Brain, Digital, & Learning

pISSN : 2384-2474
eISSN : 2586-7490

RESEARCH ARTICLE

Effects of Barefoot Walking Exercise on Female Hormone, Brain Nerve Growth Factors and Immunoglobulins in Postmenopausal Women

Eun-Seok Ho[1] · Min-Ji An[1] · Kyeong-Lae Kim[1*]
[1]Korea National University of Education

맨발걷기 운동이 폐경기 여성의 여성호르몬, 뇌신경세포 성장인자 및 면역글로불린에 미치는 영향

호은석[1] · 안민지[1] · 김경래[1*]
[1]한국교원대학교

[*]Corresponding Author: silzzang@knue.ac.kr

ABSTRACT

This study investigate the effects of a 12-week barefoot walking exercise on female hormone, brain nerve growth factors and immunoglobulins in postmenopausal women. It aimed to provide the fundamental data for developing an effective exercise program to help postmenopausal women maintain a physically, psychologically, and socially healthy life in senescence. Postmenopausal women in C-city, Chungcheongbuk-do, were recruited and randomized between the barefoot walking group(n=11) and the shoes walking group(n=11) for subsequent analyses. The walking exercise program consisted of three 60-minute sessions per week for 12 weeks. The levels of estrogen, brain nerve growth factors and immunoglobulins were measured before and after the exercise. Two-way repeated measure ANOVA was performed to analyze the before-after difference between the barefoot walking group and the shoes walking group. The results acquired from this study are as follows. First, the estrogen levels during the 12-week walking exercise intervention were not influenced by the group or duration. However, the duration of the exercise significantly affected the barefoot walking group. Second, the brain nerve growth factors, namely, brain-derived neurotrophic factor(BDNF), insulin-like growth factor-I(IGF-I) and vascular endothelial growth factor(VEGF) were not significantly influenced by the group or duration during the 12-week exercise intervention. However, the barefoot and shoes groups significantly affected BDNF and VEGF. The duration of the exercise did not affect IGF-I in both groups. Third, IgG was significantly influenced by the group and duration during the 12-week exercise intervention. However, IgA and IgM were not significantly affected by the exercise group or duration. Exercise duration significantly affected the IgG of the shoes walking group and IgM of the barefoot walking group.

Key Words: Barefoot walking exercise, postmenopausal women, female hormone, brain nerve growth factors, immunoglobulins

Check for updates

OPEN ACCESS

Brain, Digital, & Learning
2021, Vol. 11, No. 4, 631-644.
https://doi.org/10.31216/BDL.20210040

Received: November 02, 2021
Revised: November 23, 2021
Accepted: December 04, 2021

© 2021. Institute of Brain based Education, Korea National University of Education

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.

Introduction

보건복지부 통계자료에 의하면 만 19세 이상 여성들의 유산소 신체활동 실천율은 2016년 46.4%에서 2019년 42.7%로 감소하였으며, 특히, 연령이 높을수록 감소하는 경향이 나타났다. 또한, 노화 및 신체활동 부족, 식생활의 변화 등으로 중년여성에게서 만성질환이 지속적으로 증가하고 있음이 보고되었다(Ministry of Health and Welfare, 2020). 중년여성에게서 만성질환이 지속적으로 증가하는 것은 여성호르몬의 분비 감소 또는 결핍의 영향이 크며, 대부분의 여성들은 노화 과정에서 발생되는 폐경기 동안 대사(metabolism) 및 호르몬 매개변수의 변화로 인해 다양한 신체적·심리적·사회적인 변화를 경험하게 된다(Kim et al., 2014a; Zheng et al., 2018). 특히, 폐경기 여성들은 난소 기능 저하에 따라 호르몬 분비가 감소되어 내장 지방 축적을 심화시켜 비만을 유도하고, 심혈관계 질환, 근감소증 및 골다공증, 알츠하이머, 인지기능 감소, 면역기능 저하 등과 같은 다양한 질병에 노출될 위험이 증가된다(Al-Safi & Polotsky, 2015; Hampson, 2018; Imtiaz et al., 2017).

에스트로겐은 알츠하이머, 인지기능 등과 깊은 관련이 있는데(Hara et al., 2015; Weber et al., 2013), 에스트로겐이 정상수치 이하로 감소하게 되면 뇌에 이상을 초래하여 기억과 인지기능에 중심적 역할을 하는 해마의 신경변성을 일으켜 인지기능의 손상을 유발하게 된다(Goveas et al., 2011). 이러한 뇌 기능에 영향을 미치는 생리학적 기전은 뇌의 가소성(brain plasticity)으로 설명될 수 있는데, 뇌에서 새로운 신경세포 생성, 재생 및 회복에 관여하는 대표적인 물질이 뇌신경세포 성장인자(brain nerve growth factor)이며, 뇌유래 신경 성장인자(brain-derived neurotrophic factor: BDNF), 인슐린 유사 성장인자(insulin-like growth factor-I: IGF-I), 혈관 내피세포 성장인자(vascular endothelial growth factor: VEGF) 등이 있다. 이러한 물질들은 신경세포 생성, 손상된 신경세포 및 말초신경의 회복, 모세혈관의 생성 및 성장 촉진 등을 통해 인지기능에 긍정적인 영향을 미친다(Kang et al., 2020; Maass et al., 2016).

또한, 노화로 인해 신체적·심리적으로 약해진 중년여성에게는 면역력이 중요하다. 면역력은 인체가 외부로부터 침입한 병원균을 물리칠 수 있는 힘을 말하며, 인체에서 면역반응이 적절하게 일어나기 위해서는 여러 면역세포들의 직·간접적인 상호작용이 있어야 한다. 인체의 골수에서 생성된 B세포는 체액성 면역을 형성하기 위하여 면역글로불린(immunoglobulin: Ig)을 체액으로 방출하며 기본적으로 IgA, IgD, IgE, IgG, IgM 5가지가 있다. 면역글로불린의 특이적 면역체계는 외부 병원체의 인체 침입에 대한 예방과 방어, 그리고 치료의 차원에서 매우 중요한 역할을 하는 면역기전이라 할 수 있다(Kang et al, 2008).

규칙적인 운동은 여러 선행연구를 통해 대사 증후군, 비만, 심혈관계 질환, 암, 내분비계 질환 등과 같은 질병을 개선하는데 비 약리적인 치료 전략으로써 그 효과성이 입증되었으며, 폐경기 중년여성들의 만성적 질환의 증상들을 완화시키고 신체적·심리적 건강을 개선하거나 향상시킬 수 있는 효과적인 중재 전략이라 할 수 있다. 폐경 전·후의 중년여성을 대상으로 한 선행연구에서 운동프로그램의 중재 방법은 유산소성 운동과 저항성 운동, 그리고 복합운동이 주로 실시되었는데, 운동은 개인의 건강상태, 체력수준, 연령, 운동 목적, 운동 강도, 운동 빈도, 운동 시간 등을 고려하여 실시되어야 긍정적인 효과를 기대할 수 있다(Erickson et al., 2011; Kim, 2019; Meuleman et al., 2000).

신체활동 중 유산소 운동의 형태로 일상생활에서 쉽게 접할 수 있는 운동 중 하나가 걷기운동이다. 걷기운동은 특별한 장비나 경제적 부담이 적고 장소의 제약도 거의 없으며 본인의 체력 수준을 고려한 강도 조절도 용이하기에 다른 운동과 비교할 때 운동 지속률 및 효율성이 높은 편이다(An et al., 2006). 걷기운동의 유형 중 맨발걷기 운동은 발의 다양한 부분을 자극하여 지압 효과가 크고, 혈액순환을 촉진하며, 질병의 자연적인 예

방과 치유에 효과적이다(Chevalier et al., 2013). Choi & Kim (2020)의 연구에 의하면 맨발걷기 운동은 체지방률 개선과 심폐지구력 향상에 큰 효과가 있고, 신체적 자기효능감 향상에 매우 효과적이라고 보고하였다. 이 외에도 맨발걷기 운동은 지표면과 접지(earthing)를 통해 인체의 면역반응, 상처치유, 만성염증 및 자가면역질환 예방과 치료에 긍정적 효과가 있으며(Oschman et al., 2015), 혈류를 개선함으로써 심혈관 질환의 위험을 줄여주는 효과가 있음을 나타내는 연구들이 보고되고 있다(Chevalier et al., 2013).

이러한 연구들을 종합해 볼 때 맨발걷기 운동은 신발을 신지 않고 걷기 때문에 발바닥을 직접 자극함으로써 혈액 순환 촉진, 비만 감소, 수면 장애 제거 등 신체적 건강뿐만 아니라, 심리적·정서적 안정, 두뇌 활성화에 긍정적인 영향을 줌으로써 건강 증진은 물론 신체의 안정화를 도모할 수 있다. 최근, 맨발걷기 운동에 대한 관심이 점차 증가하고 있으나 폐경기 여성과 관련한 연구들은 아직 미비한 실정이다. 따라서, 맨발걷기 운동이 폐경기 여성의 여성호르몬, 뇌신경세포 성장인자 및 면역글로불린에 어떠한 영향을 미치는지 보다 세부적으로 연구할 필요가 있으며, 이를 통해 폐경기 여성들이 노년기를 준비하는 과정에서 신체적·심리적·사회적으로 건강하고 행복한 삶을 영위할 수 있도록 도움을 줄 수 있는 효과적인 운동프로그램 개발에 필요한 기초자료를 제공하는데 그 목적이 있다.

Methodology

Participants

이 연구는 충청북도 C시에 거주 중인 폐경기 여성을 대상으로 최근 6개월 동안 주기적 신체활동에 참여한 경험이 없고 의학적으로 이 연구의 운동프로그램을 수행하는데 불편함이 없는 22명을 선정하였다. 이 실험의 취지를 명확히 설명하고 자발적 참여 의사를 밝힌 참여자를 대상으로 맨발걷기 운동 집단 11명, 신발걷기 운동 집단 11명으로 무선 할당하여 실험을 진행하였으며, 연구 참여자의 신체적 특성은 Table 1과 같다.

Table 1. General characteristics of participants

Group	Age (yrs)	Height (cm)	Weight (kg)	BMI (kg/m²)
BWG (n=11)	56.27±4.38	159.22±3.69	64.03±6.54	25.16±2.58
SWG (n=11)	58.73±5.06	157.12±3.36	61.60±8.61	24.91±3.01

Values are Mean±Standard deviation.
BWG: Barefoot Walking Group
SWG: Shoes Walking Group

Procedure

이 연구는 연구 계획을 수립하고 K대학교 생명윤리위원회의 사전 승인(승인번호: KNUE–2020–H–00125-1)을 받은 후 선별된 참여자 22명을 대상으로 연구 참여 동의서를 받고, 맨발걷기 운동 집단 11명, 신발걷기 운동 집단 11명으로 무선 할당하여 진행하였다. 운동프로그램 실시 전 유인물 배부를 통해 연구 및 프로그램 진행에 대한 사전 안내 후, 사전 데이터 수집을 위해 실험 시작 3일 전에 일반적 신체 측정을 하고, 실험 시작 1일 전 오전에 채혈을 실시하였다. 운동프로그램은 12주간 주 3회, 1회 60분씩 진행하였고, 12주간의 운동프로그램 종료 후 사후 데이터 수집을 위해 사전 검사와 동일하게 일반적 신체 측정과 채혈을 한 후 수집된 데이터를 분석하여 결론을 도출하였다.

Exercise Program

Exercise Intensity

이 연구에서는 Karvonen 공식을 이용하여 참여자들의 목표 심박수를 계산하였다. 준비 운동과 정리 운동은 여유 심박수(HRR) 30～39%의 강도로 목표 심박수를 설정하였고, 본 운동은 여유 심박수(HRR) 40～59%의 강도로 목표 심박수를 설정하였다. 안정 시 심박수와 운동 시 심박수는 무선심박측정기를 사용하여 측정하였고, 걷기운동 시 심박수 측정기를 손목에 착용하고 지속적으로 심박수를 관찰하면서 자신의 강도에 맞게 운동 속도를 조절하여 운동 강도의 범위를 최대한 벗어나지 않도록 걷기운동을 진행하였다.

Frequency and Time of Exercise

운동 빈도는 총 12주간 주 3회로 구성하였고, 1회 운동 시간은 60분으로 구성하여 진행하였다.

Exercise Program

걷기운동 프로그램은 미국스포츠의학회의 운동 검사 및 운동처방 지침(ACSM, 2018)에 따라 준비 운동, 본 운동, 정리 운동의 기본 요소로 구성하였고, 세부 운동 프로그램은 Table 2, Table 3과 같다.

Table 2. Barefoot walking exercise program

Items	Exercise	Time (min)	Intensity	Note
warm-up	Dynamic stretching and gymnastics	10	30~39% HRR	3 times a week / 12 weeks
main exercise	Barefoot walking	40	40~59% HRR	
cool-down	Static stretching and gymnastics	10	30~39% HRR	

Table 3. Shoes walking exercise program

Items	Exercise	Time (min)	Intensity	Note
warm-up	Dynamic stretching and gymnastics	10	30~39% HRR	3 times a week / 12 weeks
main exercise	Shoes walking	40	40~59% HRR	
cool-down	Static stretching and gymnastics	10	30~39% HRR	

Measurement Items and Methods

Measurement of Physical Characteristics

신장은 신장계(BSM370, Korea)를 이용하여 측정하였고, 체중은 디지털 체중계(BFA-25, Korea)를 이용하여 측정하였다. BMI는 체중(kg)/신장(m^2) 공식에 근거하여 산출하였다.

Blood Analysis Method

이 연구의 혈액변인인 여성호르몬(에스트로겐), 뇌신경세포 성장인자(BDNF, IGF-I, VEGF), 면역글로불린(IgG, IgA, IgM)을 측정하기 위해 연구 참여자 전원의 사전 동의를 얻어 12주 운동프로그램 전과 후에 동일한 방법과 조건으로 혈액을 채취하였다. 채혈은 전날 20시부터 12시간 이상 공복 상태를 유지하도록 한 후 다음 날 오전 9시～10시에 실시하였다. 사전 채혈은 운동 시작 전날 오전에 실시하였고, 사후 채혈은 운동프로그램 종료 후 익일 오전에 실시하였다. 채혈 전 약 10～15분간 안정을 취하도록 한 후 전문 의료인이 연구 참여자의

전완 주정맥(Antecubital vein)에서 항응고 처리된 주사기를 이용하여 각각 10ml를 채혈하였다. 채취한 혈액은 검체 전용 용기에 담아 응고가 일어나도록 실온에서 약 10～30분가량 보관한 후 원심분리기(3,000RPM*15T)를 이용하여 혈청을 분리하였다. 모든 혈액 분석은 주식회사 C사 의료재단에 분석을 의뢰하였다.

Data Analysis

수집된 자료는 SPSS 21.0 프로그램을 이용하여 연구 목적에 맞게 통계 처리하였다. 연구 대상자의 일반적인 특성은 기술통계를 통해 분석하였고, 두 집단의 운동 전과 후의 여성호르몬과 뇌신경세포 성장인자 및 면역글로불린에 대한 측정 결과는 평균 및 표준편차로 제시하였다. 맨발걷기 운동 집단과 신발걷기 운동 집단의 운동 전과 후의 차이를 알아보기 위하여 반복측정 이원변량분석(Two-way repeated measure ANOVA)을 실시하였다. 유의한 차이가 나타날 경우, 집단 간 유의성 검증은 독립표본 t-검증(Independent t-test)을 실시하였고, 시기 간 유의성 검증은 대응표본 t-검증(Paired t-test)을 실시하였다. 이때, 통계적 유의수준은 α=.05로 설정하였다.

Results

Change of Body Composition

12주간 맨발걷기 운동 집단과 신발걷기 운동 집단의 신체구성의 변화는 Table 4와 같다. 체중은 집단과 시기의 상호작용 효과는 없는 것으로 나타났으며[F(1, 20)=2.177, p=.156, η^2=0.098], 시기의 주효과는 유의한 것으로 나타났고[F(1, 20)=15.290, p<.01, η^2=0.433], 집단의 주효과는 유의하지 않은 것으로 나타났다[F(1, 20)=0.389, p=.540, η^2=0.019]. 사후검정을 실시한 결과, 맨발걷기 운동 집단의 시기 간 차이는 유의한 것으로 나타났으며[t(10)=3.252, p<.01], 신발걷기 운동 집단의 시기 간 차이는 유의하지 않은 것으로 나타났다[t(10)=2.171, p=.055]. 골격근량은 집단과 시기의 상호작용 효과는 없는 것으로 나타났으며[F(1, 20)=0.202, p=.658, η^2=0.010], 시기의 주효과는 유의한 것으로 나타났고[F(1, 20)=4.544, p<.05, η^2=0.185], 집단의 주효과는 유의하지 않은 것으로 나타났다[F(1, 20)=2.183, p=.155, η^2=0.098]. 사후검정을 실시한 결과, 맨발걷기 운동 집단의 시기 간 차이는 유의하지 않은 것으로 나타났으며[t(10)=-1.495, p=.166], 신발걷기 운동 집단의 시기 간 차이는 유의하지 않은 것으로 나타났다[t(10)=-1.667, p=.126]. 체지방률은 집단과 시기의 상호작용 효과는 없는 것으로 나타났으며[F(1, 20)=0.322, p=.577, η^2=0.016], 시기의 주효과는 유의한 것으로 나타났고[F(1, 20)=23.671, p<.001, η^2=0.542], 집단의 주효과는 유의하지 않은 것으로 나타났다[F(1, 20)=0.027, p=.872, η^2=0.001]. 사후검정을 실시한 결과, 맨발걷기 운동 집단의 시기 간 차이는 유의한 것으로 나타났으며[t(10)=3.496, p<.01], 신발걷기 운동 집단의 시기 간 차이도 유의한 것으로 나타났다[t(10)=3.414, p<.01]. 체질량지수는 집단과 시기의 상호작용 효과는 없는 것으로 나타났으며[F(1, 20)=0.001, p=.975, η^2=0.000], 시기의 주효과는 유의한 것으로 나타났고[F(1, 20)=8.156, p<.05, η^2=0.290], 집단의 주효과는 유의하지 않은 것으로 나타났다[F(1, 20)=0.042, p=.841, η^2=0.002]. 사후검정을 실시한 결과, 맨발걷기 운동 집단의 시기 간 차이는 유의한 것으로 나타났으며[t(10)=2.380, p<.05], 신발걷기 운동 집단의 시기 간 차이는 유의하지 않은 것으로 나타났다[t(10)=1.776, p=.106]. 복부지방률은 집단과 시기의 상호작용 효과는 없는 것으로 나타났으며[F(1, 20)=0.000, p=1.000, η^2=0.000], 시기의 주효과는 유의한 것으로 나타났고[F(1, 20)=44.806, p<.001, η^2 =0.691], 집단의 주효

과는 유의하지 않은 것으로 나타났다[$F(1, 20)=0.014$, $p=.906$, $\eta^2=0.001$]. 사후검정을 실시한 결과, 맨발걷기 운동 집단의 시기 간 차이는 유의한 것으로 나타났으며[$t(10)=4.949$, $p<.01$], 신발걷기 운동 집단의 시기 간 차이도 유의한 것으로 나타났다[$t(10)=4.543$, $p<.01$].

Table 4. Change of body composition

Items	Group	Pre	Post	Source	F	Sig.	Post-hoc (*p*)
Body Weight (kg)	BWG (n=11)	64.03±6.54	62.70±6.48	G	.389	.540	.009##
	SWG (n=11)	61.60±8.61	61.00±9.15	T	15.290	.001**	.055
				G×T	2.177	.156	
Skeletal Muscle Mass (kg)	BWG (n=11)	22.70±1.82	23.30±1.78	G	2.183	.155	.166
	SWG (n=11)	21.64±2.08	22.03±2.04	T	4.544	.046*	.126
				G×T	.202	.658	
Percent Body Fat (%)	BWG (n=11)	34.34±5.09	33.12±5.67	G	.027	.872	.006##
	SWG (n=11)	34.55±4.54	33.59±4.55	T	23.671	<.001***	.007##
				G×T	.322	.577	
Body Mass Index (kg/m^2)	BWG (n=11)	25.16±2.58	24.75±2.49	G	.042	.841	.039#
	SWG (n=11)	24.91±3.01	24.51±3.41	T	8.156	.010*	.106
				G×T	.001	.975	
Waist to Hip Ratio (WHR)	BWG (n=11)	0.92±0.04	0.91±0.04	G	.014	.906	.001##
	SWG (n=11)	0.92±0.06	0.90±0.06	T	44.806	<.001***	.001##
				G×T	.000	1.000	

Values are Mean±Standard deviation.
*$p<.05$, **$p<.01$, ***$p<.001$, #$p<.05$, ##$p<.01$

Change of Estradiol

12주간 맨발걷기 운동과 신발걷기 운동에 따른 여성호르몬의 변화는 Table 5와 같다. Estradiol은 집단과 시기의 상호작용 효과는 없는 것으로 나타났으며[$F(1, 20)=0.285$, $p=.599$, $\eta^2=0.14$], 시기의 주효과는 유의한 것으로 나타났고[$F(1, 20)=5.618$, $p<.05$, $\eta^2=0.219$], 집단의 주효과는 유의하지 않은 것으로 나타났다[$F(1, 20)=0.373$, $p=.549$, $\eta^2=0.018$]. 사후검정을 실시한 결과, 맨발걷기 운동 집단의 시기 간 차이는 유의한 것으로 나타났으며[$t(10)=2.595$, $p<.05$], 신발걷기 운동 집단의 시기 간 차이는 유의하지 않은 것으로 나타났다[$t(10)=1.552$, $p=.152$].

Table 5. Change of estradiol

Items	Group	Pre	Post	Source	F	Sig.	Post-hoc (*p*)
Estradiol (pg/mL)	BWG (n=11)	6.48±2.20	4.75±0.25	G	.373	.549	.027#
	SWG (n=11)	7.56±5.86	4.82±0.28	T	5.618	.028*	.152
				G×T	.285	.599	

Values are Mean±Standard deviation.
*$p<.05$, #$p<.05$

Change of Brain Nerve Growth Factors

12주간 맨발걷기 운동과 신발걷기 운동에 따른 뇌신경세포 성장인자의 변화는 Table 6과 같다. BDNF는 집단과 시기의 상호작용 효과는 없는 것으로 나타났으며[F(1, 20)=0.310, p=.584, η^2=0.015], 시기의 주효과는 유의한 것으로 나타났고[F(1, 20)=59.730, p<.001, η^2=0.749], 집단의 주효과는 유의하지 않은 것으로 나타났다[F(1, 20)=0.000, p=.987, η^2=0.000]. 사후검정을 실시한 결과, 맨발걷기 운동 집단의 시기 간 차이는 유의한 것으로 나타났으며[t(10)=6.534, p<.001], 신발걷기 운동 집단의 시기 간 차이도 유의한 것으로 나타났다[t(10)=4.956, p<.01]. IGF-I은 집단과 시기의 상호작용 효과는 없는 것으로 나타났으며[F(1, 20)=1.550, p=.228, η^2=0.072], 시기의 주효과는 유의하지 않은 것으로 나타났고[F(1, 20)=0.668, p=.423, η^2 =0.032], 집단의 주효과는 유의하지 않은 것으로 나타났다[F(1, 20)=0.011, p=.919, η^2=0.001]. VEGF는 집단과 시기의 상호작용 효과는 없는 것으로 나타났으며[F(1, 20)=2.092, p=.164, η^2=0.095], 시기의 주효과는 유의한 것으로 나타났고[F(1, 20)=25.522, p<.001, η^2=0.561], 집단의 주효과는 유의하지 않은 것으로 나타났다[F(1, 20)=0.076, p=.786, η^2=0.004]. 사후검정을 실시한 결과, 맨발걷기 운동 집단의 시기 간 차이는 유의한 것으로 나타났으며[t(10)=2.493, p<.05], 신발걷기 운동 집단의 시기 간 차이는 유의한 것으로 나타났다[t(10)=4.704, p<.01].

Table 6. Change of brain nerve growth factors

Items	Group	Pre	Post	Source	F	Sig.	Post-hoc (p)
BDNF (ng/mL)	BWG (n=11) SWG (n=11)	9.69±4.30 10.14±5.64	4.18±2.88 3.77±2.04	G T G×T	.000 59.730 .310	.987 <.001*** .584	<.001$^{\#\#\#}$ .001$^{\#\#}$
IGF-I (ng/mL)	BWG (n=11) SWG (n=11)	126.85±38.08 134.13±37.04	136.24±39.10 132.18±39.43	G T G×T	.011 .668 1.550	.919 .423 .228	
VEGF (pg/mL)	BWG (n=11) SWG (n=11)	246.55±123.40 259.52±135.19	182.32±123.28 143.75±77.52	G T G×T	.076 25.522 2.092	.786 <.001*** .164	.032$^{\#}$ .001$^{\#\#}$

Values are Mean±Standard deviation.
$^{***}p$<.001, $^{\#}p$<.05, $^{\#\#}p$<.01, $^{\#\#\#}p$<.001

Change of Immunoglobulins

12주간 맨발걷기 운동과 신발걷기 운동에 따른 면역글로불린의 변화는 Table 7과 같다. IgG는 집단과 시기의 상호작용 효과는 유의한 것으로 나타났으며[F(1, 20)=7.500, p<.05, η^2=0.273], 시기의 주효과는 유의한 것으로 나타났고[F(1, 20)=15.089, p<.01, η^2=0.430], 집단의 주효과는 유의한 것으로 나타났다[F(1, 20)=6.433, p<.05, η^2=0.243]. 사후검정을 실시한 결과, 맨발걷기 운동 집단의 시기 간 차이는 유의하지 않은 것으로 나타났으며[t(10)=0.945, p=.367], 신발걷기 운동 집단의 시기 간 차이는 유의한 것으로 나타났다[t(10)=4.164, p<.01]. 그리고, 운동 후 집단 간 차이는 유의한 것으로 나타났다[t(10)=2.808, p<.05]. IgA는 집단과 시기의 상호작용 효과는 없는 것으로 나타났으며[F(1, 20)=0.941, p=.344, η^2=0.45], 시기의 주효과는 유의하지 않은 것으로 나타났고[F(1, 20)=3.882, p=.063, η^2=0.163], 집단의 주효과는 유의하지 않은 것으로 나타났다[F(1, 20)=0.949, p=.341, η^2=0.045]. IgM은 집단과 시기의 상호작용 효과는 없는 것으로 나타났으며[F(1, 20)=0.000, p=.983, η^2=0.000], 시

기의 주효과는 유의한 것으로 나타났고[$F(1, 20)=9.244, p<.01, \eta^2=0.316$], 집단의 주효과는 유의하지 않은 것으로 나타났다[$F(1, 20)=0.248, p=.624, \eta^2=0.012$]. 사후검정을 실시한 결과, 맨발걷기 운동 집단의 시기 간 차이는 유의한 것으로 나타났으며[$t(10)=2.455, p<.05$], 신발걷기 운동 집단의 시기 간 차이는 유의하지 않은 것으로 나타났다[$t(10)=1.942, p=.081$].

Table 7. Change of immunoglobulins

Items	Group	Pre	Post	Source	F	Sig.	Post-hoc (*p*)
IgG (mg/dL)	BWG (n=11)	1,332.18±151.34	1,309.91±205.16	G	6.433	.020*	.367
	SWG (n=11)	1,225.36±97.79	1,096.64±146.13	T	15.089	.001**	.002##
				G×T	7.500	.013*	
Post-hoc (*p*)			.011+				
IgA (mg/dL)	BWG (n=11)	239.73±114.01	236.73±118.47	G	.949	.341	
	SWG (n=11)	201.45±82.67	192.64±75.02	T	3.882	.063	
				G×T	.941	.344	
IgM (mg/dL)	BWG (n=11)	98.73±28.74	92.55±27.55	G	.248	.624	.034#
	SWG (n=11)	91.55±41.86	85.27±37.27	T	9.244	.006**	.081
				G×T	.000	.983	

Values are Mean±Standard deviation.
*$p<.05$, **$p<.01$, #$p<.05$, ##$p<.01$, +$p<.05$

Discussions

Change of Estradiol

대부분의 중년여성들은 노화 과정에서 발생되는 폐경기 동안 대사 및 호르몬 매개변수의 변화로 인해 다양한 신체적·심리적·사회적 변화를 경험하게 되며(Zheng et al., 2018), 특히, 에스트로겐의 감소로 인해 내장 지방 축적을 심화시켜 비만을 유도하고, 심혈관계 질환, 근감소증 및 골다공증, 알츠하이머, 인지기능 감소, 면역기능 저하 등과 같은 다양한 질병에 노출될 위험이 증가하게 된다(Al-Safi & Polotsky, 2015; Hampson, 2018; Imtiaz et al., 2017). 이를 개선할 수 있는 일차적인 방안으로 운동이나 신체활동이 제안되고 있으며, 다양한 연구들에서 규칙적인 운동이나 신체활동을 통해 폐경기 여성들의 에스트로겐 수준을 증가시킬 수 있음이 보고되고 있다(Buford & Willoughby, 2008; Kim & Kim, 2014; Moreau et al., 2013).

이 연구에서는 12주간 폐경기 여성 22명을 대상으로 중강도(40～59% HRR)의 맨발걷기 운동과 신발걷기 운동을 각각 실시한 후 혈청 에스트라디올을 분석한 결과 두 집단 모두 운동 전보다 운동 후에 혈청 에스트라디올의 수준이 감소하는 경향이 나타났다. 이러한 결과는 앞서 설명한 선행연구들과 상반되는 결과로, 노화가 시작되면 단일 운동 중재만으로는 긍정적인 효과를 기대하기 어렵다는 다수의 연구들과 그 맥락을 같이 한다. 노화는 초기 성인기부터 시작되는 신체 구조와 기능이 점진적으로 퇴화하는 것으로 여성의 노화는 폐경기에 접어들면서 급격한 노화를 실감하게 된다(Song & Lee, 2021). 노화는 스트레스 요인에 대한 취약성을 자주 증가시키는 복합적 노인 증후군으로, 항상성을 유지하는 능력을 제한하는 여러 인체의 생리학적 예비력과 자율성을 감소시킨다(Nascimento et al., 2019). 이러한 노화 현상을 운동이 역전시킬 수 있는지, 단지 노화의 과정을 지연시키는지에 대한 연구들은 미비하며 그 결과 또한 일치하고 있지 않다.

또한, 폐경기 여성들의 감소된 에스트라디올 수준은 유산소운동의 효과를 상쇄시킨다는 다수의 연구결과들이 보고되고 있는 바, Seals et al. (2019)은 약리적으로 에스트라디올 투여와 유산소 운동을 병행한 집단과 유산소 운동만 실시한 집단을 비교한 결과 두 처치를 병행한 집단에서만 에스트라디올이 증가하여 혈관 내피세포 기능이 개선되었다고 보고하면서, 이는 폐경기 여성에게 있어 단일 유산소 운동의 중재로는 지속적인 효과를 보기 어렵고 에스트라디올 치료를 병행하는 것이 산화 스트레스를 줄여 유산소 운동 자극 능력을 회복할 수 있다고 제안하였다. 이러한 맥락에서 본다면, 이 연구에서도 두 집단 모두 혈청 에스트라디올 수준이 감소된 것은 단일 운동 중재만 한 것이 연령의 효과를 역전시키지 못한 것으로 사료된다.

이상에서 살펴본 바와 같이 폐경 후 여성들은 폐경 전 여성에 비해 에스트로겐의 감소 및 결핍으로 복부와 유방의 지방분해가 감소하고 복부 지방의 축적이 증가하게 되면서 다양한 질병에 노출될 위험이 증가되지만, 이 연구를 통해 맨발걷기 운동이 폐경기 여성들의 체지방률이나 BMI, 복부지방률을 감소시켜 에스트라디올 수준을 정상범위로 유지하거나 긍정적으로 개선시킬 수 있는 운동임을 확인할 수 있었다. 그러나, 아직까지 에스트라디올의 증감에 대한 선행연구의 결과들이 상반되기 때문에 이에 대한 기전을 보다 구체적으로 밝히는 후속 연구가 이루어져야 할 것으로 사료된다.

Change of Brain Nerve Growth Factors

중년여성들은 노년기를 준비하는 과정에서 신체적·심리적·사회적인 변화를 경험하게 되는데, 여성호르몬이 정상수치 이하로 감소하게 되면 신체적·생리적 기능 감퇴와 더불어 뇌에 이상을 초래하여 기억과 인지기능에 중심적 역할을 하는 해마의 신경변성을 일으켜 인지기능의 손상을 유발하게 된다(Ma et al., 2020). 특히, 노화에 따른 신경퇴행성 병리학의 대표적 질환이자 치매 사례의 약 90%를 차지하는 알츠하이머(AD) 발병의 원인 역시 폐경기 이후 에스트로겐 수치의 급격한 감소와 관련이 있으며(Boyle et al., 2021), 이는 기억상실증, 실인증, 실행증, 실어증 등과 같은 다양한 뇌 질환을 동반하는 것으로 보고되고 있다(De la Rosa et al., 2020).

노년기에 건강한 삶을 영위하기 위해서는 중년기부터 예방 차원에서의 건강관리가 무엇보다 중요하며, 이를 위해 미국스포츠의학회는 중년여성의 건강 유지 및 증진을 위해 규칙적으로 중등강도 유산소성 운동을 권장하고 있다(American College of Sports Medicine, 2018). 운동은 뇌신경세포 성장인자를 조절하는 비 약학적인 방법 중 하나로 뇌신경세포 성장인자들의 발현을 통해 신경세포 단위의 변화를 가져오고(Maass et al., 2016), 뇌신경세포 성장인자 중 뇌유래 신경 성장인자(BDNF), 인슐린 유사 성장인자(IGF-I), 혈관 내피세포 성장인자(VEGF)는 해마의 신경가소성을 유발하는 핵심 단백질로써 유산소운동에 의해 증가된다고 보고되고 있다(Piepmeier & Etnier, 2015; Voss et al., 2013).

이에 따라 이 연구에서는 맨발걷기 운동이 폐경기 여성의 뇌신경세포 성장인자에 어떠한 영향을 미치는지 알아보기 위하여 12주간 맨발걷기 운동과 신발걷기 운동을 실시한 후 혈청 BDNF, IGF-I, VEGF를 분석하였다. 그 결과 3가지 변인 모두 집단과 시기의 상호작용 효과는 유의하지 않은 것으로 나타났으나, BDNF와 VEGF는 두 집단 모두 감소하는 경향이 나타났으며, IGF-I은 맨발걷기 운동 집단에서 증가하는 경향이 나타났다.

이 연구에서 BDNF와 VEGF가 감소하는 경향이 나타난 것은 방법론적 한계와 연구 참여자의 특성, 그리고 변인들이 가지고 있는 특성이 결과에 영향을 미칠 수 있어 BDNF와 VEGF 수준이 감소하였음을 보고한 선행연구들(Ha et al., 2020; Kim et al., 2014b; Maass et al., 2016; Zlibinaite et al., 2020)을 통해 간접적으로 설명할 수 있겠다. 구체적으로 살펴보면, Maass et al. (2016)은 운동 후 BDNF와 VEGF의 수준이 감소된 연구결과에 대하여

혈액 내 성장인자 수준을 결정하는 데 사용되는 분석 기술과 같은 방법론적 한계가 성장인자의 영향을 모호하게 만들 수 있으며, 개인의 에너지 균형 및 영양 변수도 말초 성장인자의 농도에 영향을 미칠 수 있음을 보고하였다. 또한, Nofuji et al. (2008)의 연구에 의하면 BDNF 단백질은 손상된 조직으로 이동 및 손상 복구에 사용되는 특성을 가지고 있기 때문에 말초에서 안정시의 농도가 증가하지 않을 수 있음을 보고하였다. 이러한 맥락에서 본다면 이 연구에서도 BDNF와 VEGF 수준이 감소한 이유는 BDNF와 VEGF 분석 시 사용된 분석 기술의 방법론적 한계 및 연구 참여자 개인의 특성이 혈청 BDNF와 VEGF의 수준 감소에 일조했을 가능성을 고려해볼 수 있다. 또한, 성장 인자에 대한 운동 효과의 발현이 지연될 수도 있기 때문에 운동 후 말초에서 안정시 BDNF와 VEGF의 수준이 증가되지 않은 가능성 또한 고려해볼 수 있다.

다른 측면에서 살펴보면, 유산소운동 후 혈중 BDNF의 수준은 운동 강도와 비례하며, 강도 차이에 따라 의존될 수 있다고 주장한 연구(Rojas Vega et al., 2012), 중강도와 비교하여 고강도 유산소성 운동이 BDNF의 농도를 더욱 증가시켰음을 보고한 연구(Afzalpour et al., 2015; Jeon & Ha, 2017; TaheriChadorneshin et al., 2017), 일회성 혹은 장기간 운동에 의한 해마에서의 VEGF 단백질의 발현은 운동 강도가 높을수록 즉, 저산소화 상태에서 더욱 증가하는 경향이 나타났다고 보고한 연구(Afzalpour et al., 2015; Uysal et al., 2015)들을 통해 혈중 BDNF와 VEGF의 농도는 운동 강도와 밀접한 관련이 있으며, 이 연구에서 중강도로 실시한 걷기운동이 BDNF와 VEGF의 농도를 증가시키기에 한계가 있었음을 고려해볼 수 있다.

한편, 이 연구에서 운동 중재 후 IGF-I은 증가하는 경향이 나타났으며, 이는 중년 또는 노인 여성을 대상으로 유산소 운동 중재 후 혈액 내 IGF-I의 농도가 증가하였다고 보고한 연구(Kang et al., 2020; Kim et al., 2014b; Ha et al., 2020)들과 일부 일치하는 결과이다. 이러한 결과는 맨발걷기 운동이 발바닥의 신경 반사구를 자극하여 혈액순환을 향상시키고(Chevalier et al., 2013), 근육 및 조직에서 글리코겐을 증가시켜 순환하는 글루코스 수준의 증가와 인슐린 등의 효과적인 조절(Lee & Lee, 2012)을 통해 혈액 내 IGF-I의 수준을 증가시켰을 것으로 생각된다.

이상에서 살펴본 바와 같이 뇌신경세포 성장인자 증감에 대한 연구결과들이 상반되기 때문에 이에 대한 기전을 보다 구체적으로 밝히는 후속 연구가 필요하다고 생각되며, 운동에 대한 효과성을 보다 명확하게 규명할 수 있는 다양한 운동 강도, 측정 방법, 운동 유발 가소성의 시간 경과 등을 고려한 연구도 함께 이루어져야 할 것으로 사료된다.

Change of Immunoglobulins

면역글로불린은 1962년 Rodney Porter에 의해 두 종류의 폴리펩타이드 사슬 4개로 구성된 기본구조를 가지고 있으며, 서로 다른 구조를 가진 면역글로불린분자 즉, IgA, IgD, IgE, IgG, IgM 5가지가 고등 포유동물에게 있음이 알려졌다. 이후 면역글로불린에 대하여 많은 연구자들이 운동과 면역기능과의 관련성을 규명하고자 하였고, 운동은 면역글로불린을 변화시킬 수 있다고 하였다.

이 연구에서는 폐경기 여성을 대상으로 12주간 맨발걷기 운동과 신발걷기 운동을 실시한 결과 IgG에서만 집단 간 상호작용 효과가 나타났고, IgG와 IgM은 집단 내 시기에서 유의한 감소가 나타났으나 세 변인 모두 감소하는 경향이 나타났다. 이러한 결과는 Park & Lee (2012)가 중년여성을 정상집단과 비만집단으로 나눠 12주간 규칙적인 유산소운동을 실시한 결과 IgG, IgA, IgM 모두 감소하였다고 보고한 연구, Kim & Oh (2019)가 중년여성을 대상으로 12주간 규칙적인 수영 운동프로그램을 실시한 결과 IgD만 약간 증가하는 경향이 나타났고, 나머지 IgG, IgA, IgM, IgE는 감소하였다고 보고한 연구들과 유사한 결과이다.

이러한 결과는 운동에 의한 면역글로불린의 변화가 대상자의 연령, 체력수준, 운동 강도나 방법 등에 따라 서로 다른 결과를 나타낼 수 있으며, 이를 통해 운동의 영향이 아닌 중년기에 나타날 수 있는 자연스러운 노화과정의 하나로 세포노화, 면역물질들의 기능과 생산의 저하(Bruunsgaard & Pedersen, 2000)가 연구 결과에 영향을 미쳤을 것으로 생각된다. 이와 더불어, 운동은 여러 가지 호르몬과 신경전달물질, 대사물질을 분비하고 이들 성분이 면역조절 기능을 하는데, 특히, 에스트로겐과 테스토스테론은 면역계의 세포와 체액 부분에 영향을 준다. 즉, 에스트로겐은 혈중 면역항체를 증가시키는 반면, 합성남성호르몬인 디하이드로테스토스테론은 임파구를 활성화시키는 antiCD3에 의해 IL-4, IL-5, INF-ɤ의 생산을 감소시키며, IgG와 IgM은 테스토스테론에 의해 생성이 억제되는 것으로 보고되고 있다(Pedersen & Hoffman-Goetz, 2000). 이러한 맥락에서 본다면 폐경기에 접어든 여성은 테스토스테론과 같은 남성호르몬이 두 배나 증가하기 때문에 이 연구에서 운동 12주 후 면역글로불린의 농도가 감소한 것은 에스트로겐 감소와 더불어 남성호르몬의 증가와 관련이 있을 것으로 사료된다.

또한, 이 연구에서 12주 후 면역글로불린이 감소하는 경향이 나타난 것은 운동 형태, 운동 강도, 연구 참여자 개인의 특성 등이 원인일 수 있으나 추가적으로 맨발걷기 운동의 특성 상 맨발이 저온 환경에 노출되어 맨발걷기 운동이 인체에 스트레스로 작용하여 면역글로불린의 농도가 감소되었음을 고려해볼 수 있다.

이상의 연구들을 종합해보면 적절한 운동은 인체의 면역기능에 긍정적인 영향을 미칠 수 있는 반면 부적절한 운동이나 과도한 운동은 오히려 면역기능을 감소시킬 수 있다. 즉, 운동에 의한 면역글로불린의 변화는 연구 대상자의 연령, 성별, 체력 수준, 운동 강도, 운동 형태, 운동 빈도, 운동 방법 등에 따라 서로 다른 결과를 나타낼 수 있지만, 운동 형태, 운동 강도, 운동 시간 등 개인차를 고려하여 걷기운동을 실시하면 폐경기 여성들의 면역글로불린에 긍정적인 영향을 주어 면역기능을 향상시킬 수 있을 것으로 사료된다.

Conclusions

이 연구는 12주간 맨발걷기 운동이 폐경기 여성의 여성호르몬, 뇌신경세포 성장인자 및 면역글로불린에 미치는 영향을 규명함으로써, 폐경기 여성들이 노년기를 준비하는 과정에서 신체적·심리적·사회적으로 건강하고 행복한 삶을 영위할 수 있도록 도움을 줄 수 있는 효과적인 운동프로그램 개발에 필요한 기초자료를 제공하고자 하였다. 이를 위해 폐경기 여성 22명을 맨발걷기 운동 집단 11명과 신발걷기 운동 집단 11명으로 무선 할당하여 운동프로그램 중재 전·후 여성호르몬, 뇌신경세포 성장인자, 면역글로불린의 변화를 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

12주간 맨발걷기 운동이 폐경기 여성의 여성호르몬, 뇌신경세포 성장인자 및 면역글로불린에 대하여 IgG를 제외하고 상호작용 효과는 나타나지 않았으나, IGF-I과 IgA를 제외한 모든 변인들에서 시기의 주효과가 나타났다. 운동프로그램 중재 후 모든 변인들의 농도가 정상범위를 유지함으로써 걷기운동 자체가 폐경기 여성에게 긍정적인 효과가 있는 것으로 나타났으며, 특히, 맨발걷기 운동 집단이 신발걷기 운동 집단에 비해 상대적으로 변인들의 감소가 더 작게 나타났다. 따라서, 맨발걷기 운동이 폐경기 여성의 여성호르몬, 뇌신경세포 성장인자 및 면역글로불린 수준을 정상범위 내에서 유지시키고 긍정적으로 개선하는데 효과적인 운동이라 할 수 있으며, 폐경기 여성들이 노년기를 준비하는 과정에서 여성호르몬, 뇌신경세포 성장인자 및 면역글로불린에 긍정적인 영향을 주어 노화의 속도를 지연시킬 수 있을 것으로 사료된다.

References

Afzalpour, M. E., Chadorneshin, H. T., Foadoddini, M., & Eivari, H. A. (2015). Comparing interval and continuous exercise training regimens on neurotrophic factors in rat brain. Physiology & Behavior, 147, 78-83.

Al-Safi, Z. A., & Polotsky, A. J. (2015). Obesity and menopause. Best Practice & Research: Clinical Obstetrics & Gynaecology, 29, 548-553.

American College of Sports Medicine, Riebe, D., Ehrman, J. K., Liguori, G., & Magal, M. (2018). ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription(10th ed.). Wolters Kluwer.

An, K. H., Ahn, H. J., Lim, K. I., Han, K. A., & Min, K. W. (2006). The effect of a daily walk on glycemic control and aerobic capacity in patients with newly diagnosed type 2 diabetes. Korean Journal of Medicine, 71, 388-395.

Boyle, C. P., Raji, C. A., Erickson, K. I., Lopez, O. L., Becker, J. T., Gach, H. M., ... Thompson, P. M. (2021). Estrogen, brain structure, and cognition in postmenopausal women. Human Brain Mapping, 42, 24-35.

Bruunsgaard, H., & Pedersen, B. K. (2000). Effects of exercise on the immune system in the elderly population. Immunology and Cell Biology, 78, 523-531.

Buford, T. W., & Willoughby, D. S. (2008). Impact of DHEA(S) and cortisol on immune function in aging: A brief review. Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism, 33, 429-433.

Chevalier, G., Sinatra, S. T., Oschman, J. L., & Delany, R. M. (2013). Earthing (grounding) the human body reduces blood viscosity-a major factor in cardiovascular disease. Journal of Alternative and Complementary Medicine, 19, 102-110.

Choi, K. S., & Kim, K. L. (2020). Effects of barefoot walking on the health related physical fitness and physical self-efficacy in the male high school students'. The Journal of Institute of School Physical Education, 26, 147-168.

De la Rosa, A., Olaso-Gonzalez, G., Arc-Chagnaud, C., Millan, F., Salvador-Pascual, A., García-Lucerga, C., ... Gomez-Cabreraa, M. C. (2020). Physical exercise in the prevention and treatment of Alzheimer's disease. Journal of Sport and Health Science, 9, 394–404.

Erickson, K. I., Voss, M. W., Prakash, R. S., Basak, C., Szabo, A., Chaddock, L., ... Kramer, A. F. (2011). Exercise training increases size of hippocampus and improves memory. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 108, 3017-3022.

Goveas, J. S., Espeland, M. A., Woods, N. F., Wassertheil-Smoller, S., & Kotchen, J. M. (2011). Depressive symptoms and incidence of mild cognitive impairment and probable dementia in elderly women: the women's health initiative memory study. Journal of the American Geriatrics Society, 59, 57-66.

Hampson, E. (2018). Estrogens, aging, and working memory. Current Psychiatry Reports, 20, 109-117.

Ha, M. S., Roh, H. T., Park, H. C., & Cho, S. Y. (2020). The effects of regular taekwondo exercise on brain wave activation and neurotrophic factors in undergraduate male students. Journal of the Korean Applied Science and Technology, 37, 354-361.

Hara, Y., Waters, E. M., McEwen, B. S., & Morrison, J. H. (2015). Estrogen effects on cognitive and synaptic health over the lifecourse. Physiological Reviews. 95, 785-807.

Imtiaz, B., Taipale, H., Tanskanen, A., Tiihonen, M., Kivipelto, M., Heikkinen, A. M., ... Tolppanen, A. M. (2017). Risk of Alzheimer's disease among users of postmenopausal hormone therapy: A nationwide case-control study. Maturitas, 98, 7-13.

Jeon, Y. K., & Ha, C. H. (2017). The effect of exercise intensity on brain derived neurotrophic factor and memory in adolescents. Environmental Health and Preventive Medicine, 22, 27-32.

Kang, D. W., Bressel, E., & Kim, D. Y. (2020). Effects of aquatic exercise on insulin-like growth factor-1, brain-derived neurotrophic factor, vascular endothelial growth factor, and cognitive function in elderly women. Experimental Gerontology, 132, 110842. doi: 10.1016/j.exger.2020.110842.

Kang, M. H., Lee, J, K., & Go, S. J. (2008). The effect of moderate aerobic exercise on immunoglobulin concentration in autistic children. Korean Journal of Sports Science, 17, 1139-1148.

Kim, E. J., & Kim, J. S. (2014). The effect of breathing training gymastics on the growth hormone, estrogen and blood lipid of middle-aged menopausal women. The Korean Journal of Growth and Development, 22, 389-396.

Kim, K. H., & Oh, D. J. (2019). Influence of 12-week regular swimming participation on fitness, immunoglobulin and cytokine in middle-age women. Korean Journal of Sports Science, 28, 597-606.

Kim, M. H. (2019). Effects of combinded exercise program on health-related physical fitness and cardiovascular function-related variation in hypertension postmenopausal women. Sport Science, 37, 247-256.

Kim, M. J., Cho, J. H., Ahn, Y. J., Yim, G. Y., & Park, H. Y. (2014a). Association between physical activity and menopausal symptoms in perimenopausal women. BMC Womens Health, 14, 122. doi: 10.1186/1472-6874-14-122.

Kim, T. S., Yoon, J. H., Lee, B. K., & Jang, C. H. (2014b). Neuro-cognitive influence of walking exercise through the regulation of neurotrophic factors in aging women. Journal of Sport and Leisure Studies, 55, 559-571.

Lee, C. M., & Lee, N. H. (2012). Effects of combined exercise on neurothophic factors and cognitive function in elderly women. Journal of Korean Association of Physical Education and Sport for Girls And Women, 26, 173-189.

Ma, Y., Liu, M., Yang, L., Zhang, L., Guo, H., Hou, W., & Qin, P. (2020). Loss of estrogen efficacy against hippocampus damage in long-term OVX mice is related to the reduction of hippocampus local estrogen production and estrogen receptor degradation. Molecular neurobiology, 57, 3540-3551.

Maass, A., Düzel, S., Brigadski, T., Goerke, M., Becke, A., Sobieray, U., ... Düzel, E. (2016). Relationships of peripheral IGF-1, VEGF and BDNF levels to exercise-related changes in memory, hippocampal perfusion and volumes in older adults. Neuroimage, 131, 142-154.

Meuleman, J. R., Brechue, W. F., Kubilis, P. S., & Lowenthal, D. T. (2000). Exercise training in the debilitated aged: strength and functional outcomes. Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, 81, 312-318.

Ministry of Health and Welfare. (2020). Korea Health Statistics 2018: Korea National Health and Nutrition Examination Survey (KNHANES VII-3). Division of Health Policy.

Moreau, K. L., Stauffer, B. L., Kohrt, W. M., & Seals, D. R. (2013). Essential role of estrogen for improvements in vascular endothelial function with endurance exercise in postmenopausal women. THe Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism, 98, 4507-4515.

Nascimento, C. M., Ingles, M., Salvador-Pascual, A., Cominetti, M. R., Gomez-Cabrera, M. C., & Viña, J. (2019). Sarcopenia, frailty and their prevention by exercise. Free Radical Biology and Medicine, 132, 42-49.

Nofuji, Y., Suwa, M., Moriyama, Y., Nakano, H., Ichimiya, A., Nishichi, R., ... Kumagai, S. (2008). Decreased serum brain-derived neurotrophic factor in trained men. Neuroscience Letters, 437, 29-32.

Oschman, J. L., Chevalier, G., & Brown, R. (2015). The effects of grounding (earthing) on inflammation, the immune response, wound healing, and prevention and treatment of chronic inflammatory and autoimmune diseases. Journal of Inflammation Research, 8, 83-96.

Park, S. Y., & Lee, S. B. (2012). The effect of aerobic exercise on the CRP, IL-6 & immunoglobulin in middle-aged obese women. Journal of the Korean Society for Wellness, 7, 165-175.

Pedersen, B. K., & Hoffman-Goetz, L. (2000). Exercise and the immune system: regulation, integration, and adaptation. Physiological Reviews, 80, 1055-1081.

Piepmeier, A. T., & Etnier, J. L. (2015). Brain-derived neurotrophic factor (BDNF) as a potential mechanism of the effects of acute exercise on cognitive performance. Journal of Sport and Health Science, 4, 14-23.

Rojas Vega, S., Hollmann, W., Vera Wahrmann, B., & Strüder, H. K. (2012). pH buffering does not influence BDNF responses to exercise. International Journal of Sports Medicine, 33, 8-12.

Seals, D. R., Nagy, E. E., & Moreau, K. L. (2019). Aerobic exercise training and vascular function with ageing in healthy men and women. The Journal of Physiology, 597, 4901-4914.

Song, Y. J., & Lee, Y. S. (2021). Factors influencing the aging anxiety in menopausal woman. The Journal of Social Convergence Studies, 5, 139-150.

TaheriChadorneshin, H., Cheragh-Birjandi, S., Ramezani, S., & Abtahi-Eivary, S. H. (2017). Comparing sprint and endurance training on anxiety, depression and its relation with brain-derived neurotrophic factor in rats. Behavioural Brain Research, 329, 1-5.

Uysal, N., Kiray, M., Sisman, A. R., Camsari, U. M., Gencoglu, C., Baykara, B., Cetinkaya, C., & Aksu, I. (2015). Effects of voluntary and involuntary exercise on cognitive functions, and VEGF and BDNF levels in adolescent rats. Biotechnic & Histochemistry, 90, 55-68.

Voss, M. W., Vivar, C., Kramer, A. F., & van Praag, H. (2013). Bridging animal and human models of exercise-induced brain plasticity. Trends in Cognitive Sciences, 17, 525-544.

Weber, M. T., Rubin, L. H., & Maki, P. M. (2013). Cognition in perimenopause: the effect of transition stage. Menopause, 20, 511-517.

Zheng, W., Rogoschin, J., Niehoff, A., Oden, K., Kulling, S. E., Xie, M., & Diel, P. (2018). Combinatory effects of phytoestrogens and exercise on body fat mass and lipid metabolism in ovariectomized female rats. The Journal of Steroid Biochemistry and Molecular Biology, 178, 73-81.

Zlibinaite, L., Skurvydas, A., Kilikeviciene, S., & Solianik, R. (2020). Two months of using global recommendations for physical activity had no impact on cognitive or motor functions in overweight and obese middle-aged women. Journal of Physical Activity & Health, 18, 52-60.

Authors Information

Ho, Eun-Seok: Korea National University of Education, Lecturer, First Author

ORCID: https://orcid.org/0000-0002-3454-2444

An, Min-Ji: Korea National University of Education, Researcher, Co-author

Kim, Kyeong-Lae: Korea National University of Education, Professor, Corresponding Author