

## 한국 성인의 비타민 D와 당뇨병의 관련성

황예린\*\*\*\* · 곽정현\*\* · 김정훈\* · 최윤형\*†

\*가천대학교 의과대학 예방의학과, \*\*가천대학교 바이오테크놀로지대학 바이오테크놀로지학과

### Vitamin D intake and Diabetes Mellitus in Korean Adults

Yerin Hwang\*\*\*\*, Jung Hyun Kwak\*\*, Junghoon Kim\*, and Yoon-Hyeong Choi\*†

\*Department of Preventive Medicine, Gachon University College of Medicine, Incheon, Republic of Korea

\*\*Department of BioNano Technology, Gachon University College of BioNano Technology, Sungnam, Republic of Korea

#### ABSTRACT

**Objectives:** This study aimed to investigate the association between vitamin D deficiency and the risk of diabetes mellitus, and also examined whether their association is differed by sex and age.

**Methods:** We analyzed the data from 28,135 subjects  $\geq 20$  years old who were registered for the Korea National Health and Nutrition Examination Survey (KNHANES) 2008-2014. Vitamin D was measured using serum 25-hydroxyvitamin D (25(OH)D) concentrations.

**Results:** After adjusting for potential confounders (age, sex, education, income, total energy intake, smoking, physical activity, body mass index, and waist circumference), lower vitamin D was dose-dependently associated with a higher risk of diabetes mellitus ( $p$ -trend=0.004). When compared with the sufficient group (25(OH)D  $\geq 30$  ng/mL), the severe deficient group (25(OH)D  $< 10$  ng/mL) had 1.46 (95% CI 1.11-1.94) odds ratio for the risk of diabetes mellitus. This association was markedly strong in men and adults aged  $\geq 40$ , whereas no significant association was observed in women and adults aged  $< 40$ .

**Conclusions:** We found that vitamin D deficiency may be associated with an increased risk for diabetes mellitus in Korean adults. Our findings suggest that intake of higher vitamin D may help reduce the risk of diabetes mellitus.

**Keywords:** Diabetes mellitus, Korean adults, KNHANES, Vitamin D

## I. 서 론

당뇨병은 크게 췌장에서 인슐린이 분비되지 않아 발생하는 제1형 당뇨병과 인슐린 저항성의 증가로 인해 발생하는 제2형 당뇨병으로 구분된다. 당뇨병은 세계적으로 유병 인구가 증가하고 있는 질환이며,

2013년에서 2035년까지 제2형 당뇨병 환자 수는 3억 8180만 명에서 5억 9200만 명까지 증가할 것으로 예상되고 있다.<sup>1)</sup> 2016년 우리나라 국민건강영양조사 자료에 따르면, 한국인에서 당뇨병 유병률(만 30세 이상, 표준화)은 남자 12.9%, 여자 9.6%로 보고되었고 연령이 높아질수록 유병률 또한 급격히 증

공통 제1저자

†Corresponding author: Department of Preventive Medicine, Gachon University College of Medicine, 155 Gaetbeol-ro, Yeonsu-gu, Incheon, Republic of Korea 21999, Tel: +82-32-899-6586, Fax: +82-32-468-2154, E-mail: yoonchoi@gachon.ac.kr

Received: 01 April 2018, Revised: 11 April 2018, Accepted: 20 April 2018

가하고 있다.<sup>2)</sup> 당뇨병은 여러 합병증을 유발하며, 특히 심혈관계질환, 동맥경화, 심근경색 등의 유병률을 증가시키는 것으로 알려져 있어 그 관리와 예방이 중요하다.<sup>3-6)</sup>

비타민 D는 뼈의 성장과 무기질 항상성을 담당하는 중요한 호르몬이다.<sup>7)</sup> 비타민 D는 식물과 무척추동물에서 합성되는 비타민 D<sub>2</sub> (ergocalciferol)와 척추동물에서 합성되는 비타민 D<sub>3</sub> (cholecalciferol)로 분류되며, 비타민 D<sub>2</sub>는 주로 강화식품이나 식물성 식품섭취를 통해, 비타민 D<sub>3</sub>는 주로 햇빛 노출과 동물성 식품섭취를 통해 얻게 된다.<sup>8,9)</sup>

비타민 D의 결핍은 전 세계적으로 발생하는 공중보건 문제로서, 야외 활동 시간이 적거나 자외선 차단제를 사용하는 등의 햇빛 노출이 적은 경우에 나타난다.<sup>10-12)</sup> 한국인에 있어서는 활동량이 적거나 스트레스를 받는 경우 비타민 D 결핍 위험이 높은 것으로 보고되었다.<sup>13,14)</sup> 임 등의 연구에 따르면 우리나라에서 골다공증을 동반한 폐경 이후 여성의 57%는 비타민 D 농도가 12 ng/mL 미만임을 보고하였고,<sup>15)</sup> 이러한 비타민 D의 결핍은 골다공증이나 암, 고혈압, 류마티스 관절염 등과 같은 여러 질병과 관련이 있는 것으로 보고되고 있다.<sup>16,17)</sup> 특히 당뇨병과 관련하여 몇몇 관찰연구에서는 비타민 D 결핍 시 제2형 당뇨병 유병률이 높아지는 것을 보고하였고<sup>18-21)</sup> 이는 비타민 D가 인슐린 분비 및 민감도, 체내 염증 상태에 영향을 미치기 때문으로 알려져 있다.<sup>22)</sup>

따라서, 본 연구에서는 비타민 D와 당뇨병의 관련성에 대한 연구를 진행하였으며, 한국의 대표성 있는 일반 성인을 대상으로 연구를 진행하기 위해 국민건강영양조사(The Korea National Health and Nutrition Examination Survey, KNHANES) 2008-2014년 자료를 활용하였다. 또한, 비타민 D와 당뇨병의 관련성에 대해 성별, 연령대별에 따른 차이를 확인하는 것을 연구의 목적으로 하였다.

## II. 연구방법

### 1. 연구대상

본 연구는 국민건강영양조사 자료 중 비타민 D의 검사가 이루어진 2008-2014년도의 자료를 활용하여 분석하였다. 2008-2014년도의 20세 이상 성인 46,225명 중에서, 공복시간이 8시간 미만이거나 당뇨병 데

이터의 결손 값을 가진 7,492명과 비타민 D 결손 값을 가진 6,157명을 연구 대상자에서 제외하였다. 그리고 허리둘레, 체질량지수, 신체활동, 질환 등의 보정변수 중 결손 값을 가지는 대상자 4,441명을 추가로 제외하여 최종 28,135명을 연구대상자로 선정하였다. 본 연구에 사용한 국민건강영양조사 자료는 질병관리본부 연구윤리심의위원회의 승인을 받아 실시되었다(IRB NO: 2008-04EXP-01-C, 2009-01CON-03-2C, 2010-02CON-21-C, 2011-02CON-06-C, 2012-01EXP-01-2C, 2013-07CON-03-4C, 2013-12EXP-03-5C).

## 2. 측정 항목 및 방법

### 2.1. 비타민 D 농도 측정

비타민 D 농도는 혈청 25-hydroxyvitamin D [25(OH)D]를 방사면역측정법(radioimmunoassay)을 이용하여 분석하였고, 비타민 D의 혈중 농도에 따라 4가지로 분류하였다. 혈청 25(OH)D 농도가 10 ng/mL 미만일 경우는 Severe deficiency 그룹, 10 ng/mL 이상 20 ng/mL 미만일 경우는 Deficiency 그룹으로 정의하였다. 또한, 20 ng/mL 이상 30 ng/mL 미만일 경우에는 Insufficiency 그룹, 30 ng/mL 이상일 경우에는 Sufficiency 그룹으로 정의하였다.<sup>23)</sup>

### 2.2. 당뇨병 진단

당뇨병 유병여부는 공복 상태가 8시간 이상인 사람을 대상으로 공복 혈당이 126 mg/dL 이상이거나, 의사의 진단을 받았거나, 인슐린 주사 또는 약물치료를 받고 있는 사람을 당뇨병 환자로 정의하였다.<sup>24)</sup>

### 2.3. 인구통계학적 및 생활환경관련 특성

교육수준으로는 초졸 이하, 중졸, 고졸, 대졸 이상의 4그룹으로 분류하였으며, 가구 소득수준은 가구 균등화 소득(=월평균 가구 총소득/√가구원수)의 사분위수에 따라 하, 중하, 중상, 상으로 구분하였다. 흡연상태는 비흡연자, 과거 흡연자, 현재 흡연자 3그룹으로 구분하였고, 한국인을 위한 신체활동 가이드라인에 기초하여 신체활동은 주당 150분을 기준으로 150분 미만은 Low 그룹, 150분 이상은 High 그룹으로 구분하였다.<sup>25)</sup> 하루 중 햇빛 노출시간은 5시간 미만과 5시간 이상으로 구분하였다.

#### 2.4. 자료처리

본 연구는 IBM SPSS Statistics ver. 23.0을 이용하여 복합표본설계 분석 모듈을 사용하여 자료를 처리하였다. 비타민 D의 농도에 따른 대상자 특성을 비교하기 위해 연속형 변수는 선형회귀분석을 이용하였고, 명목형 변수는 카이제곱검정을 이용하여 분석하였다. 모든 변수에 가중치를 적용하였으며 연속형 변수는 평균값과 표준오차로, 명목형 변수는 인원수와 비율로 나타내었다. 비타민 D와 당뇨병과의 관련성을 파악하기 위해서 로지스틱 회귀분석을 이용하였고, 보정변수로는 연령, 성별, 교육수준, 가구 소득수준, 총 에너지 섭취량, 흡연상태, 신체활동, 체질량지수, 허리둘레 등을 통제하였다. 보정변수에 따라 세 가지 모델로 구분하였으며, Model A는 연령, 성별, 교육수준, 가구 소득수준을 보정하였고, Model B는 Model A에서 보정한 변수에 총 에너지 섭취량, 흡연상태, 신체활동을 추가로 보정하였다. Model C는 Model B에서 보정한 변수에 체질량지수와 허리둘레를 보정하여 분석하였다. 또한, 비타민 D와 당뇨병 유병률의 양-반응 관련성(dose-response relationship)을 평가하기 위해 로지스틱 회귀모형을 이용한 트렌드 분석(trend analysis)을 실시하였다. 성별과 연령에 따라 비타민 D와 당뇨병과의 관련성이 어떤 차이를 나타내는지를 보기 위해 층화 분석을 실시하였으며, 통계 분석시 유의 수준은 모두 0.05로 설정하였다.

### III. 결 과

연구 대상자의 특성을 나타낸 결과는 Table 1과 같다. 전체 연구 대상자 28,135명의 평균 연령은  $44.50 \pm 0.16$ 세이었고, 남녀 비율은 남성이 50.9%, 여성이 49.1%로 비슷한 분포를 보였다. 혈액 지표 중 공복 혈당 수치의 평균은  $96.64 \pm 0.17$  mg/dL였으며 전체 대상자 중 당뇨병의 비율은 8.2%를 차지하였다. 체질량지수의 평균은  $23.68 \pm 0.03$  kg/m<sup>2</sup>였고, 총 에너지 섭취량은  $2057.88 \pm 8.41$  kcal/day로 나타났다.

비타민 D의 농도에 따른 대상자 특성은 Table 2에 나타내었다. 비타민 D의 농도가 높아질수록 연령, 허리둘레, 체질량지수, 총 에너지 섭취량, 공복 혈당이 유의하게 높아지는 경향을 보였다. 비타민 D 농도에 따라 성별과 교육수준, 소득수준, 흡연상태,

**Table 1.** Participants characteristics (N=28,135)

Characteristics	Distribution
Age [years]	44.50±0.16 <sup>a)</sup>
Waist circumference [cm]	80.95±0.10
Body mass index [kg/m <sup>2</sup> ]	23.68±0.03
Total energy intake [kcal/day]	2057.88±8.41
Fasting glucose [mg/dL]	96.64±0.17
Sex [n(%)]	
Males	11517 (50.9) <sup>b)</sup>
Females	16618 (49.1)
Education level [n(%)]	
≤Elementary	7319 (17.2)
Middle school	3159 (9.9)
High school	9450 (39.2)
≥College	8207 (33.8)
Household income [n(%)]	
Low	5419 (14.5)
Low-middle	7150 (26.0)
High-middle	7743 (29.9)
High	7823 (29.6)
Smoking status [n(%)]	
Never	17070 (53.5)
Former	3528 (13.9)
Current	7537 (32.5)
Physical activity [n(%)]	
Low (<150 min/week)	17987 (61.8)
High (≥150 min/week)	10148 (38.2)
Diabetes [n(%)]	
No	25273 (91.8)
Yes	2862 (8.2)

<sup>a)</sup>Weighted mean±SE from survey mean (all such values).

<sup>b)</sup>Weighted percentage from survey frequency (all such values).

활동량, 당뇨병 유무 등의 분포에 유의적인 차이가 있었다.

Table 3에서는 보정변수들을 통제하여 비타민 D의 농도에 따른 당뇨병 유병률을 나타내었다. Model A에서는 연령, 성별, 교육수준, 가구 소득수준을 보정하였다. Model B에서는 생활환경과 관련된 변수(총 에너지 섭취량, 흡연상태, 신체활동)들을 추가적으로 보정하였고, Model C에서는 신체계측과 관련된 변수(체질량지수, 허리둘레)를 추가로 보정하였다. 그 결과 비타민 D 농도를 Sufficiency 그룹과 비교하였

**Table 2.** Participants characteristics by the vitamin D status

Characteristics	Severe deficiency	Deficiency	Insufficiency	Sufficiency	p-value <sup>a)</sup>
	<10.0 ng/mL	10.0-19.9 ng/mL	20.0-29.9 ng/mL	≥30.0 ng/mL	
Age [years]	40.81±0.43 <sup>b)</sup>	42.94±0.18	48.14±0.29	51.61±0.55	<.001
Waist circumference [cm]	78.36±0.28	80.68±0.12	82.28±0.16	82.00±0.30	<.001
Body mass index [kg/m <sup>2</sup> ]	23.11±0.10	23.69±0.04	23.88±0.05	23.44±0.10	<.001
Total energy intake [kcal/day]	1867.80±22.84	2043.17±10.32	2139.50±14.94	2146.40±33.33	<.001
Fasting glucose [mg/dL]	95.57±0.66	96.22±0.21	97.76±0.29	98.06±0.56	<.001
Sex [n(%)]					
Males	569 (36.3) <sup>c)</sup>	6185 (47.9)	3896 (60.7)	867 (63.5)	<.001
Females	1624 (63.7)	10509 (52.1)	3778 (39.3)	707 (36.5)	
Education level [n(%)]					
≤Elementary	462 (13.6)	3748 (14.7)	2463 (22.1)	646 (29.4)	<.001
Middle school	201 (7.6)	1681 (8.7)	1018 (12.1)	259 (16.6)	
High school	819 (43.3)	5901 (40.5)	2330 (36.5)	400 (30.5)	
≥College	711 (35.5)	5364 (36.2)	1863 (29.3)	269 (23.5)	
Household income [n(%)]					
Low	382 (15.0)	2846 (13.2)	1754 (16.5)	437 (19.3)	<.001
Low-middle	602 (27.9)	4215 (25.9)	1925 (25.4)	408 (27.1)	
High-middle	633 (30.4)	4757 (30.6)	1977 (28.5)	376 (27.8)	
High	576 (26.8)	4876 (30.3)	2018 (29.6)	353 (25.9)	
Smoking status [n(%)]					
Never	1529 (61.7)	10596 (55.9)	4157 (47.0)	788 (44.1)	<.001
Former	184 (9.2)	2012 (13.4)	1159 (17.2)	173 (12.1)	
Current	480 (29.0)	4086 (30.8)	2358 (35.9)	613 (43.8)	
Physical activity [n(%)]					
Low (<150 min/week)	1597 (70.3)	10929 (63.3)	4602 (57.3)	859 (52.1)	<.001
High (≥150 min/week)	596 (29.7)	5765 (36.7)	3072 (42.7)	715 (47.9)	
Diabetes [n(%)]					
No	1962 (92.0)	15122 (92.5)	6811 (90.6)	1378 (89.5)	<.001
Yes	231 (8.0)	1572 (7.5)	863 (9.4)	196 (10.5)	

<sup>a)</sup>P-values were calculated using chi-square tests for categorical variables and trend test based on linear regression for continuous variables according to survey procedures.

<sup>b)</sup>Weighted mean±SE from survey mean (all such values).

<sup>c)</sup>Weighted percentages from survey frequency (all such values).

을 때, 비타민 D 농도가 낮아질수록 당뇨병 유병률이 유의적으로 증가하는 것을 확인하였다(p-trend <0.05). Model A에서는 Severe deficiency 그룹이 Sufficiency 그룹에 비해 당뇨병 유병률이 1.51배(95% CI: 1.15-1.99) 높았고, Model B에서는 1.50배(95% CI: 1.14-1.97), Model C에서는 1.46배(95% CI: 1.11-1.94) 높았다. 그러나 햇빛 노출 시간을 추가로 보정하였을 때 이러한 통계적 유의성이 사라지는 것을

확인하였다(Data not shown).

Table 4는 비타민 D와 당뇨병 유병과의 관련성을 성별과 연령에 따라 층화 분석한 결과이다. 모든 보정변수를 통제하였을 때, 남성에서는 비타민 D 농도가 감소할수록 당뇨병 유병률이 유의적으로 증가하였고(p-trend=0.012), Sufficiency 그룹과 비교하였을 때 Severe deficiency 그룹에서 당뇨병 유병률이 1.73배(95% CI: 1.12-2.69) 유의적으로 증가하였다.

**Table 3.** OR (95% CI) for diabetes by vitamin D status

Vitamin D status	No. Diabetes /No. participants	Model A	Model B	Model C
Sufficiency	196/1574	1.00 (Reference)	1.00 (Reference)	1.00 (Reference)
Insufficiency	863/7674	1.08 (0.86-1.35)	1.08 (0.87-1.35)	1.01 (0.81-1.26)
Deficiency	1572/16694	1.21 (0.98-1.49)	1.21 (0.98-1.49)	1.11 (0.90-1.36)
Severe deficiency	231/2193	1.51 (1.15-1.99)	1.50 (1.14-1.97)	1.46 (1.11-1.94)
p-trend		0.001	0.001	0.004

Model A was adjusted for age, sex, education level and household income.

Model B: model A+ further adjusted for total energy intake, smoking status and physical activity.

Model C: model B+ further adjusted for BMI and waist circumference.

**Table 4.** OR (95% CI) for diabetes by vitamin D status according to sex and age groups

Vitamin D status	No. Diabetes/No. participants		No. Diabetes/No. participants		No. Diabetes/No. participants	
		OR (95% CI)		OR (95% CI)		OR (95% CI)
	Male (n=11517)		Female (n=16618)			
Sufficiency	102/867	1.00 (Reference)	94/707	1.00 (Reference)		
Insufficiency	494/3896	1.18 (0.87-1.60)	369/3778	0.77 (0.56-1.05)		
Deficiency	746/6185	1.30 (0.97-1.76)	826/10509	0.84 (0.62-1.13)		
Severe deficiency	76/569	1.73 (1.12-2.69)	155/1624	1.12 (0.78-1.60)		
p-trend	0.012		0.192			
	Age: 20-39 years (n=8673)		Age: 40-59 years (n=10679)		Age: ≥60 years (n=8783)	
Sufficiency	2/221	1.00 (Reference)	54/578	1.00 (Reference)	140/775	1.00 (Reference)
Insufficiency	31/1707	0.85 (0.15-4.84)	263/2954	1.10 (0.76-1.59)	569/3013	1.00 (0.77-1.29)
Deficiency	101/5841	1.08 (0.20-5.90)	554/6396	1.24 (0.88-1.74)	917/4457	1.08 (0.84-1.39)
Severe deficiency	10/904	0.70 (0.12-4.27)	79/751	2.00 (1.28-3.12)	142/538	1.48 (1.04-2.10)
p-trend	0.913		0.003		0.039	

Models were adjusted for age, sex, education level, household income, total energy intake, smoking status, physical activity, BMI and waist circumference.

P for interaction by sex=0.245; age=0.483

여성의 경우에는 비타민 D와 당뇨병 유병률 간의 유의적 관련성을 관찰할 수 없었다. 연령대별로 분석한 결과 40세 이상에서 비타민 D 농도가 감소할 수록 당뇨병 유병률이 유의적으로 증가하는 경향을 보였고(40-59세; p-trend=0.003, 60세 이상; p-trend=0.039), 40-59세에서는 Sufficiency 그룹과 비교하여 Severe deficiency 그룹의 당뇨병 유병률이 2.00 배(95% CI: 1.28-3.12)로 유의적으로 증가하였고, 60세 이상에서도 1.48배(95% CI: 1.04-2.10) 유의적으로 증가하였다. 20-39세의 경우에는 비타민 D와 당뇨병 유병률 간의 유의적 관련성을 관찰할 수 없었

다. 연령대별 분석에서 성별을 나누어 추가로 분석하였을 때 20-39세 사이에서는 비타민 D와 당뇨병 유병률 간의 유의적인 관련성이 나타나지 않았고, 40-59세 사이에서는 비타민 D 농도가 Sufficiency 그룹과 비교하였을 때 Severe deficiency 그룹에서 남성과 여성에서 모두 당뇨병 유병률이 높아지는 것을 확인할 수 있었다. 또한, 60세 이상에서는 이러한 경향이 남성에서만 나타났다(Data not shown). 그러나, 성별과 연령에 의한 위의 관련성 차이가 통계적으로 유의한 차이로 관찰되지는 않았다(p for interaction >0.05).

#### IV. 고 찰

본 연구는 국민건강영양조사 자료를 활용하여 우리나라 성인의 혈중 비타민 D와 당뇨병 유병률의 관련성에 대해 조사하였다. 연령, 성별, 교육수준, 가구 소득수준, 총 에너지 섭취량, 흡연상태, 신체활동, 체질량지수, 허리둘레를 보정한 결과, 비타민 D 농도가 감소할수록 당뇨병 유병률은 높아지는 것을 확인하였다. 또한 Severe deficiency 그룹이 Sufficiency 그룹에 비해서 당뇨병 유병률이 1.46배 유의적으로 높은 것으로 나타났다. 그러나 이러한 유의성은 햇빛 노출 시간을 추가로 보정하였을 때 통계적인 유의성이 없어지는 것을 확인하였다. 이는 비타민 D의 체내 합성이 주로 햇빛 노출에 기인한 것임을 보여주는 결과로 사료된다. 성별을 나누어 분석하였을 때, 비타민 D 결핍이 당뇨병 유병률을 높이는 결과는 남성에서 뚜렷하게 나타났다. 연령대별 분석에서는 40세 이상의 그룹에서 비타민 D 상태가 결핍일 때 당뇨병 유병률이 높아지는 것으로 나타났다. 그러나, 성별과 연령에 의한 차이가 통계적으로 유의한 차이로 관찰되지는 않았다.

비타민 D와 당뇨병과 관련된 기전연구 결과로, 비타민 D 결핍으로 인한 부갑상선 호르몬 분비의 증가와 세포 내 칼슘 농도의 증가는 인슐린 대사에 있어 인슐린 분비 자극에 필요한 칼슘 신호를 떨어뜨려 인슐린 분비를 감소시킬 수 있음이 보고되었다.<sup>26)</sup> 국내에서는 혈중 비타민 D 농도가 25 nmol/L 보다 낮은 사람에서 여러 가지 보정변수를 통제한 후에도 당뇨병 유병률이 1.73배 증가함을 보고하였고<sup>27)</sup> 비타민 D의 단일 효과를 검증한 연구는 아니지만, 비타민 D와 칼슘 섭취에 대한 영양 교육이 인슐린 저항성을 개선하고 혈당을 감소시키는 것을 보고한 바 있다.<sup>28)</sup> 국외 연구결과에서도 비타민 D를 400 IU 이상 꾸준히 복용한 여성에서 20년 후 당뇨병이 13% 적게 발생함과 당뇨병의 위험이 있는 사람에서 혈중 비타민 D 농도를 높게 유지한 군은 당뇨병으로 진행되는 위험이 28% 정도 감소함을 보고하였다.<sup>29)</sup> 최근 보고된 메타 분석 연구에서는 당뇨병이 없는 대상자에서 비타민 D 농도가 적을수록 공복 혈당 수치가 유의적으로 높아지는 것을 보고한 바 있다.<sup>30)</sup> 또한 Scragg 등은 비스페인계 백인과 멕시코계 미국인에게서 비타민 D 농도가 높을수록 당뇨병 발병

위험이 줄어들지만, 흑인에서는 이러한 관련성이 나타나지 않음으로 비타민 D의 효과가 인종적에 따른 차이가 있음을 보고하였다.<sup>31)</sup> 그러나 아직까지 한국인을 대상으로 비타민 D와 당뇨병과의 관련성을 연령대별, 성별로 나누어 분석한 결과는 거의 없다.

본 연구에서는 특히 남성이거나 40세 이상의 연령일 때 비타민 D 농도가 감소할수록 당뇨병 위험이 증가하는 것을 확인할 수 있었다. Geer 등은 성별에 따라 인슐린 저항성과 신체구성, 에너지 균형에 차이가 있음을 보고하였는데, 남성은 내장지방이 많은 형태의 신체구성을 가지며, 혈당 조절에 관여하는 아디포넥틴 호르몬이 낮고, 에스트로겐과 같은 성호르몬의 긍정적인 작용이 적기 때문에 여성에 비해 인슐린 저항성의 위험이 높을 수 있음을 보고하였다.<sup>32)</sup> 노화 또한 인슐린 분비 및 민감도를 저하시키는 요인으로 알려져 있다.<sup>33)</sup> 이러한 취약점과 더불어 비타민 D의 결핍은 인슐린 분비 및 민감도를 저하시켜 남성이거나 40세 이상의 연령에서 당뇨병 유병률을 증가시킬 수 있을 것으로 사료된다.

비타민 D는 햇빛에 노출되는 양에 따라서도 수치가 달라지게 된다.<sup>10-12)</sup> 전 세계 인구를 대상으로 비타민 D 수치에 대한 메타분석을 진행한 결과, 전체 연령에 따른 차이는 없었지만 지역별로 구분하였을 때 성별, 연령에 따른 차이를 보였다.<sup>34)</sup> 아시아와 태평양 지역에서는 연령이 낮을수록 비타민 D 수치가 더 낮고, 중동과 아프리카 지역에서는 연령이 낮을수록 비타민 D 수치가 더 높은 것으로 나타났다. 또한, 여성에서 비타민 D 수치가 더 낮게 나왔다. 우리나라의 연구에서도 낮은 연령층에서 비타민 D 수치가 더 낮은 사람이 많이 발생한 것으로 나타났다.<sup>35)</sup> 정확한 이유는 규명되지 않았지만 젊은 층의 사람들이 실내에서 활동하는 시간이 많고, 자외선 차단제를 많이 이용하기 때문으로 예상해 볼 수 있다.

본 연구의 강점으로는 한국 성인을 대표할 수 있는 국민건강영양조사 자료를 이용하여 분석하였다는 점, 인구통계학적 및 생활환경 관련 특성 등 비타민 D와 당뇨병 유병률에 영향을 미칠 수 있는 보정변수들을 통제하여 분석을 진행하였다는 점, 비타민 D 상태를 객관적인 측정지표인 serum 25(OH)D 농도 값을 사용하여 분석하였다는 점이다. 하지만 단면조사연구의 특성상 당뇨병과 비타민 D 사이의 선후적 인과관계를 확인하기 어려운 한계점이 존재한다. 또

한, 국민건강영양조사에서는 당뇨병의 유형을 구분해서 조사하지 않았기 때문에 제1형과 제2형 당뇨병을 구분하여 분석할 수 없다는 한계점이 있다. 그러나, 제1형 당뇨병 유병률이 매우 낮고 흔히 소아기 때 발병하는 특성 때문에<sup>36)</sup> 본 연구대상자의 대부분이 제2형 당뇨병인 것으로 추정할 수 있다. 또한, 본 연구에서는 비타민 D를 측정할 계절이 보정변수에서 누락되었고, 국민건강영양조사 자료의 한계점으로 직업적인 구분에 있어서 실외, 실내 근무를 구분할 수 없으므로 보정변수로 추가하여 분석하지 못하였다. 향후 연구에서는 추가적으로 영향을 미칠 수 있는 보정변수를 검토 및 적용하고, 전향적 코호트 자료를 이용한 연구를 통해 추가적인 검증이 필요할 것이다.

## V. 결 론

본 연구에서는 혈중 비타민 D 농도가 낮을수록 당뇨병 유형의 위험이 증가하는 것을 확인하였다. 특히 남성이거나 40세 이상의 연령일 때 비타민 D 농도가 감소할수록 당뇨병 위험이 증가하는 것을 확인할 수 있었다. 비타민 D를 충분한 농도로 유지하기 위해서는 낮시간 동안 20-30분, 주 2-3회 충분한 햇빛을 쬐는 것과 비타민 D가 풍부한 식품(말린 버섯, 연어, 고등어 등) 등을 섭취하는 것이 도움이 된다.<sup>9,37)</sup> 적절한 농도로 혈중 비타민 D를 유지하는 것은 당뇨병 예방뿐만 아니라 당뇨병으로 인한 다양한 합병증도 예방하여 보다 건강한 한국인의 삶을 영위하는데 도움을 줄 수 있을 것으로 생각된다.

## References

1. Guariguata L, Whiting D, Hambleton I, Beagley J, Linnenkamp U, Shaw J. Global estimates of diabetes prevalence for 2013 and projections for 2035. *Diabetes Res Clin Pract.* 2014; 103(2): 137-149.
2. *The seventh Korea National Health and Nutrition Examination Survey (KNHANES VII)*: Korea Centers for Disease Control and Prevention; 2016.
3. Kannel WB, McGee DL. Diabetes and cardiovascular disease: the Framingham study. *JAMA.* 1979; 241(19): 2035-2038.
4. Gu K, Cowie CC, Harris MI. Diabetes and decline in heart disease mortality in US adults. *JAMA.* 1999; 281(14): 1291-1297.
5. Goraya TY, Leibson CL, Palumbo PJ, Weston SA, Killian JM, Pfeifer EA, et al. Coronary atherosclerosis in diabetes mellitus: a population-based autopsy study. *J Am Coll Cardiol.* 2002; 40(5): 946-953.
6. Stamler J, Vaccaro O, Neaton JD, Wentworth D, Group MRFITR. Diabetes, other risk factors, and 12-yr cardiovascular mortality for men screened in the Multiple Risk Factor Intervention Trial. *Diabetes Care.* 1993; 16(2): 434-444.
7. Christodoulou S, Goula T, Ververidis A, Drosos G. Vitamin D and bone disease. *Biomed Res Int.* 2013; 2013: 396541.
8. Holick MF. Sunlight and vitamin D for bone health and prevention of autoimmune diseases, cancers, and cardiovascular disease. *Am J Clin Nutr.* 2004; 80(6 Suppl): 1678s-1688s.
9. Holick MF. Vitamin D deficiency. *N Engl J Med.* 2007; 357(3): 266-281.
10. Holick MF, Chen TC. Vitamin D deficiency: a worldwide problem with health consequences. *Am J Clin Nutr.* 2008; 87(4): 1080S-1086S.
11. Gonzalez H, Tarras-Wahlberg N, Strömdahl B, Juzeniene A, Moan J, Larkö O, et al. Photostability of commercial sunscreens upon sun exposure and irradiation by ultraviolet lamps. *BMC Dermatol.* 2007; 7: 1.
12. Nair R, Maseeh A. Vitamin D: The “sunshine” vitamin. *J Pharmacol Pharmacother.* 2012; 3(2): 118-126.
13. Choi HS, Oh HJ, Choi H, Choi WH, Kim JG, Kim KM, et al. Vitamin D insufficiency in Korea—a greater threat to younger generation: the Korea National Health and Nutrition Examination Survey (KNHANES) 2008. *J Clin Endocrinol Metab.* 2011; 96(3): 643-651.
14. Kim J. The factors affecting serum vitamin D deficiency in Korean women: using KNHANES 2012. *J Digit Converg.* 2017; 15(10): 257-266.
15. Lim S, Kung A, Sompongse S, Soontrapa S, Tsai K. Vitamin D inadequacy in postmenopausal women in Eastern Asia. *Curr Med Res Opin.* 2008; 24(1): 99-106.
16. Zhang R, Naughton DP. Vitamin D in health and disease: current perspectives. *Nutr J.* 2010; 9: 65.
17. Thacher TD, Clarke BL. Vitamin D insufficiency. *Mayo Clin Proc.* 2011; 86(1): 50-60.
18. Pittas AG, Lau J, Hu FB, Dawson-Hughes B. The role of vitamin D and calcium in type 2 diabetes. A systematic review and meta-analysis. *J Clin Endo-*

- crinol Metab.* 2007; 92(6): 2017-2029.
19. Vaidya A, Williams JS. The relationship between vitamin D and the renin-angiotensin system in the pathophysiology of hypertension, kidney disease, and diabetes. *Metabolism.* 2012; 61(4): 450-458.
  20. Rhee SY, Hwang YC, Chung HY, Woo JT. Vitamin D and diabetes in Koreans: analyses based on the Fourth Korea National Health and Nutrition Examination Survey (KNHANES), 2008-2009. *Diabet Med.* 2012; 29(8): 1003-1010.
  21. Nam H, Kim HY, Choi JS, Kweon SS, Lee YH, Nam HS, et al. Association between Serum 25-hydroxyvitamin D Levels and Type 2 Diabetes in Korean Adults. *CMJ.* 2017; 53(1): 73-77.
  22. Mitri J, Pittas AG. Vitamin D and diabetes. *Endocrinol Metab Clin North Am.* 2014; 43(1): 205-232.
  23. Lee JH, O'Keefe JH, Bell D, Hensrud DD, Holick MF. Vitamin D deficiency an important, common, and easily treatable cardiovascular risk factor? *J Am Coll Cardiol.* 2008; 52(24): 1949-1956.
  24. Chuck KW, Hwang M, Choi KS, Suh M, Jun JK, Park B. Cancer screening rate in people with diabetes in the Korean population: results from the Korea National Health and Nutrition Examination Survey 2007-2009. *Epidemiol Health.* 2017; 39: e2017036.
  25. Park DH KC, Kim KJ. Consideration about Physical Activity Guideline and Exercise Intensity for Adult. *Exercise Science.* 2015; 24(2): 99-109.
  26. JH N. Vitamin D and Diabetes Mellitus. *Diabetes Metab J.* 2009; 33(4): 276-278.
  27. Choi HS, Kim KA, Lim CY, Rausch T, Roos F, Wahl DA, et al. Low serum vitamin D is associated with high risk of diabetes in Korean adults. *J Nutr.* 2011; 141(8): 1524-1528.
  28. Choi YM LJ, Han JS. Effects of Vitamin D and Calcium Intervention on the Improvement of Resistance in Patients with Type 2 Diabetes Mellitus. *Diabetes Metab J.* 2009; 33(4): 324-334.
  29. Pittas AG, Dawson-Hughes B, Li T, Van Dam RM, Willett WC, Manson JE, et al. Vitamin D and calcium intake in relation to type 2 diabetes in women. *Diabetes Care.* 2006; 29(3): 650-656.
  30. Rafiq S, Jeppesen PB. Is Hypovitaminosis D Related to Incidence of Type 2 Diabetes and High Fasting Glucose Level in Healthy Subjects: A Systematic Review and Meta-Analysis of Observational Studies. *Nutrients.* 2018; 10(1): 59.
  31. Scragg R, Sowers M, Bell C. Serum 25-hydroxyvitamin D, diabetes, and ethnicity in the Third National Health and Nutrition Examination Survey. *Diabetes Care.* 2004; 27(12): 2813-2818.
  32. Geer EB, Shen W. Gender differences in insulin resistance, body composition, and energy balance. *Gen Med.* 2009; 6(Suppl 1): 60-75.
  33. Stout MB, Justice JN, Nicklas BJ, Kirkland JL. Physiological Aging: Links Among Adipose Tissue Dysfunction, Diabetes, and Frailty. *Physiology* 2017; 32(1): 9-19.
  34. Hilger J, Friedel A, Herr R, Rhee SY, Hwang YC, Kim KM, et al. A systematic review of vitamin D status in populations worldwide. *Br J Nutr.* 2014; 111(1): 23-45.
  35. Kim Y. The Korea National Health and Nutrition Examination Survey (KNHANES): current status and challenges. *Epidemiol Health.* 2014; 36: e2014002.
  36. Karvonen M, Viik-Kajander M, Moltchanova E, Libman I, LaPorte R, Tuomilehto J. Incidence of childhood type 1 diabetes worldwide. Diabetes Mondiale (DiaMond) Project Group. *Diabetes Care.* 2000; 23(10): 1516-1526.
  37. Pearce SH, Cheetham TD. Diagnosis and management of vitamin D deficiency. *BMJ.* 2010; 340: b5664.