

# 청소년의 비타민 D 결핍과 대사증후군 관련요인 분석: 2010년 제5기 1차 국민건강영양조사를 기반으로

유하나<sup>1</sup> · 김현숙<sup>2</sup>

성재중학교<sup>1</sup>, 신한대학교 간호대학<sup>2</sup>

## Vitamin D deficiency and Metabolic Syndrome among Korean Adolescents: Based on Korea National Health and Nutrition Examination Survey V (KNHANES)

Ha Na Yoo<sup>1</sup> · Hyeon Suk Kim<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Sung Jae Middle School, <sup>2</sup>School of Nursing, Shinhan University

### ABSTRACT

**Purpose:** This study is intended to analyze factors of metabolic syndrome and vitamin D deficiency with resources obtained from the Korea National Health and Nutrition Examination Survey (KNHANES) V conducted in 2010. **Methods:** The subjects were 870 adolescents aged from 10 to 18 who participated in the first KNHANES V. Secondary data analysis was done by Chi-square, ANOVA, correlation analysis and simple linear regression. **Results:** The influencing factors of metabolic syndrome were vitamin D, systolic blood pressure and diastolic blood pressure, which were statistically significant. Simple linear regression was conducted to identify the influence of vitamin D on the factors related to metabolic syndrome, which showed that waist size ( $t=-1.97, p<.05$ ), systolic blood pressure ( $t=-2.88, p<.01$ ), and diastolic blood pressure ( $t=-5.72, p<.001$ ) were influenced by vitamin D. In addition, each factor decreased by .131, .209, and .355, respectively, when vitamin D increased by one unit. **Conclusion:** Metabolic syndrome is a factor to be considered in order to improve adolescent health and form adolescent health behaviors. Schools, families, and local communities should cooperate with each other on the foundation of a regular health screening process and systematic health education programs. In addition, it is expected enhanced physical activities and sports club participation can prevent metabolic syndrome and increase vitamin D among adolescent.

**Key Words:** Adolescents, Vitamin D deficiency, Metabolic syndrome X

## 서 론

### 1. 연구의 필요성

최근 식습관 및 생활방식의 서구화로 인해 비만 인구가 증가하고 있으며, 고혈압, 당뇨병, 심혈관질환 등의 만성질환이 증가

하는 추세이다[1]. 2010년 제5기 1차 국민건강영양조사 결과에 의하면, 1998년 청소년의 과체중(BMI>23 kg/m<sup>2</sup>)은 16%였지만, 2010년 22.4%로 비만의 비율이 증가하고 있고, 청소년의 78%가 비타민 D 결핍(<20 ng/dL)을 보이고 있다[2]. 비타민 D는 골격의 성장과 유지에 필수적인 뿐 아니라 최근 항암작용, 면역질환, 심혈관계, 전염성 질환과 관련성이 있고, 또한 고혈압,

Corresponding author: Hyeon Suk Kim

School of Nursing, Shinhan University, Howon 1-dong, Uijeongbu 480-701, Korea.  
Tel: +82-31-870-3491, Fax: +82-31-870-3499, E-mail: september7777@hanmail.net

Received: Dec 4, 2015 / Revised: Mar 1, 2016 / Accepted: Mar 31, 2016

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

당뇨병 등과 같은 만성질환과의 관련성도 보고되고 있다[3]. 미국 성인 대상의 연구에 따르면 비타민 D의 수치가 낮은 것이 대사증후군이나 2형 당뇨병, 뇌졸중이나 심근경색과 같은 심혈관 질환의 위험 상승과 관계가 있다는 것이 보고되었다[4].

비만의 증가와 함께 대사증후군이 증가 추세를 보이고 있고 [5], 대사증후군은 비만과 상호작용이 있으며[6], 비만한 경우에서 발병률이 높고, 특히 청소년기의 비만은 성인이 되었을 때 대사증후군의 위험을 높인다[7]. 청소년에서 대사증후군이 위험한 이유는 심근경색, 뇌졸중, 당뇨병, 신부전증 등의 만성질환이 20~30대에도 올 수 있다는 점이다. 40~50대에 대사증후군이 발병한 사람들은 치명적인 합병증이 오더라도 대개 60~70대 이후지만, 대사증후군이 있는 소아청소년은 20~30세부터 각종 합병증을 동반하여 이후 40~50년간 무거운 짐을 지고 살아야 한다는 데 그 심각성이 있다. 2007년 미국 소아과 학술지 발표에 따르면, 25년간 700여 명을 추적한 결과 소아청소년기에 대사증후군으로 진단받은 사람은 그렇지 않은 사람에 비해 심혈관 질환 위험이 14.7배나 된다[8]. 이처럼 만성질환과 연쇄적 연결 고리로 이어진 대사증후군과 같은 만성질환은 개인의 삶의 질 저하뿐만 아니라 국가적으로 과중한 의료비 증가 및 인력의 손실로 인해 국가경쟁력이 저하된다[9]. 따라서 이러한 손실을 막고 국민건강증진을 위해 대사증후군의 예방 및 관리가 중요하다.

특히 청소년부터 대사증후군 예방 및 관리가 필요한 이유는 건강증진행위가 확립되지 않은 청소년 시기야말로 올바르고 건강한 생활양식을 형성하고 습관화 시켜야 하는 중요한 시기라고 볼 수 있기 때문이다. 따라서 바람직하지 못한 행위가 고정되기 전에 좋은 건강 행위를 습관화할 수 있도록 해야 하며, 학교 및 지역사회에서는 청소년의 올바른 건강증진행위의 습관화를 위해 다양한 노력을 하고 있다[10]. 그럼에도 불구하고 대사증후군유병률이 지속적으로 증가 추세를 보이고 있으므로[2] 대사증후군의 위험인자를 찾아내는 연구와 노력이 계속되어야 할 것이다.

본 연구에서는 만성질환과의 관련성으로 관심이 높아진 비타민 D 결핍과 비만, 혈압, 중성지방, 콜레스테롤, 당대사 등의 대사적 기능 이상의 군집 대사증후군의 관련요인을 국민건강영양조사 2010년 제5기 자료분석을 토대로, 소아청소년의 건강증진 방안을 마련해 보고자 하였다.

## 연구방법

### 1. 연구대상 및 기간

본 연구는 이차 자료인 국민건강영양조사 자료를 이용하였

고, 연구대상은 국민건강영양조사 제5기 만10~18세 청소년이며 연구에 실제 사용된 대상자수는 870명이었다. 국민건강영양조사의 대상자는 생애 주기별 특성에 따라 소아(만1~11세), 청소년(만12~18세), 성인(만19세 이상)으로 나누어, 각 특성에 맞는 조사항목을 적용하였는데, 본 연구에서는 사용되는 변수 중 혈압 및 혈액검사(vitamin D, HDL-콜레스테롤, 중성지방, 공복혈당)는 만10세 이상에서 측정되는 점을 고려하여 만10~18세를 연구대상으로 하였다.

본 연구에서는 대사증후군의 집단 간 연도별 추이변화와 연도별 체질량지수에 따른 대사증후군 집단 간 비율을 보기 위해 1998년(제1기), 2001년(제2기), 2005년(제3기), 2008년(제4기 2차), 2010년(제5기 1차) 자료를 사용하였다. 비타민 D는 국민건강영양조사 혈액검사 중 2008년(제4기 2차)부터 실시되었으므로 연도에 따른 비타민 D 단계별 구성 비율을 보기 위해 2008년(제4기 2차), 2009년(제4기 3차), 2010년(제5기 1차) 데이터를 사용하였다. 또한 연구의 주목적인 비타민 D와 대사증후군 관련요인과의 관련성을 보기 위해 국민건강 영양조사 최근 데이터인 2010년 제5기 1차를 사용하였다.

### 2. 연구목적

연구의 구체적 목적은 첫째, 사회인구학적 특성에 따른 대사증후군 수준의 차이를 분석하였다(1998년, 2001년, 2005년, 2008년, 2010년 자료). 둘째, 연도별 비타민 D 및 대사증후군 추이변화를 파악하였다(2008년, 2009년, 2010년 자료), 셋째, 연구의 일반적 특성과 비타민 D 결핍 수준에 따른 대사증후군 관련요인을 분석하였다(2010년 자료). 넷째, 비타민 D가 대사증후군에 관련요인에 미치는 영향요인을 분석하였다(2010년 자료). 다섯째, 비타민 D 결핍 및 대사증후군 청소년의 건강증진 방안을 모색하였다.

### 3. 연구도구

#### 1) 대사증후군 관련요인

본 연구에서 대사증후군 관련요인은 NCEP (National Cholesterol Education Program)에서 제시한 대사증후군 진단기준을 소아청소년에 맞게 변형한 Ford의 방법(이하 modified NCEP)을 적용하였다. Modified NCEP에 제시한 진단기준인 허리둘레, 혈압, 중성지방, HDL-콜레스테롤, 공복혈당을 대사증후군 관련요인으로 정의한다. 또한, modified NCEP 기준을 토대로 본 연구에서는 대사증후군 5개 항목 중에서 0개 '정

상', 1~2개 항목을 만족할 경우 '위험군'이라고하고, 3개 이상 만족할 경우 '대사증후군'이라 진단하였다.

## 2) 비타민 D 결핍 수준

비타민 D 결핍 수준을 4단계인 심한 결핍(<10 ng/mL, Severe Deficiency), 결핍(10~19.9 ng/mL, Deficiency), 불충분(20~29.9 ng/mL, Insufficiency), 충분( $\geq 30$  ng/mL, Sufficiency)으로 구분하였다.

## 3) 인구사회학적 변수

본 연구에서 인구학적 변수는 Schoenborn가 the "Alameda 7" revisited[11]에서 제시한 건강 행위를 기준으로 국민건강영양조사에 포함된 조사내용인 흡연, 음주, 체질량지수, 수면시간, 아침 식사, 스트레스를 인구사회학적 변수로 하였다. 성별, 지역은 동 단위와 읍, 면 단위로 구분하였고, 경제 상태는 소득 4분위수를 기준으로 상위 1~25%, 상위 26~50%, 상위 51~75%, 상위 76~100%로 구분하였다. 흡연 유무를 위해 "지금까지 담배를 피워본 적이 있습니까?" 질문을 사용하였고, 음주 유무를 알기 위해 "지금까지 술을 마신 적이 있습니까?" 질문을 사용하였으며, 체질량지수는 몸무게(kg)를 키(m)의 제곱으로 나눈 값을 사용하여 체질량지수 20 이상 23 미만은 정상체중, 23 이상 25 미만은 과체중, 25 이상은 비만으로 구분하였다. 수면시간은 대한수면학회 청소년 평균 수면시간 6~8시간을 기준으로 6시간 미만, 6~8시간, 9시간 이상으로 구분하였고, 아침식사는 "1일전, 2일전 아침 식사를 하였습니까?" 라는 질문을 하였다. 스트레스 인지정도를 알기 위해 "평소 일상생활 중에 스트레스를 어느 정도 느끼고 있습니까?" 라는 질문을 통해 스트레스 정도를 구분하였다.

## 3. 자료분석

본 연구결과를 도출하기 위해 수집된 자료를 IBM SPSS Statistics 19 프로그램을 사용하여 통계분석을 실시하였다.

- 대상자의 일반적 특성을 위해 빈도분석, 기술통계 및  $\chi^2$  검정을 실시하였다.
- 연도별 추이변화를 보기 위해  $\chi^2$  test, 교차분석을 실시하였다.
- 비타민 D 결핍 수준에 따른 대사증후군 관련요인 분석을 위해 One-Way ANOVA를 실시하였다.
- 비타민 D와 대사증후군 관련요인과 상관성을 보기 위해 상관분석을 실시하였다

다섯째, 비타민 D가 대사증후군 관련요인에 미치는 영향을 분석하기 위해 단순회귀분석을 실시하였다.

## 연구결과

### 1. 연구대상자의 인구사회학적 특성 및 특성에 따른 대사증후군 단계별 차이성

성별은 남자 583 (54.2%)명, 지역은 동 단위에서 906 (84.3%)명, 읍, 면 단위에서 169 (15.7%)명으로 나타났으며, 경제 상태는 4분위수로 구분하여 본 결과 상위 75~100%가 340명(32.3%)으로 가장 많았다. 흡연하는 경우는 103명(14.1%), 음주하는 경우는 234명(32.1%)으로 나타났다. 체질량지수는 정상 78.5%, 과체중 10.9%, 비만군 10.5%였고, 스트레스가 있는 경우가 85.8%, 수면시간 8시간 초과는 38.5%, 아침식사를 안한다가 27.9%로 나타났다.

인구사회학적 특성에 따른 대사증후군 단계별 차이를 살펴보면 성별과 지역, 경제수준, 흡연, 음주, 수면시간, 아침식사, 그리고 스트레스는 대사증후군 여부는 통계적으로 유의한 차이가 없었다. 체질량지수의 경우 대사증후군 정상군에서는 체질량지수 정상이 89.0%로 가장 높게 나타났고, 위험군에서는 체질량지수 정상이 68.2%였다. 대사증후군에서는 비만군이 72.5%로 가장 높게 나타났고 이는 통계적으로 유의하였다 ( $\chi^2=217.12, p < .001$ )<Table 1>.

### 2. 연도별 비타민 D 결핍 수준에 따른 추이변화

#### 1) 연도별 비타민 D 결핍 수준에 따른 구성 비율

연도별 비타민 D 결핍 수준에 따른 구성 비율은 2008년 제4기 2차 결핍이 511 (54.1%)명으로 가장 높았고, 충분이 53 (5.6%)명으로 가장 낮았고, 2009년 제4기 3차 결핍이 729 (65.3%)명으로 가장 높았고, 충분이 24 (2.1%)명으로 가장 낮았다. 2010년 제5기 1차 결핍이 620 (71.0%)명으로 가장 높게 나타났고, 충분이 12 (1.4%)명으로 가장 낮았다. 심한결핍, 결핍은 2009년 제4기 3차에서 증가했으나 2010년 제5기 1차에서는 하락하였고, 불충분과 충분은 2009년 제4기 3차, 2010년 제5기 1차순으로 하락하는 것으로 나타났다. 연도별로 비타민 D의 정도는 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다( $\chi^2=85.50 p < .001$ )[Figure 1].

#### 2) 대사증후군 집단 간 연도별 추이변화

대사증후군 집단 간 연도별 추이변화는 1998년 제1기를

**Table 1.** Difference in the Level of Metabolic Syndrome by Socio-demographic Characteristics

Characteristics	Categories	Metabolic syndrome			Total n (%)	$\chi^2$	
		Normal group	Risk group	Metabolic syndrome group			
		n (%)	n (%)	n (%)			
Gender	Male	259 (53.8)	174 (53.7)	27 (67.5)	460 (54.4)	2.89	
	Female	222 (46.2)	150 (46.3)	13 (32.5)			385 (45.6)
	Total	481 (100.0)	324 (100.0)	40 (100.0)			845 (100.0)
Location	Dong Eup, Myeon	407 (84.6)	273 (84.3)	34 (85.0)	714 (84.5)	0.03	
		741 (5.4)	51 (15.7)	6 (15.0)			131 (15.5)
	Total	481 (100.0)	324 (100.0)	40 (100.0)			845 (100.0)
Economic status (high rank)	1~25%	65 (13.9)	32 (10.1)	6 (15.0)	103 (12.5)	4.78	
	26~50%	119 (25.5)	83 (26.1)	9 (22.5)			211 (25.6)
	51~75%	129 (27.6)	105 (33.0)	12 (30.0)			246 (29.8)
	76~100%	154 (33.0)	98 (30.8)	13 (32.5)			265 (32.1)
	Total	467 (100.0)	318 (100.0)	40 (100.0)			825 (100.0)
Smoking	Yes	50 (14.4)	31 (12.4)	4 (13.3)	85 (13.6)	0.50	
	No	297 (85.6)	219 (87.6)	26 (86.7)			542 (86.4)
	Total	347 (100.0)	250 (100.0)	30 (100.0)			627 (100.0)
Drinking	Yes	120 (34.6)	70 (27.9)	10 (33.3)	200 (31.8)	3.04	
	No	227 (65.4)	181 (72.1)	20 (66.7)			428 (68.2)
	Total	347 (100.0)	251 (100.0)	30 (100.0)			628 (100.0)
BMI	Normal	428 (89.0)	221 (68.2)	6 (15.0)	655 (77.5)	217.12*	
	Overweight	39 (8.1)	54 (16.7)	5 (12.5)			98 (11.6)
	Obesity	14 (2.9)	49 (15.1)	29 (72.5)			92 (10.9)
	Total	481 (100.0)	324 (100.0)	40 (100.0)			845 (100.0)
Sleeping hours	Under 6	32 (6.7)	23 (7.1)	3 (7.5)	58 (6.9)	0.16	
	6~8	273 (56.8)	185 (57.1)	22 (55.0)			480 (56.8)
	Over 9	176 (36.6)	116 (35.8)	15 (37.5)			307 (36.3)
	Total	481 (100.0)	324 (100.0)	40 (100.0)			845 (100.0)
Breakfast	Yes	327 (75.0)	203 (70.5)	27 (73.0)	557 (73.2)	1.80	
	No	109 (25.0)	85 (29.5)	10 (27.0)			204 (26.8)
	Total	436 (100.0)	288 (100.0)	37 (100.0)			761 (100.0)
Perceived stress level	Yes	297 (85.6)	220 (87.3)	25 (83.3)	542 (86.2)	0.57	
	No	50 (14.4)	32 (12.7)	5 (16.7)			87 (13.8)
	Total	347 (100.0)	252 (100.0)	30 (100.0)			629 (100.0)

\* $p < .001$ .

보면 위험군이 959 (58.5%)명으로 가장 높았고, 대사증후군이 146 (8.9%)명으로 가장 낮게 나타났다. 2001년 제2기를 보면 위험군이 671 (57.8%)명으로 가장 높았고, 대사증후군이 144 (12.4%)명으로 가장 낮게 나타났으며, 2005년 제3기를 보면 정상군이 311 (35.4%)명으로 가장 높았고, 대사증후군이 93 (10.6%)명으로 가장 낮았다. 2008년 제4기 2차는 정상군이 519 (49.9%)명으로 가장 높았고 대사증후군이 55 (5.3%)명으로 가장 낮았고, 2010년 제5기 1차에서는 정상군이 481 (56.9%)명으로 가장 높았고 대사증후군이 41 (4.8%)명으로 가장 낮았다. 연도별 대사증후군의 정도는 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다( $\chi^2=342.16, p < .001$ )[Figure 2].

### 3) 연도별 체질량지수 단계에 따른 대사증후군 집단 간 비율

연도별 체질량지수 단계에 따른 대사증후군 집단 간 비율은 연도별로 체질량지수 비만군에서 정상이나 위험군 보다 대사증후군이 높게 나타났다. 연도별 체질량지수에 따른 대사증후군 집단 간 비율은 Figure 3과 같다.

### 3. 비타민 D 결핍 수준에 따른 대사증후군 관련요인 분석

비타민 D 결핍 수준에 따른 대사증후군의 관련요인인 허리둘레, 혈압, 중성지방, HDL-콜레스테롤, 공복혈당 등을 분석

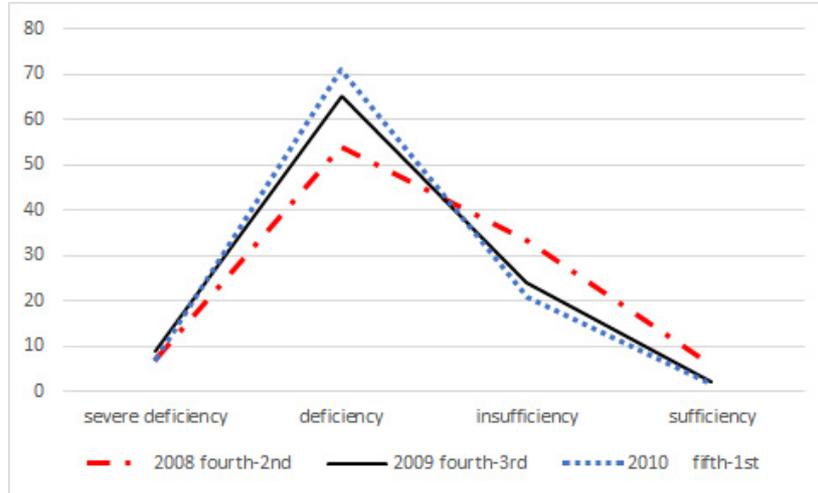


Figure 1. Level of vitamin D deficiency by year.

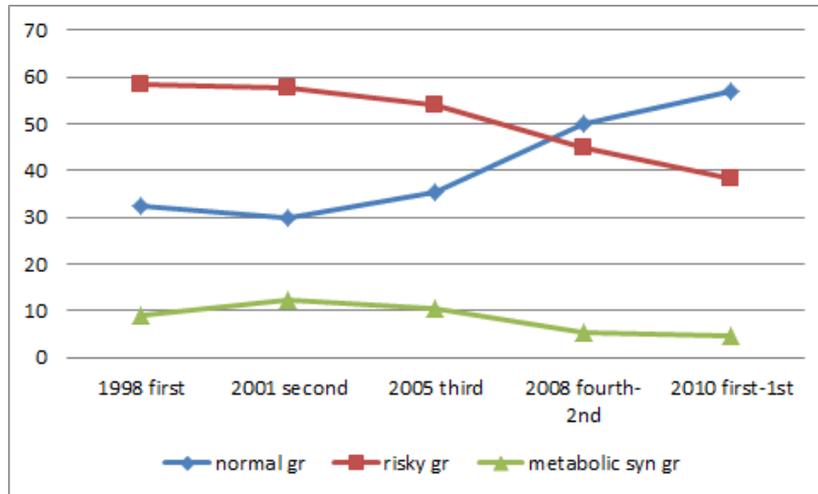


Figure 2. Trend of metabolic syndrome, risky and normal group by year.

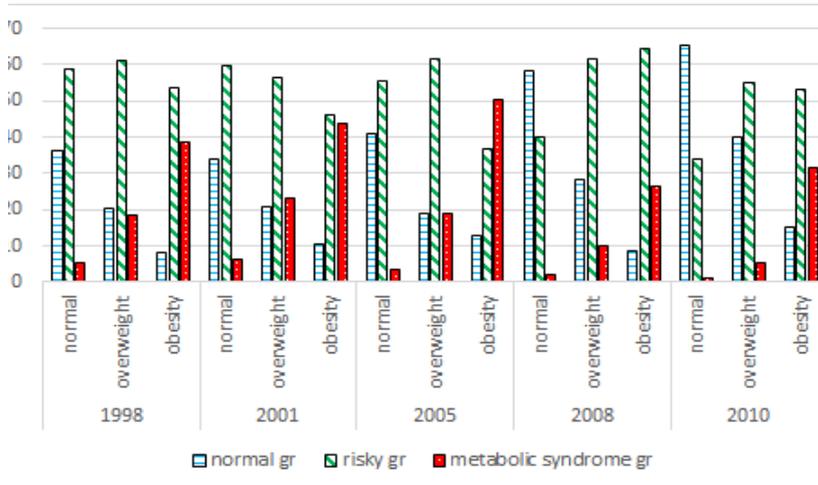


Figure 3. Differences in normal, overweight and obesity group by BMI Level in year.

하였다. 비타민 D 결핍 수준에 따른 허리둘레의 차이는 심한결핍의 허리둘레 평균은 71.65 cm로 가장 높게 나타났고, 충분한 허리둘레 평균은 65.91 cm로 가장 낮게 나타났으나, 비타민 D 단계와 허리둘레는 통계적으로 유의한 차이가 없었다.

비타민 D 결핍 수준에 따른 수축기혈압의 차이는 심한결핍의 수축기혈압 평균은 105.07로 가장 높게 나타났고, 불충분의 수축기혈압 평균은 101.28로 가장 낮게 나타났으며 비타민 D 수준과 수축기혈압은 통계적으로 유의한 차이가 있었다 ( $F=1,127.85, p < .05$ ). 비타민 D 결핍 수준에 따른 이완기혈압의 차이는 심한결핍의 이완기혈압 평균은 66.73로 가장 높게 나타났고, 충분한 이완기혈압 평균은 60.40으로 가장 낮게 나타났으며 비타민 D 수준과 이완기 혈압은 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다( $F=9.12, p < .001$ ).

비타민 D 결핍 수준에 따른 중성지방의 차이는 불충분의 중성지방 평균은 85.73으로 가장 높게 나타났고, 심한결핍의 중성지방은 74.25로 가장 낮게 나타났으나 비타민 D 단계와 중성지방은 통계적으로 유의한 차이가 없었다. 비타민 D 결핍 수준에 따른 HDL-콜레스테롤의 단계별 차이를 보면 불충분의 HDL-콜레스테롤 평균은 50.08로 가장 높게 나타났고, 충분한 HDL-콜레스테롤 평균은 48.49로 가장 낮게 나타났으나 비타민 D 단계와 HDL-콜레스테롤은 통계적으로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. 비타민 D 결핍 수준에 따른 공복혈당의 차이에서 충분한 공복혈당 평균은 91.55로 가장 높게 나타났고, 심한결핍의 공복혈당 평균은 87.95로 가장 낮게 나타났으며 비타민 D 단계와 공복혈당은 통계적으로 유의한 차이가 없었다<Table 2>.

#### 4. 대사증후군 관련요인과의 상관성

비타민 D와 대사증후군 관련 요인과의 상관성은 Table 3과

같다. 허리둘레와 비타민 D ( $r=-.067, p < .05$ ), 수축기혈압과 비타민 D ( $r=-.097, p < .01$ ), 이완기혈압과 비타민 D ( $r=-.191, p < .01$ )가 음의 방향으로 상관성이 있는 것으로 나타났다. 즉, 비타민 D가 증가할수록 허리둘레, 수축기혈압, 이완기혈압은 감소하는 것으로 나타났다.

체질량지수와 대사증후군 관련 요인과의 상관성에서 체질량지수는 허리둘레( $r=.908, p < .01$ ), 수축기혈압( $r=.340, p < .01$ ), 이완기혈압( $r=.203, p < .01$ ), 중성지방( $r=.260, p < .01$ )과는 양의 방향으로, HDL-콜레스테롤( $r=-.306, p < .01$ ), 비타민 D( $r=-.085, p < .01$ )와는 음의 방향으로 상관성이 있는 것으로 나타났다. 즉 체질량지수가 증가할수록 허리둘레, 수축기혈압, 이완기혈압, 중성지방은 증가하고, HDL-콜레스테롤, 비타민 D는 감소하였다.

#### 5. 비타민 D가 대사증후군 관련요인에 미치는 영향요인 분석

비타민 D가 대사증후군에 영향을 미치는 요인을 파악하기 위해 단순회귀분석을 실시하였다<Table 4>. 비타민 D는 허리둘레에 부적영향(-)을 주는 것으로 나타났으며( $t=-1.972, p < .05$ ), 비타민 D가 1단위 증가할 때 허리둘레가 0.131 cm만큼 감소하는 것으로 나타났다. 즉, 비타민 D가 높은 사람은 비타민 D가 낮은 사람보다 허리둘레가 작은 경향이 있다. 또한 비타민 D는 수축기혈압에 부적영향(-)을 주는 것으로 나타났으며( $t=-2.88, p < .01$ ), 비타민 D가 1단위 증가할 때 수축기혈압이 .209 mmhg 만큼 감소하는 것으로 나타나 비타민 D가 높은 사람은 비타민 D가 낮은 사람보다 수축기혈압이 더 낮은 경향이 있었다. 또한 비타민 D는 이완기혈압에 부적영향(-)을 주었으며( $t=-5.72, p < .001$ ), 비타민 D가 1단위 증가할 때 이완기혈압이 .355 mmhg 만큼 감소하는 것으로 나타나, 비타민 D가 높은

**Table 2.** Related Factors of Metabolic Syndrome by the Level of Vitamin D deficiency

Items	Severe deficiency		Deficiency		Insufficiency		Sufficiency		F
	n	M±SD	n	M±SD	n	M±SD	n	M±SD	
Waist measurement	60	71.65±11.8	619	68.90±9.7	179	68.46±9.1	12	65.91±11.4	2.04
Systolic pressure	61	105.7±11.4	618	103.8±10.9	179	101.3±10.1	12	101.5±9.6	1,127.85*
Diastolic pressure	61	66.7±9.9	618	63.9±9.0	179	60.6±9.8	12	60.4±7.4	9.12***
Triglyceride	61	74.3±37.7	620	84.0±44.9	179	85.7±54.3	12	76.7±33.1	1.06
HDL-cholesterol	59	49.1±8.0	615	49.3±9.3	174	50.1±8.8	12	48.5±8.8	0.43
FBS (fasting blood sugar)	59	88.0±6.3	614	89.3±6.4	177	89.2±6.2	11	91.6±3.9	51.2

\* $p < .05$ , \*\* $p < .001$

**Table 3.** Correlation of Related Factors of Metabolic Syndrome

Variables	Waist	Systolic pressure	Diastolic pressure	Triglyceride	HDL-cholesterol	FBS	Vit-D	BMI
Waist	1							
Systolic pressure	.379**	1						
Diastolic pressure	.214**	.654**	1					
Triglyceride	.249**	.134**	.079*	1				
HDL-cholesterol	-.332**	-.113**	-.054	-.334**	1			
FBS	.029	.103**	-.015	.088**	-.045	1		
Vit-D	-.067*	-.097**	-.191**	.016	.021	.032	1	
BMI	.908**	.340**	.203**	.260**	-.306**	.066	-.085*	1

\* $p < .05$ , \*\* $p < .01$ ; FBS=Fasting blood sugar; BMI=Body mass index.

**Table 4.** Vitamin D Affecting Related Factors of Metabolic Syndrome: Simple Regression Analysis (Independent variable: Vitamin D)

Dependent variable	Standardized coefficient ( $\beta$ )	t	F	p
Waist	-.13	-1.97*	3.89	.049
Systolic pressure	-.21	-2.88**	8.28	.004
Diastolic pressure	-.36	-5.72***	32.72	< .001
Triglyceride	.15	0.48	0.23	.631
HDL-cholesterol	.04	0.63	0.39	.531
Fasting blood sugar	.04	0.93	0.87	.351

\* $p < .05$ , \*\* $p < .01$ , \*\*\* $p < .001$ .

사람은 비타민 D가 낮은 사람보다 이완기혈압이 더 낮은 경향이 있었다. 한편 비타민 D는 중성지방과 HDL-콜레스테롤, 공복혈당에는 통계적으로 유의한 영향을 미치지 않았다.

## 논 의

대사증후군 발생과 관련 위험 요인 중 비타민 D가 근·골격계 뿐만 아니라 항암작용, 내분비계, 심혈관계, 만성질환 등과 관련 있다는 사실이 밝혀졌고, 비타민 D 결핍은 세계적으로 증가되는 양상이다[12].

청소년의 대사증후군 유병률은 사용된 진단기준이나 관련요인 및 요인의 절단점(cutpoint)에 따라 다르게 나타난다. 본 연구에서 제1~5기 국민건강영양조사 자료를 이용하여 modified NCEP 진단기준을 적용하였을 때, 대사증후군의 연도별 유병률은 8.9%(1998), 12.4%(2001), 10.6%(2005), 5.3%(2008), 4.8%(2010)로 감소하는 추세이다. 한편, 국민건강영양조사 제1~4기 자료를 만 10~19세 대상으로 IDF 진단기준에 따른 대사증후군 유병률은 2.4%(1998), 3.6%(2001), 2.1%(2005), 1.7%(2008)[13]

로 진단기준에 따라 차이를 보였다. Yoon[14]의 연구에서는 제1~3기 만 10~18세 대상 modified NCEP 진단 기준으로 8.5%(1998), 14.2%(2001), 9.7%(2008)였고, IDF 진단기준으로 1.9%(1998), 3.6%(2001), 2.0%(2005)로 역시 진단기준에 따른 유병률의 차이를 보였고, Sung[7]은 제1, 2기 만 10~19세를 대상으로 5.0%(1998), 4.6%(2001)의 결과가 나왔다. 이처럼 대사증후군의 유병률은 차이가 있지만 전반적으로 감소추세를 보이고 있으며 그 감소하는 간격이 줄고 있는 것은 비슷한 양상을 보인다. 이에 반해 2007년 국민건강영양조사 결과 발표에 의하면 제1~3기 만 10~19세 대상 대사증후군 유병률은 5.2%, 6.7%, 7.4%로 점차 증가하고 있다는 결과도 있다. Reinehr 등[15]에 의하면 동일한 자료로 8가지 다른 진단기준을 적용해본 결과 모든 기준을 만족시킨 것은 불과 2%이며, 최소 6%에서 최대 39%에 이르기까지 대사증후군 유병률의 차이가 나타났다. 이처럼 대상연령이나 진단 기준이 차이가 있으나 국내 연구결과에 의하면 우리나라 청소년 대사증후군 유병률은 약 10% 이내로 나타났다[16]. 따라서 유병률의 비교 시 진단기준에 대한 점을 고려해야 할 것이다.

대사증후군 관련요인 중 허리둘레는 가장 중요한 항목이다. IDF기준에서는 modified NCEP와 달리 허리둘레 이상을 필수 항목으로 정하고 있는데 Lee 등[17]은 허리둘레 이상은 내장비만, 인슐린 저항성과 밀접한 관련성이 있으며, 대사증후군의 다른 변수들 이상과 심혈관질환을 잘 예측하기 때문이라고 하였다.

높은 혈압 유병률은 심혈관계의 이상을 나타내는 지표이다. 비타민 D 결핍은 고혈압과 심혈관 질환의 발병과 진행에 독립적으로 기여하며[18], 혈압이 정상인 남성과 고혈압 환자의 비타민 D 농도는 역상관계가 있다[19]. 고혈압 환자에게 매주 3회 3개월간 자외선B에 노출시켰을 때, 비타민 D 혈중 농도는 180% 증가했고, 혈압은 6 mmHg 감소되면서 정상화되었다[20]. 미국 질병관리센터(Center for Disease Control, CDC)에서 추진한 국민건강영양조사(the National Health and Nutrition Examination Survey, NHANES III)에서도 혈중 비타민 D 농도와 혈압 사이에 반비례 관계로 나타났다.

본 연구결과 비타민 D는 허리둘레와 혈압과 관련성을 보인 반면 중성지방과 HDL-콜레스테롤 및 공복혈당과는 관련성을 보이지 않았다. 2010년 국민건강보험공단 조사 결과에 따르면 인구 10만 명당 고지혈증 환자를 성별과 연령에 따라 조사한 결과(남, 여)에 따르면 10대(163명, 126명) 20대(303명, 265명), 30대(1,164명, 563명) 40대(2,400명, 1,946명), 50대(3,732명, 6,740명) 60대(4,457명, 8,847명), 70대(3,569명, 6,096명)로 50대 이상에서의 발병률이 현저하게 높았다. 본 연구의 대상자는 만10~18세 청소년으로 고지혈증과 관련된 중성지방과 HDL-콜레스테롤의 발병률이 낮아 비타민 D와의 관련성을 찾기 어려웠다. 선행연구를 통해 혈관에 지방이 많은 고지혈증은 혈관의 탄력성을 떨어뜨리고 폐쇄시켜 뇌졸중, 심근경색, 동맥경화증 등의 심혈관질환에 영향을 미치며 혈관벽에 붙어있는 수백 개의 비타민 D 수용체는 혈관벽을 유연하게 만드는 기능이 있어 중성지방 및 HDL-콜레스테롤과의 연관성을 간접적으로 확인해 볼 수 있다.

비타민 D와 당뇨병과 관련성에 있어서 인슐린 저항성과 베타세포의 기능 부전에 비타민 D 결핍이 함께 보고되었으며, 비타민 D는 면역 조절 물질로 작용하여, 췌장 베타세포의 파괴와 제1형 당뇨병과 연관이 있는 사이토카인의 생산과 림프구 증식을 감소시켜 당뇨병의 발생과 예방에 중요한 역할을 한다고 하였다[21]. 역학적 연구결과 1형 당뇨병의 발생률은 고위도 지방에서 더 높았다[22]. 고위도 지방인 핀란드는 1964년 소아의 비타민 D 권장섭취량을 5,000IU로 정해놓았으나 그해 독성의 이유로 2,000 IU으로 줄였다. 1975년에는 1,000 IU로 줄였

고, 1992년 유아의 권장 섭취량을 400 IU로 줄였다. 일일 400 IU를 섭취한 아이들에서 2000 IU의 비타민 D를 섭취한 아이들에 비해 인슐린 의존성 당뇨병의 발생률이 5배나 증가했다[23]. 20세 이상 미국인 백인 남녀를 대상으로 비타민 D 섭취와 대사증후군 위험요소의 관계를 살펴본 연구에서는 비타민 D의 부족한 섭취가 복부비만, 낮은 HDL-콜레스테롤, 고혈당과 관계가 있었다( $p=.05, p=.02, p=.004$ )[24].

또한 본 연구에서는 인구사회학적 특성과 대사증후군 단계별 차이를 살펴보기 위해  $\chi^2$  test를 실시한 결과 대사증후군과 체질량지수와 통계적으로 유의미한 차이를 보였으며( $\chi^2=217.12, p<.001$ ), 연도별 체질량지수 단계에 따른 대사증후군 집단 간 구성 비율을 살펴본 결과 체질량지수가 증가할수록 대사증후군의 비율은 상승했다. 이를 토대로 체질량지수와 대사증후군의 상관분석을 실시한 결과 체질량지수와 공복혈당을 제외한 대사증후군 변수뿐만 아니라 비타민 D와도 상관성이 있는 것으로 나타났다.

Sun 등[25]은 비만과 허리둘레 이상인 소아는 30세 이후 대사증후군이 발병될 위험이 0.8~2.8배 높다고 하였다. 또한 Cook 등[26]은 1999~2002년 미국 국민건강영양조사에서 정상 0.1%, 과체중 6.8%, 비만 28.7%로 체질량지수가 증가할수록 대사증후군이 증가한다고 하였다. Kim[27]은 체질량지수 정상군에 비하여 과체중의 경우 대사증후군 발병 위험이 2.3배, 비만에서 5.1배로 증가한다는 결과가 나왔다. Parikh 등[28]은 비타민 D가 지방분해 기능을 갖고 있으며 비타민 D 수용체와 체질량지수는 역의 상관관계가 있다고 하였고, McGill 등[29]은 비타민 D 부족은 내분비계 많은 조직 세포의 기능을 교란시키며 비만을 나타내는 지표인 체중, 허리둘레, 체질량지수와 역의 상관관계가 성립된다고 하여 본 연구와 일치하였다.

본 연구에서는 비타민 D 결핍과 대사증후군 관련요인 중 허리둘레와 수축기혈압, 이완기혈압과의 관련성을 밝혔고, 체질량지수와 비타민 D 및 대사증후군 관련요인 중 허리둘레, 혈압, 중성지방, HDL-콜레스테롤과 상관성이 있는 것을 확인하였다. 이에 대사증후군의 예방 및 관리를 위해서 청소년은 체내 적정량의 비타민 D가 필요하며 추가적으로 정상 체질량지수의 유지를 통한 대사증후군 관리가 필요하다.

비타민 D의 증가 및 체질량지수 감소를 위한 관리방법으로 학생들의 신체활동을 증가 시키는 것이 필요하다. 비활동적인 생활습관은 고혈압, 비만, 당뇨를 동반한 대사증후군의 유병률을 증가시킨다. 그러므로 규칙적인 신체활동으로 체질량지수 감소, 심혈관질환 예방, 당뇨병 위험 감소 등으로 대사증후군

의 전반적인 상태를 개선할 수 있다[30]. 또한 비타민 D는 식이나, 보충제로도 보충이 가능하나 가장 이상적인 방법은 햇빛을 쬐는 방법으로 생성하는 것이다[3]. 그러므로 학교에서는 스포츠클럽, 1인 1운동 및 동아리활동 등을 활성화 하여 학생들의 신체 활동량을 증가시켜야 한다. 그리고 이러한 신체 활동을 통해 얻을 수 있는 바람직한 건강상태를 알게 하고 평생 습관화할 수 있도록 교육하여 비타민 D 증가 및 체질량지수 감소시키고 더불어 대사증후군의 유병률을 감소시킬 수 있다.

이러한 관리는 건강증진습관이 형성되는 청소년기부터 시작하여 스스로 예방하고 관리할 수 있는 능력을 길러주어야 한다. 이를 위해서는 체계적인 보건교육 실시 및 내실화, 학생 건강검사 항목의 주기적 점검과 검진결과를 토대로 학교, 가정, 지역사회와의 유기적 협력이 필요하다. 또한 대사증후군 및 비타민 D 결핍의 위험성을 홍보하여 학생 및 학부모 나아가 국민들이 이의 중요성을 인식하고 관리할 수 있도록 국가적인 노력이 필요하다.

## 결 론

본 연구에서는 청소년의 비타민 D 결핍과 대사증후군 관련 요인을 분석하여 청소년들이 대사증후군에 관심을 갖고, 스스로 예방하고 관리하는 건강증진습관을 가지는 방법을 모색하고자 하였다. 본 연구의 결과에서 대사증후군의 연도별 유병률은 1998년에서 2001년(12.4%)까지 증가하다, 2010년 4.8%로 점차 감소하는 추세이다. 비타민 D 결핍 수준에 따른 대사증후군 관련요인에서 비타민 D와 수축기혈압, 이완기혈압이 통계적으로 유의한 차이를 보였으며, 비타민 D와 대사증후군 관련요인에서 비타민 D가 높을수록 허리둘레, 수축기혈압, 이완기혈압이 감소하였다. 비타민 D가 대사증후군 관련요인에 미치는 영향을 보기 위해 단순회귀분석을 실시한 결과 비타민 D가 허리둘레, 수축기혈압, 이완기혈압에 영향을 미치는 것으로 나타났으며 비타민 D가 1단위 증가할 때 허리둘레는 .131 cm, 수축기혈압은 0.209 mmhg, 그리고 이완기혈압은 0.355 mmhg 만큼 감소하는 것으로 나타났다.

이상의 연구결과를 바탕으로 다음과 같이 제언하고자 한다.

첫째, 비타민 D의 중요성을 인식할 수 있는 학교 보건교육의 내실화가 필요하다. 보건교육이 의무교육으로 되면서 성교육, 약물오남용 예방 및 정신건강과 관련 교육이 중요시 되고 있지만, 청소년의 자기 건강관리를 위해 비타민 D와 체질량지수 등에 대한 교육의 중요성도 인식되어질 필요가 있다.

둘째, 학생들의 대사증후군 예방 및 관리를 위해 학생 건강

검진 항목에 현재 비만학생 대상으로 측정되고 있는 허리둘레, 중성지방, HDL-콜레스테롤, 혈당 등의 측정이 전체 학생들에게 추가적으로 측정하는 것이 필요하다.

셋째, 학생들의 건강관리 계획에 대사증후군 학생 관리를 포함한 체계적 관리가 필요하다. 대사증후군이 발생하는 요인은 다양하지만 건강한 생활습관의 형성으로 일정 부분 관리 및 예방이 가능하다. 청소년은 대사증후군이라 진단되어도 그 심각성을 이해하기 어려워 생활습관교정의 중요성을 간과하기 쉽다. 보건교사는 가정과 협력하여 부모에게 대사증후군의 위험성을 교육하고, 상담 및 지속적인 생활습관 체크를 통해 대사증후군 예방 및 관리의 중요성을 인식시키고 학생의 조력자가 될 수 있게 해야 한다. 또한 지역사회에서 실시하고 있는 대사증후군 예방 및 관리 프로그램을 안내하여 학생과 부모가 지역사회 자원에 접근하여 활용할 수 있도록 연계하는 활동을 해야 할 것이다.

넷째, 비타민 D 증가 및 체질량지수 감소를 위한 관리방법으로 학생들의 신체활동을 증가시켜야 한다. 학교에서는 스포츠클럽, 1인 1운동 및 동아리 활동 등을 활성화하여 학생들의 신체 활동량을 증가시킴으로써 비타민 D 증가, 체질량지수 감소와 더불어 대사증후군을 예방할 수 있다.

다섯째, 비타민 D는 나이와 체지방 등에 따라 필요 요구량이 다르다. 비타민 D가 근·골격계뿐만 아니라 항암작용, 심혈관계, 내분비계, 만성질환에 영향을 미치는 비타민이라 언급되고 있는 시점에 구체적인 권장량과 체내 비타민 D의 적정량 유지와 관련된 방법 등이 제시되어 있지 않았으므로 이와 관련된 연구가 필요하다. 또한 대사증후군 예방을 위한 위험 요인과 관련된 연구가 필요하며 연구결과를 적극적으로 홍보하여 청소년이 자신의 건강 상태에 관심을 갖고 스스로 예방하고 관리하는 건강증진습관을 형성할 수 있도록 해야 할 것이다.

## REFERENCES

1. Son YW, Lee KY, Jeon YB. The Relationship between relative BMI change and height growth among overweight children. *Korean Journal of Family Medicine*. 2009;30(9):688-689. <http://dx.doi.org/10.4082/kjfm.2009.30.9.688>
2. Ministry of Health and Welfare. Korea Centers for Disease Control and Prevention. *Korea Health Statistics 2010: Korea National Health and Nutrition Examination Survey (KNHANES V-1)*. Cheongwon. Korea: Korea Centers for Disease Control and Prevention. 2011.
3. Holick MF. Vitamin D deficiency. *New England Journal of Medicine*. 2007;357(3):266-81.

- <http://dx.doi.org/10.1056/nejmra070553>
4. Mitri J, Muraru MD, Pittas AG. Vitamin D and type 2 diabetes: A systematic review. *European Journal of Clinical Nutrition*. 2011;65(9):1005-15.  
<http://dx.doi.org/10.1038/ejcn.2011.118>
  5. Alberti KG, Zimmet P, Shaw J. The metabolic syndrome-a new worldwide definition. *Lancet*. 2005;366(9491):1059-62.  
[http://dx.doi.org/10.1016/s0140-6736\(05\)67402-8](http://dx.doi.org/10.1016/s0140-6736(05)67402-8)
  6. Hirschler V, Calcagno ML, Aranda C, Maccallini G, Jadzinsky M. Can the metabolic syndrome identify children with insulin resistance? *Pediatric Diabetes*. 2007;8(5):272-7.  
<http://dx.doi.org/10.1111/j.1399-5448.2007.00282.x>
  7. Sung EJ. (A)Metabolic syndrome phenotype in Korean children & adolescents: prevalence and change in characteristics over the period 1998~2001 [dissertation]. Seoul: Seoul National University; 2006. p. 1-101.
  8. Zimmet P, Alberti KG, Kaufman F, Tajima N, Silink M, Arslanian S, et al. The metabolic syndrome in children and adolescents-an IDF consensus report. *Pediatric Diabetes*. 2007;8(5):299-306. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1399-5448.2007.00271.x>
  9. Rodgers A, Ezzati M, Vander Hoorn S, Lopez AD, Lin RB, Murray CJ. Distribution of major health risks: findings from the Global Burden of Disease study. *PLoS Med*. 2004;1(1):e27. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pmed.0010027>
  10. Yoo JS, Jeong JI, Park CG, Kang SW, Ahn JA. Impact of life style characteristics on prevalence risk of metabolic syndrome. *J Korean Acad Nurs*. 2009;39(4):594-601.  
<http://dx.doi.org/10.4040/jkan.2009.39.4.594>
  11. Schoenborn CA. Health habits of U.S. adults, 1985: the "Alameda 7" revisited, *Public Health Reports*. 1986;101(6):571-80.
  12. Devaraj S, Yun JM, Duncan-Staley CR, Jialal I. Low vitamin D levels correlate with the proinflammatory state in type 1 diabetic subjects with and without microvascular complications. *American Journal of Clinical Pathology*. 2011;135(3):429-33.  
<http://dx.doi.org/10.1309/ajcpjgqx42biaxl>
  13. Park EJ. Metabolic syndrome and its association with physical activity in Korean children and adolescents: from the Korean NHANES survey, 1998~2008, [master's thesis]. Seoul: Yonsei University; 2011. p. 1-60.
  14. Yoon YS, Trends of prevalence and associated factors of metabolic syndrome in Korean children and adolescents: Using the Korea National Health and Nutrition Examination Survey [dissertation]. Ulsan: University of Ulsan; 2008. p. 1-82.
  15. Reinehr T, Sousa GE, Toschke AM, Werner Andler W. Comparison of metabolic syndrome prevalence using eight different definitions: a critical approach. *Archives of Disease in Childhood*. 2007;92(12):1067-1072.  
<http://dx.doi.org/10.1136/adc.2006.104588>
  16. Park EJ. Metabolic syndrome and its association with physical activity in Korean children and adolescents: from the Korean NHANES survey, 1998~2008, [master's thesis]. Seoul: Yonsei University; 2011. p. 1-118.
  17. Lee SI, Bacha F, Gungor N, Arslanian SA. Waist circumference is an independent predictor of insulin resistance in black and white youths. *J Pediatr*. 2006;148(2):188-194.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jpeds.2005.10.001>
  18. Giovannucci E, Liu Y, Hollis BW, Rimm EB. 25-hydroxyvitamin D and risk of myocardial infarction in men: a prospective study. *Archives of Internal Medicine*. 2008;168(11):1174-1180.  
<http://dx.doi.org/10.1001/archinte.168.11.1174>
  19. Wang TJ, Pencina MJ, Booth SL, Jacques PF, Ingelsson E, Lanier K, et al. Vitamin D deficiency and risk of cardiovascular disease. *Circulation*. 2008; 117(4):503-511.  
<http://dx.doi.org/10.1161/circulationaha.107.706127>
  20. Krause R, Bühring M, Hopfenmüller W, Holick MF, Sharma AM. Ultraviolet B and blood pressure. *Lancet*. 1998;352(9129):709-710.  
[http://dx.doi.org/10.1016/s0140-6736\(05\)60827-6](http://dx.doi.org/10.1016/s0140-6736(05)60827-6)
  21. Mathieu C, Badenhoop K. Vitamin D and type 1 diabetes mellitus: state of the art. *Trends in Endocrinology Metabolism*. 2005;16(6):261-266.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.tem.2005.06.004>
  22. Zipitis CS, Akobeng AK. Vitamin D supplementation in early childhood and risk of type 1 diabetes: a systematic review and meta-analysis. *Archives of Disease in Childhood*. 2008; 93(6):512-517. <http://dx.doi.org/10.1136/adc.2007.128579>
  23. Hyppönen E, Läärä E, Reunanen A, Järvelin MR, Virtanen SM. Intake of Vitamin D and risk of type 1 diabetes: a birth-cohort study. *Lancet*. 2001;358(9292):1500-1503.  
[http://dx.doi.org/10.1016/s0140-6736\(01\)06580-1](http://dx.doi.org/10.1016/s0140-6736(01)06580-1)
  24. Fung GJ, Steffen LM, Zhou X, Harnack L, Tang W, Lutsey PL, et al. Vitamin D intake is inversely related to risk of developing metabolic syndrome in African American and white men and women over 20 y: the Coronary Artery Risk Development in Young Adults study. *American Journal of Clinical Nutrition*. 2001;96(1) 24-29.  
<http://dx.doi.org/10.3945/ajcn.112.036863>
  25. Sun SS, Liang R, Huang TT., Daniels SR, Arslanian S, Liu K, et al. Childhood obesity predicts adult metabolic syndrome: the Fels Longitudinal Study. *Pediatrics*. 2008;152(2):191-200.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jpeds.2007.07.055>
  26. Cook S, Auinger P, Li C, Ford ES. Metabolic syndrome rates in United States adolescents, from the National Health and Nutrition Examination Survey. 1999-2002. *Journal of Pediatrics*. 2008; 152 (2):165-70. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jpeds.2007.06.004>
  27. Kim KR. Retrospective cohort study for risk factors of metabolic syndrome in a periodic health examination, [dissertation]. Seoul: Hanyang University; 2012. p. 1-35.
  28. Parikh SJ, Edelman M, Uwaifo GI, Freedman RJ, Semeghan M, Reynolds J, et al. The relationship between obesity

- and serum 1,25-Dihydroxy vitamin D concentrations in healthy adults. *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*. 2004; 89(3):1196-9. <http://dx.doi.org/10.1210/jc.2003-031398>
29. McGill AT, Stewart JM, Lithander FE, Strik CM, Poppit SD. Relationships of low serum vitamin D3 with anthropometry and markers of the metabolic syndrome and diabetes in overweight and obesity. *Nutrition Journal*. 2008;7:4-5. <http://dx.doi.org/10.1186/1475-2891-7-4>
30. Tuomilehto J, Lindström J, Eriksson JG, Valle TT, Hämäläinen H, Ilanne-Parikka P, et al. Prevention of type 2 diabetes mellitus by changes in lifestyle among subjects with impaired glucose tolerance, *N Engl J Med*. 2001;344(18):1343-1350. <http://dx.doi.org/10.1056/nejm200105033441801>