40	28.8 ± 4.86	30.6 ± 4.24	0.61
The number of complications	2.22 ± 1.39	1.94 ± 1.53	2.00 ± 0.82	2.00 ± 1.44	0.88

One Way analysis of variance. Values are mean ± S.D.

### 9. 당뇨병성 합병증보유수와의 관련성

합병증보유수는 당뇨병 유병기간이 길수록 많아지는 상관관계( $r = 0.286$ ,  $p < 0.05$ )를 보였다(Table 5). 그리고 합병증보유수는 당화혈색소 수준에 따른 분류군별로 유의적인 차이를 보이지 않았으나, 정상혈당 범위에서 가장 적었고 혈당이 높아질수록 많아지는 경향이였다(Table 7). 이는 인슐린비의존형 당뇨병환자의 미세혈관합병증의 발생에 유병기간과 고혈당이 위험인자로 작용하는 것으로 보고된 바와 일치하는 경향이였다(Chen 등 1992; Klein 등 1996; Nam 등 1999). 한편 혈장아연 기준에 따른 당뇨병성 합병증 보유수도 유의적인 차이를 나타내지 않았으나 정상범위에서 합병증 보유수가 가장 적은( $1.94 \pm 1.53$ ) 경향을 나타내었다(Table 8). 당뇨병은 현재 근본적으로 치료할 수 없으며 제 2형 당뇨병환자들의 대부분이 만성 합병증으로 인하여 사망하게 되므로(Haffner 등 1998) 합병증을 예방하거나 지연시키기 위해서는 당뇨병 유병기간동안 정상범위의 혈당 및 정상혈장아연 수준을 유지하는 것이 바람직하겠다.

## 요약 및 결론

대구지역의 보건소, 개인병원, 의료원에 내원한 제 2형 당뇨병환자들 중 본 연구 대상으로 동의하는 40~69세 당뇨병 여성들을 대상으로 비만도를 조사하여, 대사조절상태 및 아연 영양상태와의 관련성을 분석하고 대사조절상태와 아연영양상태에 따른 각 비만지표의 차이를 파악한 결과 다음과 같다.

### 1. 당뇨병군의 신체적, 임상적 특성

당뇨병군의 평균 연령은  $57.9 \pm 6.91$ 세로서 유병기간은 평균  $8.0 \pm 6.5$ 년이었다. 당뇨병군의 연령과 각 비만지수, 혈중 인슐린수준은 대조군에 비해 유의적인 차이가 없었다. 그

러나 인슐린저항성은 평균  $3.37 \pm 1.73$ , 공복혈당은  $146.0 \pm 45.13$  mg/dl로서 당뇨병군이 정상군보다 약 1.7~1.8배로 현저하게 더 높았다( $p < 0.001$ ). 당뇨병군 체질량지수는  $23.2 \pm 2.27$  kg/m<sup>2</sup>으로서 과체중범위에 있었으며 비만율은 20% 정도였으나, 복부비만율은 66~84%로 높았다. 당뇨병군과 대조군 사이에 비만율의 유의적인 차이를 보인 지표는 허리/둔부둘레비율이었다( $p < 0.05$ ). 그리고 합병증보유율은 76%로서 평균 2가지 이상을 보유하고 있었다.

### 2. 아연 영양상태 및 대사조절지표와의 관련성

당뇨병군의 일일 아연섭취량은  $6.20 \pm 2.65$  mg으로서 한국인의 적정 아연섭취량의 약 70%를 섭취하고 있었다. 혈장아연수준은 대조군과 차이가 없어 항상성이 유지되고 있는 것으로 나타났으나, 소변아연배설량은 당뇨병군이 대조군보다 약 2배로 높게 나타났다( $p < 0.001$ ). 또한 소변아연배설량은 당뇨병 유병기간이 길수록( $p < 0.05$ ) 혈당조절이 잘 안 될수록( $p < 0.001$ ) 높아지는 관련성이 있었다. 이에 혈당조절 단계별(정상, 양호, 보통, 불량) 소변아연배설량의 차이를 비교한 결과, 혈당조절이 불량한 단계( $HbA_{1c} > 10\%$ )에서는 정상범위의 수준보다 소변아연배설량이 5배 이상 증가하였다.

### 3. 당뇨병군의 비만지표와 대사조절지표의 관련성

고인슐린혈증을 반영하는 지표로서는 전신성 비만지표인 체질량지수나 표준체중백분율이 유용하겠으며, 인슐린저항성의 지표로서는 복부비만 지표인 WHR이 유용할 것이다.

### 4. 당뇨병군의 비만지표와 아연영양상태 지표의 관련성

비만지표들과 혈장아연 및 소변아연배설량과의 사이에 유의적인 관련성은 없었다. 그러나 모든 비만지표에서 비만군의 혈장아연수준이 비비만군보다 더 높은 경향으로 나타났다. 소변아연배설량은 허리둘레와 체지방률에 기준한 비만

군에서 더 높은 경향을 보여주었다. 따라서 당뇨병여성들의 소변 아연배설량의 감소를 위해서는 복부비만을 줄이는 것도 유용한 하나의 방법이 될 수 있을 것을 시사하였다.

### 5. 혈당수준에 따른 각 신체계측지표의 차이

혈당조절 단계별로 각 신체계측지표는 큰 차이가 없었으나 혈당이 불량한 단계( $HbA_{1c} > 10\%$ )에서는 각 신체계측지표마다 심한 감소를 나타내었으며, 특히 전신성 비만지표인 체중( $p < 0.05$ ), 체질량지수( $p < 0.01$ ), 표준체중 백분율( $p < 0.01$ ), 그리고 체지방량( $p < 0.05$ )이 유의적인 차이를 나타내었다.

### 6. 혈장 아연수준에 따른 신체계측지표의 차이

성인여성의 일반적인 정상 혈장아연범위( $0.76 \sim 1.10 \mu\text{g/dl}$ ) 상하수준별 각 신체계측지표의 유의적인 변화는 없었다.

### 7. 당뇨병성 합병증과의 관련성

합병증보유수는 혈당조절단계별, 혈장아연수준별로 유의적인 차이가 없었으나 정상수준에서 가장 합병증 보유수가 적은( $1.94 \pm 1.53$ ) 경향을 나타내었다.

이상의 결과로부터 다음과 같은 결론을 내릴 수 있다.

중·노년 제 2형 당뇨병여성의 인슐린 수준이 대조군과 유의적인 차이가 없으며 인슐린저항성은 대조군보다 약 1.8배로 높고 복부비만이 66~84%를 차지하는 상태에서, 혈당조절이 불량한 상태이면( $HbA_{1c} > 10\%$ ) 소변아연배설이 심화되며 체질량지수 등 전신성 비만지수가 급격히 저하된다. 그러므로 지속적인 정상혈당 유지가 당뇨병여성의 심한 소변아연손실과 체중감소 개선에 필수적이며, 복부비만도 줄여나가는 노력이 바람직하다.

## 참 고 문 헌

- Barakat RG, Burton DS, Carpenter JW, Holbert D, Israel RG (1988): Body fat distribution, plasma lipoproteins and the risk of coronary heart disease of male subjects. *Int J Obes* 12: 473-480
- Bauer JD (1982): Clinical Laboratory Methods, 9th ed. The C.V. Mosby Company, pp.518-519
- Canfield WK, Hambidge KM (1982): Zinc nutriture in children and young adult. *Fed Pro* 41: 1088
- Chen MD, Lin PY, Sheu WH (1997): Zinc status in plasma of obese individuals during glucose administration. *Biol Trace Elem Res* 60 (1-2): 123-129
- Chen MS, Kao CS, Chang CJ, Wu TJ, Fu CC, Chen CJ, Tai TY (1992): Prevalence and risk factors of diabetic subjects. *Am J Ophthalmol* 114: 723-730
- Cho JK, Kim HM, Lim SK, Whang Y, Lee HC, Huh KB (1986): A study on change of body weight of non-insulin dependent diabetes mellitus. *J Kor Diabetes Associ* 10(1): 89-93
- Choi YS, Park SH, Kim BW (2000): The clinical significance of anthropometric measurements of obesity in type 2 diabetes. *J Kor Diabetes Associ* 24(3): 365-374
- Chooi MK, Todd JK, Boyd ND (1976): Influence of age and sex on plasma zinc levels in normal and diabetes individuals. *Nutr Metab* 20: 135-142
- Cikim AS, Ozbey N, Orhan Y (2004): Relationship between cardiovascular risk indicators and types of obesity in overweight and obese women. *J Int Med Res* 32(3): 268-273
- Coulston L, Dandonn P (1980): Insulin like effect of zinc on adipocytes. *Diabetes* 29: 665-667
- Dowlati B, Firooz A, Khamesipour A, Lotfi M, Stuart CA, Smith EB, Larijani B, Dowlati Y (1998): Insulin quantification in patients with seborrheic dermatitis. *Arch Dermatol* 134(8): 1043-1045
- Evans DJ, Hoffman RG, Kalkhoff RK, Kissbah AH (1984): Relationship of body fat topography to insulin sensitivity and metabolic profiles in premenopausal women. *Metabolism* 33: 68-75
- Failla ML, Kiser RA (1981): Altered tissue content and cytosol distribution of trace metal in experimental diabetes. *J Nutr* 111: 1900-1909
- Gibson RS, Heath AL, Limbaga ML, Prosser N, Skeaff CM (2001): Are changes in food consumption patterns associated with lower biochemical zinc status among women from Dunedin, New Zealand? *Br J Nutr* 86(1): 71-80
- Goldstein DE, Little RR, Wiedmeyer HM, England JD, McKenzie EM (1986): Glycated hemoglobin: methodologies and clinical applications. *Clin Chem* 32(10 Suppl): B64-70
- Haffner SM, Lehto S, Ronnemaa T, Pyorala K, Laakso M (1998): Mortality from coronary heart disease in subjects with type 2 diabetes and in nondiabetic subjects with and without prior myocardial infarction. *N Engl J Med* 339: 229-234
- Hawk PB, Oser BL, Summerson WH (1954): Practical physiology chemistry. 13th ed. Blakiston co Inc Toronto, p.899
- Huh KB, Ahn KJ, Lee HC, Lim SK, Lee YH (1993): Influence of visceral fat accumulation on carbohydrate metabolism in Korean middle-aged women. *Kor J Internal Medicine* 44(4): 648-658
- Huh KB, Lee JH, Paik IK, Ahn KJ, Jung YS, Kim MJ, Lee HC, Lee YH, Lee YJ (1993): Influence of total abdominal fat accumulation on serum lipids and lipoproteins in Korean middle-aged men. *Kor J Nutrition* 26(3): 299-312
- Kahn SE, Prigeon RL, McCulloch DK, Boyko EJ, Bergman RN, Schwartz MW, Neifing JL, Ward WK, Beard JC, Palmer JP (1993): Quantification of the relationship between insulin sensitivity and beta-cell function in human subjects. Evidence for a hyperbolic function. *Diabetes* 42: 1663-1672
- Kim AJ (1988): A study on intake of iron, copper, zinc and blood contents of rural women in Korea. Master thesis, Sookmyung Women's University, Korea.
- Kim SY, Oh YS, Lee HK, Min HK (1985): Zinc and copper metabolism in diabetes. *J Kor Diabetes Associ* 9(1): 81-88
- King JC, Shames DM, Woodhouse LR (2000): Zinc homeostasis in humans. *J Nutr May* 130(5S Suppl): 1360S-1366S
- Kinlaw WB, Levine AS, Morley JE, Silvis SE, McClain CJ (1983): Abnormal zinc metabolism in type II diabetes mellitus. *Am J Med* 75: 273-277
- Klein R, Klein BE, Moss SE (1996): Relation of glycemic control to diabetic microvascular complications in diabetic mellitus. *Am Intern*



- Med* 124: 90-96
- Korean Food Research Institute (1998): Handbook of Portion Size for Food Intake Research. Seoul
- Lee DJ, Kim SM, Lee EJ, Kwon HC, Cho NH, Chung YS (1996): Estimation of relative risk for obesity and WHR associated disease in women. *J Kor Soci Study Obesity* 5(1): 41-48
- Lee JY, Choi MK, Sung CJ (1996): The relationship between dietary intakes, serum levels, urinary excretions of Zn, Cu, Fe, and serum lipids in Korean rural adults on self-selected diet. *Kor J Nutr* 29(10): 1112-1120
- Lee JY, Paik HY, Joung HJ (1998): Supplementation of zinc nutrient database and evaluation of zinc intake of Korean adults living in rural area. *Kor J Nutr* 31(8): 1324-1337.
- Levine AS, McClain CJ, Handwerker BS, Brown DW, Morley JE (1983): Tissue zinc status of genetically diabetic and streptozotocin induced diabetic mice. *Am J Clin Nutr* 37: 382-386
- Lofgren I, Herron K, Zern T, West K, Patalay M, Shachter NS, Koo SI, Fernandez ML (2004): Waist circumference is a better predictor than body mass index of coronary heart disease risk in overweight premenopausal women. *J Nutr* 134: 1071-1076
- Marreiro DN, Fisberg M, Cozzolino SM (2002): Zinc nutritional status and its relationships with hyperinsulinemia in obese children and adolescents. *Biol Trace Elem Res* 100(2): 137-150
- Mateo MCM, Bustamante JB, Cantakaouedra MAG (1978): Serum zinc, copper and insulin in diabetes mellitus. *Biomedicine* 29: 56-58
- Mieling GE, Pardue HL, Thompson JE, Smith RA (1979): A kinetic method for glucose that is insensitive to variations in temperature and enzyme activity. *Clin Chem* 25(9): 1581-1590
- Min HK (1992): Clinical characteristics of diabetes in Korea. *J Kor Diabetes Associ* 16(3): 163-174
- Mooradian AD, Morley JE (1987): Micronutrient status in diabetes mellitus. *Am J Clin Nutr* 45: 877-895
- Nam JH, Lee SH, Lee HJ, Han JH, Kim JG, Ha SW, Kim BW (1999): The prevalence of chronic complications in non-insulin dependent diabetic patients. *J Kor Diabetes Associ* 23(5): 702-714
- Nam JH, Park SW, Ahn CW, Song YD, Lim SK, Kim KR, Lee HC, Huh KB (2001): Atherosclerotic severity and risk factors in type 2 diabetic patients with visceral (metabolic) obesity in Korea. *J Kor Diabetes Associ* 25(1): 20-34
- National Diabetes Data Group (1976): Community screening for diabetes by blood glucose measurement. Results of a five year experience. *Diabetes* 25: 1110
- Onat A, Avci GS, Barlan MM, Uyarel H, Uzunlar B, Sansoy V (2004): Measures of abdominal obesity assessed for visceral adiposity and relation to coronary risk. *Int J Obes Relat Metab Disord* 28(8): 1018-1025
- Park JH, Ro SR, Oh YS, Shinn SH (1991): A study on the zinc, copper and chromium content in serum and 24-hr urine of normal subjects and non-insulin dependent diabetics. *J Kor Diabetes Associ* 15(1): 109-120
- Pidduck HG, Wren PJJ, Price Evans DA (1970): The hyperzincuria of diabetes mellitus and possible genetic implications of this observation. *Diabetes* 19(4): 240-247
- Shin SY (1989): A study on blood and urine contents of iron, copper, zinc in rural women. Master thesis, Sookmyung Women's University, Korea
- Song TH, Choi BR, Tak SM, Kang JW, Kim CE, Moon FC, Woo JT, Kim EJ (1990): A Retrospective study on body weight of diabetes in Korea. *J Kor Diabetes Associ* 14(2): 229-233
- The Korean Nutrition Society (2000): Recommended Dietary Allowances for Koreans. 7th revision, Seoul
- Tungtrongchitr R, pongpaew P, Phonrat B, Tungtrongchitr A, Viroonudomphol D, Vudhivai N, Schelp FP (2003): Serum copper, zinc, ceruloplasmin and superoxide dismutase in Thai overweight and obese. *J Med Assoc Thai* 86(6): 543-551
- Wada L, King JC (1986): Effect of low zinc intake in basal metabolic rate, thyroid hormones and protein utilization in adult men. *J Nutr* 116: 1045-1053