



## 제2형 당뇨병 환자의 비타민 B 섭취와 임상지표의 상관관계에 대한 연구

심유진<sup>1</sup> · 권지영<sup>2</sup> · 정혜연<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>승의여자대학교 식품영양과, <sup>2</sup>연세대학교 생활환경대학원

### Study on the Correlation between Dietary Vitamin B Intakes and Clinical Indices of Type 2 Diabetes Patients

Eugene Shim<sup>1</sup>, Ji-young Kwon<sup>2</sup>, Hae-Yun Chung<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Food and Nutrition, Soongyei Women's College

<sup>2</sup>Graduate School of Human Environmental Sciences, Yonsei University

#### Abstract

The objective of this study was to investigate the effects of dietary vitamin B intake on biomarkers related to lipid metabolism, inflammation and blood glucose control, that are important in the development of type 2 diabetes and its complications. Seventy-six adults (42 males, 34 females) were recruited from a group of diabetes patients who had visited the medical center for treatment. Data on anthropometric characteristics and dietary intake of thiamine, riboflavin, niacin, vitamin B<sub>6</sub> and folate were collected using 24-hour diet recall and the CAN Pro 4.0 program. Also, data on clinical indices such as serum lipids, blood pressure, high-sensitivity C-reactive protein (hs-CRP), hemoglobin A1c (HbA1c) and homeostasis model assessment 2-insulin resistance (HOMA2-IR) were collected and analyzed for correlation with dietary vitamin B intake. Results from the dietary intake survey showed that riboflavin and folate intake (in males) and folate intake (in females) were below the Dietary Reference Intake for Koreans. Statistical analysis revealed a negative correlation between hs-CRP and dietary intake of B vitamins. Riboflavin intake was inversely associated with systolic blood pressure after adjustments for age, BMI, smoking, alcohol consumption, exercise, ingestion of diabetes mellitus medication and energy intake ( $p < 0.05$ ). Our results suggest that dietary vitamin B may influence inflammation and consequently may help in better management of type 2 diabetes.

Key Words : Type 2 diabetes, C-reactive protein, hemoglobin A1c, dietary vitamin B intake

#### 1. 서 론

당뇨병은 전 세계적으로 유병률이 증가하고 있는 만성질환으로서 1995년 유병률은 4.0%에 불과했으나 2025년에는 5.4%로 증가하여 3억에 가까운 인구가 당뇨병 환자가 될 것으로 예측되고 있다(Cho et al. 2006). 우리나라에서도 2001년에는 8.9%였던 당뇨병 유병률(만 30세 이상, 공복혈당 기준, 2005년 추계인구로 연령표준화)이 2008년 9.7%, 2018년 10.4%로 계속하여 증가하고 있다(Ministry of Health and Welfare 2008; Ministry of Health and Welfare 2019).

식사패턴에 관한 연구들은 채소, 과일, 전곡류 등을 충분히 섭취하면 제2형 당뇨병에 대해 보호효과가 있다고 한다. van Dam et al.(2002)은 육류, 가공육, 고지방 유제품, 정제 곡류, 당류를 많이 섭취하여 서구식 식사패턴 지수가 가장

높은 5분위수에 속하는 사람은 가장 낮은 사람에 비해 제2형 당뇨병 발병의 상대위험도가 1.59 (CI, 1.32-1.93)에 달하며, 반대로 채소, 과일, 생선, 가금류, 전곡류가 풍부한 식사를 하는 경우 그렇지 않은 사람에 비해 상대위험도가 0.84 (CI, 0.70-1.00)에 불과하다고 하였다.

식사패턴 외에 특정 영양소 섭취가 당뇨병 위험에 미치는 영향에 대해서는 상당히 많은 연구가 진행되었다. Shimakawa & Warram(1993)은 당뇨병 환자를 대상으로 한 연구에서 총 열량섭취, 당질, 단백질 그리고 지방 에너지 비율과 당화혈색소(hemoglobin A1c, HbA1c) 사이에 양의 상관관계가 존재함을 관찰하였다. 또한 아연, 칼륨, 칼슘, 마그네슘의 섭취가 적은 제2형 당뇨병 환자군은 섭취가 많은 군에 비해 HbA1c이 유의적으로 높았다고 보고되는 등(Brando-Lima et al. 2018) 다양한 영양소와 당뇨병 발병 및 진행 위험에 관한

\*Corresponding author: Hae-Yun Chung, Dept. of Food and Nutrition, Soongyei Women's College, 10, Soparo 2gil, Junggu, Seoul, 04628, Korea  
Tel: +82-2-3708-9261 Fax: +82-2-3708-9121 E-mail: hchung02@sewc.ac.kr

연구가 진행되고 있다.

티아민과 리보플라빈, 니아신은 thiamine pyrophosphate (TPP), flavin adenine dinucleotide (FAD), nicotinamide adenine dinucleotide (NAD)의 형태로 탄수화물, 지질 등 에너지 대사의 조효소로 작용하는데, 당뇨병은 이 대사과정의 이상으로 인해 발생하는 질환이므로 비타민 B군은 당뇨병과 밀접한 관련이 있으리라 추측할 수 있다. 이와 같은 가설을 검증하기 위해 여러 연구가 행해졌는데 초기의 연구들은 비타민 B와 당뇨병 및 혈당 사이에 일관적인 관련성을 발견하지 못했다. Cumings(1947)는 건강한 성인과 당뇨병 환자에서 니아신 투여가 혈당농도에 영향을 미치지 않는다고 하였고 Bose(1948)는 티아민 결핍증세가 있는 당뇨병 환자에게 티아민을 투여하면 내당능이 개선된다고 발표한 바 있다. 근래에는 세포와 실험동물을 이용한 연구에서 비타민 B가 인슐린 신호체계에 관여하는 Akt2와 Igf1R, 염증지표인 IL-1 $\beta$ , 탄수화물대사에 관여하는 Gck 등을 유전자 발현수준에서 조절하는 등 당뇨병에서의 역할이 잘 규명되어 있지만(Mazur-Bialy & Pochec 2016) 사람에서 비타민 B군의 식사섭취나 영양제 보충이 당뇨병에 미치는 영향에 대해서는 많은 연구가 이루어지지 않았다. 따라서 본 연구에서는 한국인 당뇨병 환자를 대상으로 식사를 통한 비타민 B군의 섭취를 조사하고 이를 혈청지질, 혈압, 염증지표, 혈당지표 등 당뇨병의 임상지표와 비교함으로써 비타민 B가 당뇨병에 미치는 영향에 대해 분석하고 나아가 당뇨병의 예방 및 관리에 도움이 되는 영양관리를 위한 기초적인 자료를 제시하고자 한다.

## II. 연구 내용 및 방법

### 1. 연구대상

본 연구는 2009년 6월부터 2009년 9월까지 서울 소재 종합병원 내분비내과에 내원한 만 30세 이상 80세 이하의 당뇨병 환자 중 연구참여에 동의한 76명(남자 42명, 여자 34명)을 대상으로 하였다.

### 2. 연구내용 및 방법

#### 1) 일반사항 조사

성별, 연령, 흡연 여부(현재 흡연, 과거 흡연, 금연), 음주 여부(현재 음주, 과거 음주, 금주), 운동 여부, 약 복용 여부(고혈압, 당뇨병, 고지혈증 등) 등의 일반사항은 면담을 통하여 조사를 하였고 미비한 사항은 전자의무기록을 이용하여 확인하였다.

#### 2) 신체계측 조사

대상자의 신장과 체중은 신체 자동 계측기를 이용하여 측정하였다. 신장은 0.1 cm, 체중은 0.1 kg까지 측정하였고 체질량지수(Body Mass Index, BMI)는 체중(kg)/신장<sup>2</sup>(m<sup>2</sup>)으로 계산하였다. 혈압은 최소 10분 이상 안정을 취한 후 자동 혈

압 측정기를 이용하여 수축기혈압과 이완기혈압을 측정하였다.

#### 3) 생화학적 검사

콜레스테롤, LDL-콜레스테롤, HDL-콜레스테롤, 중성지방, hs-CRP, 공복혈당 등의 혈액검사 결과는 진단검사의학과에서 자동분석기(Fuji DRI-CHEM 3500i, Japan)를 이용해 분석한 자료를 전자의무기록을 통해 취득하였다. HbA1c와 C-peptide는 각각 고성능액체 크로마토그래피(Variant II, Bio-Rad Laboratories, Hercules, CA, USA)와 화학발광 면역분석법(E170, Roche Diagnostics, Mannheim, Germany)을 이용하여 분석하였다. HOMA2-IR은 공복혈당 농도와 C-peptide 농도를 HOMA Calculator 프로그램에 입력하여 계산하였다(The Oxford Centre for Diabetes, Endocrinology & Metabolism. Diabetes Trials Unit. HOMA Calculator).

#### 4) 식이섭취 조사

식이섭취 조사를 위해 24시간 회상법을 사용하여 비연속된 3일 동안 섭취한 모든 음식을 조사하였다. 음식에 들어 있는 식품재료의 종류와 양을 조사하여 평균섭취량을 구하였다. 임상영양사가 연구대상자와 개별 면담하여 식이섭취를 조사하였으며 음식 모형을 제시하여 섭취량을 정확하게 기억할 수 있도록 하였다. 식이섭취 조사 결과를 한국영양학회의 영양평가 프로그램인 CAN-Pro 4.0에 입력하여 비타민 섭취량을 분석하였다. 영양보충제 복용여부와 섭취량은 조사에 포함되지 않았다.

### 3. 자료의 통계처리

모든 자료는 평균±표준편차(SD)로 표시하였다. 비타민 섭취량과 임상지표들 간의 상관관계는 Pearson's correlation coefficient를 계산하여 분석하였다. 남자와 여자 대상자 사이에 임상지표의 농도가 유의적 차이를 나타내지 않았기 때문에 남녀를 구분하지 않고 correlation coefficient를 계산하였다(자료 미제시). 상관관계 분석 시 각종 임상지표 농도에 영향을 주는 것으로 보고된 연령, BMI, 흡연 여부, 음주 여부, 운동 여부, 당뇨병 약 복용 여부와 에너지섭취량으로 보정된 부분 상관계수를 구하였다(Gulliford & Ukoumunne 2001; Lee et al. 2004; Lee et al. 2008). SPSS (Statistical Package for Social Science, v. 22.0)를 사용하여 통계 분석하였으며 정규분포를 따르지 않는 변수는 통계분석 전에 로그변환하였다. 통계 결과가 p<0.05일 때 통계적으로 유의한 것으로 판정하였다.

## III. 결과 및 고찰

### 1. 연구 대상자의 일반적 특징

연구대상자의 자세한 특성은 선행연구에 자세히 소개된 바 있다(Kwon & Chung 2013). 간략히 소개하면 대상자는 제2

&lt;Table 1&gt; General characteristics of the subjects

Number(%)	Total subjects (n=76)	Males (n=42)	Females (n=34)
Age (yrs)	55.8±12.4 <sup>1)</sup>	55.6±11.8	55.9±13.2
30-39	8(10.5) <sup>2)</sup>	4(9.5)	4(11.8)
40-49	16(21.1)	9(21.4)	7(20.6)
50-59	18(23.7)	12(28.6)	6(17.6)
60-69	21(27.6)	9(21.4)	12(35.3)
≥70	13(17.1)	8(19.0)	5(14.7)
Body mass index (kg/m <sup>2</sup> )	24.8±3.8	24.0±2.7	25.8±4.6
Alcohol drinking			
Current	32(42.1)	28(66.7)	4(11.8)
None	35(46.1)	9(21.4)	26(76.5)
Past	9(11.8)	5(11.9)	4(11.8)
Cigarette smoking			
Current	19(25.0)	18(42.9)	1(2.9)
None	50(65.8)	17(40.5)	33(97.1)
Past	7(9.2)	7(16.7)	0(0.0)
Exercise			
Yes	66(86.8)	38(90.5)	28(82.4)
No	10(13.2)	4(9.5)	6(18.2)
Medication			
Diabetes mellitus			
Yes	52(68.4)	29(69.0)	23(67.6)
No	24(31.6)	13(31.0)	11(32.4)
Hypertension			
Yes	26(34.2)	10(23.8)	16(47.1)
No	50(65.8)	32(76.2)	18(52.9)
Hyperlipidemia			
Yes	23(30.3)	13(31.0)	10(29.4)
No	53(69.7)	29(69.0)	24(70.6)

<sup>1)</sup>Mean±SD<sup>2)</sup>No (%)

형 당뇨 환자 76명(남자 42명, 여자 34명)으로 평균 연령은 55.8±12.4세이고 연령 분포는 60대 21명, 50대 18명, 40대 16명, 70대 이상 13명, 30대 8명이었다. 전체 대상자의 평균 BMI는 24.8±3.8 kg/m<sup>2</sup>인데 남자 대상자의 평균은 24.0±2.7, 여성 대상자의 평균은 25.8±4.6 kg/m<sup>2</sup>으로서 아시아태평양지역 기준에 따르면 남자는 과체중, 여자는 비만에 해당한다.

현재 알코올 섭취율은 42.1%로서 2018 국민건강통계에 나타난 만 19세 이상 월간음주율인 남자 70.5%, 여자 51.2%에 비해 상당히 낮은 것으로 드러나 당뇨환자가 건강관리를 위해 음주를 자제하고 있는 것으로 추측된다. 한편 전체 대상자의 현재 흡연율은 25.0%이고, 남자 42.9%, 여자 2.9%로 조사되어 국민건강통계에 조사된 남자 36.7%, 여자 7.5%에 비해 약간 낮았다. 당뇨약, 혈압약과 고지혈증약을 복용하는 환자는 각각 68.4, 34.2, 30.3%로 나타났다<Table 1>.

## 2. 비타민 B 섭취 상태

전체 대상자의 티아민, 리보플라빈, 니아신, 비타민 B<sub>6</sub> 섭취량은 각각 1.3±0.3, 1.3±0.3, 18.2±4.1, 2.5±0.6 mg이었다. 또한 엽산섭취량은 376.9±104.0 μg이었다.

<Table 2-1>과 <Table 2-2>에는 남녀의 각 연령대별 비타민 B 섭취량과 권장섭취량 대비 섭취비율을 소개하였다. 전체적으로 남자의 경우 리보플라빈과 엽산이, 여자의 경우 엽산이 권장섭취량에 미달하였다. 2018 국민건강영양조사 결과를 살펴 보면 30-49세 남자의 티아민 섭취량은 1.7±0.04, 50-64세 1.6±0.04, 65세 이상 1.33±0.03 mg이었고 리보플라빈 섭취량은 각각 2.1±0.05, 1.74±0.04, 1.37±0.04 mg, 니아신 섭취량은 각각 17.34±0.37, 14.92±0.3, 12.24±0.28 mg으로 나타났다. 이 결과를 본 연구의 결과와 비교하면 티아민 섭취량은 국민건강영양조사 결과와 비슷하거나 약간 적었고, 리보플라빈의 경우 특히 30-49세, 50-64세 연령층에서 적게 섭취하고 있었다. 반면 니아신은 본 연구의 섭취량이 많았다.

한편 국민건강영양조사 결과 여자의 티아민 섭취량은 연령별로 1.14±0.03, 1.13±0.02, 1.01±0.02 mg이었고 리보플라빈은 1.46±0.03, 1.42±0.03, 1±0.03 mg, 니아신의 경우 12.23±0.24, 10.97±0.23, 8.66±0.23 mg으로 드러났다. 티아민은 본 연구의 대상자의 섭취가 조금 더 많거나 비슷했고, 리보플라빈은 거의 유사하였다. 니아신은 남자와 마찬가지로 본 연구 대상자의 섭취가 더 많았다. 결론적으로 니아신 섭취량이 조금 더 많은 것 외에 다른 비타민 B의 섭취량은 국민건강영양조사 결과와 큰 차이를 보여주지 않았다.

한편 당뇨병 환자의 비타민 B 섭취를 조사한 다른 연구들을 살펴보면 본 연구의 결과와 크게 다르지 않다. Hwang & Choi(2019)는 폐경기 당뇨병 환자의 티아민, 리보플라빈, 니아신 섭취량을 각각 1.15±0.66, 1.06±0.64, 14.78±8.19 mg으로 보고하여 본 연구와 비슷하나 약간 낮은 경향을 보였다. 그들은 당뇨를 앓고 있는 폐경여성과 건강한 폐경여성을 비교하였을 때 유의적 차이가 없었으나 리보플라빈 섭취가 약간 낮은 경향을 보였다고 하였다.

Park & Han(2005)은 40명의 당뇨병 환자를 대상으로 한 연구에서 티아민, 리보플라빈, 니아신, B<sub>6</sub>, 엽산의 섭취량이 각각 1.3±0.5, 1.2±0.4, 15.0±4.9, 1.2±0.5 mg, 219.1±112.6 μg로 보고하였고 이들을 대상으로 웹기반 영양상담을 실시하였을 때 엽산 섭취량이 322.6±376.9 μg로 증가하였다고 보고하였다. 본 연구의 결과를 이들의 연구와 비교 시 티아민, 리보플라빈 등은 유사하였으나 티아민 B<sub>6</sub> 섭취량은 높게 나타났다. Park & Han(2005)의 경우에는 단백질 섭취량이 권장섭취량 대비 86.8%에 불과했으나 본 연구에서는 167.2±29.3%로 조사되어 단백질 섭취량의 차이가 티아민 B<sub>6</sub>의 섭취량이 차이 나는 이유 중의 하나일 것으로 사료된다(자료 미제시). Ahn et al.(2011)은 당뇨환자의 B<sub>6</sub> 섭취를 2.53±0.81 mg으로 보고하여 본 연구의 결과와 유사하였다. 이들의

<Table 2-1> Vitamin B intakes of male subjects compared to Dietary Reference Intakes for Koreans<sup>1)</sup>

	Age (yrs)	Dietary Intakes	RNI <sup>2)</sup>	% <sup>3)</sup>
Thiamine (mg/d)	All	1.4±0.3		116.7±25.0
	30-49y (n=13)	1.5±0.4		125.0±33.3
	50-64y (n=17)	1.4±0.3	1.2	116.7±24.9
	65-74y (n=10)	1.3±0.3		108.3±25.0
	>75y (n= 2)	1.2±0.3		100.0±24.9
Riboflavin (mg/d)	All	1.4±0.4		93.3±26.4
	30-49y (n=13)	1.5±0.5		100.1±33.2
	50-64y (n=17)	1.3±0.2	1.5	86.7±13.3
	65-74y (n=10)	1.3±0.3		86.6±20.0
	>75y (n= 2)	1.5±1.1		100.0±73.3
Niacin (mg NE/d)	All	19.8±4.1		123.8±25.6
	30-49y (n=13)	19.8±4.0		123.8±25.0
	50-64y (n=17)	20.0±4.6	16	125.1±28.8
	65-74y (n=10)	19.5±3.4		121.9±21.3
	>75y (n= 2)	17.9±6.9		111.9±43.1
Vitamin B <sub>6</sub> (mg/d)	All	2.6±0.6		173.3±40.1
	30-49y (n=13)	2.5±0.5		166.7±33.4
	50-64y (n=17)	2.8±0.7	1.5	186.7±46.6
	65-74y (n=10)	2.4±0.6		160.0±40.1
	>75y (n= 2)	2.8±0.4		186.7±26.6
Folate (µg DFE/d)	All	384.4±108.5		96.1±27.1
	30-49y (n=13)	368.9±110.1		92.2±27.5
	50-64y (n=17)	384.8±104.5	400	96.2±26.1
	65-74y (n=10)	378.9±93.9		94.7±23.5
	>75y (n= 2)	508.7±220.4		127.2±55.1

<sup>1)</sup>Mean±SD  
<sup>2)</sup>Recommended nutrient intake  
<sup>3)</sup>% of Recommended nutrient intake

연구에서 건강한 성인의 B<sub>6</sub> 섭취는 2.51±0.91 mg으로 조사되어 당뇨병 환자와 차이를 보이지 않았고 모두 한국인 영양섭취기준을 상회하는 것으로 나타났다(섭취기준 대비 180.0±57.9와 179.0±65.4%).

결론적으로 본 연구의 결과를 살펴보면 연령별, 성별로 약간의 차이는 있으나 당뇨병 환자의 비타민 B군 섭취가 섭취기준과 비교했을 때 크게 부족하지는 않은 것으로 드러났고 이는 다른 연구의 결과들과도 일치한다.

### 3. 비타민 B 섭취와 혈청지질의 상관관계

본 연구에서는 리보플라빈을 제외한 비타민 B 섭취와 당뇨병 환자의 혈청 콜레스테롤 및 중성지방 농도 사이에 상관관계가 관찰되지 않았다<Table 3>. 또한 LDL 및 HDL 콜레스테롤 농도와도 관련성을 나타내지 않았다(자료 미제시). 비타민 B 혈액농도가 당뇨병 환자의 혈청지질에 미치는 영향

<Table 2-2> Vitamin B intakes of female subjects compared to Dietary Reference Intakes for Koreans<sup>1)</sup>

	Age (yrs)	Dietary Intakes	RNI <sup>2)</sup>	% <sup>3)</sup>
Thiamine (mg/d)	All	1.3±0.3		118.2±27.3
	30-49y (n=11)	1.3±0.2		118.2±18.2
	50-64y (n=12)	1.3±0.3	1.1	118.2±27.3
	65-74y (n= 9)	1.2±0.2		109.1±18.3
	>75y (n= 2)	0.8±0.3		72.7±27.2
Riboflavin (mg/d)	All	1.3±0.3		108.2±25.1
	30-49y (n=11)	1.4±0.2		116.7±16.7
	50-64y (n=12)	1.4±0.3	1.2	116.6±25.0
	65-74y (n= 9)	1.2±0.2		100.0±16.7
	>75y (n= 2)	1.0±0.5		83.3±41.7
Niacin (mg NE/d)	All	16.2±3.3		115.7±23.6
	30-49y (n=11)	15.8±2.0		112.8±14.3
	50-64y (n=12)	17.8±3.8	14	127.1±27.1
	65-74y (n= 9)	15.7±3.1		112.7±22.1
	>75y (n= 2)	11.8±0.7		84.3±5.0
Vitamin B <sub>6</sub> (mg/d)	All	2.3±0.6		164.3±42.9
	30-49y (n=11)	2.2±0.4		157.1±28.6
	50-64y (n=12)	2.4±0.5	1.4	171.4±35.7
	65-74y (n= 9)	2.4±1.0		171.5±71.4
	>75y (n= 2)	1.7±0.4		121.4±28.6
Folate (µg DFE/d)	All	367.6±99.0		91.9±24.8
	30-49y (n=11)	365.9±104.0		91.5±26.0
	50-64y (n=12)	361.0±61.8	400	90.3±15.5
	65-74y (n= 9)	406.8±109.9		101.7±27.5
	>75y (n= 2)	240.5±172.2		60.1±43.1

<sup>1)</sup>Mean±SD  
<sup>2)</sup>Recommended nutrient intake  
<sup>3)</sup>% of Recommended nutrient intake

에 대한 연구는 많지 않지만 Waheed et al.(2013)은 미세알부민뇨 합병증을 갖고 있는 당뇨병 환자는 정상인에 비해 티아민 혈중 농도가 낮고, 티아민의 혈중 농도와 혈청 콜레스테롤 및 중성지방 사이에는 음의 상관관계가 존재한다고 하였다.

당뇨병 환자의 비타민 B 섭취와 혈청지질농도의 관련성에 대한 연구 역시 매우 드물지만, 건강한 노인을 대상으로 한 연구에서 혈중 콜레스테롤 농도가 티아민 및 리보플라빈의 식사섭취량과는 관련성이 없음이 관찰되었다(Hooper et al. 1983). 이 연구에서도 티아민, 리보플라빈의 혈중농도와는 콜레스테롤이 유의적 음의 상관관계를 나타낸 것으로 미루어 보아 비타민 B의 혈액 농도와 혈청지질의 관련성은 비교적 명확하지만 비타민 B 식사섭취량과 혈청지질농도의 상관관계에 대한 근거는 빈약한 것으로 추측된다.

이처럼 비타민 B의 식사섭취와 체내농도가 다른 경향성을 나타내는 현상은 특히 당뇨병에서 더 잘 관찰된다. 당뇨병

환자는 비타민 B의 식사섭취가 부족하지 않아도 혈액농도가 결핍수준인 경우가 많은데 이는 당뇨병환자 체내에서 비타민 대사에 변화가 일어나 체내 농도가 반드시 섭취량과 비례하지는 않기 때문으로 보인다(Thornalley et al. 2007; Ahn et al. 2011). 건강한 사람에 비해 당뇨병 환자는 소변으로 배설되는 티아민과 리보플라빈의 양이 많고 혈중 농도는 낮다는 보고들이 있는데 당뇨병환자를 대상으로 한 연구에서 티아민의 분획배설이 증가함이 보고되었다(Adaikalakoteswari et al. 2012). 이는 당뇨병환자 신장에서 티아민의 재흡수가 감소하기 때문으로 추측되는데, Larkin et al.(2012)은 인체 근위세뇨관 상피세포를 고농도의 포도당과 함께 배양하였을 때 티아민 운반단백질인 thiamine transporter (THTR)-1과 THTR-2의 mRNA 및 단백질 발현이 유의적으로 감소하는 것을 발견함으로써 이와 같은 가설을 뒷받침하였다. 한편 당뇨병환자는 건강한 성인과 비교 시 비타민 B<sub>6</sub>의 섭취량은 차이가 없지만 혈중 PLP농도는 낮은 경향이 있다는 보고도 있는데(Ahn et al. 2011), 당뇨병환자에서 비타민 B<sub>6</sub>의 최종분해산물인 4-pyridoxic acid의 혈장농도와 소변농도가 증가하는 것으로 보아 티아민 B<sub>6</sub>의 분해가 증가하는 것으로 보인다(Adaikalakoteswari et al. 2012). 또한 당뇨병 치료약으로 흔히 쓰이는 메트포르민이 B<sub>12</sub>와 엽산의 결핍을 유발하는 등(Gargari et al. 2011) 당뇨병환자에서 건강한 사람과 다른 비타민 B 대사가 일어나므로 식사섭취량과 당뇨병의 임상지표 간의 상관관계를 해석할 때에는 주의가 필요하다.

한편 비타민 B를 보충한 중재연구의 결과를 살펴보면 당뇨병환자에게 1일 300mg 티아민을 6주간 보충했을 때 혈청지질이나 hs-CRP에 변화가 나타나지 않았다고 한다(Alaei-Shahmiri et al. 2013). 반면 Al-Attas et al.(2014)은 1일 100 mg 티아민을 6개월간 보충했을 때 건강한 성인에서는 유의적 변화가 나타나지 않았으나 제2형 당뇨병 환자에서는 혈청 총콜레스테롤 및 LDL 콜레스테롤이 감소한다고 하였고, 또한 3개월까지는 콜레스테롤 농도가 유의적 변화를 나타내지 않다가 6개월에는 유의적으로 감소함을 관찰하였다. 이와 같은 연구로부터 티아민 보충 시 용량과 기간에 따라 상이한 결과가 나온다는 것을 짐작할 수 있다. 니아신의 경

우, 당뇨와 니아신 간의 관계에 관해서는 많은 연구가 이루어지지 않았지만 다양한 인체실험, 동물실험에서 니아신 보충이 HDL 콜레스테롤을 증가시키고 LDL 콜레스테롤과 중성지방을 낮추는 효과가 있다고 보고되었다(Julius & Fischer 2013).

본 연구에서는 리보플라빈 섭취와 혈청 콜레스테롤 사이에 양의 상관관계가 발견되었는데( $r=0.299$ ,  $p<0.05$ ) 이는 2013-2017 국민건강영양조사를 분석한 결과 리보플라빈의 권장섭취량을 충족하는 사람이 그렇지 못한 사람에 비해 고콜레스테롤혈증을 나타낼(>200 mg/dL) 오즈비가 높다는 연구결과와 일치한다( $OR=1.212$ ,  $p<0.01$ , Ahn et al. 2019). 본 연구와 Ahn et al.(2019)의 연구결과는 리보플라빈 섭취가 많은 경우 혈청 콜레스테롤 농도가 높아짐을 시사하지만, 혈액 리보플라빈과 콜레스테롤 농도 사이에 음의 상관관계를 관찰한 Hooper et al.(1983)의 연구결과 등을 감안하면 상관성을 평가하기 위해서는 더 많은 연구가 필요한 것으로 사료된다.

#### 4. 비타민 B 섭취와 혈압의 상관관계

본 연구의 결과 당뇨병 환자의 리보플라빈 섭취와 수축기 혈압 사이에 음의 상관관계가 발견되었다( $r=-0.253$ ,  $p<0.05$ , Table 3).

당뇨환자에서 비타민 B 섭취와 혈압의 관계를 분석한 연구는 극히 드물지만 정상인을 대상으로 한 연구에서는 관련성이 제시된 바 있다. 2015-2016 국민건강영양조사 결과를 분석한 연구에서는 여자의 경우에 불충분한 리보플라빈 섭취와 고혈압, 당뇨병, 대사증후군의 유병률 사이에 유의적 상관관계가 존재하였으나 남자의 경우에는 관련성이 발견되지 않았다고 하였다(Shin & Kim 2019). 미국의 National Health and Nutrition Examination Survey 결과를 분석한 연구에서도 티아민과 리보플라빈, 엽산이 수축기혈압과 음의 상관관계를 나타내고 리보플라빈과 엽산은 이완기혈압과도 음의 상관관계를 나타낸다고 하였다(Tzoulaki et al. 2012). 한편 Liu et al.(2017)은 정상성인여성에서 티아민 B<sub>6</sub> 섭취가 많을수록 혈압이 낮은 것을 발견하였으나 남자에서는 이런 효과

<Table 3> Correlation coefficients between clinical indices and vitamin B intakes<sup>1)</sup>

	Cholesterol (mg/dL)	Triglyceride (mg/dL)	SBP (mmHg) <sup>2)</sup>	DBP (mmHg) <sup>3)</sup>	hs-CRP (mg/dL) <sup>4)</sup>	Glucose (mg/dL)	HbA1c (%) <sup>5)</sup>	C-peptide (ng/mL)	HOMA2- IR <sup>6)</sup>
Thiamin (mg)	0.208	0.211	-0.038	0.023	-0.291*	0.036	-0.002	0.120	0.091
Riboflavin (mg)	0.299*	0.153	-0.253*	0.020	-0.279*	-0.183	-0.147	0.123	0.020
Vitamin B <sub>6</sub> (mg)	0.166	0.158	0.109	0.069	-0.292*	0.042	-0.039	-0.053	-0.104
Niacin (mg)	0.173	0.103	-0.028	0.037	-0.293*	-0.084	-0.157	0.122	-0.067
Folate (μg)	0.152	0.060	0.004	-0.036	-0.307*	0.054	-0.102	0.243	0.048

<sup>1)</sup>Adjusted with age, BMI, smoking, alcohol consumption, exercise, medication use and energy intake

<sup>2)</sup>SBP: Systolic blood pressure, <sup>3)</sup>DBP: Diastolic blood pressure, <sup>4)</sup>hs-CRP: high-sensitivity C-reactive protein, <sup>5)</sup>HbA1c: Hemoglobin A1c, <sup>6)</sup>HOMA2-IR: Homeostasis model assessment 2-insulin resistance

\*Statistically significant at  $p<0.05$  by Pearson's correlation

가 나타나지 않았고, 엽산과 비타민 B<sub>12</sub>는 혈압과 관련이 없다고 하였다. 반면 건강한 어린이를 대상으로 한 연구에서는 엽산과 비타민 B<sub>12</sub> 섭취가 많은 경우 혈압이 낮으나 B<sub>6</sub>와 혈압 사이에는 유의적 관계가 존재하지 않았다고 하여(Tamai et al. 2011) 비타민 B 섭취와 혈압의 관련성에 대해 다양한 연구결과가 존재함을 알 수 있다.

중재연구에서는 당뇨환자에게 300 mg/일 티아민을 6주간 보충했을 때 이완기혈압이 유의적으로 감소하고 수축기혈압도 감소하는 경향이 나타났고(Alaei-Shahmiri et al. 2013) 실험쥐에게 리보플라빈을 보충한 경우에도 수축기 혈압이 감소하는 것이 관찰되었다(Frana & Vianna 2010).

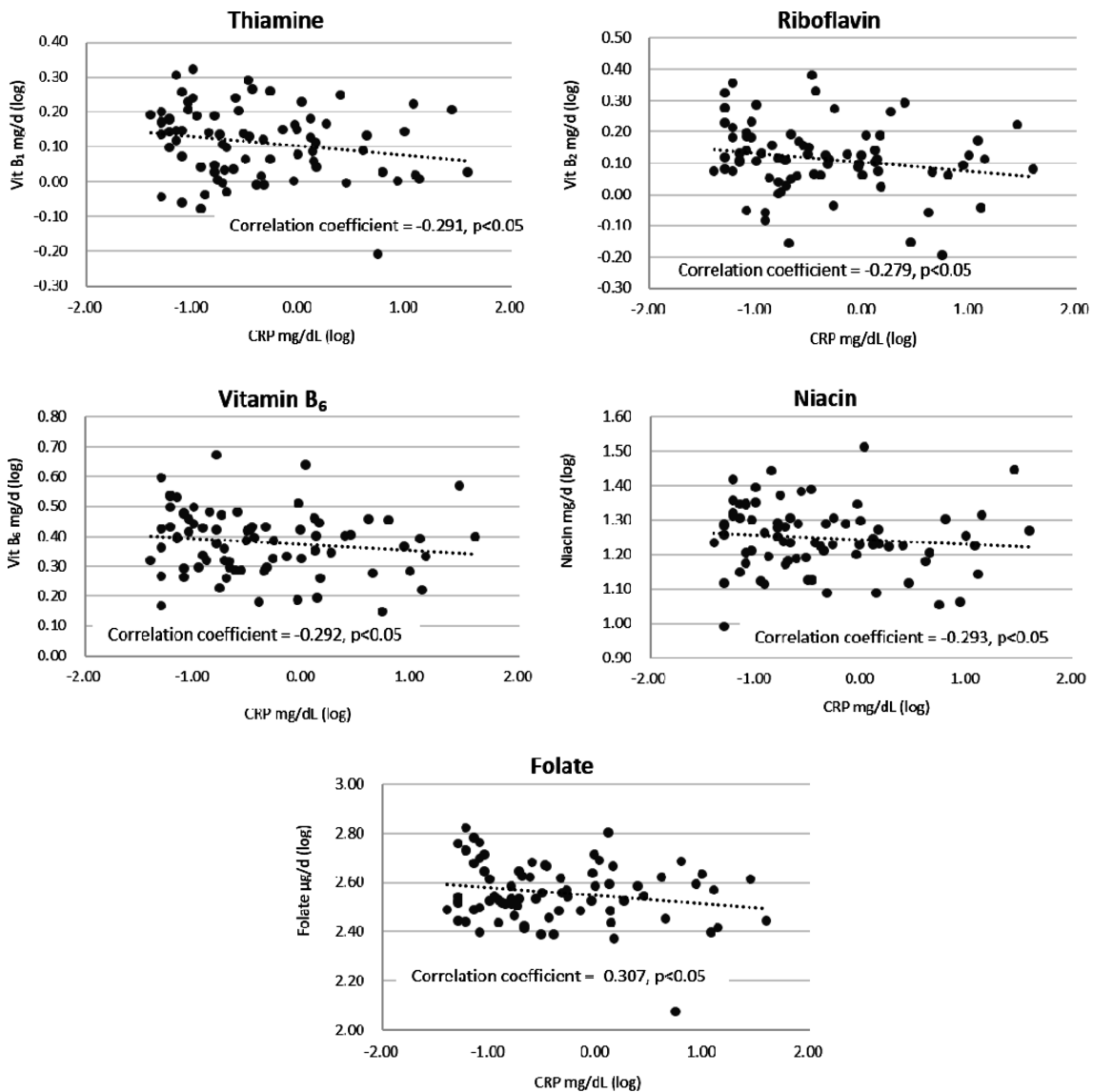
본 연구와 다른 연구의 결과를 종합해 볼 때 당뇨병 환자가 충분한 양의 비타민 B, 특히 리보플라빈을 섭취하는 경우 혈압강하 효과가 있는 것으로 추측된다. 그러나 혈압과의

관련성을 발견하지 못한 연구들도 존재하므로 관련성을 명확히 밝히기 위해서는 더 많은 연구가 필요하다.

### 5. 비타민 B 섭취와 hs-CRP의 상관관계

본 연구의 결과 티아민, 리보플라빈 등 모든 종류의 비타민 B 섭취가 염증지표인 hs-CRP 농도와 음의 상관관계를 나타내었다( $p < 0.05$ , Table 3, Figure 1).

세포실험과 동물실험에서 리보플라빈을 첨가하였을 때 염증지표인 tumor necrosis factor- $\alpha$  (TNF $\alpha$ ), interleukin-1 $\beta$  (IL-1 $\beta$ ), IL-6, MCP-1 등의 mRNA 발현이 감소하고 반대로 항염증 작용을 하는 adiponectin과 IL-10의 발현이 증가하는 것으로 미루어 보아 리보플라빈이 염증에서 중요한 역할을 담당하는 것으로 보인다(Mazur-Bialy & Pochech 2016; Plows et al. 2017). 그러나 정상 노인을 대상으로 한 연구에



<Figure 1> Correlation between hs-CRP and vitamin B intakes. Lines are linear predictions of vitamin B intakes on hs-CRP level. hs-CRP: high-sensitivity C-reactive protein

서는 티아민, 리보플라빈, 니아신, 엽산 섭취와 hs-CRP, IL-6 등 염증지표 사이에 상관관계를 발견하지 못했다(Cao et al. 2017). 반면 비타민 B<sub>6</sub>와 염증의 관련성을 연구한 Friso et al.(2001)은 Framingham Heart Study cohort를 대상으로 한 연구에서 hs-CRP 농도가 높은 군의 PLP 농도가 낮음을 발견하였고, 이때 혈장 호모시스테인 농도로 보정한 후에도 같은 결과가 나타나는 것으로 보아 비타민 B<sub>6</sub>가 호모시스테인과는 별개의 메커니즘을 통해 염증지표에 영향을 미친다고 주장하였다. 정상인뿐만 아니라 당뇨병성 신장질환자에서도 혈장 PLP와 hs-CRP 농도 사이에 음의 상관관계가 관찰되어 비타민 B<sub>6</sub>가 염증을 억제하는 효과가 있음을 시사하였다(Friedman et al. 2004). Mahalle et al.(2014)의 연구에서도 당뇨병 환자의 티아민, 리보플라빈, 니아신, B<sub>6</sub>, 엽산 섭취와 hs-CRP, IL-6, TNF $\alpha$  농도 사이에 유의적 음의 상관관계가 관찰되어 본 연구의 결과와 일치하였다.

중재연구의 결과를 살펴보면 약물을 투여하여 당뇨를 유발한 실험쥐에서 3개월의 티아민 보충 후 TNF $\alpha$ 와 IL-6의 농도가 감소함을 발견하였다(Mahdavifard & Nakhjavani 2020).

모든 연구의 결과가 일치하지는 않지만 본 연구와 다른 연구진의 결과를 살펴볼 때 티아민, 리보플라빈, 니아신, 비타민 B<sub>6</sub>, 엽산의 섭취와 염증지표인 사이에 음의 상관관계가 발견되어 비타민 B 섭취가 염증성 당뇨합병증 발병과 관리에 중요한 역할을 담당함을 시사하였다.

#### 6. 비타민 B 섭취와 혈당 및 인슐린저항성 지표의 상관관계

본 연구의 결과 비타민 B 섭취와 혈당, HbA1c 등의 혈당 지표 및 C-peptide, HOMA2-IR 등 인슐린저항 지표 간에는 유의한 상관관계가 없었다<Table 3>. 통계적으로 유의한 수준은 아니었지만 리보플라빈, 니아신 섭취와 HbA1c 간에는 음의 상관관계 경향성이 있었고, 티아민, 리보플라빈, 니아신 및 엽산 섭취는 C-peptide와 양의 상관관계 경향성이 있었다. 특히 엽산 섭취는 C-peptide와 통계적으로 유의한 수준에 근접하는 양의 상관관계 경향성을 나타내어 이에 대해 추가의 연구가 필요할 것으로 사료된다.

문헌을 살펴보면 당뇨병 환자의 티아민, 리보플라빈, 니아신, B<sub>6</sub> 섭취와 HOMA2-IR 사이에 음의 상관관계가 존재한다고 하여 비타민 B 섭취가 풍부할수록 인슐린저항이 개선됨을 시사한다(Mahalle et al. 2014). 한편 동물실험의 결과를 살펴보면 리보플라빈이 부족한 식이를 섭취한 실험쥐에서 포도당 운반단백질인 GLUT4 발현이 유의적으로 감소한다고 하였고(Plows et al. 2017) 비타민 B<sub>6</sub>가 결핍된 경우 혈중 인슐린 농도와 췌장기능이 감소한다고 하여 혈당 조절에 미치는 비타민 B의 중요성을 알 수 있다(Huber et al. 1964; Makris & Gershoff 1974).

중재연구의 결과, 약물을 투여하여 당뇨를 유발한 실험쥐에서 3개월의 티아민 보충 후 공복혈당과 인슐린저항이 감

소함이 발견되었다(Mahdavifard & Nakhjavani 2020). 인체 연구에서도 당뇨병자에게 300 mg/일 티아민을 6주간 보충했을 때 대조군보다 식후 2시간 혈당이 유의적으로 낮았음이 관찰되었다(Alaei-Shahmiri et al. 2013). 그러나 3개월간의 300 mg/일 티아민 보충에도 불구하고 당뇨병 환자의 공복혈당에 유의적 변화가 나타나지 않았다는 보고도 있어 연구결과는 일관적이지 않다(Rabbani et al. 2009). 한편 엽산의 경우, 당뇨병자에게 5 mg/일 엽산을 보충했을 때 HbA1c와 공복혈당이 각각 8, 7.5% 감소하고 혈청 인슐린이 16.2%, 인슐린 저항이 20.5% 감소하는 등 혈당조절이 개선된다고 하였으나(Gargari et al. 2011) 메타분석 결과 당뇨병자에게 엽산을 보충했을 때 호모시스테인 농도는 유의적으로 감소하지만 HbA1c 농도에 대한 효과는 유의적이지 않았다고 한 연구도 있다(Sudchada et al. 2012).

결론적으로 본 연구에서는 공복혈당, HbA1c, C-peptide, HOMA2-IR 등 혈당조절 및 인슐린 저항지표와 비타민 B 섭취 사이에 연관성이 발견되지 않았으나 다른 연구의 결과를 종합해보면 비타민 B 섭취가 이들 지표에 영향을 미침을 짐작할 수 있다.

본 연구에서 당뇨병 환자의 비타민 B 섭취와 염증지표를 제외한 기타 임상지표 간에 유의적 상관관계가 나타나지 않은 것은 당뇨병 환자 체내에서 비타민 B 대사의 변화가 일어나 비타민 B 섭취량이 체내 농도와 비례하지 않기 때문일 수도 있다. 당뇨병 환자는 식사섭취가 부족하지 않은 경우에도 건강한 사람에 비해 체내 티아민, 리보플라빈, 비타민 B<sub>6</sub> 등의 농도가 낮고 결핍증이 더 흔하게 나타나는 것으로 알려져 있다. 이 때 영양제 보충을 통해 결핍증을 완화한 경우 혈청지질과 염증지표 등 각종 임상지표가 호전된다는 연구 결과들이 있다(Alaei-Shahmiri et al. 2013). 그러나 당뇨병 환자를 대상으로 한 비타민 B 중재연구의 결과는 일관적이지 않고, 티아민 결핍 위험이 큰 당뇨병 환자가 하루 4 mg의 보충제를 섭취했을 때에는 적혈구 티아민 농도가 정상수준을 회복하였으나 식사를 통해 권장섭취량 수준인 1-1.4 mg을 섭취하는 경우 결핍증이 해소되지 않았다는 연구결과를 감안하면 당뇨병 임상증상 개선을 위해 적합한 섭취수준을 파악하기 위해 더 많은 연구가 필요하다(Vindedzis et al. 2008).

## IV. 요약 및 결론

본 연구에서는 한국인 당뇨병 환자를 대상으로 티아민, 리보플라빈, 니아신, 비타민 B<sub>6</sub>, 엽산의 섭취량을 조사하고 이를 당뇨 및 당뇨합병증의 임상지표인 혈청지질, 혈압, 염증지표, 혈당 및 인슐린저항 지표와 비교함으로써 비타민 B가 당뇨병에 미치는 영향에 대해 분석하고 나아가 당뇨병의 예방 및 관리에 도움이 되는 영양관리를 위한 기초적인 자료를 제시하고자 하였다.

본 연구의 결과를 살펴보면 남자의 경우 리보플라빈과 엽산섭취가, 여자는 엽산섭취가 권장섭취량에 미달하였다. 2018 국민건강영양조사 결과와 비교하면 30-49, 50-64세 연령층의 남자 당뇨병 환자에서 리보플라빈 섭취가 적었고, 여자는 국민건강영양조사 결과와 크게 다르지 않았다.

비타민 B 섭취와 혈청 콜레스테롤, 중성지방, 혈압, hs-CRP, 공복혈당, HbA1c, C-peptide, HOMA2-IR의 상관관계를 분석해보면 모든 종류의 비타민 B와 hs-CRP 사이에 음의 상관관계가 나타났다. 또한 리보플라빈과 수축기혈압 사이에도 유의적 음의 상관관계가 나타나 비타민 B 섭취가 당뇨병과 관련된 임상증상에 영향을 미침을 알 수 있다. 한편 리보플라빈과 혈청 콜레스테롤 사이에는 양의 상관관계가 관찰되었다. 본 연구결과와 다른 연구의 결과를 종합하면 비타민 B의 식사섭취가 당뇨병 및 합병증의 발병과 진행에 영향을 미치는 것으로 보이나 연구결과들이 일관적이지 않으므로 더 많은 연구가 필요하다.

본 연구의 제한점은 영양보충제를 통한 비타민 B 섭취를 식이섭취조사에 포함하지 않아 정확한 분석이 제한되었다는 점이다. 또한 대상자의 수가 적어 당뇨병의 기간, 합병증의 종류 및 중증도 등에 따라 환자를 분류하여 통계분석을 하지 못하였다. 당뇨병 환자의 체내 비타민 B 농도에는 식사섭취 뿐만 아니라 체내 대사가 큰 영향을 미치는데 당뇨병 환자는 질병의 진행단계에 따라 단백질, 신부전 등 다양한 합병증을 갖고 있고 증상의 경중에 따라 비타민 대사에 미치는 영향이 다르다. 따라서 비타민 B와 당뇨병 간의 정확한 관계를 규명하기 위해서는 합병증의 종류, 증상의 경중에 따라 대상집단을 층화하여 분석을 실시하는 추후 연구가 필요하다.

저자정보

심유진(숭의여자대학교 식품영양학과 조교수, 0000-0001-9930-6349)

권지영(연세대학교 생활환경대학원 석사과정 졸업)

정혜연(숭의여자대학교 식품영양학과 조교수, 0000-0003-2462-8495)

Conflict of Interest

No potential conflict of interest relevant to this article was reported.

References

Adaikalakoteswari A, Rabbani N, Waspadji S. 2012. Disturbance of B-vitamin status in people with type 2 diabetes in Indonesia-Link to renal status, glycemic control and vascular inflammation. *Diabetes Res. Clin.*

*Pract.*, 95(3):415-424

Ahn HJ, Min KW, Cho YO. 2011. Assessment of vitamin B(6) status in Korean patients with newly diagnosed type 2 diabetes. *Nutr. Res. Pract.*, 5(1):34-39

Ahn J, Kim I, Lee J. 2019. Relationship of Riboflavin and Niacin with Cardiovascular Disease. *Korean J. Clin. Lab. Sci.*, 51(4):484-494

Alaei-Shahmiri F, Soares M, Zhao Y, Sherriff J. 2013. High-dose thiamine supplementation improves glucose tolerance in hyperglycemic individuals: a randomized, double-blind cross-over trial. *Eur. J. Nutr.*, 52(7):1821-1824

Al-Attas O, Al-Daghri N, Alokail M, Abd-Alrahman S, Vinodson B, Sabico S. 2014. Metabolic Benefits of Six-month Thiamine Supplementation in Patients With and Without Diabetes Mellitus Type 2. *Clin. Med. Insights Endocrinol. Diabetes*, 7:1-6

Bose J. 1948. The Role of Vitamin B1 in the Treatment of Diabetes. *Ind. Med. Gaz.*, 83(12):554-556

Brando-Lima P, Carvalho G, Santos R, Santos B, Dias-Vasconcelos N, Rocha V, Barbosa K, Pires L. 2018. Intakes of Zinc, Potassium, Calcium, and Magnesium of Individuals with Type 2 Diabetes Mellitus and the Relationship with Glycemic Control. *Nutrients*, 10(12): 1948

Cao Y, Wittert G, Taylor AW, Adams R, Appleton S, Shi Z. 2017. Nutrient patterns and chronic inflammation in a cohort of community dwelling middle-aged men. *Clin. Nutr.*, 36(4):1040-1047

Cho N, Jang H, Park H, Cho Y. 2006. Waist circumference is the key risk factor for diabetes in Korean women with history of gestational diabetes. *Diabetes Res. Clin. Pract.*, 71(2):177-83

Cummings JN. 1947. Nicotinamide and blood sugar. *Br. Med. J.*, 2(4528):613

Frana C, Vianna L. 2010. Effectiveness of B Vitamins on the Control of Hypertension and Stroke Events of SHRSP Rats. *J. Dietary Suppl.*, 7(1):71-77

Friedman A, Hunsicker LG, Selhub J, Bostom AG. 2004. Clinical and nutritional correlates of C-reactive protein in type 2 diabetic nephropathy. *Atherosclerosis*, 172(1): 121-125

Friso S, Jacques PF, Wilson PWF, Rosenberg IH, Selhub J. 2001. Low Circulating Vitamin B<sub>6</sub> Is Associated With Elevation of the Inflammation Marker C-Reactive Protein Independently of Plasma Homocysteine Levels. *Circulation*, 103(23):2788-2791

Gargari BP, Aghamohammadi V, Aliasgharzadeh A. 2011. Effect of folic acid supplementation on biochemical indices in overweight and obese men with type 2 diabetes. *Diabetes Res. Clin. Pract.*, 94(1):33-38



- Gulliford M, Ukoumunne O. 2001. Determinants of glycated haemoglobin in the general population: associations with diet, alcohol and cigarette smoking. *Eur. J. Clin. Nutr.*, 55:615-623
- Hooper P, Hooper E, Hunt W, Garry P, Goodwin J. 1983. Vitamins, lipids and lipoproteins in a healthy elderly population. *Int. J. Vitam. Nutr. Res.*, 53(4):412-419
- Huber AM, Gershoff SN, Hegsted DM. 1964. Carbohydrate and fat metabolism and response to insulin in vitamin B<sub>6</sub>-deficient rats. *J. Nutr.*, 82(3):371-378
- Hwang HJ, Choi YJ. 2019. Comparison of metabolic syndrome indicators and nutrient intakes in postmenopausal women: from the Korean National Health and Nutrition Examination Survey, 2010~2012. *J. Korea Convergence Soc.*, 10(9):99-110
- Julius U, Fischer S. 2013. Nicotinic acid as a lipid-modifying drug - a review. *Atheroscler. Suppl.*, 14(1):7-13
- Kwon J, Chung H. 2013. Study on the Correlation between the Nutrient Intakes and Clinical Indices of Type 2 Diabetes Patients. *Kor. J. Food Nutr.*, 26(4):909-918
- Larkin J, Zhang F, Godfrey L, Molostvov G, Zehnder D, Rabbani N, Thornalley P. 2012. Glucose-induced down regulation of thiamine transporters in the kidney proximal tubular epithelium produces thiamine insufficiency in diabetes. *PLoS One*, 7(12):e53175
- Lee J, Lee S, Min H, Kim Y, Choi S, Kim Y. 2004. The correlation between vitamin C intake and plasma highsensitive C-reactive protein concentration. *J. Korean Acad. Fam. Med.*, 25:314-321
- Lee J, Park H, Kang J, Lee S, Cho Y, Song H, Kim S, Lee J. 2008. State of diabetes care in Korean adults-According to the American Diabetes Association Recommendations. *J. Korean Acad. Fam. Med.*, 29:658-667
- Liu R, Mi B, Zhao Y, Li Q, Yan H, Dang S. 2017. Effect of B Vitamins from Diet on Hypertension. *Arch. Med. Res.*, 48(2):187-194
- Mahalle N, Kulkarni MV, Naik SS, Garg MK. 2014. Association of dietary factors with insulin resistance and inflammatory markers in subjects with diabetes mellitus and coronary artery disease in Indian population. *J. Diabetes Complications*, 28(4):536-541
- Mahdavi S, Nakhjavani M. 2020. Thiamine pyrophosphate improved vascular complications of diabetes in rats with type 2 diabetes by reducing glycation, oxidative stress, and inflammation markers. *Med. J. Islam. Repub. Iran*, 34:47
- Makris A, Gershoff SN. 1974. Insulin sensitivity in vitamin B<sub>6</sub>-deficient rats. Effects of acute and chronic growth hormone treatment. *Nutr. Metab.*, 16(6):337-351
- Mazur-Bialy A, Poche E. 2016. Riboflavin Reduces Pro-inflammatory Activation of Adipocyte-Macrophage Co-culture. Potential Application of Vitamin B2 Enrichment for Attenuation of Insulin Resistance and Metabolic Syndrome Development. *Molecules*, 21(12):1724
- Ministry of Health and Welfare. 2008. Korea National Health and Nutrition Examination Survey 2007
- Ministry of Health and Welfare. 2019. Korea National Health and Nutrition Examination Survey 2018
- Park SY, Han JS. 2005. Effects of Web-Based Nutrition Counseling on Nutrient Intake and Blood Glucose in Type II Diabetic Patients. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 34(9):1398-1406
- Plows JF, Budin F, Andersson R, Stanley JL. 2017. The effects of myo-inositol and B and D vitamin supplementation in the db/+ mouse model of gestational diabetes mellitus. *Nutrients*. 9(2):141
- Rabbani N, Alam S, Riaz S, Larkin J, Akhtar M. 2009. High-dose thiamine therapy for patients with type 2 diabetes and microalbuminuria: a randomised, double-blind placebo-controlled pilot study. *Diabetologia*, 52(2):208-12
- Shimakawa T, Warram JH. 1993. Usual dietary intake and hemoglobin A1 level in patients with insulin-dependent diabetes. *J. Am. Diet. Assoc.*, 93(12):1409-1412
- Shin WY, Kim JH. 2019. Low riboflavin intake is associated with cardiometabolic risks in Korean women. *Asia Pac. J. Clin. Nutr.*, 28(2):285-299
- Sudchada P, Saokaew S, Sridetch S, Incampa S, Jaiyen S, Khaithong W. 2012. Effect of folic acid supplementation on plasma total homocysteine levels and glycemic control in patients with type 2 diabetes: A systematic review and meta-analysis. *Diabetes Res. Clin. Pract.*, 98(1):151-158
- Tamai Y, Wada K, Tsuji M, Nakamura K, Sahashi Y, Watanabe K, Yamamoto K, Ando K, Nagata C. 2011. Dietary intake of vitamin B<sub>12</sub> and folic acid is associated with lower blood pressure in Japanese preschool children. *Am. J. Hypertension*, 24(11):1215-1221
- Thornalley P, Babaei-Jadidi R, Ali H, Rabbani N, Antonysunil A, Larkin J, Ahmed A, Rayman G, Bodmer C. 2007. High prevalence of low plasma thiamine concentration in diabetes linked to a marker of vascular disease. *Diabetologia*, 50:2164-2170
- Tzoulaki I, Patel CJ, Okamura T, Chan Q, Elliott P. 2012. A nutrient-wide association study on blood pressure. *Circulation*, 126(21):2456-2464
- van Dam RM, Rimm EB, Willett WC, Stampfer MJ, Hu FB. 2002. Dietary patterns and risk for type 2 diabetes mellitus in U.S. men. *Ann. Intern. Med.*, 136(3):201-209

Vindedzis S, Stanton K, Sherriff J. 2008. Thiamine deficiency in diabetes-is diet relevant?. *Diabetes Vasc. Dis. Res.*, 5(3):215

Waheed P, Naveed AK, Ahmed T. 2013. Thiamine deficiency and its correlation with dyslipiaemia in diabetics with microalbuminuria. *J. Pak. Med. Assoc.*, 63(3):340-345

---

Received October 5, 2020; revised October 23, 2020; revised October 27, 2020; accepted October 28, 2020