

## Effects of Combined Exercise on Body Composition, Blood Lipids, and BDNF in Obese Adolescents

Seok-Min Shin and Chol-Hyoung Kim\*

Department of Physical Education, Kyungnam University, Changwon, 631-701, Korea

Received July 26, 2012 / Revised August 13, 2012 / Accepted August 18, 2012

Exercise leads to the release of certain neurotransmitters in the brain that alleviate pain, both physical and mental. The purpose of this study was to investigate effects of combined exercise on body composition, blood lipids, and brain-derived neurotrophic factor (BDNF) in overweight and obese adolescents. The subjects of this study were 18 boys who were divided into a combined exercise group (EG:  $n=9$ ) and a control group (CG:  $n=9$ ). The combined exercise program required exercise 50-60 minutes per day, three times a week, for 12 weeks. The results of the comparative analysis are as follows: The between-group comparison of the difference in the means before and after the intervention revealed a significant decrease in the EG compared with the CG: weight ( $p<0.01$ ), BMI ( $p<0.05$ ), %fat ( $p<0.05$ ), fat mass ( $p<0.01$ ). The %LBM of the EG showed a more significant increase ( $p<0.05$ ) compared with the CG. The TC, LDL-C, and BDNF were not different between the EG and the CG. However, the TC and the LDL-C were decreased more in the EG than in the CG. The BDNF was increased more in the EG than in the CG. In conclusion, the combined exercise improved body composition but did not affect serum lipids or the BDNF.

**Key words** : Combined exercise, blood lipids, brain-derived neurotrophic factor (BDNF), obesity, adolescents

### 서론

비만은 심장질환, 고혈압, 제2형 당뇨병, 뇌졸중, 골관절염, 고지혈증, 관상동맥질환, 담낭질환, 불면증, 호흡기질환, 각종 암 등을 유발하는 인자로 알려져 있고[2,11], 특히 청소년은 초등학교보다 운동량이 적고 초·중·고등학교 7명 중 1명 정도가 비만으로, 비만 어린이와 청소년 중 상당수가 성인 비만환자로 이어질 가능성이 높은 만큼 부모들의 철저한 건강관리가 필요하다고 할 수 있다. 발육단계의 청소년기에 발생하는 비만에 특별한 관심을 기울여야 하는 이유는 비만이 단기적 일뿐만 아니라 장기적으로 청소년의 신체에 정신적, 생리적인 손상을 일으키고 지방대사 이상과 내분비 기능 이상을 동반하게 되어 충분한 성장이 이루어지지 않게 하며[6], 성인 비만으로 이어질 가능성이 30%나 되어 여러 질병에 대한 위험성을 더욱 더 증가시키기 때문이다[7].

비만은 여러 가지 질환을 유발하는데 이중에서도 뇌신경세포의 활성화 및 생성에도 부정적인 영향을 미치는 것으로 보고되고 있어 이에 대한 추가적인 연구가 필요하다. 실제로 뇌신경세포의 활성화 및 생성에 관여하는 BDNF (brain-derived neurotrophic factor)는 비만과 관련이 있을 뿐만 아니라 정상 아동보다 비만 아동이 더 낮은 것으로 보고되었다[1,21].

BDNF는 운동에 의해 발현의 증가를 보이는데[25,32], 특히 유산소운동은 해마뿐만 아니라 소뇌, 대뇌피질, 척수에서도

BDNF의 증가를 발현시키는 것으로 보고되고 있다[22]. 운동과 뇌기능 활성화 및 뇌세포 생성 관련인자에 대한 선행연구 대부분은 유산소운동이 BDNF의 변화에 효과적이고 운동 강도가 높을수록 BDNF 농도가 높아진다고 보고하고 있다[22]. 생활패턴에 따른 BDNF 수준을 연구한 보고에서 일상생활 집단과 한 달 30회 미만 운동하는 집단과는 유의한 차이가 없었고 한 달에 30회 이상 운동하는 집단과는 유의한 차이가 나타났다 보고 하였고[3], 15분 걷기 운동 시 운동 후 BDNF가 증가하였다고 보고하였다[38]. 또한, 7명의 건강한 남자를 대상으로 3개월 동안의 지구력 운동 후 BDNF가 증가하였으며[33], 13명의 건강한 대상으로 5주간 지구력 순환운동프로그램을 실시한 결과 BDNF가 증가하였다고 보고 하였다[40].

운동과 뇌기능 활성화 및 뇌세포 생성 관련인자에 대한 선행연구 대부분은 유산소운동이 BDNF의 변화에 효과적이라고 보고하고 있지만, 아동을 대상으로 한 연구에서 근력 및 근지구력 향상을 위한 저항운동이 효과적임을 밝힌 바 있으므로[27,28] 유산소운동과 저항운동이 포함된 복합운동의 BDNF 효과를 검증하는 연구가 필요하다. 실제로 복합운동이 비만관련인자 개선에 효과적이라는 보고는 많으나 BDNF를 비롯한 뇌신경세포 생성인자에 영향을 미치는 복합운동의 효과에 대한 연구는 부족하다[13,14,16].

이와 같이 운동과 비만의 뇌기능에 대한 관련성이 보고되면서 인간의 신체활동과 비만이 뇌신경세포 활성화와 생성에 미치는 영향에 대한 연구들이 증가하고 있으나[10,15,21,23,34], 운동 방법에 따라 BDNF가 증가되지 않았다는 연구 결과도 보고 되었으며[3,30,39], 비만을 대상으로 BDNF의 운동 효과를 검

#### \*Corresponding author

Tel : +82-55-249-2373, Fax : +82-505-999-2151

E-mail : hja2278@hanmail.net

증한 연구가 부족하므로 추가적인 연구가 필요하다.

이에 본 연구는 뇌신경세포 활성화 및 생성이 저하된 것으로 알려진 과체중 및 비만 청소년의 BDNF 개선을 위한 운동 효과를 검증하고자 12주 복합운동에 따른 신체구성, 혈중지질, BDNF의 변화를 분석하였다.

### 재료 및 방법

#### 연구대상

연구 대상은 신장과 체중을 이용하여 체질량지수(BMI)를 구한 후 이를 백분위곡선[18]에 적용하여 과체중에 해당하는 체질량지수 백분위수 85% 이상인 청소년 중 연구 취지와 운동 프로그램에 대한 설명을 들은 후 참여 동의서를 제출한 11~13세 남학생이다. 이들은 최근 6개월 동안 운동 경험이 없고, 과거에 특별한 병력이 없으며 현재 신체 및 정서적인 발달장애가 없는 과체중 및 비만 청소년이다. 본 연구에 참여를 희망한 18명의 대상자 중 운동군(9명)과 대조군(9명)으로 무선배치하였다. 대상자의 신체적 특성은 Table 1과 같이 나이, 신장, 체중, BMI에서 그룹 간 차이가 없는 동일집단이다.

#### 신체구성 측정

신장은 하루 중 편차를 고려하여 오전 10시 전에 실시하였고, 체중, 체지방량, 체지방률, 체지방량은 이중 에너지 방사선 측정법(DXA: Lunar prodigy, GE medical, systems, Waukesha, Wisconsin, USA)으로 측정하였다. 정확한 측정을 위하여 검사 전 12시간 동안 심한 운동을 삼가하도록 지시하였고, 4시간 전부터 식·음료를 금하도록 하였다. 가벼운 옷차림으로 측정하였으며, 시계와 그 외 신체 부착물은 착용하지 않은 상태에서 다리와 팔을 모으고 편안하게 누워 측정하는 시간 동안 움직이지 않도록 하고 측정하였다.

#### 혈액분석

뇌세포생성인자를 분석하기 위해 혈액 채취는 채취 전 10시간 이상의 공복상태를 유지하도록 통제하여 익일 오전 8:00에 실시하였다. 채혈은 앉은 자세에서 약 5 ml를 주정맥(cubital vein)에서 채혈하였으며, 이때 항응고제(ethyl diamine tetra acetate: EDTA)와 LFT tube로 처리한 진공 채혈관 튜브를 사

용 하였다. 채혈된 정맥혈은 상온에서 원심분리기(2,000×g)로 혈청을 분리하여 분석 시까지 영하 70℃ 환경에서 보관하였다. 혈중지질 분석은 자동생화학분석기(BioSystemes, Co. Spain)를 이용하여 TC, TG, LDL-C, HDL-C, Glucose를 분석하였다. 혈청 BDNF (Ab frontier Human BDNF ELISA kit Catalog # LF-EK5005) 농도 분석을 위해 Multiskan Go (Thermo. Co. USA)를 사용하여 Enzyme-Linked Immunosorbent Assay (ELISA) Kit (Promega, USA) 분석방법에 따라 진행하였다.

#### 운동프로그램

복합운동은 12주 동안 걷기와 저항운동을 주 3회(월, 수, 금) 실시하였다. 1회 운동은 준비운동 5분, 본운동으로 유산소 운동 20~25분, 저항운동 20~25분, 정리운동 5분, 총 50~60분 동안 실시하였다.

유산소운동 방법인 걷기 운동을 1주일간의 적응과정을 통해 걷기의 바른 자세 및 동작을 이해하고 익히게 하였으며, 무선심박수측정기인 X-trainer (Polar. Co.)를 이용하여 목표심박수 범위에서 걷기 운동이 될 수 있도록 하였다. 1~4주는 55~64% HRmax로 20분간, 5~8주는 65~75% HRmax로 20분간, 9~12주는 65~75% HRmax로 25분간 실시하였다.

저항운동은 바벨과 덤벨을 이용한 WT (weight training)로 구성하여 12주 동안 WT는 점증적 과부하의 원리를 적용하며, 1회의 WT는 본운동, 정리운동의 단계로 30분 동안 실시하였다. 운동 강도는 WT 5종목(bench press, arm curl, shoulder press, squat, leg lunge)의 1RM을 측정하여 측정된 1RM을 기준으로 1~4주는 50~60% RM × 8~10회 × 3 set, 5~8주는 50~60% RM × 10~15회 × 3 set, 9~12주는 60~70% RM × 10~15회 × 3 set를 실시하였다.

#### 자료처리

본 연구에서 측정된 모든 자료를 분석하기 위하여 PASW Statistics 18 통계 프로그램을 이용하여 평균과 표준편차인 기술통계량을 산출하였다. 사전·사후 변화량의 차이를 비교하기 위하여 차이값을 구하였고, 집단간 차이는 independent t-test를 이용하였다. 통계적 모든 유의 수준은 0.05로 설정하였다.

### 결 과

과체중 및 비만 청소년의 BDNF 개선을 위한 운동 효과를 검증하고자 12주 복합운동에 따른 신체구성, 혈중지질, BDNF의 변화를 분석한 결과는 다음과 같다.

프로그램 전·후에 따른 신체구성 변화량 차이를 비교한 결과는 Table 2와 같다.

운동군과 대조군의 12주 프로그램에 따른 신체구성 변화량

Table 1. Physical characteristics of subject

	EG (n=9)	CG (n=9)	t
Age (yr)	13±0.71	12.78±0.83	0.610
Height (cm)	159±10.30	159±5.23	0.087
Weight (kg)	70±12.56	72±11.03	-0.193
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	27±2.39	27±2.88	-0.487

Values are the means±SD.

EG: experimental group, CG: control group, BMI: body mass index

Table 2. Comparison of change in body composition

Variable		Pre-exe	Post-exe	diff	t
Height (cm)	EG (n=9)	159.44±10.30	161.84±10.41	2.40±0.82	-0.027
	CG (n=9)	159.11±5.23	161.52±5.36	2.41±0.92	
Weight (kg)	EG (n=9)	70.07±12.56	69.66±12.33	-0.41±1.42	-3.216**
	CG (n=9)	71.11±10.28	72.89±11.03	1.78±1.47	
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	EG (n=9)	27.21±2.39	26.39±2.07	-0.81±0.54	-2.325*
	CG (n=9)	27.78±2.60	27.82±2.88	0.04±0.96	
%fat (%)	EG (n=9)	34.27±4.24	31.52±4.07	-2.74±1.27	-2.517*
	CG (n=9)	38.11±6.87	36.97±7.45	-1.14±1.42	
Fat mass (kg)	EG (n=9)	24.07±5.73	21.99±5.11	-2.18±1.41	-3.051**
	CG (n=9)	27.44±7.88	27.38±8.64	-0.05±1.41	
%LBM (%)	EG (n=9)	62.49±4.21	65.17±3.95	2.68±1.34	2.396*
	CG (n=9)	58.77±6.53	59.91±7.12	1.14±1.38	
LBM (kg)	EG (n=9)	43.70±7.95	45.36±8.32	1.66±1.38	-0.233
	CG (n=9)	41.46±4.84	43.26±5.06	1.8±1.14	

Values are means±SD.

BMI: body mass index, LBM: lean body mass

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

†:  $p < 0.05$ , \*\*:  $p < 0.01$

차이를 비교한 결과 체중( $p < 0.01$ ), BMI ( $p < 0.05$ ), 체지방률 ( $p < 0.05$ ), 체지방량( $p < 0.01$ ), 제지방률( $p < 0.05$ )에서 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다.

프로그램 전·후에 따른 혈청 지질 및 BDNF 변화량 차이를 비교한 결과는 Table 3과 같다.

운동군과 대조군의 12주 프로그램에 따른 혈청 지질 및 BDNF 변화량 차이를 비교한 결과 모든 항목에서 통계적으로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. 하지만 TC는 운동군에서 9.656 mg/dl 감소하는 경향을 보이고 대조군은 6.33 mg/dl 증가하는 경향을 보였다. LDL-C은 운동군에서 6.89 mg/dl 감소하는 경향을 보이고 대조군은 3.67 mg/dl 증가하는 경향을 보였다. 또한 BDNF는 운동군에서 2.06 ng/ml 증가하고, 대조군은 0.03 ng/ml 증가하여, 운동군이 2.03 ng/ml 더 증가한

것으로 나타났다.

### 고 찰

비만자의 뇌신경세포 생성 및 활성이 낮으며, 운동이 이를 개선할 수 있다고 보고되었다[22,29,32]. 이와 같은 선행연구를 바탕으로 과체중 및 비만 청소년의 BDNF 개선을 위한 운동 효과를 검증하고자 12주 복합운동에 따른 신체구성, 혈청지질, BDNF의 변화를 분석하였다.

본 연구결과 체중( $p < 0.01$ ), BMI ( $p < 0.05$ ), 체지방률( $p < 0.05$ ), 체지방량( $p < 0.01$ ), 제지방률( $p < 0.05$ )에서 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. 즉 12주 복합운동이 비만 청소년의 체중, BMI, 체지방률과 체지방량 감소, 제지방률 증가와

Table 3. The change of serum lipid and BDNF

Variable		Pre-exe	Post-exe	diff	t
TC (mg/dl)	EG (n=9)	171.00±32.43	161.44±25.27	-9.56±21.05	-1.670
	CG (n=9)	164.78±16.93	171.11±18.84	6.33±19.27	
TG (mg/dl)	EG (n=9)	87.22±51.02	110.22±57.98	23.00±21.19	-1.625
	CG (n=9)	78.78±25.58	124.33±26.57	45.56±35.85	
LDL-C (mg/dl)	EG (n=9)	111.00±21.86	104.11±20.57	-6.89±14.11	-1.288
	CG (n=9)	103.11±14.12	106.78±19.52	3.67±20.12	
HDL-C (mg/dl)	EG (n=9)	45.56±9.32	42.22±5.29	-3.33±7.5	-0.156
	CG (n=9)	47.78±6.72	44.89±6.90	-2.89±4.08	
Glucose (mg/dl)	EG (n=9)	78.33±7.11	79.33±7.12	1.00±9.25	-1.064
	CG (n=9)	74.67±7.37	80.11±4.20	5.44±8.46	
BDNF (ng/ml)	EG (n=9)	33.70±4.14	35.75±2.83	2.06±4.11	0.951
	CG (n=9)	33.18±3.69	33.21±2.94	0.03±4.9	

Values are means±SD.

같이 비만 관련인자들을 개선하는 것으로 생각한다.

특히 체지방률에서 통계적으로 유의한 차이를 보이며 운동군이 대조군보다 더 많이 감소하였다. 발육특성을 고려하면 청소년 시기에는 지방이 증가하는 신체적 특성이 있어[17], 자연스러운 증가를 나타내어야 하지만 운동군 2.71%와 대조군 1.14% 감소하였다. 이와 같은 결과는 연구 대상이 비만 청소년이라는 특성 때문에 대조군도 감소한 것으로 나타났지만 운동에 의해 비만청소년의 체지방률이 감소되는 것은 분명하다.

본 연구 결과 체지방량은 증가하지 않았는데 체지방률이 통계적으로 유의한 차이를 보이며 운동군이 대조군보다 더 많이 증가하였다. 체지방률이 증가한다는 것은 지방을 에너지원으로 이용하는 비율이 높아진다는 것을 나타내므로 비만 개선에 있어서 중요한 의미를 가진다[5]. 아마도 본 연구에서 실시한 12주 복합운동 프로그램에 의한 체중 감소와 함께 복합운동에 포함된 저항운동을 통해 운동단위의 활성 증가와 신경근의 협응·동원이 체지방량 증가에 기여함으로써 체내 단백질 합성의 향상으로 근육의 증가가 나타난 것으로 판단된다.

일반적으로 TC는 체중과 체지방의 감량 및 식이성 지방 섭취량의 감소와 더불어 유산소 트레이닝을 실시한 경우에는 감소하고[12], 일정 강도 이상의 규칙적인 운동을 장기간 지속할 때 낮아진다고 보고 하였다[26].

본 연구에서 TC는 운동군에서 9.56 mg/dl 감소하였고, 대조군에서는 6.33 mg/dl 증가하였다. 하지만 집단 간 유의한 차이는 나타나지 않았다. 일부 선행연구에서 TC는 트레이닝 만으로는 잘 감소하지 않으며 기저농도나 운동기간에도 영향을 받지 않는 것으로 보고되고 있으며[8], 건강한 중년 남성을 대상으로 12주간의 유산소성 운동을 실시한 결과 TC에 유의한 차이가 없다고 보고하였다[36]. 본 연구 결과에서 연구 대상의 TC 표준편차가 크기 때문에 평균에서는 큰 차이를 보이나 유의성이 나타나지 않은 것으로 생각한다. 또한 콜레스테롤의 생합성과 배설 정도, 효소와 호르몬의 차이[19], 운동 전 TC의 수준, 성별과 식이습관[20]의 차이 때문이라고 생각된다.

본 연구에서 LDL-C는 운동군에서 6.89 mg/dl 감소하였으나, 대조군에서는 3.67 mg/dl 증가하여 평균에서 큰 차이를 보이나, 집단 간 유의한 차이는 나타나지 않았다.

선행연구에서 체중이 감소하고 운동기간과 운동량이 많을수록 LDL-C를 저하시킬 수 있다고 보고하였다[4]. 본 연구와 선행연구의 상반된 결과는 운동 지속시간 및 지질농도의 수준 등이 다르기 때문이라고 생각한다[9].

본 연구에서는 HDL-C는 운동군, 통제군 모두 약간 감소하였으나 집단 간 유의한 차이가 나타나지 않았다.

HDL-C는 일반적으로 12주 이상 지속되는 장기운동 시에 증가하는 것으로 보고[35]하고 있지만, HDL-C 농도에 변화가 없었다는 보고도 있다[24]. 이처럼 운동 후 HDL-C의 상반된 결과가 나타나는 이유는 HDL-C의 변화는 초기농도와 LPL

및 간 lipase의 활성정도[8], 유전 또는 유전과 환경의 상호작용[31] 등에 복합적으로 영향을 받기 때문인 것으로 추정된다.

BDNF는 운동에 의해 발현의 증가를 보이는데[32], 특히 유산소운동은 해마뿐만 아니라 소뇌, 대뇌피질, 척수에서도 BDNF의 발현을 증가시키는 것으로 보고되고 있다[22].

본 연구에서 BDNF는 12주 복합운동 후 운동군에서는 2.06 ng/ml, 대조군에서는 0.03 ng/ml 증가하여 운동군이 대조군보다 더 많이 증가하는 경향을 보였다. 하지만 집단 간 비교에서는 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다.

BDNF의 운동 효과에 대한 선행연구들의 대부분은 운동 후 BDNF가 증가하는 것으로 보고하고 있다. 생활 패턴에 따른 BDNF 수준을 연구한 보고에서 일상생활 집단과 한 달 1-30회 운동하는 집단과는 유의한 차이가 없었고, 한 달에 30회 이상 운동하는 집단과는 유의한 차이가 나타났다고 보고하였고[3], 15분 걷기운동 시 운동 후 BDNF가 증가하였다[38]. 또한, 7명의 건강한 남자를 대상으로 3개월간의 지구력 운동 후 BDNF가 증가했으며[33], 13명의 건강한 남자를 대상으로 5주간 지구력 순환운동프로그램을 실시 한 결과 BDNF가 증가하였음을 보고하였다[40]. 그러나 제2형당뇨인을 대상으로 9개월 동안 운동프로그램을 실시 한 결과 유산소운동군, 저항운동군, 복합운동군 모두에서 BDNF가 증가하지 않았다는 연구 결과[37]와 비만 남자는 비만 여자보다 운동에 의해 변화되는 BDNF 민감도가 낮다는 보고[39]를 볼 때 연구 대상자가 비만 또는 당뇨인이거나 성별에 따라 운동에 의해 BDNF가 증가하지 않을 수 있음을 시사한다.

본 연구에서 12주 복합운동 후 운동군의 BDNF 평균이 대조군보다 많은 증가 경향을 보이나, 통계적으로 집단 간 차이가 나타나지 않았다. 이와 같은 결과는 연구 대상자가 비만 또는 당뇨인이거나 비만 남자 청소년 일 경우 운동에 반응하는 민감도가 낮아 평균은 대조군에 비해 큰 차이를 보이며 증가하였으나 통계적 차이까지는 나타나지 않은 것으로 생각한다.

결론적으로 12주의 복합운동 프로그램은 남자 과체중 및 비만청소년의 체중, BMI, 체지방률과 체지방량 감소, 체지방률 증가와 같은 신체구성은 개선시킬 수 있으나 혈중 지질 및 BDNF의 변화에는 영향을 미치지 못하는 것을 알 수 있었다.

## 감사의 글

이 연구결과물은 2012학년도 경남대학교 학술연구장려금 지원에 의한 것임.

## References

1. Areeg, H., El-Gharbawy, D. C., Adler-Wailes, M. C., Mirch, K. R., Theim, L. R., Marian, T. and Jack, A. Y. 2006. Serum

- brain-derived neurotrophic factor concentrations in lean and overweight children and adolescents. *J. Clin. Endocr. Metab* **91**, 3548-3552.
2. Bray, G. A., Bouchard, C. and James, W. P. 1998. Handbook of obesity. New York: Marcel Dekker.
  3. Chan, K. L., Tong, K. Y. and Yip, S. P. 2008. Relationship of serum brain-derived neurotrophic factor and health-related lifestyle in healthy human subjects. *Neurosci. Lett.* **447**, 124-128.
  4. Choi, C. K. and Lee, Y. S. 2004. The effects of aerobic and aerobic combined with resistance exercise on the changes of blood lipid profiles, serum leptin and insulin in obese middle-school students boys. *Korean J. Phy. Edu.* **43**, 579-588.
  5. Choi, S. H., Jo, M. W. and Shin, D. S. 2004. Effects of the 8-week resistance exercise on body composition, serum hormone profiles and feeding patterns of obese females. *Korean J. Exerc. Nutr.* **37**, 888-898.
  6. Consitt, L. A., Copeland, J. L. and Tremblay, M. S. 2001. Hormone responses to resistance vs endurance exercise in premenopausal females. *J. Appl. Physiol.* **26**, 574-587.
  7. Diets, W. H. 1993. Therapeutic strategies in childhood obesity. *Horm. Res.* **39**, 86-90.
  8. Durstine, J. L., Grandjean, P. W., Cox, C. A. and Thompson, P. D. 2002. Lipid, lipoproteins and exercise. *J. Cardiopulm Rehabil.* **22**, 385-398.
  9. Gaesser, G. A. and Rich, R. G. 1984. Effect of high and low-intensity exercise training on aerobic capacity and blood lipids. *Med. Sci. Sports Exerc.* **16**, 269-275.
  10. Hill, R. D., Storaandt, M. and Malley, M. 1993. The impact of long-term exercise training on psychological function in older adults. *J. Gerontol.* **48**, 12-17.
  11. Hotamisigil, G. S. 2000. Molecular mechanisms of insulin resistance and role of the adipocyte. *Int. J. Obes. Relat. Metab. Disord.* **24**, 523-27.
  12. Katzmarzyk, T., Leon, S. and Rankinen, T. 2001. Changes in blood lipids consequent to aerobic exercise training related to changes in body fat-ness and aerobic fitness. *Metabolism* **50**, 841-848.
  13. Kim, J. S., Cho, H. C. and Kang, H. S. 2011. Effect of twelve weeks combined exercise on cytokine in relation to body fat in obese adolescents. *Korean J. Exerc. Sci.* **20**, 332-338.
  14. Kim, S. H. and Youn, Y. B. 2011. Effects of combined exercise training on abdominal fat and adipokine in abdominal obese women. *Korean J. Sport Sci.* **20**, 979-992.
  15. Kubitz, K. A. and Mott, A. A. 1996. EEG wer spectral densities during and after cycle ergometer exercise. *Res. Q. Exerc. Sport* **67**, 91-96.
  16. Kwon, J. H. and Lee, J. K. 2009. Effect on the change in body composition, blood pressure and risk factors for CAD (coronary artery disease) of combined exercise in the middle-aged obese women during 16 weeks. *Korean J. Sport Sci.* **18**, 1253-1263.
  17. Malina, R. M., Bouchard, C. and Bar-Or, O. 2004. Growth, maturation and physical activity. (2<sup>nd</sup> Ed.). Champaign, IL: Human Kinetics.
  18. Moon, J. S., Lee, S. Y., Nam, C. M., Choi, J., Choe, B., Seo, J., Oh, K., Jang, M., Hwang, S., Yoo, M. H., Kim, Y. T. and Lee, C. G. 2008. *Korean J. Pediatr.* **51**, 1-25.
  19. Morrison, J. A., Sprecher, D., McMahon, R. P., Simon, J., Schreiber, G. B. and Khoury, P. R. 1996. Obesity and high-density lipoprotein cholesterol in black and white 9- and 10-year-old girls: The national heart, lung, and blood institute growth and health study. *Metabolism* **45**, 469-474.
  20. Motoyama, M., Sunami, Y., Kinoshita, F., Irie, T., Sasaki, J., Arakawa, K., Kiyonaga, A., Tanaka, H. and Shindo, M. 1995. The effects of long-term low intensity aerobic training and detraining on serum lipid and lipoprotein concentrations in elderly men and women. *Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol.* **70**, 126-131.
  21. Nakagawa, T., Ogawa, Y., Ebihara, K., Yamanaka, M., Tsuchida, A., Taiji, M., Noguchi, H. and Nakao, K. 2003. Antiobesity and antidiabetic effects of brain-derived neurotrophic factor in rodent models of leptin resistance. *Int. J. Obes. Relat. Metab. Disord.* **27**, 557-565.
  22. Neeper, S. A., Gumez-Pinilla, F., Choi, J. and Cotman, C. W. 1996. Physical activity increases mRNA for brain-derived neurotrophic factor and nerve growth factor in rat brain. *Brain Res.* **726**, 49-56.
  23. Niti, M., Yap, K. B., Kua, E. H., Tan, C. H. and Ng, T. P. 2008. Physical, social and productive leisure activities, cognitive decline and interaction with APOE-epsilon 4 genotype in Chinese older adults. *Int. Psychogeriatr.* **20**, 237-251.
  24. Park, H. S., Sim, S. J. and Park, J. Y. 2004. Effect of weight reduction on metabolic syndrome in Korean obese patients. *J. Korean Med. Sci.* **19**, 202-208.
  25. Pencea, V., Bingaman, K. D., Wiegand, S. J. and Luskin, M. B. 2001. Infusion of brain derived neurotrophic factor into lateral ventricle of the adult rat leads to new neurons in the parenchyma of the striatum, septum, thalamus and hypothalamus. *J. Neurosci.* **21**, 6706-6717.
  26. Prabhakaran, B., Dowling, E. A., Brach, J. D., Wwain, D. P. and Leuthotz, B. C. 1999. Effect of 14 weeks of resistance training on lipid profile and body fat percentage in premenopausal women. *Br. J. Sports Med.* **33**, 190-195.
  27. Pyeon, M. Y., Kwak, Y. S. and Kim, H. J. 2010. The effects of warming-up with resistance training on the body composition and physical fitness in children. *J. Korean Data Analysis Society* **12**, 3477-3492.
  28. Pyeon, M. Y., Park, M. K. and Kim, H. J. 2011. Effects of resistance exercise on blood lipids and GH related factors in children. *J. Sport and Leisure Studies* **44**, 803-816.
  29. Pyun, M. Y. and Kim, H. J. 2011. Physical fitness and brain electrocortical activity during learning process. *J. Korean Data Analysis Society* **13**, 1751-1762.
  30. Rhodes, J. S., Susan, J., Isabelle, G., Gordon, S. M., Henriette van, P., Theodore, G. J. and Fred, H. G. 2003. Exercise increases hippocampal neurogenesis to high levels but does not improve spatial learning in mice bred for increased voluntary wheel running. *Behav. Neurosci.* **117**, 1006-1016.
  31. Rico, H., Arribas, I., Casanova, F. J., Duce, A. M., Hernandez, E. R. and Cortes-Prieto, J. 2002. Bone mass, bone metabolism, gonadal status and body mass index. *Osteoporos. Int.*

- 13, 379-387.
32. Russo-Neustadt, A., Ha, T., Ramirez, R. and Keslak, J. P. 2001. Physical activity antidepressant treatment combination: impact on brain derived neuro trophic factor and behavior in an animal model. *Behav. Brain Res.* **120**, 87-95.
  33. Seifert, T., Brassard, P., Wissenberg, M., Rasmussen, P., Nordby, P., Stalknecht, B., Adser, H., Jakobsen, A. H., Pilegaard, H., Nielsen, H. B. and Secher, N. H. 2010. Endurance training enhances BDNF release from the human brain. *Am J. Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol.* **298**, 372-377.
  34. Sofi, F., Valecchi, D., Bacci, D., Abbate, R., Gensini, G. F. and Casini, A. 2011. Physical activity and risk of cognitive decline: a meta-analysis of prospective studies. *J. Intern. Med.* **269**, 107-117.
  35. Stefanick, L., Mackey, S., Sheehan, M., Ellsworth, N., Haskell, L. and Wood, D. 1998. Effects of diet and exercise un men and post-menopausal women with low levels of HDL cholesterol and high levels of LDL cholesterol. *N. Engl. J. Med.* **339**, 12-20.
  36. Stein, R. A., Michielli, D. W., Glantz, M. D., Sardy, H., Cohen, A., Goldberg, N. and Brown, C. D. 1990. Effects of different exercise training intensities on lipoprotein cholesterol fractions in healthy middle-aged men. *Am Heart J.* **119**, 277-283.
  37. Swift, D. L., Johannsen, N. M., Myers, V. H., Earnest, C. P., Smits, J. A. J., Blair, S. N. and Church, T. S. 2012. The effect of exercise training modality on serum brain derived neurotrophic factor levels in individuals with Type 2 diabetes. *PLoS One* **7**, 1-7.
  38. Tang, S. W., Chu, E., Hui, T., Helmeeste, D. and Law, C. 2008. Influence of exercise on serum brain-derived neurotrophic factor concentrations in healthy human subjects. *Neurosci. Lett.* **431**, 62-65.
  39. Titterness, A. K., Wiebe, E., Kwasnica, A., Keyes, G. and Christie, B. R. 2011. Voluntary exercise does not enhance long-term potentiation in the adolescent female dentate gyrus. *Neuroscience* **183**, 25-31.
  40. Zoladz, J. A., Pilc, A., Majerczak, J., Grandys, M., Zapart-Bukowska, J. and Duda, K. 2008. Endurance training increases plasma brain-derived neurotrophic factor concentration in young healthy men. *J. Physiol. Pharmacol.* **59**, 119-132.

---

초록 : 복합운동이 과체중 및 비만 청소년의 신체구성, 혈중지질 및 BDNF에 미치는 영향

신석민 · 김철형\*

(경남대학교 체육교육과)

비만은 여러 가지 질환을 유발하는데 이중에서도 뇌신경세포의 활성 및 생성에도 부정적인 영향을 미치는 것으로 보고되고 있어 이에 대한 추가적인 연구가 필요하다. 본 연구는 과체중 및 비만 청소년의 BDNF 개선을 위한 운동 효과를 검증하고자 12주 복합운동에 따른 신체구성, 혈중지질, BDNF의 변화를 분석하였다. 이를 위해 과체중 및 비만 청소년 18명을 복합운동군 9명, 대조군 9명으로 무선표집하여 연구를 진행하였다. 연구 결과 통계적으로 집단간 차이를 보이며 체중( $p<0.01$ ), BMI ( $p<0.05$ ), 체지방률( $p<0.05$ ), 체지방량( $p<0.01$ )이 감소하고, 체지방률( $p<0.05$ )이 증가하였다. 또한 TC와 LDL-C의 평균은 운동군이 대조군보다 더 많은 감소 경향을 나타내었고, HDL-C는 두 집단 모두 감소하는 경향을 보였으나 모두 집단간 차이는 나타나지 않았다. 또한 BDNF의 평균은 운동군이 대조군보다 더 많은 증가 경향을 나타내었으나 집단간 차이는 나타나지 않았다. 본 연구를 통하여 12주 복합운동 프로그램은 과체중 및 비만 남자 청소년의 체중, BMI, 체지방률, 체지방량, 체지방률은 개선시킬 수 있으나 혈중 지질 및 BDNF의 변화에는 영향을 미치지 못하는 것을 알 수 있었다. 본 연구를 통하여 12주 복합운동 프로그램은 과체중 및 비만 남자 청소년의 체중, BMI, 체지방률, 체지방량, 체지방률은 개선시킬 수 있으나 혈중 지질 및 BDNF의 변화에는 영향을 미치지 못하는 것을 알 수 있었다.