복합운동이 노쇠노인의 혈중 비타민 D 수준과 인지기능에 미치는 영향

진영윤, 강현식

성균관대학교 스포츠과학과

The Effects of a Combined Exercise Training on Serum Vitamin D Level and Cognitive Function in Frail Elderly Persons

Young-Yun Jin, Hyun-Sik Kang

College of Sport Science, Sungkyunkwan University, Suwon, Korea

PURPOSE: The purpose of this study was to investigate the effect of a combined exercise training on serum vitamin D level and cognitive function in frail elderly persons.

METHODS: A total of 25 elderly persons aged 79.6 ± 3.8 years were voluntarily recruited from local community centers in S city of Gyeonggi-Do. The exercise group ($n=12$) underwent a combined exercise intervention consisting of outdoor walking and resistance exercise using a Thera band, which was performed at an intensity of 40-50% of age-based target heart rates with duration of 60-minute per session and frequency of 2 days per week for 24 weeks. The control group ($n=13$) was asked to maintain their sedentary life styles. Two-way ANOVAs with repeated measures were used to test significant time by group interactions for measured variables at $\alpha=.05$.

RESULTS: The results of the study were as follows: 1) Significant group by time interactions were found for %body fat ($p=.014$), lean body mass ($p=.036$), cognitive function ($p<.001$), and serum vitamin D ($p<.001$); the exercise group had significant improvements in those variables, as compared to the control group. 2) Pearson correlation analyses showed that changed serum vitamin D level was significantly and positively association with changed cognitive function ($r=.664, p<.001$).

CONCLUSIONS: In summary, the current findings of the study suggest that participating in a combined exercise consisting of outdoor walking and resistance exercise provides a safe and effective means against cognitive decline and vitamin D deficiency with aging.

Key words: Combined exercise, Vitamin D, Cognitive function, Dwelling frail elderly

서론

WHO에 따르면 전 세계적으로 60세 이상 노인인구가 다른 연령층보다도 급속하게 증가하고 있다고 보고하고 있으며[1], 특히 우리나라의 고령화 현상은 세계적으로 가장 빠르게 진행되고 있는 것으로 나타

났다[2]. 일반적으로 연령의 증가는 웰빙(well-being)의 감소와 노쇠(frailty) 수준의 증가[3]와 관련되어 있지만 개인의 건강과 기능 상태에 따라 달라질 수 있는 것도 사실이다[4].

노쇠는 보행, 이동, 균형, 근력, 인지기능, 영양, 지구력 그리고 신체활동과 같이 다양한 신체적 기능저하[5]와, 낙상, 장애, 장기요양, 입원 심

Corresponding author: Hyun-Sik Knag Tel +82-31-299-6911 Fax +82-31-299-6942 E-mail hkang@skku.edu

* 이 논문은 2016년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2016S1A5A8019904).

* 본 연구는 성균관대학교 연구윤리위원회의 승인을 받음(SKKU2015-09-001-002).

Keywords 복합운동, 비타민 D, 인지기능, 노쇠노인

Received 16 Jan 2017 Revised 27 Jan 2017 Accepted 6 Feb 2017

© 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.

지어 사망에 이르기까지 직접적으로 관련되어 있다[6]. 특히 나이가 증가함과 동시에 근육 및 근력의 감소는 신체적 기능을 저하시켜 독립적인 생활을 어렵게 하는 요인이 되고[7], 신체활동량의 감소는 최대산소 섭취량, 근력 그리고 피로감 등 노쇠 위험요인의 증가와 관련이 있다.

한편, 관찰연구에서는 혈중 비타민 D 농도와 신체적 수행능력과 의 임상적 관계에 대해 많은 연구결과들이 보고되고 있다. 그 예로, 알츠하이머 치매를 가진 환자가 정상인에 비해 혈중 비타민 D 농도가 낮게 나타났고, MMSE 점수와 유의한 정 상관관계를 보였으며[10], 혈중 비타민 D 결핍 또는 부족은 노쇠의 유병률을 높이는 것으로 보고되었다[11,12]. 이러한 비타민 D는 계절, 햇빛 노출 그리고 식이섭취량에 따라 달라진다. 예로, 북반구에서 비타민 D 혈중 농도는 늦여름부터 한겨울에 이르기까지 20% 감소하는 반면, 여름에는 20분 이상 햇빛에 노출되면 비타민 D가 빠르게 생성되고[13], 햇빛에 규칙적으로 노출되면 비타민 D의 혈청 농도가 증가할 수 있다고 보고되고 있다[14]. 특히 체내 비타민 D 수준은 음식섭취에 의해 생성되는 것보다 햇빛 노출된 피부를 통해 체내에서 합성돼 몸에 필요한 90%가 생성된다[13].

종합적으로, 노쇠는 시간의 경과에 따라 빈번한 변화에 의해 잠재적으로 수정 가능한 역동적인 특징을 나타낸다. 즉 이는 구체적인 증세와 건강전망이 노쇠를 지연 또는 예방하고 심지어 노쇠상태를 역으로 바꿀 수 있다는 것을 의미한다[15].

노년기 신체활동 증가 또는 규칙적인 운동 참여는 낙상[16], 정신건강[17], 인지기능 저하[18], 심장과 폐기능 저하[19]의 위험을 감소시키고, 균형[16], 보행[20]과 이동능력[21], 근력과 심폐체력[22]과 같은 체력 감소를 예방하거나 향상키는 것으로 잘 알려져 있으며, 유산소 및 근력운동 또는 복합운동은 건강한 노인과 만성질환 및 장애를 가진 노인 모두에게 권고되고 있다[23]. 이처럼 신체활동과 운동은 누구나 쉽게 참여할 수 있는 중재 방법으로서 경제적이고, 기능적인 제한 정도에 상관없이 이익을 얻을 수 있다[24].

현재, 우리나라도 비타민 D 결핍 유병률이 높은 것으로 알려져 있으며, 제4차 국민건강영양조사에 따르면 30 ng/mL 기준으로 86.8%의 남성, 93.3%의 여성이 비타민 D 부족에 해당하였고[25], 전 세계적으로 노인인구의 약 30-40% 이상이 비타민 D 부족을 경험하고 있는 것으로 추정되며, 이들 중 상당수가 인지기능 저하와 관련이 되어 있을 것으로 판단된다. 또한 국외에서는 노쇠노인을 위한 중재연구가 이미 진행되어지고 있지만 국내 연구는 부족한 실정이며, 특히 노쇠노인은 신체적 능력, 인지, 건강 등의 여러 영역에서 예비력이 감소되어 높은 강도의 운동보다는 저강도의 운동이 필요하며[26], 신체활동에 대한 동기를 유발하고, 흥미를 가지고 지속적으로 실천할 수 있는 다양한 프로그램 개발이 필요하다. 따라서 본 연구는 신체적으로 허약한 여성노인을 대상으로 규칙적인 햇빛 노출을 위한 옥외 걷기 운동과 밴드를 이용한 근력운동으로 구성된 저강도 복합운동이 비타민 D 수준 및 인지

기능저하에 미치는 효과를 규명하고자 하였다.

연구 방법

1. 연구 대상

본 연구의 대상자는 65세 이상 S시 지역사회 재가 여성노인을 모집 단으로 선정하고 노쇠 기준에 부합한 30명을 대상으로 하였으며, 최근 5년 이내에 심혈관 질환을 앓은 적이 없고 수술 및 극심한 관절염 등으로 인해 본 프로그램에 참여하는 데 있어서 방해 요인이 없는 참여자를 선정하였다. 또한 비타민과 관련된 영양제를 규칙적으로 복용하는 참여자는 제외하였다. 본 연구의 목적과 취지를 서면과 구두로 설명하고 자발적으로 참여 동의서에 서명을 한 후 중재프로그램에 참여토록 하였으며, 단순무선표집에 의해 운동집단(15명)과 통제집단(15명)으로 나누어 프로그램을 진행하였다. 중재 기간 중 개인 사정 2명, 사후 검사 미참여 3명으로 총 5명이 중도 탈락하였으며, 최종적으로 운동집단 13명 통제집단 12명의 자료만을 분석하였고, 참여자의 특성은 Table 1에 제시한 바와 같다.

2. 측정 방법 및 절차

1) 신체조성

신장은 자동측정기(DS-102, Jenix, Korea)를 이용하여 측정하였으며, 체중, 체지방률 및 체지방량은 다주파수 임피던스기기 Inbody 720 (Biospace, Seoul, Korea)를 이용하여 측정하였다.

2) 안정시 혈압

안정시 혈압은 앉은 상태에서 10분 이상 안정 상태를 취한 후 자동 혈압계(Jawon Medical Co., Korea)를 이용하여 2회 측정한 후 평균값을 사용하였다.

3) 인지기능 검사

인지기능 검사는 경도 및 중증 치매환자 선별에 신뢰도와 타당도가 입증되어 우리나라에서 표준화되고 사용되는 도구로서, CERAD-K

Table 1. Characteristic of participants (Mean±SD)

Variable	Control Group (n = 12)	Exercise Group (n = 13)	p
Age (year)	78.6±3.2	80.5±4.2	.224
Weight (kg)	58.6±4.3	59.1±9.6	.851
BMI (kg/m ²)	27.0±2.1	26.1±3.3	.429
Body fat (%)	42.0±6.0	41.4±6.1	.801
LBM (kg)	17.3±1.7	17.9±2.1	.416
Grade (year)	4.6±3.2	3.8±3.1	.529

BMI, body mass index; LBM, lean body mass.

(The Korean version of the Consortium to Establish a Registry for Alzheimer's disease)의 신경심리 평가 집에 포함되어 있는 MMSE-KC [27]를 이용하였다. 피험자와 1:1 질의응답 후 각 문항의 점수를 합산하여 기록하였고, MMSE-KC의 구성내용은 지남력 10문항, 기억등록 1문항, 기억회상 1문항, 주의집중 및 계산 1문항, 언어기능 2문항, 이해 및 판단 4문항 총 19문항 구성되어 있으며, 총 30점으로, 인지기능 저하 여부 판단 시 성별, 연령, 학력을 보정하여 확인할 수 있다.

4) 혈중 비타민 D

혈중 비타민 D의 활성형은 1, 25-hydroxycyvitmain D (1, 25(OH)D)로, 반감기가 4시간이기 때문에 전체적인 혈중 비타민 D 수준을 반영할 수 없다. 반면, 25-hydroxycyvitmain D (25(OH)D)는 대부분 비타민 D 결합단백질과 결합하고 반감기는 2주로, 혈중 비타민 D의 가장 좋은 지표이다. 따라서 혈중 비타민 D 수준을 확인하기 위해 25-hydroxycyvitmain D RIA kit (DiaSorin, Stilwater MN, USA)를 이용하여 방사선면역측정법(radioimmunoassay, RIA)으로 분석하였다.

5) 복합운동 프로그램

복합운동 프로그램은 노쇠노인의 회복력과 ACSM [28]의 지침을 고려하여 옥외 걷기 운동과 실내 탄력밴드 운동으로 구성된 복합운동을 실시하였으며, 24주간 주 2회, 1회 60분으로 진행하였다. 복합운동 프로그램은 준비운동, 본 운동, 마무리 운동으로 구분하여 진행하였으며, 자세한 프로그램은 Table 2에 제시한 바와 같다.

준비운동 후 근육운동은 참여자의 특성에 따라 안정성을 고려하여 노란색(1.8 kg 저항), 빨간색(2.7 kg 저항) 탄력밴드(Thera-band®, USA)를 사용하였다. 가슴, 어깨, 팔, 복부, 다리 운동을 실시하였으며, 각 부위별 최소 2세트를 기본으로 1세트당 15-20회 반복하였다. 이때 각 부위 당 세트 간 휴식시간은 1분 이내로 하였으며, 점증부하의 원리에 따라 노란색 밴드로 시작하여 12주 후에는 빨간색 밴드를 사용하여 부하를 증가시켰다. 옥외 걷기 운동은 Karvonen [29]의 $[(HR_{max}-HR_{rest}) \times \text{Exercise intensity} + HR_{rest}]$ 에 따라 여유심박수 40-50%에서 실시하였

다. 체력수준을 감안하여 12주 후 운동 강도를 재설정하였고, 운동 강도의 증가시점에 무선 심박수 측정기 Polar (sport tester, Finland)를 착용시켜 개인별 목표심박수를 확인하였다. 한편 통제집단은 중재 프로그램 참여시간 동안 평소와 같은 일상생활을 유지하도록 권고하였으며, 주 1회 구두로 확인하였다.

3. 자료처리방법

본 연구의 모든 자료는 평균(mean)과 표준편차(standard deviation, SD)로 기술하였으며, 복합운동에 따른 집단과 시기간 상호작용 효과는 이원반복측정변량분석(two way repeated ANOVA)을 실시하였다. 그리고 비타민 D 수준 변화와 인지기능 점수변화와의 관계를 알아보기 위해 Pearson 상관관계 분석을 실시하였다.

연구 결과

1. 신체조성 및 안정시 혈압의 변화

복합운동에 따른 신체조성 및 안정시 혈압의 변화는 Table 3에 제시한 바와 같다. 체지방률($p=.014$)과 체지방량($p=.036$)은 집단간 측정 시기간 유의한 상호작용 효과가 나타났다. 상호작용이 의미하는 바는 복합운동 참여 집단과 체지방률은 사전에 비해 사후에 감소한 것으로 나타났고 체지방량은 증가한 것으로 나타났지만, 통제그룹의 체지방률과 체지방량은 사전-사후에 유의한 변화가 나타나지 않은 것으로 해석된다. 반면, 체중, 신체질량지수, 안정시 혈압은 집단간 측정 시기간 유의한 상호작용효과가 없는 것으로 나타났고, 체중과 신체질량지수의 경우 측정시기에서만 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다.

2. 혈중 비타민 D의 변화

복합운동에 따른 혈중 비타민 D의 변화는 Table 4에 제시한 바와 같다. 25(OH)D는 집단 간 측정 시기간 유의한 상호작용효과가 나타났다. 상호작용이 의미하는 바는 복합운동참여 집단의 25(OH)D는 사전에 비해 사후에 증가한 것으로 나타났지만 통제집단은 사전에 비해 사후에 유의한 차이가 나타나지 않은 것으로 해석된다.

3. 인지기능 변화

복합운동에 따른 인지기능의 변화는 Table 5에 제시한 바와 같다. 인지기능척도인 MMSE-KC 점수는 집단 간 측정 시기간 유의한 상호작용효과가 나타났다. 상호작용이 의미하는 바는 복합운동참여 집단의 MMSE-KC 점수는 사전에 비해 사후에 향상된 것으로 나타났지만 통제집단은 사전에 비해 사후에 유의한 차이가 나타나지 않은 것으로 해석된다.

Table 2. Combined exercise program

(Mean±SD)

Contents	Program	Intensity	Time
Warm-up	Stretching		10 min
Resistance exercise (using elastic band)	Chest press	RPE 10-12	15-20 rep 20 min/2 sets
	Leg press		
	Shoulder press		
	Leg curl		
	Biceps curl		
	Abdominal curl		
Aerobic exercise	Outdoor walking	HRR 40-50%	20 min
Cool-down	Stretching		10 min

RPE, rating of perceived exertion; rep, repetition; HRR, heart rate reserve.

Table 3. The change of body composition and resting blood pressure

(Mean±SD)

Variables	Control Group (n = 12)		Exercise Group (n = 13)			p
	Pre	Post	Pre	Post		
Weight (kg)	58.6±4.3	58.0±4.5	59.1±9.6	58.4±9.4	a	.871
					b	.006
					a×b	.706
BMI (kg/m ²)	27.0±2.1	26.7±2.3	26.1±3.3	25.8±3.2	a	.417
					b	.009
					a×b	.773
Body Fat (%)	42.0±6.0	41.8±6.6	41.4±6.1	39.5±7.0	a	.578
					b	.002
					a×b	.014
LBM (kg)	17.3±1.7	16.4±2.3	17.9±2.1	18.3±1.8	a	.110
					b	.415
					a×b	.036
SBP (mmHg)	133.4±10.8	132.5±10.5	132.4±7.9	131.8±7.5	a	.590
					b	.094
					a×b	.163
DBP (mmHg)	72.4±8.2	71.6±8.0	74.2±6.4	73.6±6.9	a	.116
					b	.425
					a×b	.490

BMI, body mass index; LBM, lean body mass; SBP, systolic blood pressure; DBP, diastolic blood pressure.

a: group, b: time, a×b: group×time.

Table 4. The change of vitamin D levels

Variables	Control Group (n = 12)		Exercise Group (n = 13)			p
	Pre	Post	Pre	Post		
25(OH)D (ng/mL)	22.6±7.5	21.2±7.0	23.6±7.1	24.9±7.0	a	.425
					b	.791
					a×b	<.001

a: group, b: time, a×b: group×time.

Table 5. The change of MMSE score

Variables	Control Group (n = 12)		Exercise Group (n = 13)			p
	Pre	Post	Pre	Post		
MMSE-KC (score)	22.4±3.4	21.3±3.1	21.9±3.8	22.9±3.2	a	.779
					b	.664
					a×b	<.001

MMSE-KC, mini-mental status examination in the Korean version of the CERAD assessment packet.

a: group, b: time, a×b: group×time.

4. 혈중 비타민 D 수준변화와 인지기능 점수변화와의 상관관계

본 연구에서는 운동 중재에 따른 혈중 비타민 D 변화와 인지기능 점수변화에 대한 연관성을 검증하기 위해서 혈중 25(OH)D와 MMSE 점수의 사전-사후의 변화 값을 산출하여 상관관계분석을 추가적으로 분석하였다(Table 6). 그 결과, 인지기능 척도의 변화는 혈중 25(OH)D 수준($r=.664$, $p<.001$)의 변화와 유의한 양적 상관관계를 갖는 것으로 나타났다(Fig. 1).

Table 6. Pearson correlation among pre- and post-exercise intervention changed in vitamin D levels and cognitive function

Variables	Δ25 (OH)D
ΔMMSE-KC	$r=.664$ ($p<.001$)

Δ: value of pre- and post-exercise intervention changes.

MMSE-KC, mini-mental status examination in the Korean version of the CERAD assessment packet.

Fig. 1. Scatter-plots for pre- and post-exercise intervention changes in global cognitive function and 25(OH)D.

논 의

노년기에는 정신적·신체적 장애의 위험이 증가하고, 이것은 독립적인 삶을 추구하는 데 제한점이 된다. 특히 신체적 장애는 걷기 능력을

제한하고, 낙상과 상해 저하의 위험성을 높여 궁극적으로 신체적 노쇠로 이어지게 된다. 이러한 신체적 노쇠의 중요한 원인 중 하나는 노화로 인한 근감소증(sarcopenia) 또는 근육량 감소이다[30]. 70세 이상의 노인들은 매년 약 300 g 정도 근육량이 감소하여 신체적 능력과 근력의 감소로 이어진다고 보고하고 있다[31].

한편, 비타민 D는 뇌 기능의 중요한 역할을 함으로써, 치매 또는 인지기능저하의 위험요인으로 주목받고 있다. 혈중 비타민 D 수준의 저하가 주로 전반적인 인지기능 저하와 집행기능의 저하와 관계가 있으며[32], 6,257명의 추적연구조사에서도 비타민 D 수준이 25 nmol/L 이하의 결핍환자는 4년 후 전반적인 인지기능저하의 위험이 약 1.5배 높아진다는 사실이 보고된바 있다[33].

이에 본 연구는 신체적으로 허약한 65세 이상 노쇠노인을 대상으로 24주간의 밴드운동과 옥외 유산소 걷기 운동으로 구성된 복합운동이 신체조성 및 혈중 비타민 D 수준과 인지기능에 미치는 영향을 확인하고자 하였다.

첫 번째로 노쇠노인을 대상으로 24주간의 복합운동은 체지방량을 감소시키고 체지방량을 증가시키는 데 효과적인 것으로나 나타났다. 이러한 결과는 Hunter et al. [34]이 실시한 26주간의 저항성 운동과 Leenders et al. [35]이 실시한 24주간의 저항성 운동 참여 후 체지방량 감소와 근육량 증가를 보인 연구와 동일하였으며, 유산소 및 저항성 운동이 포함된 12주간의 복합운동을 실시한 국내 연구에서도 체지방률과 허리둘레가 감소[36]하는 결과를 뒷받침하고 있다. 반면, Lee et al. [37]과 Janessen et al. [38]는 운동중재프로그램 후 골격근 지수에서만 유의한 변화가 나타나지 않았고, 노쇠노인을 대상으로 저항성 운동을 중재한 연구[16,39]에서도 체지방량이 증가하였고, 지방의 근육 침윤(infiltration)이 감소하였지만 체지방의 변화는 나타나지 않았다는 상반된 연구결과도 보고되었다. Kim et al. [40]의 연구에서도 12주간의 복합운동 후 체중, 체지방량 그리고 체질량지수의 변화가 나타나지 않았다고 보고하였다. 본 연구 결과와 선행연구들의 상반된 결과는 운동 중재의 유형과 참여 시간을 포함한 프로그램 구성에서 나타나는 차이일 것으로 판단된다. 특히 선행연구와 본 연구 결과, 노인의 근육량 증가는 12주 이상 참여할 수 있는 장기간 저항성 운동 중재에 의해 효과적인 것으로 판단되고, 그러므로 노쇠노인의 체지방량을 높이기 위해서는 단기간보다 장기간의 운동 참여와 더불어 유산소, 저항성, 균형 등 복합운동 프로그램 구성 시 주된 요인이 되고 있는 저항성 운동량을 고려할 필요성이 있으며, 근육량의 증가를 위한 단백질 식이 섭취량도 중재해야 할 것이다[41].

두 번째로, 24주간의 복합운동 참여집단에서 혈중 25(OH)D수준이 충분한 수준은 아니지만 운동집단에서 유의하게 증가하는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 하루 20분 햇빛을 받으며 걷게 되면 하루 권장량이 합성되고, 음식섭취를 통해 얻어지는 비타민 D의 양은 매우 제한

적이지만 대부분의 경우 햇빛노출을 통해 피부에서의 합성으로부터 얻어진다는 연구[13]를 뒷받침하고 있다. 대부분의 노인은 비타민 D 결핍 또는 부족으로, 근육 약화와 관련이 있는데, 이것은 아마도 노인은 낮은 식이섭취, 햇빛노출 그리고 간과 신장의 수산화(hydroxylation) 장애에 의해 비타민 D 결핍의 경향성을 나타내는 것으로 판단된다[38]. 특히, 비타민 D는 acetylcholine, dopamine, serotonin 및 γ -aminobutyric acid와 같은 neurotransmitter의 생성을 조절하여 신경세포를 보호하는 역할을 하며, 햇빛에 노출된 피부를 통해 체내에서 합성돼 몸에 필요한 90%가 공급된다[42]. 따라서 규칙적인 옥외 신체활동을 통한 체내 비타민 D 합성은 노년기 근육 약화와 인지기능저하의 예방 또는 개선에 중요한 역할을 할 것으로 판단된다.

세 번째로, 24주간의 복합운동 참여는 노쇠노인의 MMSE-KC로 측정된 인지기능점수를 유의하게 개선시키는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 노인을 대상으로 복합운동이 해마, 미상핵, 시상의 크기를 증가시키고 전두엽과 두정엽의 긍정적인 자극을 주어 시간지남력, 장소 지남력, 기억력, 주의집중력과 같은 인지기능을 개선시키는데 효과적이라는 연구 결과[43,44]와 유사하며, 노쇠노인을 대상으로 12주간 근력운동과 유산소 운동이 포함된 복합운동을 실시한 집단에서도 인지 기능이 개선되었다는 연구 결과를 뒷받침 하고 있다[45].

마지막으로 복합운동 참여 후 혈중 25(OH)D수준 변화와 인지기능 점수 변화와의 상관성을 분석한 결과, 통계적으로 유의한 정 상관관계가 나타났다. 즉, 옥외 걷기 운동을 통한 햇빛 노출은 혈중 25(OH)D 수준 증가에 기여했을 것으로 판단되며[13], 이러한 비타민 D는 동물 실험을 통해 알려진 역할로서, 신경영양작용(neurotrophic function), 신경보호(neuroprotection) 및 신경면역조절(neuroimmunomodulation) 기능을 수행하여 결국 신경세포의 유지, 성장 및 생존과 밀접하게 관계되어 해마 신경세포를 활성화시키고 퇴행으로부터의 보호작용을 하여 기억향상과 더불어 인지기능의 유지 및 개선에 도움을 주는 것으로 보고되었다[46].

결론

본 연구와 국내외 선행연구 결과들을 고려할 때 노인들을 대상으로 1-3개월간의 단기간의 운동 참여보다는 3개월 이상의 주기로 장기간 옥외 신체활동과 근력운동 프로그램에 참여한다면 인지기능의 개선과 뇌신경성장인자 발현의 증가 효과를 지속시킬 수 있을 것으로 판단된다.

그러나 본 연구에서는 중재프로그램 외 옥외 활동 시간 및 햇빛 노출시간, 비타민 D 섭취량에 대한 조사가 이루어지지 않았기 때문에 노쇠노인의 충분한 혈중 비타민 D 합성을 위한 효과를 제시하는 데 한계가 있다고 판단되며, 추후 이러한 제한점을 보완하여 추가적인 중재

연구가 필요하다고 생각한다.

REFERENCES

1. World Health Organization. World Report on Ageing and Health. Geneva: WHO 2015.
2. Statistics Korea. 2015 estimated future population 2010-2060. Seoul: Statistics 2015.
3. Fried LP, Tangen CM, Walston J, Newman AB, Hirsch C, et al. Frailty in older adults: Evidence for a phenotype. *Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Science* 2001;56(3):146-156.
4. Mitnitski AB, Graham JE, Mogilner AJ, Rockwood K. Frailty, fitness and late-life mortality in relation to chronological and biological age. *BMC Geriatrics* 2002;2(1):1.
5. Gobbens RJ, Luijckx KG, Wijnen-Sponselee MT, Schols JM. In search of an integral conceptual definition of frailty: Opinions of experts. *Journal of American Medical Directors Association* 2010;11(5):338-343.
6. Fried LP, Ferrucci L, Darer J, Williamson JD, Anderson G. Untangling the concepts of disability, frailty, and comorbidity: Implications for improved targeting and care. *Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Science* 2004;59(3):255-263.
7. Scott D, Hayes A, Sanders KM, Aiken D, Ebeling PR, et al. Operational definitions of sarcopenia and their associations with 5-year changes in fall risk in community-dwelling middle-aged older adults. *Osteoporosis International* 2014;25(1):187-193.
8. Houston DK, Cesari M, Ferrucci L, Cherubini A, Maggio D, et al. Association between vitamin D status and physical performance: The InCHIANTI study. *Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Science* 2007;62(4):440-446.
9. Mastaglia SR, Seijo M, Muzio D, Somoza J, Nunez M, et al. Effect of vitamin D nutritional status on muscle function and strength in healthy women age over sixty-five years. *Journal of Nutrition Health and Aging* 2011;15(5):349-354.
10. Balion C, Griffith LE, Striffler L, Henderson M, Patterson C, et al. Vitamin D, cognition, and dementia: a systematic review and meta-analysis. *Neurology* 2012;79(3):1397-1405.
11. Pabst G, Zimmermann AK, Huth C, Koenig W, Ludwig T, et al. Association of low 25-hydroxyvitamin D levels with the frailty syndrome in an aged population: Results from the KORA-age Augsburg study. *Journal of Nutrition Health and Aging* 2015;19(3):258-264.
12. Wilhelm-Leen ER, Hall YN, DeBoer IH, Chertow GM. Vitamin D deficiency and frailty in older Americans. *Journal of Internal Medicine* 2010;268(2):171-180.
13. Rosen CJ. Clinical practice. Vitamin D insufficiency. *New England Journal of Medicine* 2011;364(2):248-254.
14. Holick MF. Vitamin D deficiency. *The New England Journal of Medicine* 2007;357(3):266-281.
15. Gill TM, Gahbauer EA, Allore HG, Han L. Transitions between frailty states among community-living older persons. *Archives Internal Medicine* 2006;166(4):418-423.
16. Cadore EL, Casas-Herrero A, Zamboni-Ferraresi F, Idoate F, Millor N, et al. Multicomponent exercises including muscle power training enhance muscle mass, power output, and functional outcomes in institutionalized frail nonagenarians. *Age* 2014;36(2):773-785.
17. Landi F, Abbatecola A, Provinciali M, Corsonello A, Bustacchini S, et al. Moving against frailty: Does physical activity matter?. *Biogerontology* 2010;11(5):537-545.
18. Kramer AF, Colcombe SJ, McAuley E, Scalf PE, Erickson KI. Fitness, aging and neurocognitive function. *Neurobiology of Aging* 2005; 26(1):124-127.
19. Arbab-Zadeh A, Dijk E, Prasad A, Fu Q, Torres P, et al. Effect of aging and physical activity on left ventricular compliance. *Circulation* 2004; 110(13):1799-1805.
20. Hiroyuki S, Uchiyama Y, Kakurai S. Specific effects of balance and gait exercises on physical function among the frail elderly. *Clinical Rehabilitation* 2003;17(5):472-479.
21. Peri K, Kerse N, Robinson E, Parsons M, Parsons J, et al. Does functionally based activity make a difference to health status and mobility? A randomised controlled trial in residential care facilities (The Promoting Independent Living Study; PILS). *Age and Ageing* 2008;37(1): 57-63.
22. Hrudka KV, Hicks AL, McCartney N. Training for muscle power in older adults: Effects on functional abilities. *Canadian Journal of Applied Physiology* 2003;28(2):178-189.
23. Chodzko-Zajko WJ, Proctor DN, Fiatarone Singh MA, Minson CT, et al. American college of sports medicine position stand, exercise and physical activity for older adults. *Medicine & Science in Sports Exercise* 2009;41(7):1510-1530.
24. Burbank PM, Padula CA, Nigg CR. Changing health behaviors of older adults. *Journal of Gerontological Nursing* 2000;26(3):26-33.
25. Choi HS, Oh HJ, Choi H, Choi WH, Kim JG, et al. Vitamin D insuffi-

- ciency in Korea a greater threat to younger generation: the Korea national health and nutrition examination survey (KNHANES) 2008. *Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism* 2011;96(3):643-651.
26. Tse AC, Wong TW, Lee PH. Effect of low-intensity exercise in physical and cognitive function health in older adults: A systematic review. *Sports Medicine Open* 2015;1:37.
 27. Lee JH, Lee KU, Lee DY, Kim KW, Jhoo JH, et al. Development of the Korean version of the Consortium to Establish a Registry for Alzheimer's Disease Assessment Packet (CERAD-K): Clinical and neuropsychological assessment batteries. *Journal of Gerontology Series B: Psychological Science and Social Science* 2002;57(1):47-53.
 28. American College of Sports Medicine. ACSM's guidelines for exercise testing and prescription. Mc Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins (7th ed) 2006.
 29. Karvonen MJ, Kentala E, Mustala O. The effects of training in heart rate; a longitudinal study. *Annals Medicine Experimental at Biology Fenniae* 1957;35(3):307-315.
 30. Bales CW, Ritchie CS. Sarcopenia, weight loss, and nutritional frailty in the elderly. *Annual Review of Nutrition* 2002;22(1):309-323.
 31. Visser M, Deeg DJ, Lips P. Longitudinal aging study Amsterdam, low vitamin D and high parathyroid hormone levels as determinants of loss of muscle strength and muscle mass (sarcopenia): the longitudinal aging study Amsterdam. *Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism* 2003;88(1):5766-5772.
 32. Annweiler C, Schott AM, Allali G, Bridenbaugh SA, Kressig RW, et al. Association of vitamin D deficiency with cognitive impairment in older women: cross-sectional study. *Neurology* 2010;74(1):27-32.
 33. Slinin Y, Paudel M, Taylor BC, Ishani A, Rossom R, et al. Association between serum 25(OH) vitamin D and the risk of cognitive decline in older women. *Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Science* 2012;67(10):1092-1098.
 34. Hunter GR, Wetzstein CJ, Fields DA, Brown A, Bamman MM. Resistance training increases total energy expenditure and free-living physical activity in older adults. *Journal of Applied Physiology* 2000;89(3):977-984.
 35. Leenders M, Verdijk LB, Van der Hoeven L, Van Kranenburg J, Nilwik R, et al. Protein supplementation during resistance-type exercise training in the elderly. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 2013;45(3):542-552.
 36. Kang SJ, Kim JH, Ko KJ. Effects of aerobic resistance, balance exercise program in skeletal muscle index, functional fitness, and health-related quality of life in frail elderly women. *Kinesiology* 2015;17(4):9-20.
 37. Lee SH, Ko S. Effects of combined exercise on body compositions and isokinetic leg muscular strength in elderly women by fat percent. *The Korean Journal of Growth and Development* 2012;20(2):117-126.
 38. Janssen I, Heymsfield SB, Ross R. Low relative skeletal muscle mass (sarcopenia) in older persons is associated with functional impairment and physical disability. *Journal of the American Geriatrics Society* 2002;50(5):889-896.
 39. Binder EF, Yarasheski KE, Steger-May K, Sinacore DR, Brown M, et al. Effects of progressive resistance training on body composition in frail older adults: Results of a randomized, controlled trial. *Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Science* 2005;60(11):1425-1431.
 40. Kim MB, Jin YY. Effects of low-intensity combined exercise on body composition, functional physical fitness, BDNF and cognitive function in frail elderly women. *Korean Journal of sports science* 2016;25(1):1302-1314.
 41. Morais JA, Chevalier S, Gougeon R. Protein turnover and requirements in the healthy and frail elderly. *Journal of Nutrition Health and Aging*. 2006;10(4):272-283.
 42. Morris HA, Anderson PH. Autocrine and paracrine actions of vitamin D. *Clinical Biochemistry Reviews* 2010;31(4):129-138.
 43. Hillman CH, Erickson KI, Kramer. Be smart, exercise your heart: Exercise effects on brain and cognition. *Nature Reviews Neuroscience* 2008;9(1):58-65.
 44. Erickson KI, Voss MW, Prakash RS, Basak C, Szabo A, et al. Exercise training increase size of hippocampus and improves memory. *Proceedings of the National Academy Sciences of the United States of America* 2011;108(7):3017-3022.
 45. Langlois F, Vu TT, Chasse K, Dupuis G, Kergoat MJ, et al. Benefits of physical exercise training on cognition and quality of life in frail older adults. *Journal of Gerontology B: Psychological Sciences and Social Sciences* 2013;68(3):400-404.
 46. Etgen T, Sander D, Bickel H, Sander K, Forstl H. Vitamin d deficiency, cognitive impairment and dementia: A systemic review and meta-analysis. *Dementia Geriatric Cognitive Disorders* 2012;33(5):297-305.