노인의 비타민 D 부족과 신체활동 및 비만지표 간의 연관성

이인환, 강현식*

성균관대학교 스포츠과학대학

Association of Physical Activity and Body Fatness with Vitamin D Deficiency in Older Adults

Inhwan Lee, Hyunsik Kang*

College of Sport Science, Sungkyunkwan University, Suwon, Korea

Background: This study investigated the association between physical activity and body fatness with serum vitamin D level in older adults.

Methods: A total of 233 older adults (39 men and 194 women) aged older than 65 years were voluntarily recruited from a local community. Physical activity was monitored using a uniaxial accelerometer. Body fatness was measured using a standardized protocol. Subjects were classified as sufficient (> 30 ng/mL), insufficient (20-29 ng/mL), or deficient (< 20 ng/mL) based on serum vitamin D level. Pearson correlation analyses were used to calculate bivariate correlations between variables. Logistic regression was used to determine the odds ratio of serum vitamin D inadequacy.

Results: There were linear increases in physical activity parameters including daily steps ($P < 0.001$), low-intensity physical activity ($P < 0.001$), moderate-intensity physical activity ($P < 0.001$), and high-intensity physical activity ($P < 0.001$) and linear decreases in body fatness parameters such as body mass index ($P = 0.039$) and waist circumference ($P = 0.020$) across incremental vitamin D levels. Vitamin D level was positively associated with daily steps ($P < 0.001$), low-intensity physical activity ($P < 0.001$), moderate-intensity physical activity ($P < 0.001$), and high-intensity physical activity ($P < 0.001$) and negatively associated with body mass index ($P = 0.001$), percentage body fat ($P = 0.005$), and waist circumference ($P = 0.003$). Compared to the active group (reference), the inactive group ($P = 0.001$) had a significantly higher odd ratio for serum vitamin D deficiency even after adjusting for age and sex ($P = 0.002$).

Conclusion: The findings of this study suggest that physical activity and vitamin D supplementation should be promoted for healthy aging.

Key words: Vitamin D deficiency, Physical activity, Body fatness, Older adults

서 론

지형적 및 계절적으로 전 세계 모든 연령의 비타민 D 상태가 낮은 것으로 보고되고 있는 가운데 우리나라는 전 세계적으로 비타민 D의 부족이 가장 심한 국가 중 하나이다.^{1,2} 건강보험심사평가원에 따르면 최근 5년간 비타민 D 결핍증으로 인해 진료를 받은 인구가 약 8배 이상 증가하였으며, 연 평균 증가율은 81.2%로 나타났다. 또한 비타민 D 결핍증으로 인한 총 진료비는 2007년에 비해 2011년 6배 이상 늘어나 국가적, 개인적으로 막대한 손실이 생겼으며, 추후 더욱 큰 사회적

인 문제가 생길 것으로 전망하고 있다.

이러한 비타민 D 부족 현상이 급증한 원인은 명확하지 않지만 학업, 직장생활 등으로 인해 모든 연령에서 낮 시간의 야외활동이 크게 줄어들고 있으며, 여성의 경우 자외선 차단제의 남용일 것이라는 보고들이 많아지고 있다.^{3,4} 체내 비타민 D는 대부분 피부에 있는 7-dehydrocholesterol이 ultraviolet-B (UVB)의 자극에 의해 합성이 시작되며, 간과 신장을 거쳐 활성형인 1,25-dihydroxyvitamin D ($1,25(\text{OH})_2\text{D}$)로 수산화되어 골격 성장 및 칼슘 항상성 유지 등 여러 인체 대사에 관여한다고 알려져 있다.⁵ 그러나 체내 비타민 D가 부족하게 되면 칼슘과

Corresponding author Hyunsik Kang <http://orcid.org/0000-0002-8611-1873>
College of Sport Science, Sungkyunkwan University, 2066 Seobu-ro, Jangan-gu, Suwon 16419, Korea
Tel +82-31-299-6911 Fax +82-31-299-6929 E-mail hkang@skku.edu
Received Jun. 15, 2015 Reviewed Jul. 6, 2015 Accepted Jul. 20, 2015

Copyright © 2016 Korean Society for the Study of Obesity

© 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.

인의 혈액 내 농도가 충분치 못하게 되어 골대사에 악영향을 끼치게 된다.¹ 특히 노인에게서 비타민 D는 소아나 청소년에 비해 더욱 중요하게 여겨지고 있는데, 비타민 D가 부족할 경우 골다공증, 골감소증을 비롯해 근력 약화, 대장암, 유방암, 심혈관계 질환 등 다양한 질병의 위험을 증가시키는 것으로 보고되고 있다.^{6,7} 또한 최근 인간의 뇌에서 비타민 D 수용체(vitamin D receptor, VDR)와 비타민 D를 활성형으로 전환시키는 효소인 1 α -hydroxylase가 발견되는 것이 밝혀짐에 따라 노인의 퇴행성뇌질환에서도 중요한 역할을 할 것으로 알려지고 있다.^{8,9} 이렇듯 최근 연구에서 노인의 비타민 D 결핍은 노인성 질환과 큰 연관성이 있다는 점이 알려짐에 따라 노인의 비타민 D 수준에 대한 관심이 증가하고 있다. 이러한 위험에 노출되는 것을 예방하기 위한 수단이 비타민 D 보충제의 섭취로 알려져 있지만, 최근 약물에 대한 과다섭취, 오남용 및 경제적인 문제와 더불어 대부분의 비타민 D가 피부를 통해 합성된다는 보고가 많아짐에 따라 신체활동으로 인한 햇빛 노출이 비타민 D 부족 증상에 탄력적으로 대응할 수 있는 수단으로 제안되고 있다.^{10,11}

신체활동의 증가는 노인에게 있어서 좌식행동을 줄여줄게 하고, 근감소증 지연 및 골다공증 예방에 효과적인 것으로 알려져 있으며, 야외 활동 증가로 인해 햇빛 노출도 증가하는 것으로 알려져 있다. 선행 연구들을 찾아보면 Ginde 등¹²은 미국 노인 3,408명을 대상으로 비타민 D 수준에 따라 신체활동 시간을 비교한 결과, 비타민 D 수준이 높은 집단일수록 신체활동 시간이 유의하게 증가하는 선 경향을 보였다고 보고한 바 있으며, Brock 등¹³은 미국 중년 성인 2,621명을 대상으로 자가 기입식 설문지를 통한 주간 신체활동 빈도와 비타민 D 수준과의 연관성을 조사한 결과, 주간 격렬한 신체활동 시간이 높아짐에 따라 비타민 D 결핍증에 노출될 확률이 유의하게 감소하는 선 경향이 나타났다고 보고한 바 있다. 또한 Scragg 등¹⁴은 20세 이상 미국 성인 15,148명을 대상으로 연령별 비타민 D 수준과 질문지법을 이용한 야외 신체활동을 비교한 결과, 20-39세 집단은 79 nmol/L, 40-59세 집단은 73 nmol/L, 60세 이상 집단에서는 68 nmol/L로 연령이 증가할수록 유의하게 감소하는 경향이 나타났다. 그러나 60세 이상 집단 중 야외 신체활동을 매일 실시하는 집단의 경우, 비타민 D 수준이 77 nmol/L로써 20-39세 집단과 유사한 것으로 나타났다. 이러한 사실을 미루어 봤을 때 노인의 비타민 D 수준에 영향을 미치는 요인으로 노화보다는 야외 신체활동 감소에 따른 햇빛 노출 감소의 영향이 있을 것으로 사료된다. 위의 선행연구들을 종합해보면, 노인들의 비타민 D 수준의 감소는 노화에 의한 것보다 신체활동의 감소에 기인한 것으로 판단되며, 많은 선행연구들에서 신체활동과 비타민 D는 유의한 양의 상관관계가 있다고 보고되고 있지만 대부분의 연구들이 설문지법에 국한되어 있어 신체활동량에 대한 객관적인 조사가 미흡했던 것으로 사료된다.

한편, 지방세포에서 비타민 D를 분해시키는 효소(24-hydroxylase)의 유전자 발현과 비타민 D를 활성화시키는 효소(1 α -hydroxylase)의

발현이 증명되면서 비만과 비타민 D의 연관성에 관심이 높아지고 있다.¹⁵ 체지방의 증가는 비타민 D 분해 효소 증가, 활성화 효소 감소 등으로 비타민 D 대사를 저하시키며, 비알콜성 지방간(nonalcoholic fatty liver disease)과 같은 간 기능 저하로 인해 비타민 D 합성에 부정적인 영향을 미치는 것으로 알려져 있다.^{16,17} Visser 등¹⁸은 유럽 노인 1,260명을 대상으로 체질량지수에 따라 정상, 과체중, 비만 집단으로 세분화한 뒤 비타민 D 수준을 비교한 결과, 비만 집단에서 비타민 D 수준이 가장 낮게 나타났다고 보고한 바 있다. 또한 미국 노인 381명을 대상으로 실시한 Harris 등¹⁹의 연구에 의하면, 체지방률과 비타민 D 수준은 나이와 성별, 비타민 D 섭취에 관계없이 높은 음의 상관관계가 있다고 보고한 바 있으며, 유럽 노인 538명을 대상으로 실시한 van Dam 등²⁰의 연구에서도 체지방률과 비타민 D는 음의 상관관계를 갖는다고 보고된 바 있다. 국내의 경우, 성인 364명을 대상으로 비타민 D와 비만지표 간의 연관성을 조사한 Shin 등²¹의 연구 결과, 내장 지방과 유의한 음의 상관관계가 보였다고 보고한 바 있으며, 폐경 후 여성 310명을 대상으로 비타민 D와 체질량 지수와와의 연관성을 조사한 Jang 등²²의 연구에서는 비타민 D와 체질량 지수와와의 상관관계는 나타나지 않았다고 보고한 바 있다. 위의 연구결과들을 미루어 보면, 노인의 비타민 D 수준과 비만지표와의 유의한 음의 상관관계를 가지는 것으로 사료된다. 그러나 국내의 경우, 비타민 D와 비만의 연관성에 대한 연구결과가 일관되지 않음은 물론, 노인에 대한 선행연구는 전무한 실정이다. 이에 국내 노인의 비타민 D 수준은 비만과 어떠한 연관성이 있는지에 대한 기초자료가 필요할 것으로 판단된다.

이러한 선행연구들을 종합해보면 노인에게 있어서 비타민 D의 부족은 신체활동, 비만지표와 연관성이 있는 것으로 사료되지만, 대다수의 연구에서 신체활동의 조사방법이 설문지에 국한되어 있는 실정기에 신체활동의 정확하고 객관적인 조사가 필요할 것으로 사료된다. 또한 국외의 경우, 비타민 D와 비만의 연관성에 대한 연구결과가 일관적으로 보고되고 있지만, 국내의 경우에는 연구결과가 일관되지 않음은 물론, 노인에 대한 연구는 전무한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 횡단적 연구를 통해 노인의 신체활동 및 비만지표가 비타민 D 수준과 어떠한 연관성이 있는지 구명하는 것을 목적으로 하였다.

연구 방법

1. 연구 대상

본 연구의 대상자는 의학적으로 특별한 질환이 없고, 정상적인 일상 생활 수행이 가능한 경기도 S시 지역의 노인정, 노인복지회관 등 노인 복지편의 시설을 이용하고 있는 65세 이상 노인 233명(남 39명, 여 194명)을 대상으로 하였으며, 피험자 특성은 Table 1에 제시한 바와 같다. 자료 수집 절차에 대해 문서와 구두로 자세히 설명을 한 후 실험 참여

Table 1. Physical characteristics of the participants

Variables	Men (N = 39)	Women (N = 194)	All (N = 233)
Age (yr)	74.3±5.3	74.3±5.8	74.3±5.7
Height (cm)	164.6±5.1	151.5±5.2	153.7±7.1
Weight (kg)	63.8±7.3	57.6±7.5	58.6±7.8
BMI (kg/m ²)	23.5±2.3	25.1±3.1	24.8±3.0
Body fat (%)	24.1±4.2	34.6±4.2	32.8±5.8
WC (cm)	84.5±7.0	84.0±8.1	84.1±7.9
WHR	0.89±0.05	0.88±0.06	0.88±0.05

Data are presented as mean±standard deviation (SD).

BMI, body mass index; WC, waist circumference; WHR, waist to hip ratio.

동의서에 서약을 받고 본 연구에 참여시켰으며, 본 연구는 S대학교 기관윤리위원회의 승인(SKKU-IRB-2014-01-002)을 받아 진행되었다.

2. 분석 항목 및 분석 방법

1) 신체구성 및 비만지표 측정

신장(cm)과 체중(kg)은 자동측정기(DS-102, Jenix Co., Korea)를 사용하여 측정하였으며, 체질량지수(BMI, body mass index)는 체중(kg)/신장(m²) 공식을 이용하여 산출하였다. 허리둘레(cm)는 사전 교육을 받고 숙련된 검사자에 의해 줄자를 이용하여 늑골하단부와 장골능 상부의 중간지점에서 측정하였으며, 복부비만율(WHR, waist to hip ratio)은 허리둘레(cm)/엉덩이둘레(cm) 공식을 사용하여 산출하였다. 체지방률(%)은 X-Scan Body Composition Analyzer (Jawon Medical Co., Korea)를 이용하여 측정하였다.

2) 1일 신체활동량 측정

본 연구에서는 개인의 일상생활을 포함한 전반적인 신체활동량을 측정하기 위해 동작가속도계(Kenz Life corder Ex accelerometer, Suzuken Co. Ltd, Nagoya, Japan)를 이용하여 9일간 모든 피험자에게 허리부위 오른쪽에 수면, 샤워시간을 제외한 시간은 모두 착용토록 하였으며, 착용한 날과 제거한 날의 신체활동 수준은 제외하고 총 7일간의 자료를 토대로 분석하였다. 본 연구에 사용된 동작가속도계는 단축 가속도계(uniaxial accelerometer)로 4초 간격의 MET 개념에 상응되는 운동 강도, 보수(step), 칼로리 소모와 시간 변화에 따른 신체활동량 등을 체지방 측정기와 연동하여 PC데이터를 다운받아 결과지로 볼 수 있는 장점이 있으며, 작고 가벼워 대상자들이 자연스럽게 측정에 참여할 수 있었다.

3) 혈중 비타민 D 분석

혈중 비타민 D를 분석하기 위하여 12시간 이상 공복한 후 대상자의 전완정맥에서 1회용 주사기를 사용하여 10 mL를 채혈하였다. 채혈 후 혈액튜브에 넣고 4°C 원심분리기(MF 300, Hanil, Korea)를 이용

하여 10분간 3,000 rpm으로 원심분리 후 혈청을 분리하여 분석 시까지 -80°C 초저온냉동기에 보관하였다. 보관된 혈청은 chemi luminescent immunoassay (CLIA) 방법으로 Advia (Siemens, USA)를 사용하고 동일회사의 시약을 사용하여 혈청 25(OH)D를 분석하였다.

3. 자료처리

본 연구의 모든 자료는 평균과 표준편차(mean±SD)로 표기하였다. 혈중 비타민 D 수준에 근거하여 전체 피검자를 20 ng/mL 미만을 결핍(deficiency), 20-29 ng/mL를 부족(insufficiency), 30 ng/mL 이상을 충분(sufficiency)으로 분류하고²³, 일원변량분석의 대비(contrasts) 다항식(polynomial)을 이용하여 비타민 D 수준별 측정변인 간의 선 경향 유무를 검증하고, 피어슨 상관관계분석을 이용하여 측정변인 간의 상관계수를 산출하였다. 또한 비타민 D 충분 집단과 부족 및 결핍 집단을 구분한 뒤, WHO²⁴의 노인 신체활동 권고량(주당 중등도 혹은 격렬한 신체활동 150분)에 충족하는 대상을 활동적 집단, 그렇지 않은 대상을 비활동적 집단으로 분류하여 신체활동 수준에 따른 비타민 D 부족의 상대적 위험도(OR, odds ratio)를 산출하였으며, 체질량지수에 근거하여 25 kg/m² 미만을 정상 집단, 25 kg/m² 이상을 비만 집단으로 분류하여 상대적 위험도를 산출하였다. 모든 통계분석은 SPSS-PC (version 18.0)을 이용하고 가설 검정을 위한 유의수준은 $\alpha=0.05$ 로 설정하였다.

연구 결과

1. 비타민 D 수준별 신체구성, 신체활동 및 비만지표 비교

Table 2는 비타민 D 수준에 따라 세분화한 집단 간 신체구성, 신체활동 및 비만지표를 비교한 결과이다. 1일 보수($P<0.001$), 저강도 신체활동($P<0.001$), 중강도 신체활동($P<0.001$), 고강도 신체활동($P<0.001$), 체질량지수($P=0.039$), 허리둘레($P=0.020$)에서 집단 간 통계적으로 유의한 선 경향이 있는 것으로 나타났으며, 나머지 변인에서는 집단 간 통계적으로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다.

2. 비타민 D 수준과 신체구성, 신체활동 및 비만지표와의 연관성

Table 3은 비타민 D 수준과 신체구성, 신체활동 및 비만지표와의 상관관계를 분석한 결과이다. 비타민 D는 1일 보수($r=0.441$, $P<0.001$), 저강도 신체활동($r=0.343$, $P<0.001$), 중강도 신체활동($r=0.351$, $P<0.001$), 고강도 신체활동($r=0.293$, $P<0.001$)과는 유의한 양의 상관관계가 있는 것으로 나타났으며, 체질량지수($r=-0.223$, $P=0.001$), 체지방률($r=-0.182$, $P=0.005$), 허리둘레($r=-0.196$, $P=0.003$)와 유의한 음의 상관관계가 있는 것으로 나타났다. 또한 나이와 성별을 보정한 후에도 비타민 D는 1일 보수($r=0.431$, $P<0.001$),

Table 2. Comparison of body composition, body fatness, physical activity parameters between sufficiency and insufficiency and deficiency groups

Variables	Sufficiency (N = 40)	Insufficiency (N = 79)	Deficiency (N = 114)	P for linear trend
25(OH)D (ng/mL)	34.2±5.2	23.5±3.1	15.1±3.2	<0.001
Age (yr)	73.3±5.0	73.4±5.4	75.2±6.0	0.052
Height (cm)	153.7±6.8	154.9±7.5	152.9±6.9	0.157
Weight (kg)	56.4±7.6	59.2±7.8	59.0±7.8	0.153
Step (step/day)	8,022.0±2,840.3	7,055.4±2,748.0	5,306.7±2,184.1	<0.001
LPA (min/day)	61.1±18.6	54.8±20.2	44.9±18.0	<0.001
MPA (min/day)	21.5±16.2	19.0±14.9	11.6±9.1	<0.001
VPA (min/day)	1.9±3.1	1.0±1.2	0.71±1.0	<0.001
BMI (kg/m ²)	23.9±2.6	24.7±3.1	25.2±3.0	0.039
Body fat (%)	31.9±5.1	32.1±5.9	33.7±5.8	0.079
WC (cm)	81.7±7.6	83.3±7.7	85.4±7.9	0.020

Data are presented as mean ± standard deviation (SD).

BMI, body mass index; WC, waist circumference; LPA, low intensity physical activity; MPA, moderate intensity physical activity; VPA, vigorous intensity physical activity.

Table 3. Relations of serum vitamin D to age, sex, body fatness and physical activity parameters

Variables	Unadjusted		Adjusted*	
	R	P value	R	P value
Age	-0.125	0.056		
Sex	-0.041	0.532		
Step	0.441	<0.001	0.431	<0.001
LPA	0.343	<0.001	0.321	<0.001
MPA	0.351	<0.001	0.328	<0.001
VPA	0.293	<0.001	0.273	<0.001
BMI	-0.223	0.001	-0.206	0.002
Body fat	-0.182	0.005	-0.189	0.004
WC	-0.196	0.003	-0.172	0.009

BMI, body mass index; WC, waist circumference; LPA, low intensity physical activity; MPA, moderate intensity physical activity; VPA, vigorous intensity physical activity.

*Statistical analysis was conducted by using partial correlation, adjusted for age and sex.

저강도 신체활동($r = 0.321$, $P < 0.001$), 중강도 신체활동($r = 0.328$, $P < 0.001$), 고강도 신체활동($r = 0.273$, $P < 0.001$)과는 유의한 양의 상관관계가 있는 것으로 나타났으며, 체질량지수($r = -0.206$, $P = 0.002$), 체지방률($r = -0.189$, $P = 0.004$), 허리둘레($r = -0.172$, $P = 0.009$)와 유의한 음의 상관관계가 있는 것으로 나타났다.

3. 신체활동 수준, 체질량 지수에 따른 비타민 D 부족에 대한 상대적 위험도

Table 4는 세계보건기구(WHO)에서 권고하는 노인 신체활동량(주당 150분 이상)을 충족시키는 활동적 집단과 비활동적 집단으로 구분하여 비타민 D 부족에 노출될 상대적 위험도를 산출한 결과이다. 활동적 집단을 기준으로 하였을 때, 비활동적 집단의 상대적 위험도는 3.925 ($P = 0.001$)로 활동적 집단에 비해 유의하게 높은 것으로

Table 4. Odds ratio of serum 25(OH)D inadequacy to physical activity levels and BMI

	OR (95% CI)	P value	OR*(95%CI)	P value
Physical activity				
Active	1		1	
Inactive	3.925 (1.719-8.961)	0.001	4.058 (1.691-9.736)	0.002
BMI				
Normal	1		1	
Obese	1.368 (0.679-2.755)	0.380	1.340 (0.655-2.743)	0.423

OR, odds ratio; CI, confidence interval; BMI, body mass index.

*OR was adjusted for age and sex.

나타났다. 또한 나이와 성별을 보정한 후에도 비활동적 집단의 상대적 위험도는 4.058 ($P = 0.002$)로 활동적 집단에 비해 유의하게 높은 것으로 나타났다. 또한 체질량지수를 기준으로 정상 집단과 비만 집단으로 구분하여 비타민 D에 대한 상대적 위험도를 산출한 결과, 집단에 따른 상대적 위험도는 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다.

고 찰

본 연구는 노인을 대상으로 비타민 D 부족과 신체활동 및 비만 지표와의 연관성을 검정하였다. 그 결과, 노인의 비타민 D 수준은 1일 보수, 저·중·고강도 신체활동과 유의한 양의 상관관계가 있는 것으로 나타났으며, 체질량 지수, 체지방률, 허리둘레와는 유의한 음의 상관관계를 갖는 것으로 나타났다. 또한 WHO²⁴에서 제시한 신체활동 노인 권고량에 따라 집단을 분류한 뒤, 비타민 D 부족에 대한 상대적 위험도를 산출한 결과, 비활동적 집단은 활동적 집단에 비해 비타민 D 부족에 대한 위험도가 약 4배 높은 것으로 나타났다.

최근 낮은 수준의 비타민 D는 골대사와 더불어 여러 가지 만성질환에 노출될 위험을 증가시킬 수 있다는 연구들이 보고되면서 그 중요성이 강조되고 있다. 이러한 위험에 노출되는 것을 예방하기 위한 수단이 비타민 D 섭취로 알려져 있지만 과다 복용, 오남용 등의 문제로 인해 최근에는 신체활동을 통한 비타민 D 합성이 효과적인 대응책으로 알려지고 있다.¹¹ 노년기의 규칙적인 신체활동은 근골격계 기능 개선, 심혈관계의 기능 개선, 체력의 향상, 신경 가소성 개선 등 신체적으로 긍정적인 효과를 유도할 뿐만 아니라 야외 활동의 증가로 인해 비타민 D 합성을 증가시키는 것으로 알려져 있다.²⁵ 신체활동과 비타민 D의 연관성에 대한 선행연구를 살펴보면, Scott 등²⁶은 호주 노인 686명을 대상으로 신체활동 및 하체 근력과 비타민 D의 연관성에 대해 조사한 결과, 비타민 D와 신체활동 및 하체 근력은 유의한 양의 상관관계가 있다고 보고한 바 있으며, Visser 등¹⁸은 유럽 노인 1,260명을 대상으로 비타민 D 수준에 따라 1일 신체활동량을 조사한 결과, 비타민 D 수준과 1일 신체활동량은 유의한 양의 상관관계가 있다고 보고한 바 있다. 또한 Ensrud 등²⁷은 미국 노인 1,606명을 대상으로 비타민 D 수준에 따라 신체활동 점수를 비교한 결과, 비타민 D 수준이 높은 집단일수록 신체활동 점수가 높다고 보고한 바 있다. 선행연구들은 미루어보면 신체활동과 비타민 D 수준은 밀접한 연관성이 있는 것으로 보고되었으며, 본 연구에서도 비타민 D 수준과 1일 보수, 저·중·고강도 신체활동은 유의한 양의 상관관계가 있는 것으로 나타났다. 또한 본 연구에서 비타민 D 부족 및 결핍 기준을 30 ng/mL 미만으로 설정하였을 때, 비타민 D 부족 및 결핍률은 약 82.8%, 충분한 집단의 비율은 약 17.2%인 것으로 나타났다. 비타민 D가 충분한 집단의 1일 평균 보수는 약 8,000보, 저강도 신체활동은 약 60분, 중·고강도 신체활동은 약 20분 이상을 실시하는 것으로 나타났다. 이러한 결과를 미루어 보면, 신체활동과 비타민 D는 직접적인 연관성이 있는 것으로 사료되며, 비타민 D 부족에 대비하기 위해서는 일정 수준 이상의 신체활동 프로그램이 제시되어야 할 것으로 판단된다.

한편, 최근 지방세포에서 비타민 D 대사에 영향을 미치는 효소들의 발현이 증명되면서 비만과 비타민 D의 연관성에 대한 연구가 많아지고 있으며, 비만은 비타민 D 대사에 악영향을 끼치는 효소들의 발현을 증가시킴으로 비타민 D 합성을 저하시킨다고 알려져 있다.¹⁶ 비만지표와 비타민 D의 연관성에 대한 선행연구를 살펴보면, Jorde 등²⁸은 유럽 성인 10,229명을 대상으로 체질량 지수에 따라 집단을 세분화한 뒤 비타민 D 수준을 비교한 결과, 체질량 지수가 증가할수록 비타민 D 수준은 낮아지는 선 경향이 나타났다고 보고한 바 있으며, Reis 등²⁹은 비타민 D와 복부 비만은 유의한 음의 상관관계가 있다고 보고한 바 있다. 또한 국내 노인 484명을 대상으로 실시한 Seo 등³⁰의 연구 결과, 비타민 D 수준은 내장 지방 면적과는 유의한 음의 상관관계가 있었지만, 피하지방과는 유의한 연관성이 없었다고 보고한 바

있다. 이에 본 연구에서 비타민 D 수준과 비만지표 간의 상관관계를 분석한 결과, 체질량 지수, 체지방률, 허리둘레와 유의한 음의 상관관계가 있는 것으로 나타났으며, 국내외 선행연구들과 비슷한 결과가 나타났다. 이는 비타민 D와 비만은 직접적인 연관성이 있으며, 식이 혹은 신체활동을 통한 비만의 개선은 비타민 D 수준을 유지하는 데 긍정적인 영향을 미칠 수 있을 것으로 사료된다.

또한 비타민 D 부족에 대한 위험도를 알아보기 위해 WHO²⁴의 노인 신체활동 권고 기준에 따라 집단을 분류한 뒤 상대적 위험도를 산출한 결과, 비활동 집단은 활동 집단에 비해 비타민 D 부족에 노출될 확률이 약 4배 높은 것으로 나타났다. 이러한 결과는 비타민 D는 음식으로 섭취하는 것보다 신체활동으로 인한 자외선 노출에 의한 합성이 비타민 D 결핍증에 대비하는 효과적인 방법이라고 제시한 선행연구들을 지지할 수 있는 결과이다.¹⁰ 더불어 체질량 지수를 기준으로 비만 집단과 정상 집단을 분류한 뒤 상대적 위험도를 산출한 결과, 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 혈중 비타민 D 수준에 대한 아직 명확한 인과관계가 파악되지 않았으며, 혈중 비타민 D의 감소는 지방세포를 분해할 수 있는 효소를 감소시켜 지방 축적을 유도하며, 공복감 감소, 음식 섭취 감소 등의 기전을 유도하는 비타민 D의 대사적 측면에서 해석할 수 있을 것으로 사료된다.³¹

본 연구의 결과를 종합해 볼 때, 노인의 비타민 D 부족 증상에 대해 적절하게 대처하기 위해서는 야외에서 실시할 수 있는 다양한 신체활동 프로그램과 더불어 적극적인 비만 관리가 필요할 것으로 판단된다. 그러나 본 연구는 햇볕 노출시간과 비타민 D 섭취를 반영하지 못했다는 제한점이 있으며, 특성상 인과관계를 구명하기 힘들기 때문에 향후 규칙적인 야외 신체활동 프로그램과 비만관리를 통해 인과관계에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

요 약

배경: 본 연구는 횡적 연구를 통해 노인의 신체활동 및 비만지표가 비타민 D 수준과 어떠한 연관성이 있는지 구명하는 것을 목적으로 하였다.

방법: 65세 이상 노인 233명(남 39명, 여 194명)을 대상으로 전반적인 신체활동량을 측정하기 위해 동작가속도계를 사용하였으며, 비만지표는 표준화된 프로토콜을 이용하여 측정하였다. 변인들 간의 상관성은 피어슨의 상관관계로 분석하였으며, 신체활동 수준에 따른 비타민 D 부족의 상대적 위험도를 산출하기 위해 로지스틱 회귀분석을 실시하였다.

결과: 1일 보수($P<0.001$), 저강도 신체활동($P<0.001$), 중강도 신체활동($P<0.001$), 고강도 신체활동($P<0.001$), 체질량지수($P=0.039$), 허리둘레($P=0.020$)는 비타민 D 수준에 따른 집단 간 유의한 선 경향이 있는 것으로 나타났다. 비타민 D 수준은 1일 보수($P<0.001$), 저강도 신체활동($P<0.001$), 중강도 신체활동($P<0.001$), 고강도 신체활동($P<0.001$)

과는 유의한 양의 상관관계를 갖는 것으로 나타났으며, 체질량 지수 ($P=0.001$), 체지방률($P=0.005$), 허리둘레($P=0.003$)와는 유의한 음의 상관관계를 갖는 것으로 나타났다. 비타민 D 부족에 대한 신체활동의 상대적 위험도를 산출한 결과, 비활동 집단의 상대적 위험도는 3.925 ($P=0.001$)로 활동적 집단에 비해 유의하게 높은 것으로 나타났으며, 나이와 성별을 보정한 후에도 4.058 ($P=0.002$)로 나타났다.

결론: 노인의 비타민 D 부족 증상에 대해 적절하게 대처하기 위해서는 야외에서 실시할 수 있는 다양한 신체활동 프로그램과 더불어 적극적인 비만 관리가 필요할 것으로 판단된다.

중심단어: 비타민 D 부족, 신체활동, 비만지표, 노인

Conflicts of Interest

There are no conflicts of interest to disclose.

Acknowledgments

This work was supported by The National Research Foundation Grant funded by the Korean Government (NRF-2013S1A2A2034953).

References

- Holick MF. Sunlight and vitamin D for bone health and prevention of autoimmune diseases, cancers, and cardiovascular disease. *Am J Clin Nutr* 2004;80(Suppl 6):1678-88.
- Lips P, Hosking D, Lippuner K, Norquist JM, Wehren L, Maalouf G, et al. The prevalence of vitamin D inadequacy amongst women with osteoporosis: an international epidemiological investigation. *J Intern Med* 2006;260:245-54.
- Health Insurance Review & Assessment Service. Health insurance review and determination standards. Health Insurance Review & Assessment Service [serial online 1831] 2012 Dec [accessed 2012 Dec 17]; Available from: URL: http://www.hira.or.kr/dummy.do?pgmid=HIRAA020041000000&cmsurl=/cms/inform/02/1214392_27116
- Bhan I, Thadhani R. Vitamin D therapy for chronic kidney disease. *Semin Nephrol* 2009;29:85-93.
- Hamilton B. Vitamin D and human skeletal muscle. *Scand J Med Sci Sports* 2010;20:182-90.
- 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.
- Zittermann A. Vitamin D and disease prevention with special reference to cardiovascular disease. *Prog Biophys Mol Biol* 2006;92:39-48.
- Eyles DW, Smith S, Kinobe R, Hewison M, McGrath JJ. Distribution of the vitamin D receptor and 1 alpha-hydroxylase in human brain. *J Chem Neuroanat* 2005;29:21-30.
- Etgen T, Sander D, Bickel H, Sander K, Förstl H. Vitamin D deficiency, cognitive impairment and dementia: a systematic review and meta-analysis. *Dement Geriatr Cogn Disord* 2012;33:297-305.
- Norval M, Wulf HC. Does chronic sunscreen use reduce vitamin D production to insufficient levels? *Br J Dermatol* 2009;161:732-6.
- Al-Othman A, Al-Musharaf S, Al-Daghri NM, Krishnaswamy S, Yusuf DS, Alkharfy KM, et al. Effect of physical activity and sun exposure on vitamin D status of Saudi children and adolescents. *BMC Pediatr* 2012;12:92.
- Ginde AA, Scragg R, Schwartz RS, Camargo CA Jr. Prospective study of serum 25-hydroxyvitamin D level, cardiovascular disease mortality, and all-cause mortality in older U.S. adults. *J Am Geriatr Soc* 2009; 57:1595-603.
- Brock K, Huang WY, Fraser DR, Ke L, Tseng M, Stolzenberg-Solomon R, et al. Low vitamin D status is associated with physical inactivity, obesity and low vitamin D intake in a large US sample of healthy middle-aged men and women. *J Steroid Biochem Mol Biol* 2010;121:462-6.
- Scragg R, Camargo CA Jr. Frequency of leisure-time physical activity and serum 25-hydroxyvitamin D levels in the US population: results from the Third National Health and Nutrition Examination Survey. *Am J Epidemiol* 2008;168:577-91.
- Blumberg JM, Tzamelis I, Astapova I, Lam FS, Flier JS, Hollenberg AN. Complex role of the vitamin D receptor and its ligand in adipogenesis in 3T3-L1 cells. *J Biol Chem* 2006;281:11205-13.
- Wamberg L, Christiansen T, Paulsen SK, Fisker S, Rask P, Rejnmark L, et al. Expression of vitamin D-metabolizing enzymes in human adipose tissue -- the effect of obesity and diet-induced weight loss. *Int J Obes* 2013;37:651-7.
- Targher G, Bertolini L, Scala L, Cigolini M, Zenari L, Falezza G, et al. Associations between serum 25-hydroxyvitamin D3 concentrations and liver histology in patients with non-alcoholic fatty liver disease. *Nutr Metab Cardiovasc Dis* 2007;17:517-24.
- Visser M, Deeg DJ, Puts MT, Seidell JC, Lips P. Low serum con-

- centrations of 25-hydroxyvitamin D in older persons and the risk of nursing home admission. *Am J Clin Nutr* 2006;84:616-22.
19. Harris SS, Dawson-Hughes B. Reduced sun exposure does not explain the inverse association of 25-hydroxyvitamin D with percent body fat in older adults. *J Clin Endocrinol Metab* 2007;92:3155-7.
 20. van Dam RM, Snijder MB, Dekker JM, Stehouwer CD, Bouter LM, Heine RJ, et al. Potentially modifiable determinants of vitamin D status in an older population in the Netherlands: the Hoorn Study. *Am J Clin Nutr* 2007;85:755-61.
 21. Shin SR, Han AL, Park SH. Vitamin D status and its relation with abdominal adiposity and cardiovascular risk factors of Korean adults in certain areas. *Korean J Obes* 2015;24:30-5.
 22. Jang SY, Lee JY, Bae JM, Lee C, Hong SN, Kim A, et al. 25-hydroxyvitamin D levels and body mass index in healthy postmenopausal women. *Korean J Obstet Gynecol* 2012;55:378-83.
 23. Holick MF. Vitamin D deficiency. *N Engl J Med* 2007;357:266-81.
 24. WHO Guidelines Approved by the Guidelines Review Committee. Global recommendations on physical activity for health. Geneva: World Health Organization; 2010. p. 31-2.
 25. Frankel JE, Bean JF, Frontera WR. Exercise in the elderly: research and clinical practice. *Clin Geriatr Med* 2006;22:239-56.
 26. Scott D, Blizzard L, Fell J, Ding C, Winzenberg T, Jones G. A prospective study of the associations between 25-hydroxy-vitamin D, sarcopenia progression and physical activity in older adults. *Clin Endocrinol (Oxf)* 2010;73:581-7.
 27. Ensrud KE, Blackwell TL, Cauley JA, Cummings SR, Barrett-Connor E, Dam TT, et al. Circulating 25-hydroxyvitamin D levels and frailty in older men: the osteoporotic fractures in men study. *J Am Geriatr Soc* 2011;59:101-6.
 28. Jorde R, Sneve M, Emaus N, Figenschau Y, Grimnes G. Cross-sectional and longitudinal relation between serum 25-hydroxyvitamin D and body mass index: the Tromsø study. *Eur J Nutr* 2010;49:401-7.
 29. Reis JP, von Mühlen D, Kritz-Silverstein D, Wingard DL, Barrett-Connor E. Vitamin D, parathyroid hormone levels, and the prevalence of metabolic syndrome in community-dwelling older adults. *Diabetes Care* 2007;30:1549-55.
 30. Seo JA, Cho H, Eun CR, Yoo HJ, Kim SG, Choi KM, et al. Association between visceral obesity and sarcopenia and vitamin D deficiency in older Koreans: the Ansan Geriatric Study. *J Am Geriatr Soc* 2012;60:700-6.
 31. Soares MJ, Murhadi LL, Kurpad AV, Chan She Ping-Delfos WL, Piers LS. Mechanistic roles for calcium and vitamin D in the regulation of body weight. *Obes Rev* 2012;13:592-605.