

국내 운동선수에서 비타민 D 수치의 현 상태 및 결핍과 관련된 인자: 실내외 종목에 따른 차이, 나이, 성별, 체질량지수, 계절 변동과의 관련성

CM병원 정형외과

양 성 석 · 이 상 훈

Do Young Athletes Need Vitamin D Supplement? Vitamin D Status and Deficiency Related Factor on Sports Type (Indoor vs. Outdoor), Age, Sex, Body Mass Index, Seasonal Variations in Korean Young Athletes

Seongseok Yang, Sang-Hoon Lhee

Department of Orthopedics and Sports Medicine, CM General Hospital, Seoul, Korea

Purpose: Several studies have suggested that vitamin D deficiency has significant effects on muscle weakness, injury and illness, and ultimately, exercise performance. However, studies on vitamin D status and deficiency related factors for young athletes are still lacking.

Methods: Four hundred athletes who have undergone serum vitamin D (D2 and D3) test were studied. Vitamins were classified into three groups (deficiency, insufficiency, and adequacy). Blood sampling time was classified into four groups (spring, summer, fall, and winter).

Results: Of the 400 athletes, 31.5% were deficient, 48.25% were insufficient, and 20.25% were adequate in vitamin D. The group with lower vitamin D levels was older, had a higher body weight, and had higher body mass index. Comparisons by sex were significantly lower in female athletes than male athletes for indoor sports. Seasonal comparisons were significantly lower in winter than in spring, summer, and autumn. When the correlation analysis between the characteristics of the athletes and vitamin D was analyzed, there was a weak negative correlation between age and body mass index and height and weight were not related. Athletes' vitamin D levels are higher than the general population, but about 80% of them have vitamin D deficiency.

Conclusion: Vitamin D deficiency causes exercise performance and performance deterioration; therefore, it is necessary to monitor and manage more closely when there are related factors.

Keywords: Athletes, Deficiency, Performance, Supplement, Vitamin D

Received: January 12, 2018 Revised: March 12, 2018 Accepted: April 20, 2018

Correspondence: Sang-Hoon Lhee

Department of Orthopedics and Sports Medicine, CM General Hospital, 13 Yeongdeungpo-ro 36-gil, Yeongdeungpo-gu, Seoul 07301, Korea
Tel: +82-2-2678-0001, Fax: +82-2-2678-2175, E-mail: ceo@cmhospital.co.kr

Copyright ©2018 The Korean Society of Sports Medicine

© This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

서론

비타민 D는 칼슘과 인의 항상성 유지, 부갑상선 호르몬 억제 및 뼈 대사, 면역 반응, 단백질 합성 등 중요한 역할을 하는 지용성 비타민으로 알려져 있다. 비타민 D의 생성 및 활성화는 햇빛, 음식, 간, 신장 등이 작용한다¹. 정오에 30분 가량의 얼굴과 전완부 피부의 햇빛 노출은 하루에 2,000 IU의 비타민 D를 합성한다고 한다².

근육의 기능 및 회복에 대한 비타민 D의 영향에 대한 여러 연구가 보고되고, 비타민 D 부족은 근력 약화와 통증, 부상 및 질병의 빈도 및 기간, 피로 골절에 유의한 영향을 미치고 최종적으로는 운동수행능력 저하를 초래한다는 여러 연구가 발표되어 왔다. 또한, 비타민 D의 중요성이 더욱 명백해지고, 비타민 D 결핍의 유병률과 운동 수행능력에 대한 연구들이 많이 진행되고 있다³⁻⁷.

비타민 D 결핍은 전 세계 인구에 걸쳐 보고되고 있다⁸. 우리나라 역시 비타민 D 수치는 평균 이하이며, 한국 국가 건강 영양 조사(The Korea National Health and Nutrition Examination Survey [KNHANES]) 2008-2013 및 국내 대학의 건강검진 조사에 따르면 80% 이상이 비타민 D가 부족하거나 결핍 수준으로 보고하였고⁹, 실내 운동선수의 경우도 비타민 결핍을 여러 연구에서 보고하고 있다^{10,11}. 비타민 D결핍의 위험인자로는 섭취 제한, 실내 활동으로 인한 자외선 노출 부족, 피부색, 위도, 복장, 자외선 차단제 등이 있으며, 위험군으로는 나이, 무슬림 여성, 비만 등이 보고되고 있다^{1,12}.

그러나 아직 국내의 젊은 운동선수에 대한 비타민 D 상태 및 결핍 관련 인자들에 대한 충분한 연구가 부족한 실정이다. 본 연구의 목적은 비타민 D는 대부분 자외선을 통해 피부에서 합성되는 만큼 운동선수에게 있어서 실내/외 종목에 따른 차이 여부를 확인하고, 나이, 성별, 체질량지수(body mass index [BMI]), 계절 변동이 비타민 D 수치에 미치는 영향을 비교해 봄으로써 국내 젊은 운동선수에서의 비타민 D 수치의 현 상태 및 결핍과 관련된 인자에 대해 생각해보고자 한다.

연구 방법

2016년 2월 1일부터 2017년 2월 28일까지 본원 외래 진료를 위해 내원한 국내에서 활동 중인 젊은 elite 운동선수들을 후향적으로 연구하였고, 진료 등의 이유로 자외선 노출 시간에 대한 변수를 최대한 줄이기 위하여 처음 진료시에 혈액 검사를 시행한 경우로 하였다.

먼저, 전체를 4개의 그룹으로 분류하였다. A와 B그룹은 12-37세의 운동선수로 A 그룹은 실외 운동선수, B그룹은 실내 운동선수로 본 연구의 목적을 위한 그룹이며, C 그룹은 대조군을 위한 13-35세의 일반인 그룹이며, D 그룹은 비타민 D 제제를 복용하여 통계에서는 제외된 운동선수 군으로 각각 분류하였다. 운동선수는 운동 종목, 나이, 성별, 키(cm), 몸무게(kg), BMI (kg/m^2), 25-hydroxyvitamin D (25(OH)D, ng/mL), 혈청 칼슘 수치, 채혈 시기를 의료 기록을 통해 조사하였다.

우리는 serum 25(OH)D를 측정할 달을 확인하여 3-5월/6-8월/9-11월/12-2월의 3달 간격으로 봄, 여름, 가을, 겨울로 구분하였다. Elecsys Vitamin D Assay (electrochemiluminescence binding assay for the *in vitro* determination of total 25-hydroxyvitamin D; Roche Diagnostics, Risch-Rotkreuz, The Switzerland)를 이용하여 환자의 serum 25(OH)D를 측정하였고, 다음과 같이 3군으로 분류하였다. 현재 전 세계적으로 인정되는 serum 25(OH)D로 측정하는 비타민 D 수치에 대한 합의점은 없으나, 일반적으로 32 ng/mL 이상은 adequacy, 20-32 ng/mL은 insufficiency, 20 ng/mL 이하는 deficiency로 받아들여진다^{7,13}.

통계학적 분석은 SPSS ver. 18.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 분석하였다. 비타민 D 상태에 따른 3군과 운동선수의 특성과의 관계는 analysis of variance (ANOVA) 검사를 이용하였고, 성별에 따른 비타민 D 수치의 차이는 독립 t 검정을 이용하고, 운동 종목(실내 vs. 실외 vs. 일반인)과 비타민 D 상태는 ANOVA검사를 이용하였다. 나이, BMI와 비타민 D 상태는 Pearson 상관계수를 이용한 상관분석을 이용하였고, 계절 간 비타민 D 상태 비교는 ANOVA test를 실시하였으며, 언급한 여러 변수의 영향을 모두 함께 고려하여 다중회귀분석을 시행하였다.

결과

12-37세 사이 400명의 운동선수(A, B그룹)와 비슷한 연령대

Table 1. Classification of participant

Group	Number	Male	Female	Vitamin D, mean (ng/mL)
A: Outdoor player	344	337	7	24.71
B: Indoor player	56	37	19	18.32
C: The public	867	420	447	14.71
D: Vitamin D supplement	11	10	1	40.32

Table 2. Demographic of participant

Characteristics	A: outdoor player	B: indoor player	C: the public
Age (yr)	17.91±3.80	22.71±6.10	23.99±6.83
Vitamin D (ng/mL)	24.71±7.19	18.32±7.29	14.71±5.36
Height (cm)	175.73±7.71	175.35±12.29	166.91±8.27
Weight (kg)	74.64±12.08	73.87±17.67	63.70±13.97
Body mass index (kg/m ²)	24.05±2.83	23.76±3.39	22.73±3.98
Calcium (mg/dL)	8.71±0.40	8.57±0.33	—

Values are presented as mean±standard deviation. Standard values of our laboratory: 25-hydroxyvitamin D, 32–80 µg/L; Ca, 8.6–10 mg/dL.

Table 3. Players demographics for each group of vitamin D status

Variable	Vitamin D status			p-value*
	Deficiency (<20 ng/mL)	Insufficiency (20–32 ng/mL)	Adequacy (>32 ng/mL)	
No. of players (%)	126 (31.5)	193 (48.25)	81 (20.25)	—
Age (yr)	20.02±5.2	18.07±3.9	17.57±4.1	0.000
Vitamin D (ng/mL)	15.5±3.95	24±2.9	34±3.7	—
Height (cm)	175.94±7.8	175.57±9.1	175.50±8.1	0.925
Weight (kg)	75.92±13.1	75.23±13.4	70.62±11.1	0.021
Body mass index (kg/m ²)	24.41±3.2	24.25±2.8	22.80±2.9	0.001

Values are presented as mean±standard deviation unless otherwise indicated.

*By analysis of variance.

(13–35세)의 일반인 867명(C그룹)이 비교군으로 통계학적 분석에 포함되었다. 비타민 D 결핍을 복용한 11명(D그룹)은 통계에서 배제하였다. 운동선수 중 남자선수는 374명, 여자선수는 26명이고, 실외종목 선수는 344명(남자 337명, 여자 7명), 실내종목 선수는 56명(남자 37명, 여자 19명)이었다. 실외 종목 344명은 야구 306명, 축구 25명, 그 외 럭비 등 13명이었다. 실내 종목 56명은 농구 17명, 태권도 5명, 핸드볼 5명, 배구 4명, 그 외 배드민턴 등 25명이었다. 일반인은 남자 420명, 여자 447명이었다(Table 1).

전체 선수들의 평균 나이는 18.58±4.5세(12–37세), 실내종목 선수들의 평균 나이는 22.71±6.1세(12–37세), 실외종목 선수들의 평균 나이는 17.91±3.8세(12–35세)로 젊은 elite 선수들이었다. 선수들의 평균 vitamin D 수치는 23.81±7.52 ng/mL (3.52–46.15 ng/mL)로 insufficiency 상태였으며, 평균 키는 175.67±8.4 cm (150–221 cm), 평균 체중은 74.53±12.97 kg (40–150 kg), 평균 BMI는 24.01±2.91 kg/m² (17.3–32.6 kg/m²), 평균 칼슘 수치는 8.69±0.39 mg/dL (7.6–10.2 mg/dL)이었다(Table 2).

126명(31.5%)의 선수가 비타민 D 결핍이 있었고, 193명(48.25%)의 선수가 비타민 D 부족이 있었고, 81명(20.25%)이 정상 비타민 D 수치였다. 비타민 D 수치가 적은 그룹일수록

Table 4. Comparison between sex/sport type and vitamin D status on players

Variable	Number	Vitamin D (ng/mL)	p-value
Player			0.001*
Male	374	24.16±7.37	
Female	26	18.95±8.25	
Sport type			0.000†
Outdoor	344	24.71±7.19	
Indoor	56	18.32±7.29	
The public	867	14.71±5.36	

Values are presented as mean±standard deviation.

*By t-test; †By analysis of variance.

나이가 많았고(p=0.000), 몸무게가 많이 나갔으며(p=0.021), BMI가 높았다(p=0.001) (Table 3).

성별에 따른 평균 비타민 D 수치로 남자 선수는 24.16±7.37 ng/mL, 여자선수는 18.95±8.25 ng/mL로 여자선수에서 유의하게 낮았으며(p=0.001), 실외외 종목에 따른 평균 비타민 D 수치는 실외종목 24.71±7.19 ng/mL, 실내종목 18.32±7.29 ng/mL로 실내종목의 운동선수 군에서 유의하게 낮았다(p=0.000) (Table 4). 계절에 따른 평균 비타민 D 수치 비교는

봄 25.17±7.5 ng/mL, 여름 25.18±6.6 ng/mL, 가을 25.06±6.3 ng/mL, 겨울 17.85±8.3 ng/mL로 일조량이 많은 봄, 여름, 가을보다 겨울이 유의하게 낮았다($p=0.000$) (Table 5).

선수들의 여러 가지 특성과 비타민 D와 관계를 평가하기 위하여 Pearson 상관계수를 이용하여 상관분석을 시행하였고, 나이($r=-0.222$, $p=0.000$), BMI ($r=-0.144$, $p=0.008$)는 약한 음의 관계를 보였고, 키, 몸무게는 관계가 없는 것으로 나타났다 (Table 6). 여러 변수의 영향을 모두 함께 고려하여 시행한 다중회귀분석에서는 실내외 종목 차이와 계절변동, 나이의 회귀계수는 -4.696, -1.880, -0.202이며, 이 셋은 모두 $p<0.05$ 로 유의하였다 (Table 7). 비타민 D를 복용한 D그룹 11명은 평균 나이는 21.8세, 평균 비타민 D 수치는 40.32 ng/mL (30.74–62.4 ng/mL), 종목은 야구 5명, 보디빌더 3명, 피겨, 쇼트트랙, 축구 1명씩이었다.

고 찰

본 연구에서, 우리는 한국의 젊은 운동선수의 비타민 D 수치의 현 상태를 확인하였고, 80%에서 부족 및 결핍인 것을 확인하였고, 결핍과 관련된 인자로 나이, BMI, 계절을 확인하였고, 실외 운동보다 실내 운동 종목 선수에서 더 낮은 비타민 D 수치를 확인하였다.

미국 프로 럭비팀의 비타민 D 상태를 보고한 연구에서 프로선수에서 낮은 비타민 D 상태를 보였고, 부족은 30.3%, 결핍 및 부족은 80.9%로 보고하였고, 31.5%와 79.75%를 보고

한 우리 연구와 유사한 결과를 보였다¹⁴. 한국은 위도 38°에 위치하고 4계절을 가지는 아시아인으로 상대적으로 다른 국가에 비교해 낮은 비타민 D 수치를 보고하고 있다¹⁵. KNHANES 2008–2013의 보고에 따르면, 한국의 일반 인구 34,587명을 대상으로 조사한 비타민 D의 평균 수치는 16.8–19.4 ng/mL이었으며^{9,16}, 본 연구의 운동선수의 평균 비타민 D 수치 23.81 ng/mL로, 일반인 군에 비하여 운동선수에서 비타민 D 수치가 높은 것을 확인하였다. 기존의 일반인구에 비해 운동선수에서 상대적으로 높은 비타민 D 수치를 보고한 연구와 유사한 결과였다¹⁷. 이것은 운동선수들이 일반인들보다 훈련으로 인한 조사량이 많기 때문으로 생각된다.

실내종목과 실외종목 선수들의 비타민 D 수치의 차이는 실내종목이 실외종목보다 현저히 낮았으며, 성별에 따른 비타민 D 수치의 차이는 남자선수에 비해 여자선수가 현저히 낮았으며, 통계학적으로도 유의한 결과를 보였다. 비타민 D 합성에는 햇빛, 특히 자외선 조사량이 중요한데 실내종목의 경우에는 상대적으로 햇빛에 노출되는 양이 적어 낮은 비타민 D 수치를 보였다. 또한, 여자선수에서 실내종목이 73%로 많은 비율을 차지하고 있는 것도 영향을 준 것으로 보인다. 여자선수는 실외 종목으로는 축구 5명, 창던지기 1명, 테니스 1명으로 총 7명이었고, 나머지 농구, 핸드볼, 배구 등을 포함한 실내종목이 19명이었다. 셋째, 실내종목 운동선수가 아닌 일반여성들의 경우에도 실내에서 많은 시간을 보내는 직업 및 생활, 의복, 화장 등의 영향으로 낮은 비타민 D 수치를 보고하고 있으며 우리 연구에서도 유사한 결과를 보였다¹⁸.

그리고, 여러 연구에서 나이가 많을수록 비타민 D 부족을 보고하고 있다. 그 이유로는 나이가 많을수록, 햇빛에 노출되는 외부 활동이 줄고, 피부에서 비타민 D를 합성하는 능력이 감소하고 장에서 칼슘 흡수가 감소하고, 신장에서 활성화가 감소하기 때문이다¹⁹. 우리 연구에서도 젊은 연령의 활동량이 높은 운동선수 군이지만 나이가 많아질수록 비타민 D가 감소하였고 통계적으로 유의하였다.

또한, 여러 연구에서 비만과 비타민 D 결핍과의 유의한

Table 5. Seasonal variation of vitamin D on players

Season	No. of patients	Vitamin D (ng/mL)
Spring	75	25.17±7.5 (11.4–43.5)
Summer	110	25.18±6.6 (14.2–46.1)
Fall	143	25.06±6.3 (7.76–39.0)
Winter	72	17.85±8.3 (3.52–40.8)

Values are presented as mean±standard deviation (range). Analysis of variance test: $p=0.000$; post-hoc test: spring, summer, fall vs. winter, $p=0.000$.

Table 6. Correlations between vitamin D level and each player parameter

Valuable	Pearson correlation	p-value
Age	-0.222	0.000
Height	-0.007	0.904
Weight	-0.102	0.064
Body mass index	-0.144	0.008

Table 7. Multiple regression analysis between vitamin D level and each player parameter

Valuable	Regression Coefficient	p-value
Sport type*	-4.696	0.000
Season [†]	-1.880	0.000
Age	-0.202	0.028

*Sport type: indoor and outdoor; [†]Season: spring, summer, fall, and winter.

관련을 보고하고 있다^{17,20}. 아직 관계가 명확히 증명되지는 않았으나, 비만은 피부에서 비타민 D 합성을 감소시키고, 장에서 흡수를 감소시키고, 비만으로 인한 과다 지방조직은 비타민 D를 흡수하여 체내에서 이용할 수 있는 비타민 D를 감소시킨다고 보고 있다^{21,22}. 본 연구에서도 BMI가 증가할수록 비타민 D가 낮은 상관관계를 보였고, 나이, 종목, 계절을 통제하고 분석하였을 때에도 통계학적으로 유의하였다. 운동선수 군으로 BMI >30 kg/m² 이상인 경우는 9명이었으며, 종목으로는 야구 6명, 농구 1명, 사격 1명, 럭비 1명이었고, 이들의 비타민 D 평균은 21.74 ng/mL (17.96-27.50 ng/mL)이었다.

우리는 계절에 따른 비타민 D 상태의 변화를 확인하였고, 봄, 여름, 가을에는 25 ng/mL로 평균인 23 ng/mL보다 높았으며, 겨울은 17.85 ng/mL로 상대적으로 더욱 낮았고, 통계학적으로도 유의하였다. 이는 우리 연구 대상의 76.5%가 야구선수로 봄, 여름, 가을에 대부분 종목이 시즌 중이고 연습량이 많고, 일조량도 긴 계절인 점과, 반대로 겨울엔 훈련 및 시합도 많이 적기 때문으로 생각된다.

비타민 D 수치가 높은 것을 운동 수행 능력과 연관 지어 연구한 여러 보고가 있다⁷. Ward 등⁶은 비타민 D 상태와 근력과 기능의 관계를 조사하여 의미 있는 결과를 보였고, Close 등²³도 비타민 D 수치가 높을수록, 달리기, 점프 등 운동 수행능력이 증가한다고 보고하였다. 시즌 중에 비타민 D 수치를 높게 유지하는 것은 경기력 향상과 운동 수행능력 증가를 위해 필요할 것으로 생각된다. 이전부터 비타민 D를 복용해오던 인원은 11명으로 이들은 분석에서 제외되었으며, 이들의 평균 나이는 21.8세, 평균 비타민 D 수치는 40.32 ng/mL (30.74-62.4 ng/mL), 종목은 야구 5명, 보디빌더 3명, 피겨, 쇼트트랙, 축구 1명씩이었다. 비타민 D 제제 복용은 비타민 D 수치를 정상 이상으로 높게 유지시킬 수 있으므로, 운동선수들에게 있어서 꾸준한 복용이 중요하다고 본다²⁴.

이처럼, 운동선수에서 비타민 D 부족은 운동 수행능력 및 부상 방지와 중요한 관련이 있으므로 더욱 관심을 가져야 할 것으로 생각되나, 아직 한국에서 젊은 운동선수를 대상으로 많은 표본 수를 가지고 진행된 연구는 부족한 상태이다. 우리 연구는 400명의 많은 표본 수의 젊은 운동선수를 대상으로 시행하였고 거의 80%에 달하는 수치에서 비타민 D 부족을 보이고 있어서 젊은 운동선수에게 있어서 비타민 D 보충이 필요하다고 생각한다. 또한, 관련된 인자로 나이, 종목, BMI, 계절 등이 확인되었으며, 관련인자를 가지는 운동선수에서는 더욱 세심한 모니터링과 관리가 필요하다고 생각한다.

그러나 본 연구는 몇 가지 제한점이 있다. 첫째, 운동종목

그룹 간의 표본 수가 달랐다. 야구가 76.5%로 전체 결과에 많은 영향을 준 것으로 생각된다. 둘째, 비타민 D와 운동 수행 능력에 대해 직접 분석하거나 연구를 시행하지 못하였다. 셋째, 비타민 D 수치 확인을 반복적으로 장기적으로 확인하지 않고, 단일 시점으로만 한정 지었다. 넷째, 운동시간 및 유니폼 등 피부 노출과 식이, 경제상태 등 비타민 D 수치에 영향을 미치는 인자를 완전히 통제하지 못하였다. 다섯째, 비타민 D 결핍은 어느 한 가지 원인으로 예측할 수 있는 것이 아니라, 실내/외 종목, 나이, 성별, BMI, 계절 변동 등의 영향을 동시에 받을 것이 분명하다. 각각의 경우에는 비타민 D 결핍과 유의한 연관성을 보였으나, 이러한 변수들은 개별적이 아닌 동시에 영향을 끼칠 것이다. 이를 고려하여 시행한 다중회귀분석 결과 실내/외 종목, 계절 변동, 나이만 유의한 값을 보였고 나이와 BMI는 유의하지 않았다. 이에 대해선 추후 더욱 통제된 비교 연구가 필요할 것으로 보인다.

우리 연구에서 한국의 젊은 운동선수의 비타민 D 수치는 일반인구의 수치보다는 높았으나, 약 80%에서 비타민 D 결핍 상태였다. 실내종목의 선수가 실외종목 선수들의 비타민 D 수치보다 낮았으며, 여자선수가 남자선수보다 비타민 D 수치가 낮았다. 그리고, 나이가 많을수록, BMI가 높을수록 비타민 D 수치가 낮았다. 또한, 조사량이 많은 봄, 여름, 가을에 비해 겨울에 비타민 D 수치가 낮은 것을 확인하였다.

비타민 D는 운동 수행능력에 영향을 미쳐 경기력에도 영향을 준다고 알려져 있으므로, 더 지속적인 연구가 필요할 것이다. 이에 우리 연구 결과를 토대로 젊은 elite 운동선수들의 비타민 D 수치의 모니터링과 관리가 필요하며, 결핍 및 부족 시 비타민 D 제제 복용을 고려해야 할 것이다.

Conflict of Interest

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

References

1. Holick MF. Vitamin D deficiency. N Engl J Med 2007;357: 266-81.
2. Pearce SH, Cheetham TD. Diagnosis and management of vitamin D deficiency. BMJ 2010;340:b5664.
3. Hamilton B. Vitamin d and athletic performance: the potential role of muscle. Asian J Sports Med 2011;2:211-9.
4. Ruohola JP, Laaksi I, Ylikomi T, et al. Association between serum 25(OH)D concentrations and bone stress fractures in

- Finnish young men. *J Bone Miner Res* 2006;21:1483-8.
5. Halliday TM, Peterson NJ, Thomas JJ, Kleppinger K, Hollis BW, Larson-Meyer DE. Vitamin D status relative to diet, lifestyle, injury, and illness in college athletes. *Med Sci Sports Exerc* 2011;43:335-43.
6. Ward KA, Das G, Berry JL, et al. Vitamin D status and muscle function in post-menarchal adolescent girls. *J Clin Endocrinol Metab* 2009;94:559-63.
7. Maroon JC, Mathyssek CM, Bost JW, et al. Vitamin D profile in national football league players. *Am J Sports Med* 2015;43:1241-5.
8. Holick MF. Vitamin D: a D-lightful health perspective. *Nutr Rev* 2008;66(10 Suppl 2):S182-94.
9. Tran BT, Jeong BY, Oh JK. The prevalence trend of metabolic syndrome and its components and risk factors in Korean adults: results from the Korean National Health and Nutrition Examination Survey 2008-2013. *BMC Public Health* 2017;17:71.
10. Lehtonen-Veromaa M, Mottonen T, Irjala K, et al. Vitamin D intake is low and hypovitaminosis D common in healthy 9- to 15-year-old Finnish girls. *Eur J Clin Nutr* 1999;53:746-51.
11. Willis KS, Peterson NJ, Larson-Meyer DE. Should we be concerned about the vitamin D status of athletes? *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2008;18:204-24.
12. Cannell JJ, Hollis BW, Zasloff M, Heaney RP. Diagnosis and treatment of vitamin D deficiency. *Expert Opin Pharmacother* 2008;9:107-18.
13. Fishman MP, Lombardo SJ, Kharrazi FD. Vitamin D deficiency among professional basketball players. *Orthop J Sports Med* 2016;4:2325967116655742.
14. Shindle MK, Voos J, Gulotta L, et al. Vitamin D status in a professional American football team: 2008. *Med Sci Sports Exerc* 2011;43:511.
15. Rizzoli R, Eisman JA, Norquist J, et al. Risk factors for vitamin D inadequacy among women with osteoporosis: an international epidemiological study. *Int J Clin Pract* 2006;60:1013-9.
16. Choi HS, Oh HJ, Choi H, 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;96:643-51.
17. Forrest KY, Stuhldreher WL. Prevalence and correlates of vitamin D deficiency in US adults. *Nutr Res* 2011;31:48-54.
18. Norman AW. Sunlight, season, skin pigmentation, vitamin D, and 25-hydroxyvitamin D: integral components of the vitamin D endocrine system. *Am J Clin Nutr* 1998;67:1108-10.
19. Gallagher JC. Vitamin D and aging. *Endocrinol Metab Clin North Am* 2013;42:319-32.
20. Wortsman J, Matsuoka LY, Chen TC, Lu Z, Holick MF. Decreased bioavailability of vitamin D in obesity. *Am J Clin Nutr* 2000;72:690-3.
21. Gilsanz V, Kremer A, Mo AO, Wren TA, Kremer R. Vitamin D status and its relation to muscle mass and muscle fat in young women. *J Clin Endocrinol Metab* 2010;95:1595-601.
22. Vanlint S. Vitamin D and obesity. *Nutrients* 2013;5:949-56.
23. Close GL, Russell J, Cobley JN, et al. Assessment of vitamin D concentration in non-supplemented professional athletes and healthy adults during the winter months in the UK: implications for skeletal muscle function. *J Sports Sci* 2013;31:344-53.
24. Ogan D, Pritchett K. Vitamin D and the athlete: risks, recommendations, and benefits. *Nutrients* 2013;5:1856-68.