

한국인에서 비타민 D: 성별, 연령, 거주지, 계절에 따른 상태 및 결핍의 유병률

Vitamin D Levels and Prevalence of Vitamin D Deficiency Associated with Sex, Age, Region, and Season in Koreans

나은희¹ · 김수영² · 조한익³Eun Hee Nah, M.D.¹, Suyoung Kim², Han-Ik Cho, M.D.³한국건강관리협회 진단검사의학과¹, 한국건강관리협회 건강증진연구소², 한국건강관리협회³Department of Laboratory Medicine¹, Korea Association of Health Promotion, Seoul; Health Promotion Research Institute², Korea Association of Health Promotion, Seoul; Korea Association of Health Promotion³, Seoul, Korea

Background: Although many studies on vitamin D have been conducted, they have not been consistent regarding the method of measurement, the individuals investigated, and the season of blood sampling. Thus, this study was performed to investigate 25-hydroxy vitamin D [25(OH)D] levels and the prevalence of 25(OH)D deficiency by age, region, and season using the standard method for vitamin D measurement.

Methods: A total of 17,252 health examinees (9,180 men and 8,072 women) who were administered the vitamin D test at 16 health promotion centers in 13 cities in Korea from January to December 2013 were selected for this study. Measurements of 25(OH)D₂ and 25(OH)D₃ were performed by liquid chromatography-tandem mass spectrometry (LC-MS/MS) using the MSMS Vitamin D Kit.

Results: The levels of 25(OH)D were significantly lower among women than men. The median 25(OH)D value was lowest among men and women in their 20s when compared to other age groups. We observed the lowest levels in January and February and the highest levels in August, September, and October. The prevalence of 25(OH)D deficiency (having levels of <10 ng/mL) was significantly higher among women than men. When different age groups were analyzed, the highest rates of 25(OH)D deficiency were found in their 20s, and prevalence decreased with age (up to an age of 60 years). Lastly, the prevalence of 25(OH)D deficiency was highest in Seoul and the Gyeonggi area when compared to other regions.

Conclusions: Level of 25(OH)D and the prevalence of 25(OH)D deficiency differed by sex, age, month (season), and region.

Key Words: 25-hydroxyvitamin D, Vitamin D deficiency, Tandem mass spectrometry

서론

비타민 D는 칼슘의 항상성 유지와 뼈와 무기질 대사에 필수적이다. 비타민 D가 충분치 않을 때는 골다공증과 골절의 위험이 증가되며, 비타민 D의 결핍은 소아에서는 구루병, 성인에서는 골연

화증을 초래할 수 있다[1-4]. 최근의 연구결과, 비타민 D의 부족은 뼈 대사뿐 아니라, 당뇨병[5, 6]이나 암[7, 8], 심혈관질환[9-10], 자가면역질환[11, 12], 결핵 등의 감염질환[13]의 발생과도 관련이 있음이 밝혀졌다.

사람에서 비타민 D는 비타민 D₂(에르고칼시페롤)와 비타민 D₃(콜레칼시페롤), 두 형태로 존재한다. 비타민 D₂는 주로 식물에서 합성되고, 비타민 D₃는 주로 자외선 B에 노출되었을 때 피부에서 합성된다. 체내에서 비타민 D는 비타민 D 결합단백질과 결합하여 간으로 이동되고, 수산화되어 25-hydroxyvitamin D [25(OH)D]가 된다. 25-hydroxyvitamin D [25(OH)D]는 체내의 비타민 D 상태를 가장 잘 반영하는 표지자이며, 신장에서 활성형인 1 α , 25-dihydroxyvitamin D [1 α , 25(OH)₂D]로 된다[14]. 도시화된 사회의 현대인들은 실내에서 활동하는 직업을 갖는 경우가 많고, 실내 중심의 생활 양식으로 인하여 비타민 D의 합성에 필수적인 자외선에 노출될 기회가 적다. 비타민 D 결핍은 인종, 연령, 거주 지역, 질병 상

Corresponding author: Eun Hee Nah

Department of Laboratory Medicine, Korea Association of Health Promotion, 335 Hwagok-ro, Gangseo-gu, Seoul 157-704, Korea
Tel: +82-2-2600-2000, Fax: +82-2-2696-4500, E-mail: cellonah@hanmail.net

Received: April 16, 2014

Revision received: June 19, 2014

Accepted: July 10, 2014

This article is available from <http://www.labmedonline.org>

© 2015, Laboratory Medicine Online

© 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.

태나 문화에 따라 다양한 집단에서 높은 비율로 보고되고 있다 [15]. 우리나라의 국민건강영양조사에서도 비타민 D가 충분한 경우(30 ng/mL 이상)가 남, 여 각각 13.2%, 6.7%뿐으로 대부분은 결핍 또는 부족 상태이다[16]. 미국의 국민건강영양조사(NHANES)에서도 비타민 D 부족(30 ng/mL 미만)의 비율이 1988-1994년의 69%에서 2001-2006년에는 76%로 증가하였다[17].

사람에서 혈중 비타민 D 농도는 의복이나 일광조사 등의 생활 양식이나 비타민 D 강화식품 섭취 유무, 계절이나 환경 등의 영향을 받을 뿐만 아니라, 혈중 비타민 D를 측정하는 방법에 따라 서로 다른 결과가 나올 수 있으므로, 비타민 D 상태에 대한 보고들에 일관성이 없다. 그러므로 본 연구에서는 한국의 전 지역의 20세 이상 성인 건강검진자들을 대상으로, 표준검사법으로 알려진 LC-Tandem mass spectrometry (LC-MS/MS)를 이용하여 25(OH)D₂와 25(OH)D₃를 측정하여, 1월부터 12월까지 연중 한국인의 비타민 D의 혈중 농도와 비타민 D 결핍의 유병률을 알아보고자 하였다.

대상 및 방법

1. 대상

2013년 1월부터 12월까지 건강검진을 목적으로 전국 13개 도시의 16개 검진센터를 내원한 검진자 중 혈청 비타민 D 검사를 한 17,252명(남, 9,180명; 여, 8,072명)을 대상으로 하였다. 이 연구는 연구윤리심의위원회의 승인에 따라 진행되었다.

2. 비타민 D 측정

10시간 공복 후 채혈한 혈액을 혈청 분리하여 냉장 상태로 대전의 한 검사실로 수송하여, 비타민 D를 분석하였다. ACQUITY TQD (Waters, Milford, MA, USA)에서 MSMS Vitamin D Kit (PerkinElmer, Wallac Oy, Turku, Finland)를 이용하여 25(OH)D₂, 25(OH)D₃을 측정하였고, 용매 추출과 제단백 과정을 사용한 유도 체화가 포함된 검사방법(derivatized assay)을 이용하였다. Kit에 포함된 내부표준물질(internal standard)과 4.7, 9.4, 18.8, 37.5, 75, 150 ng/mL 농도의 Calibrator를 사용하여 제조사의 지시에 따라 검사하였고, 측정된 자료의 분석은 QuanLynx 4.0 소프트웨어 프로그램을 이용하였다.

3. 통계분석

25(OH)D₂, 25(OH)D₃ 및 총 total 25(OH)D치의 성별에 따른 차이의 분석은 독립표본 T-검정(Student's *t* test)을 하였고, 대상자들의 연령대별 및 계절별 평균 25(OH)D₂, 25(OH)D₃ 및 총 total 25(OH)D 차이는 일원분산분석을 하였다. Total 25(OH)D 중위수의 연령대별 및 검체 채취월에 따른 차이를 알기 위해 Kruskal Wallis 검정을 하였다. 비타민 D 결핍의 성별, 연령대, 지역에 따른 유병률의 차이를 알기 위해 교차분석(χ^2 test)을 하였다. 통계 프로그램은 SPSS version 12.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하였고, $P < 0.05$ 를 통계적으로 유의한 것으로 하였다.

Table 1. The 25-hydroxy vitamin D₂ [25(OH)D₂], 25-hydroxy vitamin D₃ [25(OH)D₃], and total 25-hydroxy vitamin D [25(OH)D] levels

	25(OH)D ₂ (ng/mL)	25(OH)D ₃ (ng/mL)	Total 25(OH)D (ng/mL)	P value
Sex				<0.001
Male (N=9,180)	0.6 ± 1.2	21.5 ± 8.4	21.9 ± 8.5	
Female (N=8,072)	0.7 ± 1.3	18.6 ± 8.7	19.2 ± 8.9	
Age (yr)				<0.001
20-29 (N=260)	0.6 ± 0.8	16.4 ± 8.2	16.8 ± 8.1	
30-39 (N=2,056)	0.6 ± 0.8	18.2 ± 7.8	18.7 ± 7.9*	
40-49 (N=4,096)	0.6 ± 1.0	19.5 ± 8.3	19.9 ± 8.3*	
50-59 (N=6,401)	0.7 ± 1.2	20.7 ± 8.6	21.2 ± 8.7*	
60-69 (N=3,585)	0.8 ± 1.6	21.2 ± 9.2	21.8 ± 9.3*	
≥ 70 (N=854)	0.8 ± 1.6	20.6 ± 10.1	21.2 ± 10.1*	
Month				<0.001
Dec-Feb (N=4,074)	0.7 ± 1.2	16.3 ± 7.3	16.9 ± 7.5	
Mar-May (N=4,357)	0.7 ± 1.2	17.0 ± 7.6	17.6 ± 7.6 [†]	
Jun-Aug (N=4,747)	0.6 ± 1.4	23.0 ± 8.3	23.6 ± 8.4 [†]	
Sep-Nov (N=4,074)	0.7 ± 1.1	23.8 ± 8.8	24.3 ± 8.8 [†]	
Total (N=17,252)	0.7 ± 1.2	20.1 ± 8.7	20.6 ± 8.8	-

Values are shown as means ± standard deviations.

The P value was derived from the Student *t*-test and one-way ANOVA.

* $P < 0.001$ derived from posthoc comparisons (Dunnett's test) between the 20-29 years age group and the other age groups; [†] $P < 0.001$ derived from posthoc comparisons (Dunnett's test) between the Dec - Feb group and the other months groups.

결 과

1. 성별에 따른 혈중 25(OH)D 농도

비타민 D의 혈중 농도는 성별에 따라 차이가 있었다. 즉, 남성에서의 25(OH)D₂, 25(OH)D₃, total 25(OH)D의 혈중 농도는 각각 0.64 ± 1.2 ng/mL, 21.5 ± 8.4 ng/mL, 21.9 ± 8.5 ng/mL, 여성에서는 각각 0.7 ± 1.3 ng/mL, 18.6 ± 8.7 ng/mL, 19.2 ± 8.9 ng/mL로, 25(OH)D₃와 total 25(OH)D는 남성에서 유의하게 더 높았다($P < 0.001$) (Table 1). 그러나 25(OH)D₂ 혈중 농도의 유의한 남녀차이가 없었다.

2. 연령대에 따른 혈중 25(OH)D 농도의 분포

비타민 D의 혈중 농도는 남녀 모두 연령대에 따라 차이가 있었다. 즉, 연령대에 따른 total 25(OH)D의 혈중 농도는 20대에 16.8 ± 8.1 ng/mL로 가장 낮고 연령대가 증가할수록 증가하였다 ($P < 0.001$) (Table 1). 20대, 30대, 40대, 50대, 60대, 70세 이상에서의 남성의 연령대별 total 25(OH)D의 중위수(25백분위수-75백분위수)는 각각 17.1 (11.6-22.0) ng/mL, 18.5 (13.8-24.0) ng/mL, 20.7 (15.5-26.3) ng/mL, 21.9 (16.6-27.8) ng/mL, 21.3 (16.1-28.6) ng/mL, 21.6 (14.9-28.2) ng/mL로 통계적으로 유의한 차이가 있었고($P < 0.001$), 여성에서도 각각 14.3 (10.3-18.8) ng/mL, 15.6 (11.6-21.6) ng/mL, 16.0 (11.7-22.3) ng/mL, 17.9 (13.2-24.7) ng/mL, 19.1 (13.5-26.7) ng/mL, 17.1 (12.3-25.8) ng/mL로 유의한 차이가 있었다. 25(OH)D의 중위수는 20대에서 가장 낮았으며, 남성에서는 60세 이전까지, 여성에서는 70세 이전까지 연령대가 증가할수록 증가하였다($P < 0.001$) (Fig. 1).

3. 혈액 채취월에 따른 혈중 25(OH)D 농도

비타민 D의 혈중 농도는 혈액 채취월에 따라 차이가 있었다. 즉, 혈액 채취월별 total 25(OH)D의 혈중 농도는 9-11월에 24.3 ± 8.8 ng/mL로 가장 높고, 6-8월, 3-5월, 12-1월 순으로 낮아졌다($P < 0.001$) (Table 1). 1월부터 12월까지의 혈액 채취월에 따라 25(OH)D의 중위수(25백분위수-75백분위수)는 각각 14.5 (11.1-19.1) ng/mL, 14.0 (10.7-18.6) ng/mL, 15.1 (11.3-20.1) ng/mL, 15.9 (11.9-21.3) ng/mL, 17.6 (13.2-22.8) ng/mL, 20.3 (15.4-25.9) ng/mL, 22.4 (17.4-28.1) ng/mL, 25.0 (19.9-30.8) ng/mL, 26.4 (20.9-32.1) ng/mL, 24.3 (18.6-31.0) ng/mL, 20.2 (15.1-25.9) ng/mL, 16.8 (12.7-22.0) ng/mL였고, 통계학적으로 유의하게 차이가 있었다($P < 0.001$) (Fig. 2).

4. 성별, 연령대별, 지역에 따른 비타민 D 결핍, 부족의 비율

Total 25(OH)D 농도가 10 ng/mL 미만인 경우를 결핍으로, 30 ng/mL 이상인 경우를 충분으로, 그 사이의 농도를 부족으로 구분하였다.

비타민 D 결핍 비율은 남성에서 4.7%, 여성에서 11.8%로, 여성에서 2배 이상 더 높았다($P < 0.001$) (Table 2). 연령대별 비타민 D 결핍 비율은 남녀 모두에서 20대에 가장 높았고(남성 17.0%, 여성 23.2%), 연령대가 증가할수록 비타민 D 결핍 비율은 감소하여 50대에 남녀 각각 2.8%, 9.6%로 가장 낮았다($P < 0.001$) (Table 2). 20대 여성에서 3.2%로 가장 낮았고, 70세 이상 남성에서 21.5%로 가장 높았다. 비타민 D가 충분한 비율은 남성에서 17.1%, 여성에서 12.0%였다.

지역에 따른 비타민 D 결핍 비율은 서울, 경기지역이 높았으며,

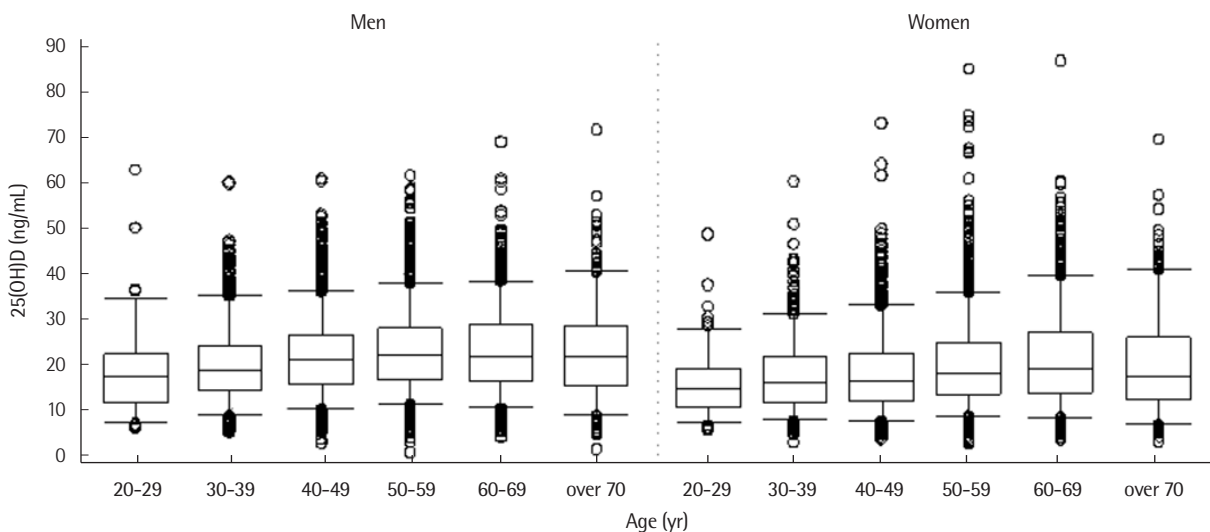


Fig. 1. Distribution of serum 25-hydroxy vitamin D [25(OH)D] levels by age groups (men and women). The bottom and top horizontal lines of the box represent the 25th and 75th percentiles, respectively. The band near the middle of the box represents the median value, and the horizontal lines represent the 5th and 95th percentiles. Kruskal-Wallis test, $P < 0.001$.

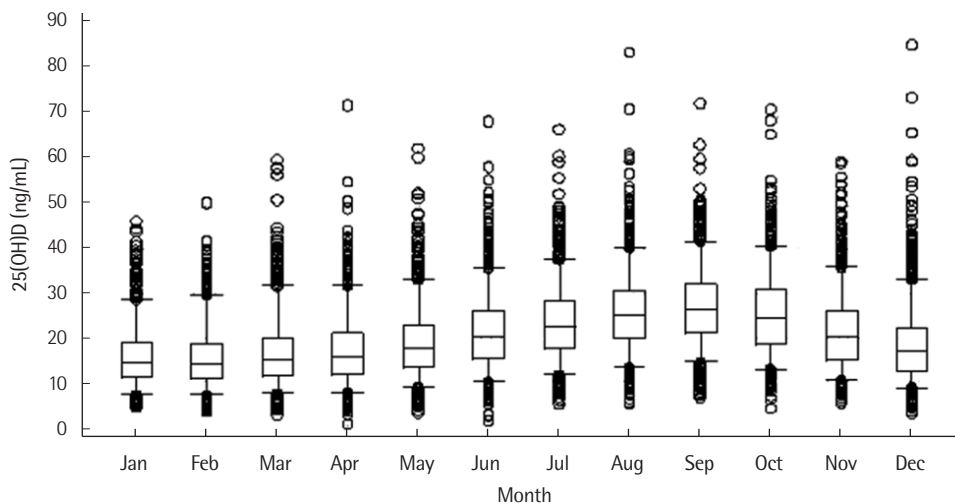


Fig. 2. Distribution of serum 25-hydroxy vitamin D [25(OH)D] levels by month of examination. The bottom and top horizontal lines of the box represent the 25th and 75th percentiles, respectively. The band near the middle of the box represents the median value, and the horizontal lines represent the 5th and 95th percentiles. Kruskal-Wallis test, $P < 0.001$.

Table 2. Prevalence of 25-hydroxy vitamin D [25(OH)D] deficiency, insufficiency, and sufficiency among the study participants by age groups

	Total 25(OH)D levels (ng/mL)				P value*
	< 10 N (%)	10 ≤ Vit D < 20 N (%)	20 ≤ Vit D < 30 N (%)	30 ≤ Vit D < 100 N (%)	
Men age groups (yr)					<0.001
20-29	23 (17.0)	68 (50.4)	29 (21.5)	15 (11.1)	
30-39	101 (8.3)	578 (47.3)	409 (33.5)	134 (11.0)	
40-49	104 (4.3)	1,012 (42.1)	936 (39.0)	350 (14.6)	
50-59	87 (2.8)	1,208 (38.4)	1,256 (40.0)	593 (18.9)	
60-69	83 (4.5)	714 (38.9)	656 (35.8)	382 (20.8)	
≥ 70	30 (6.8)	167 (37.8)	150 (33.9)	95 (21.5)	
Total	428 (4.7)	3,747 (40.8)	3,436 (37.4)	1,569 (17.1)	
Women age groups (yr)					<0.001
20-29	29 (23.2)	70 (56.0)	22 (17.6)	4 (3.2)	
30-39	118 (14.2)	447 (53.6)	223 (26.7)	46 (5.5)	
40-49	264 (15.6)	868 (51.2)	440 (26.0)	122 (7.2)	
50-59	313 (9.6)	1,589 (48.8)	932 (28.6)	423 (13.0)	
60-69	173 (9.9)	758 (43.3)	500 (28.6)	319 (18.2)	
≥ 70	59 (14.3)	192 (46.6)	110 (26.7)	51 (12.4)	
Total	956 (11.8)	3,924 (48.6)	2,227 (27.6)	965 (12.0)	

*P value derived from the Chi-square test.

부산, 울산, 창원, 제주지역이 낮았다(Fig. 3).

고찰

한국은 비타민 D 결핍 또는 부족이 많은 국가 중의 하나이다. 25(OH)D의 평균농도가 미국인을 대상으로 한 국민건강영양조사(National Health and Nutrition Examination Survey, NHANES) [17]에서 22.08 ng/mL, 캐나다의 건강조사(Canadian Health Mea-

sures Survey, CHMS)[18]에서 27.08 ng/mL인 것과 비교할 때, 한국인을 대상으로 한 본 연구에서 평균 25(OH)D 농도는 20.55 ng/mL로 더 낮았다. 특히, 남녀로 구분하여 비교할 때, 캐나다 남성의 25(OH)D가 26.28 ng/mL, 여성의 25(OH)D가 27.88 ng/mL인 반면, 우리나라의 경우 남녀 각각 21.9 ng/mL, 19.2 ng/mL로 여성에서 현저히 더 낮았다. 2010년 우리나라의 국민건강영양조사에서 10세 이상 한국인의 혈청 25(OH)D의 평균농도는, 남성에서 19.58 ng/mL, 여성에서 17.18 ng/mL로, 20세 이상을 대상으로 한 본 연구결

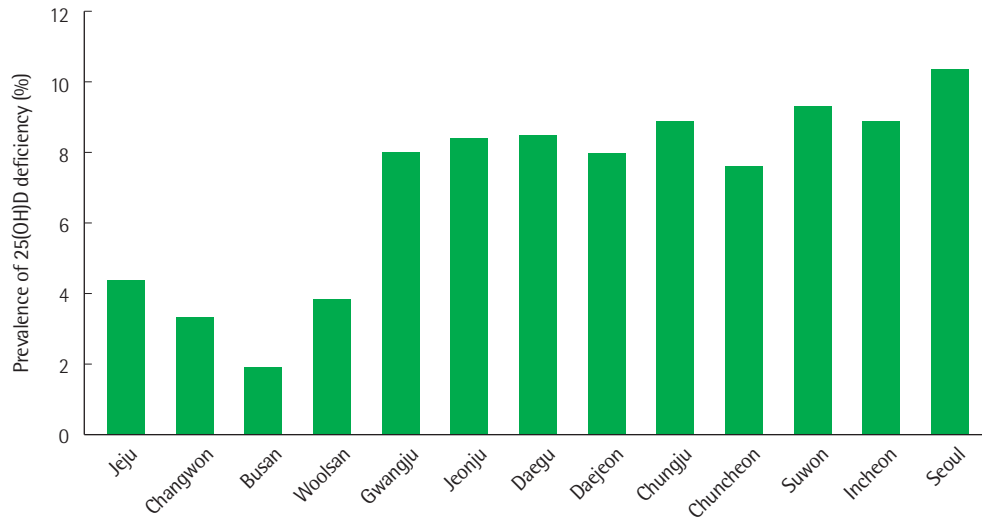


Fig. 3. Prevalence of serum 25-hydroxyvitamin D [25(OH)D] deficiency according to city.

과보다 약간 낮았다[16]. 이는 국민영양조사의 대상자에 혈중 25(OH)D가 낮은 10대가 많이 포함되었기 때문으로 생각된다. 또 다른 이유는 혈중 비타민 D 측정방법의 차이를 들 수 있다. 즉, 국민건강영양조사에서 25(OH)D 농도의 측정에 사용된 방법인 RIA (DiaSorin)는 면역학적 분석법으로, 본 연구에서 사용된 LC-MS/MS와는 다른 방법이었다. LC-MS/MS 측정법은 비타민 D 대사산물의 측정에 있어서 비타민 D₂와 비타민 D₃를 구별하여 동시에 측정할 수 있으며, 민감도와 특이도가 RIA보다 높다. DiaSorin RIA는 LC-MS/MS와 비교할 때 농도가 높아질수록 낮게 측정되는 비례적인 오차를 보인다. 25(OH)D의 측정방법들의 비교 연구[19]에서, LC-MS/MS와 면역학적 분석법 사이에는 결과값의 차이가 있어서, DiaSorin RIA로 측정했을 때 LC-MS/MS보다 더 낮게 측정되었다. 따라서 25(OH)D가 20 ng/mL 이하인 비타민 D 부족의 비율에도 차이가 있어서, DiaSorin RIA로 측정했을 때가 LC-MS/MS로 측정했을 때보다 비타민 D 부족의 비율이 더 높게 나왔다.

본 연구에서 한국인의 혈중 비타민 D 농도는 성별, 연령, 혈액 채취월 및 지역에 따라 차이가 있었다. 우선, 성별에 따른 차이를 보면, 여성의 혈중 비타민 D 농도가 더 낮았다. 44개국에서 시행된 비타민 D 혈중 농도의 메타분석[20]에서 성별에 따른 차이는 없었지만, 나라를 묶어 지역으로 구분한 분석에서는 아시아/태평양 지역과 중동/아프리카 지역에서는 여성에서 25(OH)D가 더 낮게 보고되었다. 이는 문화적인 차이에 의한 것으로, 예를 들면, 이 지역의 여성들은 히잡을 착용하거나 몸의 노출을 피하는 의복을 선호하기 때문에 피부에서의 비타민 D 합성이 저해된 결과라고 하였다[21]. 골 건강을 위한 비타민 D의 적정수준은 부갑상선호르몬을 최소한으로, 칼슘흡수를 최대한으로 하는 범위에서 결정된다. 혈청 25(OH)D와 부갑상선호르몬은 반비례를 보이다가 어느 수준

이상에서는 혈청 25(OH)D가 증가하여도 부갑상선호르몬이 더 이상 감소하지 않게 된다. 이 임계 농도는 대부분의 연구에서 20 ng/mL에서 30 ng/mL 사이를 제시하고 있다[22]. 적정 혈청 25(OH)D에 대한 일치된 기준은 없지만, 세계보건기구에서는 25(OH)D 농도가 10 ng/mL 이하인 경우를 결핍, 20 ng/mL 이하인 경우를 부족으로 정의하였고[23], Bischoff-Ferrari 등[24]은 적정 혈청 25(OH)D 농도는 30 ng/mL 이상이라 하였다. 국내에 일치된 적정 비타민 D에 대한 기준은 제시되어 있지 않고, 혈청 25(OH)D가 10 ng/mL 미만인 경우를 결핍, 30 ng/mL 이상인 경우를 충분, 그 사이를 부족으로 정의되어 사용되고 있는 경우가 많다. 본 연구에서도 이 기준을 적용할 때, 남성에서는 17.1%, 여성에서는 12.0%만이 혈청 비타민 D 충분 상태였으며, 여성에서 혈청 비타민 D 충분 상태인 경우가 더 적었다.

한편, 노인에서는 노화에 의해 피부에서 콜레칼시페롤 합성능력이 감소하고[25], 더욱이 실외 활동의 감소로 인해 혈중 비타민 D 농도가 젊은 사람보다 더 낮다고 알려져 있다[26]. 그러나 본 연구에서는 남녀 모두에서 혈중 25(OH)D 농도가 20대에 가장 낮았고 60대까지 연령이 증가할수록 점차 증가하였다. Hilger 등[20]의 비타민 D에 대한 메타분석에서 전체적인 연령에 따른 차이는 없지만 지역별로 구분하여 분석하였을 때 연령에 따른 차이가 있다고 하였다. 즉, 성인이나 노인에 비해, 아시아/태평양 지역에서는 소아/청소년에서 더 낮고, 중동/아프리카 지역에서는 소아/청소년에서 더 높다고 하였다. 캐나다의 국민건강조사[18]에서 혈청 25(OH)D가 남녀 모두 소아와 노인에서 가장 높고, 20-39세에서 가장 낮고 하였다. 영국의 국민 식이 영양조사(National Diet and Nutrition Survey)[27]에서도 비타민 D의 부족이 85세 이상의 노인과 19-24세의 젊은 연령층에서 가장 많았다. 한국인에서 비타민 D 부족이 노

인보다 젊은 층에서 더 많이 나온 우리나라의 국민건강영양평가 [16]는 본 연구의 결과를 뒷받침한다. 이에 대한 원인이 명확히 구명된 바는 없지만, 인터넷과 컴퓨터가 발달된 사회에서 많은 젊은 이들이 실내에서 더 많은 시간을 보낼 뿐 아니라, 빈번한 자외선 차단제 등을 사용하기 때문인 것으로 추측된다. 그 외에도 연령에 따른 비타민 D의 혈중 농도 차이의 원인으로, 소아에서는 비타민 D가 강화된 우유나 시리얼을 더 많이 섭취하며, 노인은 비타민 D 보충제를 섭취하는 경우가 많은 것을 들 수 있다[28].

혈액 채취월에 따른 혈청 25(OH)D 농도는 여름철인 6-8월보다는 9, 10월에 25(OH)D가 더 높았다. 피부에서의 비타민 D의 합성은 태양 광선의 양에 의존하므로, 겨울에 저비타민 D 혈증이 더 많다[18, 29]. 그러나 더운 지방에서는 여름에 혈중 비타민 D 농도가 그다지 높지 않을 뿐만 아니라 오히려 더 낮을 수도 있는데, 이는 기온이 너무 높을 때는 태양열을 피해 실내에 머무는 시간이 더 많기 때문이다[30]. 본 연구에서 여름인 6-8월 보다 가을인 9, 10월에 25(OH)D가 더 높은 것도, 무더운 여름보다 가을에 실외 활동이 더 많기 때문으로 생각되었다.

본 연구에서는 지역에 따라 비타민 D 결핍의 비율이 달랐다. 제주, 창원, 부산, 울산지역에 비해 서울, 경기지역의 비타민 D 부족의 비율이 더 높았다. 한 개인의 혈중 비타민 D의 농도는 피부에서의 비타민 D 합성과 비타민 D 섭취와 같은 많은 요인들에 의해서 결정된다. 유럽 지역의 연구[31, 32]에서 대부분 북위 40° 이하인 남유럽에 비해 북위 55-60°인 북유럽에 거주하는 노인에서 비타민 D 부족 비율이 더 낮았다. 이는 남유럽에서 햇볕 조사량이나 낮 시간이 더 길지만, 북유럽인이 더 밝은 피부색을 가지고 있으며, 비타민 D가 풍부한 음식과 비타민 D 보충제를 더 많이 섭취하기 때문이다 [33, 34]. 한편, 아시아/태평양 지역의 여성에서 혈중 25(OH)D 농도가 낮지만, 유독 일본인에서는 높은 농도를 보이는 것은 기름진 생선 같은 비타민 D가 풍부한 식품을 더 많이 섭취하기 때문이다 [35]. 이와 같은 전통적인 인자뿐만 아니라 공해 또한 자외선 조사에 장벽 역할을 함으로써, 혈중 비타민 D 농도에 영향을 미친다 [36]. 우리나라는 북위 33°와 38° 사이에 위치하므로 지역의 위도에 따른 25(OH)D 농도 차이는 없으리라 생각된다. 본 연구 결과 서울, 경기지역의 비타민 D 결핍의 비율이 더 높았다. 이에 대한 원인으로, 서울, 경기지역에 20대, 30대의 젊은 연령층이 더 많이 포함되어 있으며, 산업화된 도시에서 실내 근무하는 직업을 가진 사람들이 더 많기 때문으로 생각되었다. 그러나 광주, 전주, 대구, 대전은 젊은 연령층이 적게 포함되어 있지만 비타민 D 결핍의 비율이 적지 않아서 연령 이외의 인자 즉, 직업, 실외 활동량, 비타민 D가 풍부한 식품의 섭취 정도, 비타민 D 보충제 복용 여부도 관련되었으리라 생각되었으며, 이는 추후 연구가 필요하리라 생각되었다.

본 연구의 제한점은 연구대상자들의 햇볕 조사량에 영향을 미

치는 야외활동량이나 직업에 대해서 조사하지 못한 점, 피부에서의 비타민 D 합성에 영향을 미치는 자외선차단제 사용에 대해 조사하지 못한 점, 식품이나 비타민 D 보충제를 통한 비타민 D 섭취 여부를 조사하지 못한 점이다. 그러므로 추후 이들 요인들을 고려한 연구가 필요하리라 생각된다. 또한 부산지역에서 1월부터 4월까지의 비타민 D 검사 결과가 누락되어 부산지역의 비타민 D 결핍의 비율이 제대로 반영되지 못한 제한점이 있다. 그러나 비타민 D 결핍의 빈도가 높은 12월의 각 지역별 비타민 D 결핍 유병률을 살펴 보았을 때, 역시 부산지역의 비타민 D 결핍 유병률이 3.5%로 가장 낮았다.

비타민 D 부족을 개선시키는 방법 중의 하나로 비타민 D 보충제를 복용하는 방법이 있다. 현재 권장되고 있는 비타민 D 보충제에 대한 권고안은 골밀도와 골절에 초점이 맞추어져 있다. 2010 National Osteoporosis Foundation (NOF)에서는 50세 이상의 성인에서 하루 800-1,000 IU의 비타민 D 섭취를 권유하고 있으며[37], 대한골대사학회의 2011년도 골다공증 진단 및 치료지침에서 권장 섭취량을 일일 800 IU로 제안하고 있다[38]. 본 연구 결과 혈청 25(OH)D는 성별, 연령에 따라 다르며, 젊은 연령층에서 특히, 여성에서 25(OH)D가 낮고, 결핍 및 부족이 많으므로, 이들을 대상으로, 혈중 비타민 D를 높이기 위한 생활양식이나 비타민 D를 증가시키는 식이 습관에 대한 교육이 필요하다. 또한 비타민 D 보충제의 권장 대상 및 권장량을 성별 및 연령대에 따라 달리할 필요가 있으며, 계절도 고려할 필요가 있으리라 생각되었다.

요 약

배경: 비타민 D의 결핍은 구루병이나 골연화증을 일으킬 뿐만 아니라, 당뇨병, 암, 심혈관 질환과도 관련이 있다. 비타민 D에 대한 연구들이 많이 보고되고 있지만, 비타민 D 측정방법, 연구대상자 및 채혈시기에 따라 일관된 의견은 없다. 그러므로 본 연구에서는 비타민 D 표준측정법을 사용해서, 연령, 지역, 채혈시기에 따른 비타민 D의 혈중 농도 및 비타민 D결핍의 유병률을 알아보고자 하였다.

방법: 2013년 1월부터 12월까지 전국 13개 도시의 16개 검진센터를 내원한 검진자 중 혈청 비타민 D 검사를 한 17,252명(남, 9,180명; 여, 8,072명)을 대상으로, MSMS Vitamin D Kit (PerkinElmer, Wallac Oy, Turku, Finland)를 이용해서 Liquid chromatography-tandem mass spectrometry (LC-MS/MS)법으로 혈청 25(OH)D₂, 25(OH)D₃을 측정하였다.

결과: 25(OH)D는 여성에서 유의하게 더 낮았다. 25(OH)D의 중위수는 남녀 모두에서 20대에서 가장 낮았고, 1, 2월에 가장 낮았으며, 8-10월에 높았다. 25(OH)D 결핍(10 ng/mL 미만) 유병률은 여성

에서 더 높았고, 남녀 모두에서 20대에 최고 유병률을 보이고, 60세 미만까지 연령대가 증가할수록 감소하였다. 지역에 따른 비타민 D 결핍 유병률은 서울, 경기지역이 가장 높았다.

결론: 25(OH)D의 혈중 농도와 25(OH)D 결핍 유병률은 성별, 연령, 채혈시기(계절), 지역에 따라서 차이가 있었다.

REFERENCES

1. Parfitt AM, Gallagher JC, Heaney RP, Johnston CC, Neer R, Whedon GD. Vitamin D and bone health in the elderly. *Am J Clin Nutr* 1982;36:1014-31.
2. Wengreen HJ, Munger RG, West NA, Cutler DR, Corcoran CD, Zhang J, et al. Dietary protein intake and risk of osteoporotic hip fracture in elderly residents of Utah. *J Bone Miner Res* 2004;19:537-45.
3. Lips P. Vitamin D deficiency and secondary hyperparathyroidism in the elderly: consequences for bone loss and fractures and therapeutic implications. *Endocr Rev* 2001;22:477-501.
4. Bischoff-Ferrari HA, Dietrich T, Orav EJ, Dawson-Hughes B. Positive association between 25-hydroxy vitamin D levels and bone mineral density: a population-based study of younger and older adults. *Am J Med* 2004;116:634-9.
5. Gagnon C, Lu ZX, Magliano DJ, Dunstan DW, Shaw JE, Zimmet PZ, et al. Serum 25-hydroxyvitamin D, calcium intake, and risk of type 2 diabetes after 5 years: results from a national, population-based prospective study (the Australian Diabetes, Obesity and Lifestyle study). *Diabetes Care* 2011;34:1133-8.
6. 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;92:2017-29.
7. Giovannucci E. Vitamin D and cancer incidence in the Harvard cohorts. *Ann Epidemiol* 2009;19:84-8.
8. Ahonen MH, Tenkanen L, Teppo L, Hakama M, Tuohimaa P. Prostate Cancer risk and prediagnostic serum 25-hydroxyvitamin D levels (Finland). *Cancer Causes Control* 2000;11:847-52.
9. Leu M and Giovannucci E. Vitamin D: epidemiology of cardiovascular risks and events. *Best Pract Res Clin Endocrinol Metab* 2011;25:633-46.
10. Wang TJ, Pencina MJ, Booth SL, Jacques PF, Ingelsson E, Lanier K, et al. Vitamin D deficiency and risk of cardiovascular disease. *Circulation* 2008;117:503-11.
11. Holick MF. Sunlight and vitamin D for bone health and prevention of autoimmune diseases, cancers, and cardiovascular disease. *Am J Clin Nutr* 2004;80(S6):S1678-88.
12. Kamen D and Aranow C. Vitamin D in systemic lupus erythematosus. *Curr Opin Rheumatol* 2008;20:532-7.
13. Wilkinson RJ, Llewelyn M, Toossi Z, Patel P, Pasvol G, Lalvani A, et al. Influence of vitamin D deficiency and vitamin D receptor polymorphisms on tuberculosis among Gujarati Asians in west London: a case-control study. *Lancet* 2000;355:618-21.
14. Norman AW. From vitamin D to hormone D: fundamentals of the vitamin D endocrine system essential for good health. *Am J Clin Nutr* 2008;88(2):S491-9.
15. Holick MF. Vitamin D deficiency. *N Engl J Med* 2007;357:266-81.
16. Ministry of Health and Welfare. Korean health statistics 2010: Korea National Health and Nutrition Examination Survey (KNHANES V-1). Seoul: Ministry of Health and Welfare, 2011.
17. Ganji V, Zhang X, Tangpricha V. Serum 25-hydroxyvitamin D concentrations and prevalence estimates of hypovitaminosis D in the U.S. population based on assay-adjusted data. *J Nutr* 2012;142:498-507.
18. Langlois K, Greene-Finestone L, Little J, Hidiroglou N, Whiting S. Vitamin D status of Canadians as measured in the 2007 to 2009 Canadian Health Measures Survey. *Health Rep* 2010;21:47-55.
19. Koivula MK, Matinlassi N, Laitinen P, Risteli J. Four automated 25-OH total vitamin D immunoassays and commercial liquid chromatography tandem-mass spectrometry in Finnish population. *Clin Lab* 2013;59:397-405.
20. Hilger J, Friedel A, Herr R, Rausch T, Roos F, Wahl DA, et al. A systematic review of vitamin D status in populations worldwide. *Br J Nutr* 2014;111:23-45.
21. Batieha A, Khader Y, Jaddou H, Hyassat D, Batieha Z, Khateeb M, et al. Vitamin D status in Jordan: dress style and gender discrepancies. *Ann Nutr Metab* 2011;58:10-8.
22. Heaney RP. Vitamin D endocrine physiology. *J Bone Miner Res* 2007;22:V25-7.
23. Prevention and Management of Osteoporosis. World Health Organ Tech Rep Ser 2003;921:1-164.
24. Bischoff-Ferrari HA, Giovannucci E, Willett WC, Dietrich T, Dawson-Hughes B. Estimation of optimal serum concentrations of 25-hydroxyvitamin D for multiple health outcomes. *Am J Clin Nutr* 2006;84:18-28.
25. MacLaughlin J and Holick MF. Aging decreases the capacity of human skin to produce vitamin D3. *J Clin Invest* 1985;76:1536-8.
26. Mithal A, Wahl DA, Bonjour JP, Burckhardt P, Dawson-Hughes B, Eisman JA, et al. Global vitamin D status and determinants of hypovitaminosis D. *Osteoporos Int* 2009;20:1807-20.

27. Prentice A. Vitamin D deficiency: a global perspective. *Nutr Rev* 2008;66:S153-64.
28. Ginde AA, Liu MC, Camargo CA Jr. Demographic differences and trends of vitamin D insufficiency in the US population, 1988-2004. *Arch Intern Med* 2009;169:626-32.
29. Goswami R, Gupta N, Goswami D, Marwaha RK, Tandon N, Kochupillai N. Prevalence and significance of low 25-hydroxyvitamin D concentrations in healthy subjects in Delhi. *Am J Clin Nutr* 2000;72:472-5.
30. Mishal AA. Effects of different dress styles on vitamin D levels in healthy young Jordanian women. *Osteoporos Int* 2001;12:931-5.
31. Van der Wielen RP, Löwik MR, van den Berg H, de Groot LC, Haller J, Moreiras O, et al. Serum vitamin D concentrations among elderly people in Europe. *Lancet* 1995;346:207-10.
32. Lips P, Duong T, Oleksik A, Black D, Cummings S, Cox D, et al. A global study of vitamin D status and parathyroid function in postmenopausal women with osteoporosis: baseline data from the multiple outcomes of raloxifene evaluation clinical trial. *J Clin Endocrinol Metab* 2001;86:1212-21.
33. Hagenau T, Vest R, Gissel TN, Poulsen CS, Erlandsen M, Mosekilde L, et al. Global vitamin D levels in relation to age, gender, skin pigmentation and latitude: an ecologic meta-regression analysis. *Osteoporos Int* 2009;20:133-40.
34. Lips P. Vitamin D status and nutrition in Europe and Asia. *J Steroid Biochem Mol Biol* 2007;103:620-5.
35. Nakamura K, Nashimoto M, Hori Y, Yamamoto M. Serum parathyroid hormone in healthy Japanese women in relation to serum 25-hydroxyvitamin D. *Int J Vitam Nutr Res* 2000;70:287-92.
36. Agarwal KS, Mughal MZ, Upadhyay P, Berry JL, Mawer EB, Puliye JM. The impact of atmospheric pollution on vitamin D status of infants and toddlers in Delhi India. *Arch Dis Child* 2002;87:111-3.
37. National Osteoporosis Foundation. Clinician's guide to prevention and treatment of osteoporosis. Washington, DC: National Osteoporosis Foundation, 2010.
38. The Korean Society of Bone Metabolism. Physician's guide for diagnosis & treatment of osteoporosis. Seoul: The Korean Society of Bone Metabolism, 2011.