

## 12주 복합운동이 비만 여고생의 뇌신경세포 생성인자 및 염증인자에 미치는 영향

서정표<sup>1</sup> · 허준회<sup>2\*</sup> · 김현준<sup>3</sup> · 박장준<sup>4</sup>

<sup>1</sup>세화여자고등학교 교사, <sup>2\*</sup>부산테크노파크 건강체육지원센터장,  
<sup>3</sup>경남대학교 체육교육과 교수, <sup>4</sup>경남대학교 체육교육과 강사

### The Effects of 12 Weeks Combined Exercise on Brain Nerve Growth Factor, Inflammation-Related Factor in Obese High School Girls

Seo Jeongpyo, PE<sup>1</sup> · Heo Junhoe, HS<sup>2\*</sup> · Kim Hyunjun, PE<sup>3</sup> · Park Jangjun, PE<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Dept. of Physical Education, Sehwa Girl's High school, Teacher

<sup>2\*</sup>Dept. of Health Sports, Busan Techno-park, Director

<sup>3</sup>Dept. of Physical Education, Kyungnam University, Professor

<sup>4</sup>Dept. of Physical Education, Kyungnam University, Lecturer

#### Abstract

**Purpose** : To provide data on exercise prescription for obesity management and prevention of cardiovascular disease in girl's high school and to prepare basic data for more effective exercise program for lifestyle improvement and prevention of lifestyle-related diseases. This study examines the effects on brain nerve growth factor and inflammatory factors, and the relationship between obesity factor and brain neuron cell production factor and inflammatory factor changes by complex exercise.

**Methods** : The subjects of the study were obese students with a body fat percentage of 30 % or higher after obtaining body fat percentage of high school girls in C-city. Among them, 20 students who wanted to participate in the program of this study and did not participate in special exercise and diet therapy within the last 6 months were radio-sampled into groups of exercise group and control group, but attendance rate was low and The final exercise group (9) and control group (9) were measured, except for one student who did not respond.

**Results** : Analysis of the range of variation in body composition, BMI, lean body mass, and the interaction between the groups showed significant differences ( $p < .05$ ). TC, TG, HDL-C, and LDL-C as variables of blood lipids, TC and TG were not significantly different and TG was significantly different ( $p < .05$ ) in interactions. HDL-C showed a significant difference ( $p < .01$ ) in interactions, an increase in exercise group, and a significant decrease in control group ( $p < .05$ ). There was a significant difference ( $p < .05$ ) in BDNF interaction, an increase in the exercise group and a decrease in the control group, but no significant difference. NGF tended to increase in both exercise and control groups. IL-6 had a significant difference in timing ( $p < .05$ ) and significantly decreased ( $p < .01$ ) in the exercise group, and TNF- $\alpha$  interacted with timing ( $p < .05$ ), and a significant increase in the control group.

**Conclusion** : This study confirmed 12-week compound exercise program was effective in increasing the expression of basal fitness or CNS factor, but not enough to actually improve brain function. Fat mass and obesity are also affecting vascular inflammatory factors.

**Key Words**: brain-deriver neurotrophic factor, combined exercise, interukin-6, nerve growth factor, tumor necrosis factor- $\alpha$

\*교신저자 : 허준회, jheo1472@btp.or.kr

논문접수일 : 2020년 2월 14일 | 수정일 : 2020년 3월 5일 | 게재승인일 : 2020년 3월 13일

## I. 서론

청소년기의 비만은 단기적일 뿐만 아니라 장기적으로 생리적인 손상을 일으키고 지방대사 이상과 내분비 기능 이상을 동반하게 되어 충분한 성장이 이루어지지 않게 하고(Caprio 등, 1996), 지적·정신적으로도 문제를 일으키며(Galioto 등, 2012) 성인 비만으로 이어질 가능성이 50 %나 되어 여러 질병에 대한 위험성을 더욱 더 증가시킨다(Dietz, 1998).

비만은 여러 가지 질환을 유발하는데 이 중에서도 뇌 신경세포의 활성 및 생성에도 부정적인 영향을 미치는 것으로 보고되고 있어 뇌신경세포 활성 및 생성, 기억력, 인지기능에 관여하는 BDNF (brain-derived neurotrophic factor), NGF (nerve growth factor), IGF-1 (insulin-like growth factor-1), FGF-2 (Fibroblast growth factor-2) 등의 조절을 통한 비만 개선 방법에 대한 연구가 필요하다(Hotta 등, 2009).

다양한 뇌 영역에서 발현되는 BDNF는 운동에 의해 발현의 증가를 보이며 신경세포생성을 촉진시키는 것으로 알려져 있다(Pencea 등, 2001). BDNF는 비만과 관련이 있을 뿐만 아니라 BDNF 증가를 통해 비만을 개선시킬 수 있으며(Nakagawa 등, 2003), 비만 아동은 정상 아동보다 BDNF 수준이 낮다는 보고(El-Gharbawy 등, 2006)를 볼 때 비만관련인자로 생각된다.

NGF는 신경영양성 단백질로서 감각신경원뿐만 아니라 척수에 세포체를 둔 운동신경원 및 교감신경의 신경세포 발달 및 유지에 핵심적인 역할을 담당하고 있다는 것이 잘 알려져 있다(Levi-Montalcini, 1987). 또한 NGF는 말초신경계뿐만 아니라 중추신경계 내분비계, 면역계 등 신체 내 여러 기관에서 다양한 작용을 하며 특정한 기능 수행 후 혈중으로 유리되어 신경세포, 크롬친화세포(chromaffin cell), 부신수질에 존재하는 세포, 비만세포 및 림프구 등에 영향을 주어 생체 내 항상성 조절에 기여한다고 한다(Alleva 등, 1986).

IL-6 (Interukin-6)는 지방조직에서 분비되는 것으로 알려져 있으며(Mohamed-Ali 등, 1997), 지질대사에 영향을 미치며 지방분해와 지방산화의 증가를 돕는 조절 역할을 하는 것으로 알려졌다(Wallenius 등, 2002). 혈중 IL-6

수준과 비만과는 양의 상관관계가 있는 것으로 알려지고 있는데, 순환계로 방출되는 IL-6는 혈중 중성지방의 가수분해를 유도하는 지방분해효소(lipoprotein lipase; LPL)의 발현을 억제하여 고지혈증 현상을 유도할 뿐만 아니라 말초조직에서 인슐린 감수성을 저하시킴으로서 인슐린저항성을 유도하는 것으로 알려지고 있다(Visser 등, 2001). 식후 피하 지방조직에서는 IL-6 생성을 촉진하여 방출하기 때문에 혈중 IL-6 농도가 유의하게 증가하게 된다. 이때 IL-6 농도는 포도당과 인슐린 농도에 비례하여 증가한다는 사실(Orban 등, 1999)로 미루어 볼 때 IL-6가 지방조직에서 포도당 대사를 조절하는 매개체 역할을 하는 것으로 유추된다.

TNF- $\alpha$  (Tumor necrosis factor- $\alpha$ )는 초기 단계 염증 반응을 매개하는 단백질로 체내 염증반응 및 면역 반응 등의 인체 방어기전에 관여하며(Ridker 등, 2000), 골격근에서 인슐린의 기능을 차단하는 기능을 가지고 있으며(Haque와 Garg, 2004), glycemic control, 인슐린저항성, 그리고 지질이상혈증을 악화시키며 지질 단백질의 분해효소와 활성도를 억제시키고 유리지방산(free fatty acid, FFA)의 유리화가 증가되고 간의 지방질 신생을 자극하는 기능을 가지고 있다. 또한 아디포백틴의 분비를 감소시키며, 대사성 질환의 중심적인 역할을 함으로서 비만과 제2형 당뇨병을 유발시킨다(Pradhan & Ridker, 2002).

운동과 뇌기능 활성 및 뇌세포 생성 관련인자에 대한 선행연구 대부분은 운동이 BDNF, NGF의 변화에 효과적이라고 보고(Levi-Montalcini, 1987; Neeper 등, 1996)하고 있지만, 운동 프로그램의 내용에 따라 변화가 없거나 부정적인 운동효과가 보고(Currie 등, 2009)되어 있으므로 운동의 뇌신경세포 활성 및 생성 효과 검증을 위한 계속적인 연구가 필요하다. 특히 비만 여고생을 대상으로 실시한 운동의 뇌신경세포 활성 및 생성 효과에 대한 연구는 전무한 실정이다.

이에 본 연구는 뇌신경세포 활성 및 생성이 저하된 것으로 알려진 비만 여고생들의 BDNF, NGF의 개선을 위한 운동 효과를 검증하고 12주 복합운동에 따른 신체구성, 혈중지질, 뇌신경세포 생성인자(BDNF, NGF)와 염증인자(IL-6, TNF- $\alpha$ )의 변화를 분석하고자 한다.

## II. 연구방법

### 1. 연구대상자

본 연구는 C시 소재 고등학교 3학년 여학생의 체지방률을 구한 후 비율이 30 % 이상인 비만 학생을 선정하였다. 이들 중 본인과 학부모가 본 연구의 프로그램에

참가하기를 원하고 최근 6개월 이내에 특별한 운동과 식사요법에 참여하지 않은 20명을 운동군과 대조군 각 10명으로 무선 표집 하였으나, 출석률이 저조하고 측정에 응하지 않은 학생 1명씩을 제외하여 최종 운동군(9명), 대조군(9명)을 측정하였다. 참여자의 개인적 특성은 Table 1과 같다.

Table 1. General characteristics of the subject

Variables	Age (yrs)	Height (cm)	Weight (kg)	Body fat (%)
Group				
EG (n=9)	17.00±.00	165.44±4.75	77.32±8.98	34.01±3.45
CG (n=9)	17.44±.52	160.89±7.88	75.54±13.38	35.51±3.88

Value; mean±standard deviation, EG: exercise group, CG: control group

### 2. 측정항목 및 도구

측정항목은 신장, 체중, BMI, 체지방량, 체지방률, 제지방량, 제지방률, TC, TG, Glucose, HDL-C, LDL-C, BDNF, NGF, IL-6, TNF- $\alpha$  이다.

신체조성 측정항목은 신장, 체중, 체지방량, 체지방률, 제지방량, 제지방률의 측정을 위해 InBody 370(Biospace, Co. Korea)을 사용하였다.

혈액 채취를 위하여 채혈 전날 오후 8시 이후에는 공복을 유지하도록 하여 그 다음날 오전 8-9시에 창원시 G 병원 간호사가 사전 사후 총 2회 학교를 방문하여 혈액을 채취하였으며, 분석 항목의 목적과 절차에 적합한 진공 채혈관과 바늘을 이용하여 전완 주정맥(cubital vein)에서 채취하고, 채취 시기는 운동 시작 전, 후 총 2회에 걸쳐 각각 동일한 방법으로 앉은 자세에서 약 5 ml를 주정맥(cubital vein)에서 채혈하였으며, 이때 항응고제(ethyl diamine tetra acetate; EDTA)와 LFT tube (Liver function test)로 처리한 진공 채혈관 튜브를 사용하였다. 채혈된 정맥혈은 상온에서 원심분리기로 혈청을 분리하여 분석 시까지 영하 70 °C 환경에서 보관하였다가 분석 전 냉동 보관된 혈청을 상온에서 녹여 사용하였다. 혈중 TC, TG, Glucose, HDL-C, LDL-C를 자동생화학 분석기(BTS370, BioSystemes, Co. Spain)를 이용하여 분석 하였

고. BDNF, NGF, IL-6, TNF- $\alpha$  (Human BDNF ELISA kit Catalog # LF-EK5005, Ab frontier, Inc.), 농도 분석을 위해 Multiskan Go (Thermo. Co. USA)를 사용하여 Enzyme-Linked Immunosorbent Assay (ELISA) Kit 분석방법에 따라 진행하였다, 모든 항목은 K대학교 운동생화학 실험실에서 실시하였다.

### 3. 복합운동 프로그램

복합운동은 C시 소재 S여고 체육교사인 저자가 12주 동안 걷기 및 저항운동을 주 3회(월, 수, 금) 실시하였다. 1회 운동은 준비운동, 본운동, 정리운동의 단계로 60분 동안 실시하였다. 유산소 운동 방법인 걷기의 운동강도는 운동자각도(rating of perceived exertion, RPE) (Borg, 1998)를 이용하였다. 1-4주는 저강도(RPE 11-12)로 20분간, 5-12주는 중강도(RPE 13-15)로 20분간 실시하였다. 저항운동은 ACSM(2014)의 아동 및 청소년을 위한 저항운동 방법에 따라 세트당 6-8회 이상의 고반복 트레이닝을 실시하고, 트레이닝 사이에 2-3일의 충분한 회복을 주었으며, 운동 강도 증가는 점진적으로 실시하였다. Kraemer와 Flek(1993)가 제안한 기구를 사용하면서 실시하는 청소년 저항 트레이닝 프로그램을 수정하여 7동작(bench press, squat, elbow curl, seated row, knee curl,

sit-up, knee extension)으로 구성하였으며, 2인 1조로 실시하였다. 자세한 걷기운동 및 탄성밴드운동이 포함된 복

합운동 프로그램은 Table 2와 같다.

Table 2. The combined exercise program

	Period	Time	Contents	Intensity	Frequency
Warm-up		5 min	Light running Stretching		
Main exercise (Walking)	1-4 week	20 min	Normal walking	11-12 RPE	
	5-12 week		Fast walking	13-15 RPE	
Main exercise (Elastic bend)	1-4 week	20 min	Bench press	11-12 RPE (8-10×3set)	3/week
			Squat		
			Elbow curl	11-12 RPE (10-15×3set)	
	5-12 week		Seated row		
	Knee curl				
	Sit-up				
	Knee extension				
Cool-down		5 min	Light running Stretching		

4. 자료 분석

측정한 데이터의 자료분석은 PASW Statistics 18 통계 프로그램을 이용하여 평균과 표준편차인 기술통계량을 산출하였다. 사전 운동군과 대조군의 신체적 특성에 대한 동질성은 독립표본 t-검정으로 확인하였다. 각 집단내 프로그램 전·후 비교를 위해 대응표본 t-검정을 이용하였으며, 집단간의 사전·사후 변화량의 차이 비교를 위해 이요인분산분석을 이용하였다. 통계적 모든 유의수준  $\alpha = .05$  로 설정하였다.

III. 연구결과

1. 신체구성의 변화

신체구성의 변인으로서 체중, BMI, 제지방량을 분석한 결과, 그룹 간 분석에서는 상호작용에서 유의한 차이가 나타났지만( $p < .05$ ) 각 그룹 내의 운동 전·후 차이는 없는 것으로 나타났다. 결과는 Table 3과 같다.

2. 혈중지질의 변화

혈중지질의 변인으로서 TC, TG, HDL-C, LDL-C을 분석한 결과, TC와 TG는 모두 유의한 차이가 없었으며, TG는 시기에서 유의한 차이가 있었다( $p < .05$ ). HDL-C는 상호작용에서 유의한 차이가 있었고( $p < .01$ ), 운동군에서는 증가 경향이 있었으며 대조군은 유의한 감소가 있었다( $p < .05$ ). LDL-C는 대조군에서 증가하는 경향이 나타났으나 유의한 차이는 없었다. 결과는 Table 4와 같다.

3. 뇌신경세포 생성인자와 염증인자의 변화

뇌신경세포 생성인자의 변인으로 BDNF, NGF를 분석한 결과, BDNF는 상호작용에서 유의한 차이가 있었고( $p < .05$ ) 운동군에서는 증가를 대조군에서는 감소가 나타났으나 유의한 차이는 없었다. NGF는 운동군과 대조군에서 모두 증가하는 경향이 나타났다. 혈관염증지표의 변인으로서 IL-6, TNF- $\alpha$  를 분석한 결과, IL-6는 시기에서 유의한 차이가 있었고( $p < .05$ ) 운동군에서 유의하게 감소하였다( $p < .01$ ). TNF- $\alpha$  는 시기( $p < .05$ )와 상호작용( $p < .01$ )에 유의한 차이가 있었고, 대조군에서 유의한 증가가 있었다. 결과는 Table 5와 같다.

Table 3. Changes of body composition

Variables	Group	Pre	Post	t	p
Weight (kg)	EG	77.32±8.98	76.51±9.29	1.014	.042*
	CG	75.54±13.38	77.13±14.52	-2.164	
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	EG	28.29±3.44	27.92±3.38	1.244	.045*
	CG	29.11±3.98	29.63±4.44	-1.837	
FM (kg)	EG	26.51±5.63	26.07±5.47	.807	.077
	CG	27.18±7.45	28.06±7.94	-2.044	
%fat (%)	EG	34.01±3.54	33.77±3.15	.609	.263
	CG	35.51±3.88	35.88±3.69	-1.076	
LBM (kg)	EG	50.81±3.90	50.44±4.14	1.103	.047*
	CG	48.37±6.41	49.08±6.95	-1.902	
%LBM (%)	EG	66.00±3.54	66.22±3.16	-.547	.281
	CG	64.49±3.87	64.12±3.70	1.086	

Values are means±SD, EG: exercise group, CG: control group

BMI: body mass index, FM: fat mass, LBM: lean body mass

\*: significantly different between group by independent t-test

Table 4. Changes of blood lipid

Variables	Group	Pre	Post	t	p
TC (mg/dl)	EG	146.22±40.80	153.33±33.37	-1.037	.782
	CG	138.00±12.12	147.78±23.34	-1.493	
TG (mg/dl)	EG	75.67±35.67	83.44±29.81	-2.003	.749
	CG	67.22±25.97	77.78±23.99	-1.390	
Glucose (mg/dl)	EG	91.22±5.80	88.33±10.02	.699	.729
	CG	86.22±9.26	81.67±6.04	1.972	
HDL-C (mg/dl)	EG	52.11±10.35	56.44±10.75	-1.722	.004 <sup>#</sup>
	CG	56.56±11.13	49.44±11.15	3.108*	
LDL-C (mg/dl)	EG	70.11±14.20	69.89±15.06	.081	.103
	CG	67.78±9.08	75.11±16.86	-2.157	

TC: total cholesterol, TG: triglyceride,

HDL-C: high-density lipoprotein cholesterol, LDL-C: low-density lipoprotein cholesterol

<sup>#</sup>: significantly different between group by independent t-test

Table 5. Changes in BDNFs, NGF and inflammation-related factors

Variables	Group	Pre	Post	t	p
BDNF (pg/ml)	EG	1039.50±468.08	1377.38±508.77	-1.786	.029 <sup>#</sup>
	CG	1398.89±471.72	1207.97±550.01	1.708	
NGF (pg/ml)	EG	88.57±19.27	90.05±27.01	-.224	.801
	CG	80.89±16.68	84.79±21.44	-.585	
IL-6 (pg/ml)	EG	3.70±.70	3.09±.58	3.341*	.072
	CG	3.92±1.03	3.85±1.01	.376	
TNF- $\alpha$ (pg/ml)	EG	9.98±2.77	9.59±2.08	.884	.002 <sup>#</sup>
	CG	8.41±1.78	10.21±2.69	-4.430**	

\*: significantly different within group by paired t-test, \*: p<.05, \*\*: p<.01

<sup>#</sup>: significantly different between group by independent t-test

#### IV. 고 찰

생활습관 개선과 생활습관병 예방에 보다 효과적인 운동프로그램의 기초자료를 마련함과 동시에 뇌신경세포 활성화 및 생성이 저하된 것으로 알려진 비만 여고생들의 BDNF, NGF의 개선을 위한 운동 효과를 검증하고자 12주 복합운동에 따른 뇌신경세포 생성인자(BDNF, NGF)와 염증인자(IL-6, TNF- $\alpha$ )의 변화를 분석하였다.

본 연구결과 BDNF의 그룹 간 차이를 분석한 결과 상호작용은 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다( $p < .05$ ).

유산소 운동이 뇌의 기능을 조절 및 유지시키며, 뇌로 가는 혈류량을 증가시켜 정서와 인지기능을 증진시킨다(Dimeo 등, 2001)고 보고하고 있다. 운동과 뇌신경세포 성장인자인 BDNF와 관련된 연구들을 살펴보면 3일간의 자발적인 휠 런닝(wheel running)을 통해서 BDNF mRNA의 발현량이 증가하였고(Hill 등, 1993), 또한 근육량을 증가시킬 수 있는 중강도 이상의 신체활동이 BDNF의 증가에 도움이 된다는 연구결과들이 있으며(Yang, 2012), Kim(2013)은 BDNF의 변화를 위해서는 신체활동 시간을 증가시켜 에너지 소비를 늘리고 6 METs 이상의 중고강도 운동을 실시해야 한다고 하였다. 본 연구에서는 비만 여고생을 대상으로 12주 동안 복합운동을 실시한 결과 운동군의 BDNF 수준이 증가하고 대조군의 BDNF 수준이 감소하여, 중강도 이상의 복합운동이 BDNF 수준에 긍정적인 역할을 한다는 선행연구들의 결과와 유사하며, 비만 여고생에게 있어서도 BDNF 수준은 인지기능의 개선과 관련된 신경영양성인자로서 의미가 있다고 생각된다. 본 연구의 결과와 세포수준에서의 연구, 동물모델을 이용한 연구, 성인을 대상으로 실시된 임상연구의 결과를 함께 생각해 볼 때, 복합운동은 근육내 AMPK (AMP-activated protein kinase)를 활성화시켜 지방산화 증가 및 에너지 대사와 혈액순환 기능을 개선하고(Matthews 등, 2009) 골격근의 BDNF를 상향 조절하여(Pedersen 등, 2009), 혈액에서 조직으로의 글루코스 운반 및 BDNF 활성을 촉진시켰을 것으로 사료된다. 그러나 현재까지의 선행연구에서 비만 여고생의 인지기능과 BDNF 수준의 관계에 대한 임상연구가 부족하여 직접적인 논의를 하기에는 다소 무리가 있을 수 있다고 생각된다.

다. 따라서 추후연구에서는 혈청과 혈장에서의 BDNF 농도가 뇌에서의 BDNF 수준과 어떠한 경로에 의해 관계되는지를 명확히 밝혀내기 위한 연구가 필요하다고 사료된다.

본 연구에서 NGF의 그룹 간 차이를 분석한 결과 시기, 그룹, 상호작용은 모두 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. 최근 뇌기능과 관련하여 뇌신경영양인자인 NGF에 대한 연구들이 많이 진행되고 있다. 이러한 뇌신경세포 생성인자는 신경계의 발달과 유지를 위한 필수적인 요소이다. 특히 신경세포의 생존, 성장 그리고 시냅스 가소성(synaptic plasticity)에 중요한 물질로 알려져 있으며(Mc Allister 등, 1999), 특히 학습능력과 기억력을 향상시키는 해마(hippocampus) 부위의 시냅스 가소성에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 보고되고 있다(Oliff 등, 1998). 또한 운동과 뇌신경세포 생성인자인 NGF에 관련된 연구 중에 동물을 대상으로 한 연구는 대부분 운동이 뇌신경세포 생성인자의 증가에 긍정적인 영향을 미친다고 보고하고 있다. 외상성 뇌손상 모델 쥐를 대상으로 자발적인 휠 런닝을 실시한 결과 뇌 해마의 뇌신경세포 생성인자를 증가시켜 인지기능을 회복시킬 수 있다고 보고하였으며 (Griesbach 등, 2004), Ang 등(2003)은 중대 뇌동맥 폐색 수술을 통해 뇌경색을 유발한 흰쥐를 대상으로 12주간 트레드밀 운동을 실시한 결과 뇌 부위에서 NGF mRNA 발현이 증가되었다고 보고하였다. Shin과 Kim(2012)은 과체중 및 비만청소년을 대상으로 12주 복합운동을 실시하였지만 뇌신경세포 생성인자의 변화에는 영향을 미치지 못하였다고 보고한 결과와 어느 정도 일치하는 것으로 나타났다. 본연구와 선행연구의 결과를 볼 때 이는 성장기에 있는 청소년의 NGF 발현이 자연스러운 현상이나 비만 여고생에 처치된 12주간의 복합운동이 일시적인 염증인자의 발현으로 인해 뇌신경세포 생성에 부적 영향을 준 것으로 생각된다. 본 연구에서 여고생들에게 적용한 12주간의 복합운동 프로그램이 동작의 반복적인 프로그램으로 구성되어 있기 때문에 기초체력이나 뇌신경세포 생성인자 인자의 발현을 증가시키는데 어느 정도 효과가 나타났다고 해도, 실질적인 뇌기능을 향상시키기에는 미흡했던 것으로 판단된다. 따라서 성장기 청소년의 기억력을 향상시키기 위한 운동 프로그램은 단순동작의 반복으로 구성된 운동 프로그램보

다는 학습이라는 과제가 포함된 운동 프로그램을 개발하여 적용하는 것이 필요할 것으로 생각되며(Kim, 2015). 규칙적인 운동이 뇌신경세포 생성인자의 발현을 증가시킨다는 것은 지지를 받고 있지만, 뇌 해마, 대뇌피질에서 뇌신경세포 생성인자와 혈중 뇌 신경세포 생성인자 발현량의 관계는 추가적인 연구가 필요할 것으로 생각된다.

본 연구에서 IL-6의 그룹 간 차이를 분석한 결과 시기는 유의한 차이가 있었으나( $p < .05$ ), 그룹과 상호작용은 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. 이와 같은 결과는 Han 등(2013)의 1회성 운동이 인슐린의 농도에는 영향을 미치지 않으나 IL-6의 변화에는 많은 영향을 미치지 못한다는 연구들이 본 연구와 유사한 결과이다.

운동에 따른 IL-6의 변화는 개인적 특성에 따라 다양한 결과를 나타내고 있다. IL-6와 운동 강도는 정적 상관관계가 있으며(Ostrowski 등, 2000) 근력, 유연성, 평형성의 향상이 IL-6를 감소시킨다고 보고하고 있다(Park 등, 2011), 또한 Choi 등(2012)은 심폐체력의 수준이 낮을수록 운동 후 IL-6의 농도가 높게 나타나는 것을 보고하였다.

Brunsgaard 등(1997)은 IL-6 농도는 운동 강도나 시간과 상관없이 혈중 CK (Creatine kinase) 수준과 관련이 있다고 하였고, Senaris 등(2011)은 IL-6가 시상하부에서의 체지방과 체중조절을 포함한 섭식조절 신경펩타이드의 발현을 조절할 수 있다고 보고하였으며, IL-6은 지방조직에서도 생성되며, 특히 비만은 IL-6 농도를 증가시키는 주된 요인으로 작용한다고 보고하고 있다(Tchernof 등, 2002). IL-6은 비만한 사람들에게서 높은 수준으로 나타나며 비만과 관련되어 인슐린 저항성을 발달시키는 기전에 복합적으로 관여하고 있는 물질 중 하나이다(Olszanecka-Glinianowicz 등, 2006). 특히 복부지방에서 그 분비가 활발하다고 보고하고 있다(Numao 등, 2006). 선행연구 결과와 본 연구를 볼 때 대상이 비만 여고생임을 고려할 때 개인의 체력, 체중 및 체지방에 따라 복합운동에 따른 IL-6 변화 효과는 차이가 있는 것으로 생각된다.

본 연구에서 TNF- $\alpha$ 의 그룹 간 차이를 분석한 결과 시기( $p < .05$ )와 상호작용( $p < .01$ )은 유의한 차이가 있었으나, 그룹은 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. TNF-

$\alpha$ 는 염증과 소포체 스트레스를 유발하고 뉴런의 사멸을 유도함으로써 에너지 항상성 조절에 관여하는 신경전달 물질의 비정상적인 발현에 원인이 된다(Milanski 등, 2009). 그러나 비만 환자의 체중감량시 TNF- $\alpha$  농도의 감소를 보이며, 운동은 TNF- $\alpha$  분비를 억제하는 것으로 보고되고 있다(Beltowski, 2003), 최근 비만 쥐를 대상으로 한 실험 연구에서 시상하부의 염증이 렙틴 저항성의 원인에 중요한 기전이라고 보고하였고(Cintra 등, 2012), 선행연구에서 장기간의 운동에 따른 TNF- $\alpha$  변화에 대한 결과는 다양하게 보고되었다. 7개월 간 비만여성을 대상으로 조깅과 걷기, 스트레칭, 줄넘기, 싸이클링 등을 실시해서 TNF- $\alpha$ 가 유의하게 감소하였으나(Kondo 등, 2006), 6주 간 유산소 운동과 저항성 운동을 실시한 여성들에게서는 혈장 TNF- $\alpha$ 가 유의하게 감소하지 않았으며 오히려 증가하는 경향이 나타났다(Pedersen 등, 2000).

일회성 운동으로 TNF- $\alpha$  농도 변화를 가져오지 못한 연구 결과가 보고되었으나(Lee, 2008), Dufaux와 Order(1989)는 달리기 운동에서 운동 중과 회복기 1시간 이내에 TNF- $\alpha$ 가 유의한 증가를 나타냈다고 보고하였다.

본 연구결과와 선행연구 결과를 볼 때 같은 체지방량과 비만도에 따라 TNF- $\alpha$  변화가 다르다는 것을 알 수 있다. 즉 운동 보다는 체지방량과 비만도에 의해 TNF- $\alpha$ 가 증가하는 경향을 보여 운동군 보다는 통제군의 TNF- $\alpha$  증가가 더욱 많이 나타날 수 있다는 것을 보여준다.

## V. 결론

본 연구를 통해 12주간의 복합 운동 프로그램이 체중, BMI, 체지방량 등의 신체구성과 HDL-C에 긍정적인 영향을 가져왔으며, 특히 뇌신경세포 생성인자(BDNF)의 활성을 촉진하여 발현을 증가하는 효과가 있었다. 그리고 체지방량과 비만도가 혈관 염증인자에 영향을 미치고 있다는 것을 알 수 있었다.

## 참고문헌

- ACSM's(2014). Guidelines for exercise testing and prescription. 9th ed, Baltimore, Williams & Wilkins.
- Alleva E, Aloe L, Laviola G(1986). Pretreatment of young mice with nerve growth factor enhances scopolamine-induced hyperactivity. *Brain Res*, 393(2), 278-281.
- Ang ET, Wong PT, Moochhala S, et al(2003). Neuroprotection associated with running is it a result of increased endogenous neurotrophic factors. *Neuroscience*, 118(2), 335-345.
- Beltowski J(2003). Adiponectin and resistin-new hormones of white adipose tissue. *Med Sci Monit*, 9(2), RA55-61.
- Borg G(1998). Borg's perceived exertion and pain scales. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Bruunsgaard H, Galbo H, Halkjaer-Kristensen J, et al(1997). Exercise-induced increase in interleukin-6 is related to muscle damage. *J Physiol*, 499, 833-841.
- Caprio S, Hyman LD, McCarthy S, et al(1996). Fat distribution and cardiovascular risk factors in obese adolescent girls: importance of the intraabdominal fat depot. *Am J Clin Nutr*, 64(1), 12-17.
- Cintra DE, Ropelle ER, Moraes JC, et al(2012). Unsaturated fatty acids revert diet-induced hypothalamic inflammation in obesity. *PLoS One*, 7(1), Printed Online. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0030571>.
- Choi YJ, Seo TB, Lee JS, et al(2012). The effect of sprint interval exercise on serum IL-10, IL-6, TNF- $\alpha$ , CRP, total cholesterol depending on cardiorespiratory fitness levels. *Journal of Sport and Leisure Studies*, 50(2), 813-822.
- Currie J, Ramsbottom R, Ludlow H, et al(2009). Cardio-respiratory fitness, habitual physical activity and serum brain derived neurotrophic factor (BDNF) in men and women. *Neurosci Lett*, 451(2), 152-155.
- Dietz WH(1998). Childhood weight affects adult morbidity and mortality. *J Nutr*, 128(2 Suppl), 411S-414S.
- Dimeo F, Bauer M, Vararam I, et al(2001). Benefits from aerobic exercise in patients with major depression: a pilot study. *Br J Sports Med*, 35(2), 114-117.
- Dufaux B, Oder U(1989). Plasma elastase- $\alpha$  1-antitrypsin, neopterin, tumor necrosis factor, and soluble interleukin-2 receptor after prolonged exercise. *Int J Sports Med*, 10(6), 434-438.
- El-Gharbawy AH, Adler-Wailes DC, Mirch MC, et al(2006). Serum brain-derived neurotrophic factor concentrations in lean and overweight children and adolescents. *J Clin Endocrinol Metab*, 91(9), 3548-3552.
- Galioto R, Spitznagel MB, Strain G, et al(2012). Cognitive function in morbidly obese individuals with and without binge eating disorder. *Compr Psychiatry*, 53(5), 490-495.
- Griesbach GS, Hovda DA, Molteni R, et al(2004). Voluntary exercise following traumatic brain injury: brain-derived neurotrophic factor upregulation and recovery of function. *Neuroscience*, 125(1), 129-139.
- Han TK, Lee HS, Kang HS(2013). Effects of acute walking exercise on insulin resistance and IL-6 in middle-aged obesity women. *Korean J Phys Educ*, 52(4), 513-521.
- Haque WA, Garg A(2004). Adipocyte biology and adipocytokines. *Clin Lab Med*, 24(1), 217-234.
- Hill RD, Storandt M, Malley M(1993). The impact of long-term exercise training on psychological function in older adults. *J Gerontol*, 48(1), 12-17.
- Hotta K, Nakamura M, Nakamura T, et al(2009). Association between obesity and polymorphisms in SEC16B, TMEM18, GNPDA2, BDNF, FAIM2 and MC4R in a Japanese population. *J Hum Genet*, 54(12), 727-731.
- Kim HJ(2013). The relationship between brain-derived neurotrophic factor, serotonin, physical fitness, energy expenditure and, exercise intensity in children. *Korean J Obes*, 22(2), 107-113.
- Kim HS(2015). Effects of music rope-jumping exercise on the activity of BDNF, TNF- $\alpha$ , IL-6. Graduate school of Kosin University, Republic of Korea, Doctoral



- dissertation.
- Kondo T, Kobayashi I, Murakami M(2006). Effect of exercise on circulating adipokine levels in obese young women. *Endocr J*, 53(2), 189-195.
- Kraemer WJ, Fleck SJ(1993). Strength training for young athletes. Champaign, Human Kinetics.
- Lee HY(2008). Effects of dietary diacylglycerol and aerobic exercise training on the adipocytokines and inflammatory marker levels in obese men. Graduate school of Yonsei University, Republic of Korea, Doctoral dissertation.
- Levi-Montalcini R(1987). The nerve growth factor 35 years later. *Science*, 237(4819), 1154-1162.
- Matthews VB, Aström MB, Chan MHS, et al(2009). Brain-derived neurotrophic factor is produced by skeletal muscle cells in response to contraction and enhances fat oxidation via activation of AMP-activated protein kinase. *Diabetologia*, 52(7), 1409-1418.
- Mc Allister AK, Katz LC, Lo DC(1999). Neurotrophins and synaptic plasticity. *Annual Review of Neuroscience*, 22(1), 295-318.
- Milanski M, Degasperi G, Coope A, et al(2009). Saturated fatty acids produce an inflammatory response predominantly through the activation of TLR4 signaling in hypothalamus: implications for the pathogenesis of obesity. *J Neurosci*, 29(2), 359-370.
- Mohamed-Ali V, Goodrick S, Rawesh A, et al(1997). Subcutaneous adipose tissue releases interleukin-6, but not tumor necrosis factor- $\alpha$ , in vivo. *J Clin Endocrinol Metab*, 82(12), 4196-4200.
- Nakagawa T, Ogawa Y, Ebihara K, et al(2003). Anti-obesity and anti-diabetic effects of brain-derived neurotrophic factor in rodent models of leptin resistance. *Int J Obes Relat Metab Disord*, 27(5), 557-565.
- Neeper SA, Gomez-Pinilla F, Choi J, et al(1996). Physical activity increases mRNA for brain-derived neurotrophic factor and nerve growth factor in rat brain. *Brain Res*, 726(1-2), 49-56.
- Numao S, Hayashi Y, Katayama Y, et al(2006). Effects of obesity phenotype on fat metabolism in obese men during endurance exercise. *Int J Obes (Lond)*, 30(8), 1189-1196.
- Oloff HS, Berchtold NC, Isackson P, et al(1998). Exercise-induced regulation of brain-derived neurotrophic factor (BDNF) transcripts in the rat hippocampus. *Brain Res Mol Brain Res*, 61(1-2), 147-153.
- Olszanecka-Glinianowicz M, Zahorska-Markiewicz B, Kocelak P, et al(2006). The effect of weight loss on serum concentration of interleukin-6(IL-6) and insulin resistance. *Endokrynol Pol*, 57(2), 131-135.
- Orban Z, Remaley AT, Sampson M, et al(1999). The differential effect of food intake & beta-adrenergic stimulation on adipose-derived hormones and cytokines in man. *J Clin Endocrinol Metab*, 84(6), 2126-2133.
- Ostrowski K, Schjerling P, Pedersen BK(2000). Physical activity and plasma interleukin-6 in humans effect of intensity of exercise. *Eur J Appl Physiol*, 83(6), 512-515.
- Park SK, Park JK, Kwon YC, et al(2011). The effects of combined training on self-reliance physical fitness, IL-6, TNF- $\alpha$  and carotid artery in older women with sarcopenia. *Journal of Sport and Leisure Studies*, 45(2), 771-781.
- Pedersen BK, Bruunsgaard H, Ostrowski K, et al(2000). Cytokines in aging and exercise. *Int J Sports Med*, 21(Sup 1), 4-9.
- Pedersen BK, Pedersen M, Krabbe KS, et al(2009). Role of exercise-induced brain-derived neurotrophic factor production in the regulation of energy homeostasis in mammals. *Exp Physiol*, 94(12), 1153-1160.
- Pencea V, Bingaman KD, Wiegand SJ, et al(2001). Infusion of brain-derived neurotrophic factor into the lateral ventricle of the adult rat leads to new neurons in the parenchyma of the striatum, septum, thalamus, and hypothalamus. *J Neurosci*, 21(17), 6706-6717.
- Pradhan AD, Ridker PM(2002). Do atherosclerosis and type 2 diabetes share a common inflammatory basis?. *Eur*

- Heart J, 23(11), 831-834.
- Ridker PM, Hennekens CH, Buring JE, et al(2000). C-reactive protein and other markers of inflammation in the prediction of cardiovascular disease in women. *N Engl J Med*, 342(12), 836-843.
- Senaris RM, Trujillo ML, Navia B, et al(2011). Interleukin-6 regulates the expression of hypothalamic neuropeptides involved in body weight in a gender-dependent way. *J Neuroendocrinol*, 23(8), 675-686.
- Shin SM, Kim CH(2012). Effects of combined exercise on body composition, blood lipids, and BDNF in obese adolescents. *J Life Sci*, 22(9), 1231-1236.
- Tchernof A, Nolan A, Sites CK, et al(2002). Weight loss reduces C-reactive protein levels in obese postmenopausal women. *Circulation*, 105(5), 564-569.
- Visser M, Bouter LM, McQuillan GM, et al(2001). Elevated C-reactive protein levels in overweight and obese adults. *J Am Med Assoc*, 282(22), 2131-2135.
- Wallenius V, Wallenius K, Ahrén B, et al(2002). Interleukin-6-deficient mice develop mature-onset obesity. *Nat Med*, 8(1), 75-79.
- Yang TG(2012). (The) effects of physical activity and obesity factor on brain nerve growth factor in children. Graduate school of Kyungnam University, Republic of Korea, Doctoral dissertation.