한국영양학회지(*Korean J Nutr*) 2012; 45(1): 20 ~ 29
DOI 10.4163/kjn.2012.45.1.20

폐경 전, 폐경 후 여성의 혈청 25-hydroxyvitamin D 수준과 대사증후군 위험도의 관계*

김유진[1] · 문민선[1] · 양윤정[2] · 권오란[1§]

이화여자대학교 식품영양학과,[1] 동덕여자대학교 식품영양학과[2]

Relationship between Serum 25-hydroxyvitamin D Concentration and the Risks of Metabolic Syndrome in Premenopausal and Postmenopausal Women*

Kim, You Jin[1] · Moon, Min Sun[1] · Yang, Yoon Jung[2] · Kwon, Oran[1§]

[1]Department of Nutritional Science and Food Management, Ewha Womans University, Seoul 120-750, Korea
[2]Department of Food and Nutrition, Dongduk Women's University, Seoul 136-714, Korea

ABSTRACT

Metabolic syndrome (MetS) has become a global epidemic. In particular, it is known that there is a dramatic increase in the prevalence of MetS among women during the postmenopausal period. Recently, accumulating studies have suggested that vitamin D deficiency may be inversely associated with the risk factors regarding MetS. However, evidence from postmenopausal women is limited. In this study, we examined the association between the serum 25-hydroxyvitamin D [25(OH)D] and the MetS in Korean adult women aged 20−69 years (n = 2,618) by using the 2007−2008 Korean National Health and Nutrition Examination Survey data. The geometric mean of plasma 25(OH)D were 17.16 ± 6.28 ng/mL and 20.20 ± 7.69 ng/mL for premenopausal and postmenopausal women, respectively. The percentages of vitamin D deficiency [25(OH)D < 12 ng/mL] were 22.5% and 14.4%, respectively. MetS was more prevalent in postmenopausal women (43.0%) compared with premenopausal women (11.2%). When serum concentrations of 25(OH)D were categorized in quintiles, there was no relationship in the prevalence of MetS in both premonopausal and postmenopausal women. However, in premenopausal women, compared with the lowest 25(OH)D quintile, the odds ratio for hypertriglyceridemia in the highest quintile was 0.57 (95% CI 0.34−0.95, P_{trend} = 0.041) and for low serum HDL cholesterol 0.60 (95% CI 0.42−0.85, P_{trend} = 0.014) after adjusting for all potential confounders. On the other hand, we observed the tendency of an inverse relationship for 25(OH)D regarding low serum HDL cholesterol (OR 0.78, 95% CI 0.50−1.22, P_{trend} = 0.029) and a direct relationship with abdominal obesity (OR 1.94, 95% CI 1.01, 3.74, P_{trend} = 0.049) in postmenopausal women. Further studies are needed to confirm these findings in other research settings. (*Korean J Nutr* 2012; 45(1): 20 ~ 29)

KEY WORDS: 25-hydroxyvitamin D, metabolic syndrome, premenopausal women, high-density lipoprotein cholesterol, hypertriglyceridemia.

서 론

대사증후군은 복부비만, 고혈당, 고혈압, 고지혈증과 같은 심혈관질환 위험인자들이 군집현상을 이루고 있는 상태로, 심혈관계 질환과 제2형 당뇨병 발생의 중요한 위험인자로 알려지고 있다.[1,2] Ford 등은 1998년부터 2004년까지 보고된 전향적인 연구를 분석한 결과 National Cholesterol Education Program Adult Treatment Panel III (NCEP ATP III)의 정의에 따른 대사증후군과 심혈관질환에 대한 상대위험도는 1.65 (95% 신뢰구간 1.38~1.99) 그리고 당뇨병에 대한 상대위험도는 2.99 (95% 신뢰구간 1.96~4.57)인 것으로 보고한 바 있다.[3] 이와 더불어 대사증후군은 유병률이 계속 증가하고 있다는 점도 최근 대사증후군이 주목을 받는 이유가 된다. 국민건강영양조사자료에 따르면 2005년 기준으로 20세 이상 한국 성인의 24.1%가 대사증후군에 이환 된 것으로 밝혀졌으며, 나

접수일: 2012년 1월 6일 / 수정일: 2012년 1월 31일
채택일: 2012년 2월 14일
*This work was supported by the sixth stage of BK21 Project in 2011 and the Ministry of Knowledge Economy for the Regional Innovation System program in 2011 (No. B0012328).
§To whom correspondence should be addressed.
E-mail: orank@ewha.ac.kr

© 2012 The Korean Nutrition Society

이가 들수록 유병률이 증가하여 20~29세 4.4%, 30~39세 14.9%, 40~49세 24.7%, 50~59세 41.3%, 60~69세 48.3%, 70세 이상 48.0%이었다.[4]

한편 Kannel 등의 연구에 따르면 심혈관계 질환 유병자는 60세 이전에는 남성이 여성보다 두 배 많은 것으로 나타나고 있으나 나이가 증가함에 따라 성에 따른 차이가 감소되는 것으로 보고된 바 있다.[5] 이는 에스트로겐의 감소로 인한 것으로 폐경 후 여성은 폐경 전 여성보다 심혈관계 질환 유병률이 유의하게 증가함도 함께 보고하고 있다. 우리나라에서도 2005년을 기준으로 남자는 50~59세에 대사증후군 유병률이 44.7%로 최고가 되었으나, 여자는 연령이 증가할수록 대사증후군 유병률이 증가하여 70세 이상에서 55.1%로 최고가 되어 남자보다 유의하게 높았다.[4] 또한 Kim 등의 연구에서도 폐경 후 여성은 폐경 전 여성보다 허리둘레, 수축기압, 맥압, 총 콜레스테롤, 저밀도지단백콜레스테롤 및 중성지방이 높다고 보고한 바 있다.[6] Zivkovic 등은 세르비아에서도 폐경 전 여성보다 폐경 후 여성에서 BMI와 대사증후군과 혈중 중성지방이 유의하게 높고, 허혈성 심장질환, 뇌졸중, 당뇨 유병률이 유의하게 높은 것으로 보고하였으며,[7] 인도 서부에서 진행된 Pandey 등의 연구에서도 유사한 결과를 확인할 수 있다.[8] 이상의 결과를 통해 폐경 후 여성에서 고콜레스테롤혈증, 고중성지방혈증 및 저HDL콜레스테롤혈증의 유병률이 높아져 대사증후군 및 심혈관계 질환의 발생 위험이 높아지는 것을 확인할 수 있다.

대사증후군을 유발하는 여러 요인 중, 식이 요인에서 비타민 D 결핍이 중요한 인자로 인식되기 시작하고 있다. 최근 비타민 D 결핍이 세계적인 영양문제로 대두되고 있으므로[9] 비타민 D 결핍과 대사증후군의 관계를 밝혀내는 일은 매우 중요하다 할 수 있다. 신체의 비타민 D 영양을 판정하는 가장 좋은 바이오마커로는 혈청 25-hydroxyvitamin D [25(OH)D]가 제시되어 있으며, 25(OH)D는 칼슘과 뼈의 대사뿐 아니라 체지방량, 혈당조절, 지질대사 및 혈압 등과 역의 상관성을 나타내는 것으로 알려지고 있다.[9,10] Ford 등[3,11]과 Lu 등[12]에 의해 수행된 연구에 따르면 20세 이상의 미국인과 50~70세의 중국인에서 혈청 25(OH)D 수준이 높을수록 대사증후군의 위험이 유의하게 감소한 것으로 보고되었다. Choi 등의 연구에서도 혈청 25(OH)D 수준이 낮은 경우 당뇨의 발생 위험이 높았으며, 과체중 또는 비만한 성인에서 혈청 25(OH)D 수준과 인슐린 저항성은 역의 상관성이 있음이 보고되었다.[13] Kim 등의 연구에서도 40세 이상의 한국 성인에서 혈청 25(OH)D 수준이 대사증후군 및 고혈압의 위험과 음의 상관성이 있음을 보고하였다.[14] 반면 Khader 등의 연구에서는 요르단의 성인 남녀에서 혈청 25(OH)D 수준과 대사증후군 간에는 상관성이 없는 것으로 보고하였다.[15] 스페인의 성인 비만환자를 대상으로 한 Rueda 등의 연구[16] 노르웨이의 성인 비만환자를 대상으로 한 Hjelmesaeth 등의 연구[17] 및 네덜란드의 65세 이상 노인을 대상으로 한 Snijder 등의 연구[18]에서도 혈청 25(OH)D 수준과 대사증후군 또는 혈압은 상관성이 없는 것으로 보고된 바 있다. 따라서 혈청 25(OH)D 수준과 대사증후군 간의 관계를 밝혀내는 일은 아직까지 논쟁으로 남아 있다.

이상에서 살펴본 바와 같이, 비타민 D 결핍은 전 연령에 걸쳐 광범위하게 우려되고 있으며 여성의 대사증후군 유병률은 폐경기를 전후로 급격히 증가하는 것으로 보고되고 있다. 따라서 성인 여성을 대상으로 폐경 여부와 비타민 D 영양상태에 따른 대사증후군 유병률을 분석하는 일은 만성질환의 예방적 측면에서 중요한 의의를 가진다 할 수 있다. 이에 본 연구에서는 국가통계자료로 대표성과 신뢰성이 확보된 국민건강영양조사 자료를 사용하여 20세 이상 70세 미만 성인 여성을 폐경 여부에 따라 두 군으로 나눈 후, 혈청 25(OH)D 수준과 대사증후군 및 관련 위험요인 (고중성지방혈증, 저HDL콜레스테롤혈증, 고혈압, 공복혈당 이상, 복부비만)간의 관계를 분석하고자 하였다.

연구방법

연구대상

본 연구는 이차자료 분석연구로 제4기 국민건강영양조사 2007~2009 원시자료를 사용하였다. 총 8,631명의 조사 자료 중 20세 이상 70세 미만 성인여성으로, 건강 검진을 받아 허리둘레, 혈압, 혈당, 혈중 중성지방, 혈중 HDL 콜레스테롤, 혈중 25(OH)D 등의 신체계측 및 혈액 검사 데이터가 있으며, 1일 에너지 섭취량이 너무 낮거나 높지 않으며 500~4,500 kcal/d, 폐경 여부에 대한 정보가 있는 2,618명의 자료를 연구 대상으로 하였다.

관련 요인의 선정 및 정의

대사증후군

대사증후군의 판정은 NCEP ATP III[19]의 진단 기준을 기본으로 하되, 공복혈당장애 기준은 2003년 American Diabetes Association에서 하향 조정한 값[20]을 사용하였으며, 허리둘레 기준은 2005년 대한비만학회에서 제시한 한국인에 적합한 허리둘레 값[21]을 사용하였다. 즉, 다음 다섯 가지 위험 요소 중 세 가지 또는 그 이상에 해당되면 대사증후군을 가진 자로 판단하였다. 결정요인들은 허리둘레 (여성 ≥ 85 cm), 중성지방 (≥ 150 mg/dL), HDL-콜레스테롤 (여성 < 50 mg/dL), 혈압 (수축기혈압 ≥ 130 mmHg, 이완기혈압 ≥ 85 mmHg), 공복 시 혈당 (≥ 100 mg/dL)이다.

혈청 25(OH)D

혈청 25(OH)D는 폐경 여부에 따라 연구 대상자를 두 군으로 분류한 후, 다시 각 군별로 5분위수로 분류하였다. 폐경 전 여성의 혈청 25(OH)D는 ≤ 11.57, 11.58~14.57, 14.58~17.97, 17.98~22.76, ≥ 22.77 ng/mL으로 분류되었으며, 폐경 후 여성의 혈청 25(OH)D는 ≤ 13.31, 13.32~17.49, 17.50~21.48, 21.49~26.95, ≥ 26.96 ng/mL로 분류하였다.

기타 연구 변수

신체계측 (신장, 체중, BMI, 허리둘레, 혈압) 및 혈액 생화학적 특성 (총콜레스테롤, HDL-콜레스테롤, 중성지방, 공복 시 혈당, 인슐린, 인슐린저항성), 계절, 사회경제적 특성 (교육수준), 생활습관 (흡연, 음주, 규칙적 운동) 및 식생활 (에너지, 당질, 단백질, 지방, 식이섬유, 칼슘, 나트륨)이 연구변수로 포함되었다. 교육 수준은 초졸 이하, 중졸, 고졸, 대졸 이상의 4가지 수준으로 분류하였다. 흡연은 현재 흡연 여부와 비흡연의 2가지로, 그리고 음주는 최근 1년 동안 한 달에 1회 이상 음주 여부에 따라 현재 음주와 비음주로 구분하였다. 신체활동은 중등도 신체활동의 실천율에 따라 운동 여부를 구분하였다. 종합비타민은 섭취여부를 구분하였다. 영양소섭취량은 개인별 24시간 회상법을 통해 도출된 결과를 분석 자료로 이용하였다.

자료의 분석방법

본 연구의 자료 분석은 SAS V9.2 (SAS Institute, Inc., Cary, NC, USA) 통계분석프로그램을 사용하였으며, 유의수준은 $p < 0.05$로 하였다. 연속형 변수는 평균 및 표준편차로, 명목형 변수는 빈도수와 백분율로 표시하였다. 폐경 여부에 따른 신체계측, 혈액 생화학적 특성, 교육수준, 생활습관 및 식생활은 t-test 또는 chi-square test를 이용하여 비교하였다. 혈청 25(OH)D 수준에 따른 신체계측, 혈액 생화학적 특성, 교육수준, 생활습관 및 식생활 특성을 파악하기 위해서는 폐경 여부에 따라 분류된 두 군에서 각각 가장 낮은 혈청 25(OH)D 분위수를 기준으로 general linear model (GLM) 또는 Cochran Mantel Haenzel analysis를 시행함으로써 선형 경향을 분석하였다. 혈청 25(OH)D 수준과 대사증후군 및 관련 위험요인의 관계를 분석하기 위해서는 조사대상자를 폐경 여부에 따라 두 군으로 구분하고, 각 군에서 non-conditional logistic regression analysis를 실시하였으며, 통계량은 오즈비 (odds ratios, OR)와 95% 신뢰구간 (95% confidence intervals, 95% CI)으로 나타내었다. 이 때에는 대사증후군 여부와 혈청 25(OH)D 수준에 따라 평균 또는 분포 간 유의한 차이가 확인된 혼란변수들을 보정한 세 가지 logistic regression 분석 모델이 폐경 여부에 따라 각기 사용되었다. 폐경 전 여성에서는 연령, BMI, 조사계절을 보정한 모델 (모델 1), 모델 1의 혼란변수에 교육수준, 운동여부, 종합비타민 섭취여부를 부가적으로 보정한 모델 (모델 2), 그리고 모델 2에 총 에너지, 지방, 칼슘 섭취량을 부가적으로 보정한 모델 (모델 3)이 사용되었다. 한편 폐경 후 여성에서는 연령, BMI, 조사계절을 보정한 모델 (모델 1), 모델 1의 혼란변수에 교육수준, 음주 여부, 운동 여부, 종합 비타민 섭취여부를 부가적으로 보정한 모델 (모델 2), 그리고 모델 2에 총 에너지, 탄수화물, 지방 섭취량을 부가적으로 보정한 모델 (모델 3)이 사용되었다. 혈청 25OHD 분위수와 대사증후군 및 관련 위험인자의 선형적인 경향은 Wald chi-square test for trend를 통하여 검정하였다.

결 과

폐경 여부에 따른 연구 대상자의 특성

Table 1은 폐경 여부에 따른 성인 여성의 신체계측 및 혈액학적 특성 등을 평균값 또는 빈도수로 분석한 결과이다. 총 1,613명의 폐경 전 여성의 평균 연령은 36.6 ± 8.1세, 총 1,005명의 폐경 후 여성의 평균연령은 59.1 ± 6.6세였다. 폐경 전 여성에 비해, 폐경 후 여성은 신장, HDL-콜레스테롤이 유의하게 낮았으나, BMI, 허리둘레, 혈압, 콜레스테롤, 중성지질, 공복혈당, 인슐린 저항성은 유의하게 높은 것으로 나타났다. 혈청 25(OH)D 수준은 폐경 전 여성 17.2 ± 6.3 ng/ml, 폐경 후 여성 20.2 ± 7.7 ng/mL로 폐경 후 여성에서 유의하게 높았으며 ($p < 0.001$), 대사증후군 유병율도 폐경 전 여성 11.2%, 폐경 후 여성 43%로 폐경 후 여성에서 유의하게 높았다 ($p < 0.001$).

그러나 각 군을 다시 대사증후군 유무에 따라 재분류하여 평균 혈청 25(OH)D 수준을 비교하면 Fig. 1과 같았다. 즉, 폐경 전 여성에서는 대사증후군 유무에 따라 혈청 25(OH)D 수준의 차이가 없었으나 (17.2 ± 6.7 vs. 17.2 ± 6.2 ng/mL, $p = 0.9792$), 폐경 후 여성에서는 대사증후군이 있는 경우 혈청 25(OH)D 수준이 유의하게 낮았다 (19.6 ± 7.0 vs. 20.6 ± 8.1 ng/mL, $p = 0.0406$).

폐경 후 여성은 폐경 전 여성에 비해 교육 수준, 흡연 비율과 음주 비율이 낮았으나 ($p < 0.001$), 운동 비율은 높았다 ($p = 0.02$). 각 영양소의 섭취량도 유의적인 차이를 보여 폐경 후 여성들은 총열량, 지방, 단백질 ($p < 0.001$) 및 칼슘 ($p = 0.006$)의 섭취량은 낮았지만, 탄수화물 ($p < 0.001$)과 식이섬유 ($p = 0.008$)의 섭취량은 더 높은 것으로 나타났다.

혈청 25(OH)D 수준에 따른 연구대상자의 특성

연구 대상자를 폐경 여부에 따라 나눈 후, 혈청 25(OH)D의 5분위수에 따라 재분류하여 계절, 교육수준, 생활습관, 식생

Table 1. Baseline data of subjects included in this study, classified according to menopausal status

Parameter		Total (n = 2,618)	Premenopause (n = 1,613)	Postmenopause (n = 1,005)	*p*-value
Age (y)		45.2 ± 13.3	36.6 ± 8.1	59.1 ± 6.6	<0.001
Height (cm)		157.3 ± 6.0	159.2 ± 5.5	154.3 ± 5.4	<.0001
Weight (kg)		57.6 ± 8.5	57.2 ± 8.9	57.7 ± 8.0	0.433
Body mass index (kg/m^2)		23.3 ± 3.3	22.7 ± 3.3	24.3 ± 3.1	<0.001
Waist circumference (cm)		78.9 ± 9.6	76.3 ± 9.1	83.1 ± 8.9	<0.001
Systolic blood pressure (mmHg)		111.4 ± 16.9	105.6 ± 13.5	120.7 ± 17.7	<0.001
Diastolic blood pressure (mmHg)		72.1 ± 10.6	69.8 ± 10.4	75.8 ± 10.0	<0.001
Serum cholesterol (mmol/L)		186.5 ± 35.3	178.1 ± 31.0	199.8 ± 37.6	<0.001
Serum HDL-cholesterol (mmol/L)		50.3 ± 10.9	51.8 ± 10.7	47.9 ± 10.8	<0.001
Serum triglyceride (mmol/L)		112.9 ± 86.2	98.5 ± 76.8	136.1 ± 95.0	<0.001
Fasting plasma glucose (mmol/L)		96.0 ± 22.2	92.6 ± 19.2	101.6 ± 25.3	<0.001
Fasting serum insulin (μIU/mL)		9.5 ± 4.5	9.3 ± 3.8	9.8 ± 5.3	0.012
Homeostasis Model Assessment-Insulin Resistance		2.3 ± 1.5	2.1 ± 1.1	2.5 ± 2.0	<0.001
25-Hydroxyvitamin D (ng/mL)		18.3 ± 7.0	17.2 ± 6.3	20.2 ± 7.7	<.0001
Metabolic syndrome prevalence (%)		612 (23.4)	180 (11.2)	432 (43.0)	<.0001
Education	Elementary	693 (26.5)	73 (4.6)	301 (69.7)	<.0001
	Middle	296 (11.3)	126 (7.8)	67 (16.9)	
	High	963 (36.8)	787 (48.8)	60 (17.5)	
	College	665 (25.4)	626 (38.8)	4 (3.9)	
Currrent Smoker		149 (5.7)	103 (6.4)	46 (4.6)	0.0003
Current Drinker		1,100 (42.1)	827 (51.4)	273 (27.2)	<.0001
Regular Exerciser		1,478 (56.5)	882 (54.7)	596 (59.3)	0.020
Multivitamin uses		605 (23.1)	368 (22.8)	237 (23.6)	0.883
Energy (kcal/day)		1,614.2 ± 585.4	1,658.8 ± 604.7	1,545.9 ± 546.4	<0.0001
Carbohydrates (g/day)		279.7 ± 103.3	274.3 ± 103.2	288.4 ± 102.8	0.001
Fat (g/day)		30.1 ± 22.4	35.0 ± 23.7	22.3 ± 17.4	<0.0001
Protein (g/day)		56.8 ± 26.7	59.8 ± 27.1	52.0 ± 25.5	<0.0001
Fiber (g/day)		7.1 ± 5.1	6.9 ± 4.9	7.4 ± 5.3	0.009
Calcium (mg/day)		440.5 ± 304.8	453.4 ± 289.4	419.8 ± 327.2	0.006

Data are means ± SD or n (%)
p value was derived from unpaired t-test or chi-square test

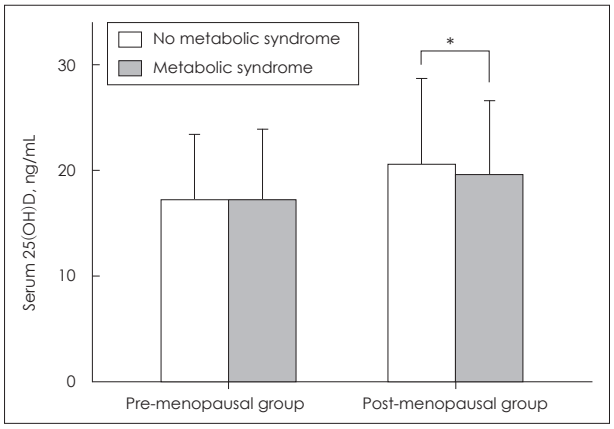

Fig. 1. Mean serum 25-hydroxyvitamin D concentrations among subjects in premenopausal and postmenopausal period. White bars show subjects without metabolic syndrome and black bars show subjects with metabolic syndrome. *: $p < 0.05$.

활, 신체계측 및 혈액 생화학적 특성에 따른 차이를 분석한 결과는 Table 2에 제시되었다. 폐경 여부에 상관없이 여름과 가을에는 혈청 25(OH)D 수준이 높아지고 겨울과 봄에는 낮아지는 경향을 보였다 ($P_{trend} < 0.001$). 또한 특별히 폐경 전 여성에서 규칙적인 운동을 하는 사람들은 혈청 25(OH)D 수준이 높아지는 경향을 보였다.

폐경 전 여성에서는 혈청 25(OH)D 수준이 낮은 군에서 연령, BMI, 허리둘레, 음주의 경향이 낮았으며, 식생활에서는 단백질과 칼슘 섭취가 낮은 경향을 보였다. 반면 폐경 후 여성에서는 혈청 25(OH)D 수준이 낮은 군에서 혈청 HDL-콜레스테롤이 낮고, 인슐린 저항성이 높은 경향을 보였다. 식생활에서는 열량과 탄수화물의 섭취는 낮고 지방의 섭취는 높은 경향을 보였다.

Table 2. Characteristics of subjects included in this study according to quintiles of serum 25-hydroxyvitamin D concentration

Variable	Premenopause					P_{tren}	Postmenopause					P_{trend}
	1 (≤11.57)	2 (11.58–14.57)	3 (14.58–17.97)	4 (17.98–22.76)	5 (≥22.77)		1 (≤13.31)	2 (13.32–17.49)	3 (17.50–21.48)	4 (21.49–26.95)	5 (≥26.96)	
n	322	322	324	322	323		201	201	201	201	201	
Age (y)	35.8 ± 8.3	36.3 ± 8.3	36.7 ± 7.8	36.3 ± 8.0	37.6 ± 8.1	0.010	59.1 ± 6.8	59.2 ± 6.9	59.0 ± 6.6	59.2 ± 6.6	59.0 ± 6.4	0.815
Body mass index (kg/m^2)	22.5 ± 3.6	22.7 ± 3.4	22.4 ± 3.0	22.7 ± 3.2	23.1 ± 3.4	0.022	24.2 ± 3.3	24.5 ± 2.8	24.4 ± 2.9	24.1 ± 2.8	24.0 ± 3.4	0.175
Waist Circumference (cm)	75.4 ± 9.6	76.1 ± 9.5	75.6 ± 8.4	76.5 ± 8.7	77.9 ± 9.1	0.001	82.2 ± 9.1	83.5 ± 8.4	83.2 ± 8.4	83.2 ± 8.7	83.1 ± 9.8	0.507
Systolic blood pressure (mmHg)	105.7 ± 13.6	106.6 ± 13.9	105.3 ± 12.9	104.7 ± 11.7	105.9 ± 15.1	0.641	120.4 ± 17.3	122.0 ± 18.7	120.0 ± 17.6	121.0 ± 18.5	120.0 ± 16.4	0.657
Diastolic blood pressure (mmHg)	70.2 ± 10.4	70.7 ± 10.5	69.5 ± 9.7	69.2 ± 9.7	69.5 ± 11.5	0.138	75.8 ± 9.1	76.7 ± 10.0	76.1 ± 11.0	74.8 ± 9.9	75.7 ± 9.9	0.377
Serum cholesterol (mmol/L)	175.8 ± 31.7	179.2 ± 33.2	176.5 ± 29.1	178.9 ± 29.7	180.1 ± 31.2	0.124	191.3 ± 37.7	201.3 ± 39.4	203.6 ± 36.1	202.8 ± 37.5	200.2 ± 36.1	0.034
Serum HDL-cholesterol (mmol/L)	51.4 ± 11.3	52.1 ± 11.4	51.8 ± 9.9	51.8 ± 10.8	51.7 ± 9.9	0.907	47.1 ± 10.1	46.8 ± 10.5	47.5 ± 10.3	48.4 ± 11.5	49.5 ± 11.6	0.008
Serum triglyceride (mmol/L)	97.2 ± 62.2	102.9 ± 87.6	95.0 ± 63.4	100.4 ± 79.1	96.9 ± 87.8	0.791	130.5 ± 92.8	145.1 ± 106.9	144.2 ± 98.6	140.2 ± 104.8	120.6 ± 64.2	0.166
Fasting plasma glucose (mmol/L)	94.2 ± 27.8	91.3 ± 13.1	92.3 ± 19.2	92.7 ± 17.3	92.3 ± 15.3	0.519	101.2 ± 26.8	103.7 ± 31.1	103.2 ± 27.4	101.0 ± 22.1	98.9 ± 16.6	0.164
Fasting serum insulin (μIU/mL)	9.4 ± 3.8	9.9 ± 4.2	9.0 ± 3.9	9.2 ± 3.2	9.3 ± 3.7	0.202	10.3 ± 6.8	10.1 ± 6.0	9.6 ± 4.1	9.5 ± 5.0	9.5 ± 4.2	0.064
Homeostasis Model Assessment-Insulin Resistance	2.2 ± 1.2	2.2 ± 1.1	2.1 ± 1.1	2.1 ± 0.9	2.1 ± 1.0	0.199	2.7 ± 2.4	2.7 ± 2.6	2.5 ± 1.6	2.4 ± 1.7	2.3 ± 1.3	0.026
Metabolic syndrome prevalence (%)	40 (12.4)	39 (12.1)	26 (8.0)	34 (10.6)	41(12.7)	0.929	80 (39.8)	102 (50.8)	85 (42.3)	94 (46.8)	71 (35.3)	0.184
Season												
Spring	148 (46.0)	115 (35.7)	80 (24.7)	49 (15.2)	31 (9.6)	<0.001	99 (49.3)	54 (26.9)	42 (20.9)	30 (14.9)	21 (10.5)	<0.001
Summer	51 (15.8)	80 (24.8)	84 (25.9)	100 (31.1)	147 (45.5)		34 (16.9)	58 (28.8)	81 (40.3)	80 (39.8)	86 (42.8)	
Autumn	54 (16.8)	72 (22.4)	88 (27.2)	133 (41.3)	129 (39.9)		33 (16.4)	47 (23.4)	55 (27.4)	61 (30.4)	80 (39.8)	
Winter	69 (21.4)	55 (17.1)	72 (22.2)	40 (12.4)	16 (5.0)		35 (17.4)	42 (20.9)	23 (11.4)	30 (14.9)	14 (6.9)	
Education												
Elementary	10 (3.1)	14 (4.4)	11 (3.4)	15 (4.6)	23 (7.1)	<0.001	109 (54.2)	121 (60.2)	130 (64.7)	129 (64.2)	131 (65.2)	0.025
Middle	17 (5.3)	21 (6.5)	27 (8.3)	27 (8.4)	34 (10.5)		37 (18.4)	38 (18.9)	29 (14.4)	36 (17.9)	30 (14.9)	
High	160 (49.7)	147 (45.8)	158 (48.8)	161 (50.0)	161 (49.9)		44 (21.9)	34 (16.9)	35 (17.4)	32 (15.9)	31 (15.4)	
College	135 (41.9)	139 (43.3)	128 (39.5)	119 (37.0)	105 (32.5)		11 (5.5)	8 (4.0)	7 (3.5)	4 (2.0)	9 (4.5)	
Current Smoker	28 (8.7)	21 (6.6)	16 (5.0)	19 (5.9)	19 (5.9)	0.392	14 (7.0)	9 (4.5)	6 (3.0)	6 (3.0)	11 (5.5)	0.905
Current Drinker	150 (46.7)	156 (48.8)	164 (50.8)	178 (55.3)	179 (55.4)	0.009	49 (24.4)	50 (25)	53 (26.4)	57 (28.4)	64 (31.8)	0.060
Regular Exerciser	153 (47.5)	154 (47.8)	184 (56.8)	180 (55.9)	211 (65.3)	<0.001	119 (59.2)	103 (51.2)	125 (62.2)	117 (58.2)	132 (65.7)	0.064
Multivitamin users	76 (23.6)	69 (21.4)	69 (21.3)	80 (24.8)	74 (22.9)	0.256	48 (23.9)	38 (18.9)	46 (22.9)	39 (19.4)	66 (32.8)	0.609
Energy (kcal/day)	1688 ± 658	1655 ± 60	1663 ± 611	1615 ± 555	1660 ± 589	0.461	1447 ± 493	1512 ± 532	1588 ± 525	1571 ± 546	1609 ± 616	0.002
Carbohydrates, E adjusted (g/day)	280.6 ± 55.8	277.0 ± 54.7	280.3 ± 556.0	277.1 ± 58.8	284.9 ± 53.9	0.271	298.6 ± 55.3	306.5 ± 51.2	314.5 ± 51.4	312.7 ± 53.5	311.0 ± 58.4	0.016
Fat, E adjusted (g/day)	35.7 ± 15.6	36.9 ± 16.4	35.0 ± 15.6	36.0 ± 16.0	34.4 ± 16.6	0.176	26.7 ± 14.3	24.3 ± 13.0	24.5 ± 13.8	23.8 ± 13.7	23.1 ± 13.3	0.012
Protein, E adjusted (g/day)	59.3 ± 17.9	62.0 ± 17.5	62.3 ± 17.2	63.0 ± 18.5	62.1 ± 17.0	0.060	56.4 ± 15.5	56.9 ± 16.4	56.1 ± 17.2	57.4 ± 17.9	55.7 ± 17.8	0.725
Fiber, E adjusted (g/day)	6.7 ± 4.7	7.5 ± 5.8	6.9 ± 4.6	7.1 ± 4.3	7.2 ± 3.8	0.627	7.5 ± 5.0	7.6 ± 4.1	8.1 ± 6.4	8.1 ± 4.5	8.2 ± 5.8	0.109
Calcium (mg/day)	424.4 ± 235.0	449.5 ± 272.9	445.8 ± 307.5	447.5 ± 268.7	499.7 ± 346.5	0.001	392.2 ± 242.3	451.5 ± 461.3	401. 3 ± 272.2	418.3 ± 291.6	435. 8 ± 322.9	0.418

Data are means ± SD, n (%)
P_{trend} was derived from a general linear model or Cochran Mantel Haenzel analysis

혈청 25(OH)D 농도와 대사증후군 및 관련 위험인자의 관계

Table 3, 4는 폐경 여부에 따라 분류된 두 군에서 혈청 25(OH)D 수준과 대사증후군 유병율 및 관련 위험인자와의 관계를 분석한 결과이다. 폐경 전 여성에서 연령, BMI, 계절을 통제하였을 때 (모델 1), 최저 혈청 25(OH)D 수준 (≤ 11.57 ng/mL)을 기준으로 최고 수준의 군에서 대사증후군에 대한 오즈비가 0.80 (신뢰구간 0.43, 1.49)로 위험비가 낮았으나 통계적으로 유의한 차이는 없었다. 더 많은 혼란변수를 통제하여도 (모델 2 및 모델 3) 혈청 25(OH)D 수준에 따른 대사증후군 위험비는 통계적으로 유의하게 나타나지 않았다. 한편 5가지 대사증후군 관련 인자를 함께 고려하면, 모델 3에서 최저 수준을 기준으로 할 때 최고 혈청 25(OH)D 수준에서 고중성지방혈증에 대한 오즈비가 0.57 (95% 신뢰구간 0.34, 0.95), 저 HDL-콜레스테롤혈증에 대한 오즈비가 0.60 (95% 신뢰구간 0.42, 0.85)로 각 위험비가 유의적으로 낮게 나타났다. 또한 혈청 25(OH)D 수준과 고중성지방혈증과 저 HDL 콜레스테롤혈증 위험 간에는 유의한 역 상관관계를 보였다 (P_{trend} = 0.049,

Table 3. Adjusted odd ratios (ORs) and 95% confidence intervals (CIs) of having the metabolic syndrome by serum 25-hydroxyvitamin D quintiles among 1,613 premenopausal women

	Quintiles of serum 25-hydroxyvitamin D concentration					P_{trend}
	1 (≤11.57)	2 (11.58−14.57)	3 (14.58−17.97)	4 (17.98−22.76)	5 (≥22.77)	
Metabolic syndrome						
Unadjusted prevalence	40 (12.4)	39 (12.1)	26 (8.0)	34 (10.6)	41 (12.7)	0.929
Model 1	1.00 (ref)	0.88 (0.49, 1.59)	0.64 (0.34, 1.21)	0.82 (0.44, 1.51)	0.80 (0.43, 1.49)	0.546
Model 2	1.00 (ref)	0.83 (0.46, 1.52)	0.60 (0.31, 1.14)	0.74 (0.40, 1.39)	0.71 (0.37, 1.35)	0.354
Model 3	1.00 (ref)	0.83 (0.46, 1.52)	0.59 (0.31, 1.13)	0.75 (0.40, 1.39)	0.71 (0.37, 1.36)	0.358
Components of the metabolic syndrome						
Hypertriglyceridemia						
Unadjusted prevalence	50 (15.5)	44 (13.7)	46 (14.2)	46 (14.3)	42 (13.0)	0.460
Model 1	1.00 (ref)	0.79 (0.50, 1.25)	0.86 (0.54, 1.37)	0.76 (0.47, 1.23)	0.59 (0.36, 0.97)	0.049
Model 2	1.00 (ref)	0.78 (0.49, 1.25)	0.86 (0.54, 1.37)	0.75 (0.46, 1.21)	0.57 (0.34, 0.95)	0.042
Model 3	1.00 (ref)	0.78 (0.49, 1.24)	0.86 (0.54, 1.37)	0.74 (0.46, 1.20)	0.57 (0.34, 0.95)	0.041
Low HDL cholesterol						
Unadjusted prevalence	160 (49.7)	146 (45.3)	154 (47.5)	155 (48.1)	139 (43.0)	0.189
Model 1	1.00 (ref)	0.76 (0.55, 1.06)	0.88 (0.63, 1.21)	0.84 (0.60, 1.18)	0.58 (0.41, 0.83)	0.009
Model 2	1.00 (ref)	0.76 (0.55, 1.05)	0.88 (0.64, 1.22)	0.84 (0.60, 1.18)	0.59 (0.42, 0.84)	0.012
Model 3	1.00 (ref)	0.77 (0.55, 1.06)	0.88 (0.64, 1.23)	0.85 (0.60, 1.19)	0.60 (0.42, 0.85)	0.014
High blood pressure						
Unadjusted prevalence	35 (10.9)	42 (13.0)	25 (7.7)	25 (7.8)	36 (11.2)	0.559
Model 1	1.00 (ref)	1.31 (0.77, 2.23)	0.76 (0.42, 1.36)	0.84 (0.46, 1.54)	1.15 (0.64, 2.08)	0.964
Model 2	1.00 (ref)	1.23 (0.72, 2.11)	0.73 (0.40, 1.32)	0.80 (0.43, 1.48)	1.11 (0.61, 2.04)	0.931
Model 3	1.00 (ref)	1.23 (0.71, 2.12)	0.72 (0.39, 1.30)	0.79 (0.43, 1.46)	1.14 (0.62, 2.10)	0.972
Hyperglycemia						
Unadjusted prevalence	41 (12.7)	40 (12.4)	37 (11.4)	51 (15.8)	56 (17.3)	0.029
Model 1	1.00 (ref)	0.94 (0.57, 1.54)	0.92 (0.56, 1.52)	1.33 (0.81, 2.16)	1.31 (0.79, 2.16)	0.123
Model 2	1.00 (ref)	0.92 (0.56, 1.52)	0.89 (0.54, 1.47)	1.28 (0.78, 2.10)	1.25 (0.75, 2.07)	0.181
Model 3	1.00 (ref)	0.92 (0.56, 1.51)	0.88 (0.53, 1.47)	1.27 (0.78, 2.09)	1.23 (0.74, 2.05)	0.199
Abdominal obesity						
Unadjusted prevalence	49 (15.2)	52 (16.2)	41 (12.7)	63 (19.6)	72 (22.3)	0.005
Model 1	1.00 (ref)	1.12 (0.57, 2.20)	0.94 (0.47, 1.90)	1.86 (0.96, 3.63)	1.70 (0.86, 3.38)	0.051
Model 2	1.00 (ref)	1.09 (0.55, 2.16)	0.94 (0.47, 1.92)	1.85 (0.94, 3.62)	1.72 (0.85, 3.45)	0.051
Model 3	1.00 (ref)	1.08 (0.54, 2.14)	0.95 (0.47, 1.94)	1.84 (0.93, 3.61)	1.72 (0.85, 3.46)	0.051

Data are n (%) or adjusted OR (95% CI). For prevalence, P_{trend} was from Cochran Mantel Haenzel analysis; for odds ratio, P_{trend} was from Wald chi-square test

Model 1: adjusted for age, body mass index, season, Model 2: adjusted for all variables in model 1 plus education (Elementary, Middle, High, College), regular exercise (yes/no), multivitamin supplement use (yes/no), Model 3: adjusted for all variables in model 2 plus total energy, fat, and calcium intake

Table 4. Adjusted odd ratios (ORs) and 95% confidence intervals (CIs) of having the metabolic syndrome by serum 25-hydroxyvitamin D quintiles among 1,005 postmenopausal women

	Quintiles of serum 25-hydroxyvitamin D concentration					P_{trend}
	1 (≤13.31)	2 (13.32–17.49)	3 (17.50–21.48)	4 (21.49–26.95)	5 (≥26.96)	
Metabolic syndrome						
Unadjusted prevalence	80 (39.8)	102 (50.8)	85 (442.3)	94 (46.8)	71 (35.3)	0.184
Model 1	1.00 (ref)	1.40 (0.89, 2.21)	0.91 (0.57, 1.45)	1.22 (0.77, 1.95)	0.70 (0.43, 1.15)	0.097
Model 2	1.00 (ref)	1.39 (0.88, 2.20)	0.93 (0.58, 1.48)	1.21 (0.75, 1.93)	0.73 (0.45, 1.20)	0.145
Model 3	1.00 (ref)	1.37 (0.86, 2.18)	0.94 (0.59, 1.51)	1.20 (0.75, 1.93)	0.72 (0.44, 1.19)	0.133
Components of the metabolic syndrome						
Hypertriglyceridemia						
Unadjusted prevalence	71 (35.3)	77 (38.3)	78 (38.8)	78 (38.8)	59 (29.4)	0.211
Model 1	1.00 (ref)	1.01 (0.66, 1.55)	1.08 (0.70, 1.67)	1.08 (0.70, 1.67)	0.71 (0.45, 1.13)	0.177
Model 2	1.00 (ref)	1.01 (0.66, 1.56)	1.10 (0.71, 1.71)	1.10 (0.71, 1.71)	0.74 (0.46, 1.18)	0.246
Model 3	1.00 (ref)	1.01 (0.66, 1.56)	1.13 (0.73, 1.76)	1.11 (0.72, 1.73)	0.74 (0.46, 1.18)	0.249
Low HDL cholesterol						
Unadjusted prevalence	122 (60.7)	134 (66.7)	126 (62.7)	127 (63.2)	113 (56.2)	0.209
Model 1	1.00 (ref)	1.20 (0.79, 1.83)	0.97 (0.64, 1.49)	1.01 (0.66, 1.54)	0.75 (0.49, 1.15)	0.100
Model 2	1.00 (ref)	1.17 (0.77, 1.80)	0.97 (0.63, 1.48)	0.97 (0.63, 1.49)	0.77 (0.50, 1.19)	0.001
Model 3	1.00 (ref)	1.18 (0.77, 1.82)	1.00 (0.65, 1.54)	1.00 (0.64, 1.54)	0.78 (0.50, 1.22)	0.029
High blood pressure						
Unadjusted prevalence	93 (46.3)	108 (53.7)	100 (49.8)	91 (45.3)	97 (48.3)	0.712
Model 1	1.00 (ref)	1.30 (0.84, 1.99)	1.09 (0.70, 1.68)	0.92 (0.60, 1.43)	1.07 (0.68, 1.67)	0.701
Model 2	1.00 (ref)	1.30 (0.85, 2.09)	1.10 (0.71, 1.70)	0.91 (1.59, 1.42)	1.08 (0.69, 1.70)	0.705
Model 3	1.00 (ref)	1.31 (0.84, 2.02)	1.14 (0.73, 1.78)	0.93 (0.59, 1.45)	1.08 (0.69, 1.71)	0.723
Hyperglycemia						
Unadjusted prevalence	73 (36.3)	82 (40.8)	80 (39.8)	79 (39.3)	64 (31.8)	0.267
Model 1	1.00 (ref)	1.10 (0.72, 1.68)	1.02 (0.67, 1.60)	1.04 (0.67, 1.60)	0.73 (0.47, 1.15)	0.142
Model 2	1.00 (ref)	1.08 (0.71, 1.65)	1.03 (0.67, 1.59)	1.04 (0.67, 1.60)	0.76 (0.48, 1.20)	0.211
Model 3	1.00 (ref)	1.08 (0.71, 1.66)	1.05 (0.68, 1.62)	1.04 (0.67, 1.62)	0.76 (0.48, 1.20)	0.208
Abdominal obesity						
Unadjusted prevalence	76 (37.8)	89 (44.3)	84 (41.8)	85 (42.3)	84 (41.8)	0.607
Model 1	1.00 (ref)	1.37 (0.75, 2.49)	1.22 (0.67, 2.25)	1.56 (0.85, 2.86)	2.00 (1.06, 3.76)	0.030
Model 2	1.00 (ref)	1.30 (0.71, 2.38)	1.20 (0.65, 2.24)	1.44 (0.77, 2.67)	2.06 (1.08, 3.94)	0.029
Model 3	1.00 (ref)	1.27 (0.69, 2.35)	1.13 (0.60, 2.12)	1.36 (0.73, 2.54)	1.94 (1.01, 3.74)	0.049

Data are n (%) or adjusted OR (95% CI). For prevalence, P_{trend} was from Cochran Mantel Haenzel analysis; for odds ratio, P_{trend} was from Wald chi-square test.
Model 1: adjusted for age, body mass index, season, Model 2: adjusted for all variables in model 1 plus education (Elementary, Middle, High, College), monthly drinking (yes/no), regular exercise (yes/no), multivitamin supplement use (yes/no), Model 3: adjusted for all variables in model 2 plus total energy, carbohydrate, and fat intake

0.009).

폐경 후 여성에서는 모델 1에서 혈청 25(OH)D의 최저 수준을 기준으로 최고 수준의 대사증후군에 대한 오즈비가 0.70 (95% 신뢰구간 0.43, 1.15)로 위험비가 낮게 나타났으나 통계적으로 유의한 차이는 없었다. 사회적, 일상생활, 식생활에 관련된 더 많은 혼란변수를 통제한 모델 2와 3에서도 오즈비는 각각 0.73 (95% 신뢰구간 0.45, 1.20), 0.72 (95% 신뢰구간 0.44, 1.19)로 위험비가 낮게 나타났으나 통계적인 유의성은 보이지 않았다. 5가지 대사증후군 관련 인자의 유병률에 대해서는 모델 1에서 최저 수준 대비 최고 수준에서 복부비만에 대한 오즈비가 2.00 (95% 신뢰구간 1.06, 3.76)로 위험비는 유의하게 높게 나타났으며, 혈청 25(OH)D 수준이 증가할수록 복부비만 위험비가 유의하게 증가하는 경향을 보였다 (P_{trend} = 0.030). 이러한 결과는 모델 2, 3에서도 비슷하게 나타났다. 저HDL콜레스테롤혈증에 대한 오즈비는 연령, BMI, 계절 외에 교육, 음주, 운동, 종합비타민 섭취를 통제한 모델 2, 그리고 모델 2에서 식생활 요인을 추가적으로 통제한 모델 3에서 각각 0.77 (95% 신뢰구간 0.50, 1.19) 및 0.78 (95% 신뢰구간 0.78 (95% 신뢰구간 0.50, 1.22)로 나타나 저HDL콜레스테롤혈증의 위험비는 낮았으나 통계적으로 유의하지는 않았다. 그러나 모델 2

와 3에서 혈청 25(OH)D가 증가할수록 저 HDL콜레스테롤혈증의 위험비는 유의하게 감소하는 경향이 나타났다 (P_{trend} = 0.001, 0.029).

고 찰

국민건강영양조사 자료를 사용하여 성인 여성의 폐경 여부에 따른 혈청 25(OH)D 수준을 분석하고, 대사증후군 및 관련 위험인자의 관계를 분석한 결과, 폐경 전후로 특징적인 양상이 도출되었다. 혈청 25(OH)D 수준은 폐경 후 여성보다 폐경 전 여성에게서 혈청 25(OH)D 수준이 유의적으로 낮은 것으로 나타났다. 다만 식품 및 식이보충제에 대한 비타민 D 함량 데이터베이스의 부재로 제4기 국민건강영양조사에서는 비타민 D 섭취 실태가 조사되지 못하였으므로 비타민 D 섭취에 따른 혈청 25(OH)D 수준의 관계는 분석할 수 없었다. 한편 Choi 등은 혈청 25(OH)D수준을 분석하여 한국인 비타민 D 영양상태를 연구하였는데, 특별히 젊은 인구집단에서 비타민 D부족이 더 빈번한 것은 하루 중 실내 활동 시간이 더 많음에 기인할 수 있음으로 보고한 바 있다.[22] 미국 Institute of Medicine (IOM)은 혈청 25(OH)D 수준을 비타민 D 영양섭취기준을 설정하는 지표로 정하고 50 nmol/L (20 ng/mL)을 97.5% 인구집단의 필요를 충족하는 기준으로, 40 nmol/L (16 ng/mL)을 50% 인구집단의 필요를 충족하는 기준으로, 그리고 30 nmol/L (12 ng/mL)을 결핍을 나타내지 않는 최저 기준으로 사용하였다.[23] 이에 따르면 한국인 폐경 전 여성의 22.5%, 폐경 후 여성의 14.4%가 비타민 D 결핍에 해당한다.

본 연구에서는 연구의 대상을 여성으로 제한하였으며, 생리적 대사가 뚜렷하게 변화하는 폐경기를 기준으로 대상자를 나누어서 혈청 25(OH)D 수준과 대사증후군의 관계를 비교하였다. 폐경 전 여성은 평균 BMI가 22.7 ± 3.3 kg/m^2, 허리둘레가 76.3 ±9.1 cm이었으며, 폐경 후 여성은 BMI는 24.3 ± 3.1 kg/m^2, 허리둘레는 83.1 ±8.9 cm이었다. 혈청 25(OH)D 수준과 대사증후군간의 관계에 대해서는 폐경 전후 여성에서 통계적으로 의미 있는 관계를 확인할 수 없었다. 또한 최저 혈청 25(OH)D 수준 대비 최고 수준인 군에서 대사증후군에 대한 위험이 약 30% 정도 낮은 것으로 나타났으나 통계적으로 유의한 상관관계는 보이지 않았다. 비타민 D 결핍과 대사증후군 발병률의 관계에 관심이 높아지면서, 혈청 25(OH)D 수준과 대사증후군의 관계를 연구한 결과들이 발표되고 있는데, 성인 남녀를 구분하지 않고 대상자로 한 경우가 대부분이다.[3,11,12,14-18,24] Lu 등은[12] 혈청 25(OH)D 수준과 대사증후군의 관계는 여성에 비해 남성에서 더 명확한 것으로 보고하였다. 이에 대한 기전을 정확히 밝히지는 못하였으나, 여성 호르몬이 지질대사에 유익하기 작용하기 때문일 것으로 고찰하였다. 혈청 25(OH)D 수준과 대사증후군간의 관계는 아직도 논란이 많은데, 대체로 음의 상관성을 보고하는 연구에서는 대상자들의 평균 BMI가 24 kg/m^2 이상으로 높고 혈청 25(OH)D 수준도 평균 28 ng/mL 정도로 높은 편이었다.[3,25-27] 즉, 비만도가 높고 비타민 D 영양의 충실도가 높은 서양인들에게서는 혈청 25(OH)D와 대사증후군의 유발율 간에 명확한 음의 상관관계를 관찰할 수 있지만, 본 연구의 대상자인 폐경 전 여성들은 대체로 비만도가 낮고 혈청 25(OH)D의 수준도 낮기 때문에 유의한 상관성을 관찰하기 어려운 것으로 사료된다. 유사한 관점으로, 폐경 후 여성들은 비교적 BMI 수준이 높으나 혈청 25(OH)D 수준이 서양인들보다 낮은 편이기 때문에 혈청 25(OH)D 수준 증가에 따른 대사증후군의 유병률 감소의 경향만을 확인할 수 있었던 것으로 설명할 수 있다.

대사증후군의 주요 기전으로 인슐린 저항성을 들 수 있다. 본 연구에서는 폐경 후 여성의 경우 혈청 25(OH)D 수준이 높을수록 인슐린 저항성이 낮아지는 것으로 나타났다. 이 결과는 50~70 세의 중국 성인 남녀에서 혈장 25(OH)D에 따라 인슐린 저항성이 유의하게 감소한 것으로 보고한 Lu 등[12]의 연구와 유사한 결과이다. 이는 비타민 D가 인슐린 수용기의 발현을 촉진시키거나 또는 칼슘의 유입으로 시작되는 세포내 인슐린 반응을 촉진함으로써 인슐린 저항성이 낮아지는 것으로 설명할 수 있다.[28] 그러나 폐경 전 여성에서는 혈청 25(OH)D 수준에 따른 당대사의 차이를 확인할 수 없었다.

여러 연구들에서 혈청 25(OH)D 수준은 복부 비만,[3,14] 고중성지방혈증,[3,14] 고혈당,[3] 저HDL콜레스테롤혈증,[29] 고혈압[3,14]의 위험과 음의 상관성을 나타남을 보고하고 있다. 그러나, 아무런 상관성이 나타나지 않는 것으로 보고한 연구들도 있다.[15-17] 본 연구에서는 혈청 25(OH)D 수준이 높아질수록 폐경 전 여성에서 고중성지방혈증과 저HDL콜레스테롤혈증의 발생 위험은 유의하게 낮은 것으로 나타났으며, 폐경 후 여성에서는 저HDL콜레스테롤증의 발생 위험은 낮은 경향이 있음을 확인할 수 있었다. 이와 반대로 복부비만의 위험은 폐경 후 여성에서 혈청 25(OH)D 수준이 높아질수록 증가하는 것으로 나타났다.

본 연구에 사용된 국민건강영양조사는 단면적 조사이므로 유병관련 요인에 대한 분석의 중요성이 낮게 평가될 수도 있지만, 향후 전향적 연구의 기초자료로 활용될 수 있다. 이제까지 비타민 D는 피부에서 합성이 가능하다는 독특함 때문에 강화식품이나 식이보충제를 통한 섭취를 제안하지 않고 있었다. 그러나, 최근의 실내에서 생활하는 인구집단이 늘고 있고, 피부암 우려로 인하여 자외선차단제나 모자, 긴팔 등을 입는 습관은 피부의 비타민 D 합성을 억제하고 부족증을 나타낼 수

있다. 비타민 D 결핍의 문제가 점차 중요하게 인식되고 있음에 따라, 향후 식사를 통한 비타민 D 섭취가 얼마나 혈액으로 반영되는지를 확인하기 위해 우리나라 상용식품 및 식이보충제의 비타민 D 함량 데이터베이스를 확대 구축할 필요가 있다. 아울러 충분한 비타민 D 섭취로 대사증후군의 위험을 감소시킬 수 있는 지를 직접 확인하기 위해서는 중재연구를 수행할 필요가 있는 것으로 판단된다.

요약 및 결론

본 연구는 2008년 국민건강영양조사를 이용하여 성인 여성을 폐경 여부에 따라 두 군으로 분류한 후 혈청 비타민 D 수준인 25(OH)D와 대사증후군 및 대사증후군 관련 위험요인 (고중성지방혈증, 저HDL콜레스테롤혈증, 고혈압, 고혈당, 복부 비만)의 관계를 분석하고자 하였으며, 그 결과는 다음과 같이 요약할 수 있다.

1) 평균 혈청 25(OH)D 수준은 폐경 전 여성이 17.16 ± 6.28 ng/mL, 폐경 후 여성은 20.20 ± 7.69 ng/mL이었고, 혈청 25(OH)D < 12 mg/mL를 결핍으로 판정할 때 폐경 전 여성의 22.5%, 폐경 후 여성의 14.4%가 비타민 D 부족으로 나타났다.

2) 대사증후군 유병률은 폐경 전 여성이 11.2%, 폐경 후 여성이 43.0%로 나타났다.

3) 폐경 전 여성에서는 혈청 25(OH)D 수준과 대사증후군 간에 의미 있는 관계가 나타나지 않았으나, 혈중 25(OH)D 수준이 높아질수록 고중성지방혈증과 저HDL콜레스테롤혈증의 발생 위험은 유의하게 감소하였다.

4) 폐경 후 여성에서는 통계적으로 유의하지는 않으나 혈청 25(OH)D 수준이 증가할수록 저HDL콜레스테롤혈증의 발생 위험이 감소하는 경향을 나타냈다.

본 연구의 결과를 통해 폐경 전후 여성에서 비만도 및 비타민 D 영양의 충실도가 낮아 혈청 25(OH)D 수준이 높을 때, 대사증후군의 위험비는 낮았으나 통계적으로 유의미하지는 않은 것으로 나타났다. 따라서 실제로 비타민 D의 섭취를 증가시켰을 때 대사증후군의 위험이 감소되는지의 인과관계를 확인하고 적절한 섭취수준을 결정하기 위해 중재시험이 필요할 것이다. 또한 비타민 D를 충분히 공급하기 위한 올바른 식이섭취가이드를 제공하고 비타민 D 강화 등 영양정책과 사업도 실시되어야 할 것이다.

Literature cited

1) Expert Panel on Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood Cholesterol in Adults. Executive Summary of The Third Report of The National Cholesterol Education Program (NCEP) Expert Panel on Detection, Evaluation, And Treatment of High Blood Cholesterol In Adults (Adult Treatment Panel III). *JAMA* 2001; 285(19): 2486-2497
2) Wilson PW, D'Agostino RB, Parise H, Sullivan L, Meigs JB. Metabolic syndrome as a precursor of cardiovascular disease and type 2 diabetes mellitus. *Circulation* 2005; 112(20): 3066-3072
3) Ford ES, Ajani UA, McGuire LC, Liu S. Concentrations of serum vitamin D and the metabolic syndrome among U.S. adults. *Diabetes Care* 2005; 28(5): 1228-1230
4) Bong HY, Kim JY, Jeong HI, Moon MS, Kim J, Kwon O. Effects of corn gluten hydrolyzates, branched chain amino acids, and leucine on body weight reduction in obese rats induced by a high fat diet. *Nutr Res Pract* 2010; 4(2): 106-113
5) Kannel WB, Hjortland MC, McNamara PM, Gordon T. Menopause and risk of cardiovascular disease: the Framingham study. *Ann Intern Med* 1976; 85(4): 447-452
6) Kim HM, Park J, Ryu SY, Kim J. The effect of menopause on the metabolic syndrome among Korean women: the Korean National Health and Nutrition Examination Survey, 2001. *Diabetes Care* 2007; 30(3): 701-706
7) Zivkovic TB, Vuksanovic M, Jelic MA, Stojanovic J, Buric B, Jojic B, Milic N, Vujovic S. Obesity and metabolic syndrome during the menopause transition in Serbian women. *Climacteric* 2011; 14(6): 643-648
8) Pandey S, Srinivas M, Agashe S, Joshi J, Galvankar P, Prakasam CP, Vaidya R. Menopause and metabolic syndrome: A study of 498 urban women from western India. *J Midlife Health* 2010; 1(2): 63-69
9) Holick MF. Vitamin D deficiency. *N Engl J Med* 2007; 357(3): 266-281
10) Forouhi NG, Luan J, Cooper A, Boucher BJ, Wareham NJ. Baseline serum 25-hydroxy vitamin d is predictive of future glycemic status and insulin resistance: the Medical Research Council Ely Prospective Study 1990-2000. *Diabetes* 2008; 57(10): 2619-2625
11) Ford ES, Zhao G, Li C, Pearson WS. Serum concentrations of vitamin D and parathyroid hormone and prevalent metabolic syndrome among adults in the United States. *J Diabetes* 2009; 1(4): 296-303
12) Lu L, Yu Z, Pan A, Hu FB, Franco OH, Li H, Li X, Yang X, Chen Y, Lin X. Plasma 25-hydroxyvitamin D concentration and metabolic syndrome among middle-aged and elderly Chinese individuals. *Diabetes Care* 2009; 32(7): 1278-1283
13) Choi HS, Kim KA, Lim CY, Rhee SY, Hwang YC, Kim KM, Kim KJ, Rhee Y, Lim SK. Low serum vitamin D is associated with high risk of diabetes in Korean adults. *J Nutr* 2011; 141(8): 1524-1528
14) Kim MK, Il Kang M, Won Oh K, Kwon HS, Lee JH, Lee WC, Yoon KH, Son HY. The association of serum vitamin D level with presence of metabolic syndrome and hypertension in middle-aged Korean subjects. *Clin Endocrinol (Oxf)* 2010; 73(3): 330-338
15) Khader YS, Batieha A, Jaddou H, Batieha Z, El-Khateeb M, Ajlouni K. Relationship between 25-hydroxyvitamin D and metabolic syndrome among Jordanian adults. *Nutr Res Pract* 2011; 5(2): 132-139
16) Rueda S, Fernández-Fernández C, Romero F, Martínez de Osaba J, Vidal J. Vitamin D, PTH, and the metabolic syndrome in severely obese subjects. *Obes Surg* 2008; 18(2): 151-154
17) Hjelmesaeth J, Hofsø D, Aasheim ET, Jenssen T, Moan J, Hager H, Røislien J, Bollerslev J. Parathyroid hormone, but not vitamin D, is associated with the metabolic syndrome in morbidly obese women and men: a cross-sectional study. *Cardiovasc Diabetol* 2009; 8: 7

18) Snijder MB, Lips P, Seidell JC, Visser M, Deeg DJ, Dekker JM, van Dam RM. Vitamin D status and parathyroid hormone levels in relation to blood pressure: a population-based study in older men and women. *J Intern Med* 2007; 261(6): 558-565
19) Grundy SM, Brewer HB Jr, Cleeman JI, Smith SC Jr, Lenfant C; American Heart Association; National Heart, Lung, and Blood Institute. Definition of metabolic syndrome: Report of the National Heart, Lung, and Blood Institute/American Heart Association conference on scientific issues related to definition. *Circulation* 2004; 109(3): 433-438
20) Grundy SM, Cleeman JI, Daniels SR, Donato KA, Eckel RH, Franklin BA, Gordon DJ, Krauss RM, Savage PJ, Smith SC Jr, Spertus JA, Costa F; American Heart Association; National Heart, Lung, and Blood Institute. Diagnosis and management of the metabolic syndrome: an American Heart Association/National Heart, Lung, and Blood Institute Scientific Statement. *Circulation* 2005; 112(17): 2735-2752
21) Lee SY, Park HS, Kim DJ, Han JH, Kim SM, Cho GJ, Kim DY, Kwon HS, Kim SR, Lee CB, Oh SJ, Park CY, Yoo HJ. Appropriate waist circumference cutoff points for central obesity in Korean adults. *Diabetes Res Clin Pract* 2007; 75(1): 72-80
22) Choi HS, Oh HJ, Choi H, Choi WH, Kim JG, Kim KM, Kim KJ, Rhee Y, Lim SK. 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
23) Kim HW, Kwon MK, Kim NS, Reame NE. Intake of dietary soy isoflavones in relation to perimenstrual symptoms of Korean women living in the USA. *Nurs Health Sci* 2006; 8(2): 108-113
24) Devaraj S, Jialal G, Cook T, Siegel D, Jialal I. Low vitamin D levels in Northern American adults with the metabolic syndrome. *Horm Metab Res* 2011; 43(1): 72-74
25) Botella-Carretero JI, Alvarez-Blasco F, Villafruela JJ, Balsa JA, Vázquez C, Escobar-Morreale HF. Vitamin D deficiency is associated with the metabolic syndrome in morbid obesity. *Clin Nutr* 2007; 26(5): 573-580
26) Hyppönen E, Boucher BJ, Berry DJ, Power C. 25-hydroxyvitamin D, IGF-1, and metabolic syndrome at 45 years of age: a cross-sectional study in the 1958 British Birth Cohort. *Diabetes* 2008; 57(2): 298-305
27) Chonchol M, Scragg R. 25-Hydroxyvitamin D, insulin resistance, and kidney function in the Third National Health and Nutrition Examination Survey. *Kidney Int* 2007; 71(2): 134-139
28) 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 Endocrinol Metab* 2007; 92(6): 2017-2029
29) Oosterwerff MM, Eekhoff EM, Heymans MW, Lips P, van Schoor NM. Serum 25-hydroxyvitamin D levels and the metabolic syndrome in older persons: a population-based study. *Clin Endocrinol (Oxf)* 2011; 75(5): 608-613