

16주 복합운동프로그램을 통한 저체력군 고등학생의 대사증후군 지표와 자율신경계의 변화

한진만¹ · 이경준² · 양정옥³

¹범어고등학교 · ²부산대학교 통계학과 · ³신라대학교 체육학부

접수 2012년 6월 5일, 수정 2012년 6월 28일, 게재확정 2012년 7월 21일

요약

본 연구의 목적은 PAPS를 실시하여 4, 5급에 해당하는 저체력군 학생을 대상으로 16주 복합운동프로그램을 통해 대사증후군과 자율신경계에 어떠한 변화가 나타나는가를 규명하는 것이다. 16주 복합운동프로그램은 주 5회에 걸쳐 준비운동, 본운동, 정리운동으로 구성하고 1회 50분씩 실시하였다. 자료처리는 SPSS 19.0 통계프로그램을 이용하여 모든 종속변인들의 평균과 표준편차를 산출하였다. 샤피로-윌크 검정값을 이용하여 정규성 검정을 실시하였고, 복합운동집단과 통제집단의 모평균 차이를 위하여 독립표본 t-검정을 실시하였으며, 16주 복합운동프로그램 전·후 각 집단 내 변인들의 변화를 알아보기 위해 대응표본 t-검정을 실시하였다. 모든 통계치의 유의수준은 $\alpha=.05$ 로 처리하여 다음과 같은 결과를 얻었다. 본 연구 결과 대사증후군 지표에서는 허리둘레, 중성지방, 공복혈당, HDL-C에서 유의한 차이를 나타냈고, 자율신경계 요인에서는 통계적으로 모두 유의한 차이가 나타나 저체력군 고등학생에 긍정적인 영향을 미친 것으로 사료되어 진다.

주요용어: 16주 복합운동프로그램, 대사증후군 지표, 대응표본 t-검정, 자율신경계, 저체력군 고등학생, 학생건강체력평가시스템.

1. 머리말

청소년들이 비만해지는 원인을 보면 체내 잉여 에너지가 지방질로 바뀌어 몸 안에 축적되기 때문이다. 발육단계의 비만은 성형비만이 되기 쉬울 뿐만 아니라 고혈압 및 고지혈증 등의 각종 성인병의 위험요인이 됨은 물론, 호흡장애, 신체발육부진, 건강 체력의 저하, 심리적 장애 등 일상생활에 나쁜 영향을 초래할 수도 있다 (Jeon, 2004). 또한 정부에서도 날로 부실해져가는 학생의 체력저하에 위기감을 느끼고 그동안의 학생체력검사제도를 전면 개정한 학생건강체력평가시스템 (Physical Activity Promotion System; PAPS)이라는 새로운 체력검사방법을 2009년부터 시행하게 되었다. 최근 비만과 건강 문제가 연령과 성별에 관계없이 전반적으로 발생되고 있으며, 그 최초 연령 역시 점점 낮아지고 있다는 것이 현실이다. 운동에 참여를 하는 아동의 체력과 체격변수를 분석한 결과 운동에 참여를 하는 것이 건강의 개선 및 유지에 도움이 된다는 것은 이제 너무나 자명한 사실임에도 불구하고 제대로 실천을 하지 못하고 있다 (Lee 등, 2012). 또한 신체활동이 왕성하고 체력과 건강을 증진시켜야 하는 시기인 청소년들의 비만은 약 3명중 1명을 넘어서고 있으며 이러한 문제점들은 다양한 형태의 부작용을 초래해 대사증후군 및 자율신경계 (ANS; Autonomic Nervous System)에 큰 영향을 미치고 있다.

¹ (626-815) 경상남도 양산시 물금읍 범어리 신주로 88번길, 범어고등학교, 체육교사.

² (609-735) 부산광역시 금정구 장전동 산30번지, 부산대학교 통계학과, 박사수료.

³ 교신저자: (101-712) 부산광역시 사상구 백양대로 700번지140, 신라대학교 체육학부, 교수.

E-mail: joyang@silla.ac.kr

이에 최근에는 자율신경계 활동을 객관적으로 평가하는 방법이 잇따라 연구되고 있고, 일반적이고 비 침습적인 방법으로 심박수 변이도 분석법이 미국, 유럽 등지에서 대중화되고 있다. ANS의 불균형이 초래될 경우에는 여러 가지 질병이 유발될 수 있고 특히 심혈관계 질환에 노출되기 쉬운 것으로 알려져 있다. 스포츠 의학의 영역에서나 노인병 환자, 만성신부전 환자, 중추신경질환자, 만성통증환자, 말초신경 병변 환자 등의 재활 과정에서 ANS활동의 중요성이 강조되고 있고, 운동과 연관지어 ANS에 미치는 영향에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있으나 국가 경제력의 원천이 되는 청소년을 대상으로 한 ANS에 대한 연구는 아직 미흡한 실정이다. 이 자율신경계의 측정을 위해서는 전산화 심전도측정으로 심박간격 변화율을 분석한다. 이것은 심전도의 주파수를 분석하는 것으로 RRV와 SDNN으로 측정이 가능하다. 그리고 대사증후군은 소아청소년에게서도 나타나는데 그 비율이 증가하고 있으며 미국의 경우 NHANES 1988-1994 자료를 NCEP - ATP III 기준으로 분석한 결과 12-19세 아동·청소년의 대사증후군 유병률이 9.2%로 나타났다 (Ferranti 등, 2004). 우리나라의 경우 1998년, 2001년, 2005년 국민건강영양 조사에 참여한 10-18세의 아동·청소년을 대상으로 Ford 등에 의해 변형된 NCEP-ATP기준으로 대사증후군을 판정한 결과 각각 남자 7.8%, 17.3%, 11.1%, 여자 9.2%, 10.9%, 8.1%로 나타났다 (Yoon, 2008). 소아청소년 시기에 대사증후군이 있으면 성인기에 대사증후군과 당뇨병의 유병률이 각각 2배와 3배 높았고 소아청소년기에 대사증후군 지표의 이상수가 적으면 성인기에 대사증후군의 발병률이 낮았다고 보고하였다 (Chen 등, 2005). 그리고 하루 60분 이상, 주 5일 이상의 중·고강도 신체활동과 주 3회 이상의 근력운동으로 이루어진 규칙적이고 구조화된 신체 활동에 참여하는 것이 청소년의 대사증후군 위험인자 개선과 자율신경계의 평형을 유지해 청소년기 건강의 절대적 부분을 차지하며, 특히 이는 성인으로의 연결선상에 있는 청소년에게는 더욱 운동이 필요하다 하겠다 (Baek, 2009). 이 대사증후군의 측정방법에 대해서 간단히 설명하자면 대사증후군 지표의 측정을 위해 허리둘레와 혈압, 혈액성분으로 공복혈당, HDL-C, 중성지방 수치를 측정한다.

따라서 본 연구의 목적은 PAPS를 실시 후 4, 5급에 해당하는 저체력군 학생을 대상으로 16주 복합 운동프로그램을 통해 대사증후군과 자율신경계에 어떠한 변화가 나타나는가를 규명하여 그 자료를 제시하는데 있다.

2. 연구방법

2.1. 연구대상

연구 참여자는 K도 Y시에 위치한 B고등학교 17세의 남학생으로 범위를 한정 하였다. 본 실험에 참여하는 학생은 B고등학교 학생건강 체력평가(PAPS)에 참여한 학생으로 그 중 저체력군 (4, 5급)의 판정을 받고 대사증후군에 해당하는 학생이 참여하였다. 대상은 복합운동 프로그램에 직접 참여하는 실험군과 대조군으로 나누어 각각 15명씩 전체 30명을 대상으로 선정하였다. 연구의 취지를 충분히 이해하고, 프로그램 진행 시 발생할 수 있는 잠재적인 위험 등에 대해 충분히 설명한 후 학생과 학부모 모두 실험에 동의를 하는 남학생을 최종 선택하였다. 실험집단의 나이는 16.80 ± 1.63 , 키는 173.75 ± 4.83 cm, 몸무게는 85.23 ± 4.21 kg이다. 통제집단의 나이는 16.40 ± 1.42 , 키는 174.62 ± 4.77 cm, 몸무게는 86.23 ± 4.27 kg으로 신체적 특성은 Table 2.1과 같다.

Table 2.1 Physical characteristics of subjects

| Group | Age (yrs) | Height (cm) | Weight (kg) |
|---------------------------|------------------|-------------------|------------------|
| Experimental group (n=15) | 16.80 ± 1.63 | 173.75 ± 4.83 | 85.23 ± 4.21 |
| Control group (n=15) | 16.40 ± 1.42 | 174.62 ± 4.77 | 86.23 ± 4.27 |

Values are Mean \pm SD

2.2. 조사방법

본 연구의 16주 복합운동프로그램은 Table 2.2와 같다.

Table 2.2 The 16-week complex training program

| Contents | | Type | Time | Intensity |
|---------------|---------------------------------|---|-------|---|
| Warm up | Walking stretching | Treadmill walking stretching | 5min | RPE 9~11 |
| | Aerobic exercise | Jump rope Jogging Power walking | 20min | 1 4week :55~60%HRR 5~8week :61~65%HRR 9 12week :66~70%HRR 13 16week :71~75%HRR |
| Main exercise | Weight training | Half squat Bench press | 20min | 1 4week :40~50%/1RM 5~8week :50~60%/1RM 9~12week :60~70%/1RM 13~16week :70~80%/1RM |
| | | Leg extension Arm curl | | |
| | | Bent arm pull-over leg curl | | |
| | | Standing barbell press etc | | |
| Cool down | Gym ball Pair gym stretching | Gym ball exercise Pair gym Stretching | 5min | RPE 9~11 |

2.2.1. 실험방법

PAPS에서의 학생들의 급수를 알아보기 위해 5가지 검사를 실시하였다. 체력의 요소 중 순발력, 심폐지구력, 유연성, 근력, 체지방지수를 측정하였으며 순발력은 초시계를 이용한 50m 달리기, 심폐지구력은 3분간 스텝박스 오르내리기를 하는 동안 10초 단위의 평균 심박동수를 측정하였다. 유연성은 제자리에 앉아서 좌전굴 측정기를 이용하고, 근력은 디지털 악력기를 이용하였다. 체질량지수는 키와 몸무게를 이용하여 측정하였다.

2.2.2. 측정방법

대사증후군 지표의 측정을 위해 허리둘레와 혈압, 혈액성분을 측정하였다. 허리둘레는 몸통 둘레의 가장 작은 부위를 확인한 후, 정상적인 호기 후에 측정하였다. 측정된 값은 .01 cm 단위로 기록하였다. 혈압은 수은혈압계를 사용하며, 우측 상완의 혈압을 2회 측정하여 평균값을 구하였다. 측정시간을 오전 9시부터 9시 30분 사이로 동일하게 하여 시간상의 오차를 줄였으며 혈액검사는 12시간 정도 공복상태를 유지하도록 한 후 상완 정맥에서 채혈하며, 자동 혈액 생화학 분석기를 이용하여 공복혈당, HDL-C, 중성지방 수치를 측정하였다. 분석은 8cc의 채혈로 튜브에 넣고 4℃에서 30분간 응고시켜 원심분리를 이용하여 3,000rpm으로 15분간 원심분리 후 혈청만을 뽑아 보관 튜브에 넣고 분석 전까지 -80℃에 보관하였다. 중성지방은 Colorimetric Test로 HDL-C는 Enzymatic Colorimetric Test, 공복혈당은 hexokinase법으로 분석하였다. 자율신경계의 측정을 위하여 전산화 심전도측정기인 LAXTHA Inc (2007)의 LXSM1-1을 이용하여 5분간 전산화 심전도측정을 한 후, Telescan 분석 프로그램으로 심박간격 변화율을 분석하였다. 이는 주파수를 수학 모델에 적용, 분석하여 특정 주파수 밀도로부터 양 신경의 기여를 구별해내는 방법인 심전도 FFT (Fast Fourier Transform) 분석법이다. ECG의 R-R intervals의 tachogram으로부터 FFT 분석을 통하여 HRV PSA (Power Spectral Analysis)를 실시한

후 HRV PSA로부터 시간범위 분석과 빈도범위 분석을 실시하였다. 측정 전 카페인, 식이 및 약물섭취를 금하고 안정을 취한 뒤 측정하였다. 양팔목과 발목 안쪽에 electrode를 부착하였고 스트레스를 측정하기 위하여 착석이 편한 자세에서 5분 동안 심전도를 측정하여 스트레스에 민감한 자율신경기능을 종합 분석하였다. 즉 심박변화를 분석을 통해 교감신경활성도, 부교감신경활성도, 스트레스 저항도를 측정하였다. 본 연구의 평가방법으로는 RRV 주파수 분석을 통해 LF 0.04 0.15Hz범위의 영역을 측정하였다. 그리고 스트레스 저항도의 경우 SDNN 즉, 전체 R-R Interval의 표준편차를 통해 스트레스 저항도를 측정하였다.

3. 연구결과

3.1. 자료의 분석

Table 3.1 Results of Shapiro-Wilk's normality test

| Item | Group | | Statistic | df | p |
|-------------------------------------|--------------------|--------|-----------|----|-------|
| Waist line (cm) | Experimental group | before | 0.925 | 15 | 0.229 |
| | | after | 0.971 | 15 | 0.869 |
| | Control group | before | 0.932 | 15 | 0.289 |
| | | after | 0.981 | 15 | 0.975 |
| Systolic blood Pressure (mmHg) | Experimental group | before | 0.932 | 15 | 0.292 |
| | | after | 0.976 | 15 | 0.930 |
| | Control group | before | 0.946 | 15 | 0.466 |
| | | after | 0.932 | 15 | 0.290 |
| Diastolic blood Pressure (mmHg) | Experimental group | before | 0.960 | 15 | 0.691 |
| | | after | 0.922 | 15 | 0.208 |
| | Control group | before | 0.945 | 15 | 0.448 |
| | | after | 0.940 | 15 | 0.398 |
| Triglyceride(mg/dl) | Experimental group | before | 0.913 | 15 | 0.149 |
| | | after | 0.949 | 15 | 0.509 |
| | Control group | before | 0.958 | 15 | 0.665 |
| | | after | 0.972 | 15 | 0.881 |
| Fasting plasma Glucose (mg/dl) | Experimental group | before | 0.961 | 15 | 0.707 |
| | | after | 0.954 | 15 | 0.587 |
| | Control group | before | 0.966 | 15 | 0.803 |
| | | after | 0.930 | 15 | 0.270 |
| HDL-C (mg/dl) | Experimental group | before | 0.962 | 15 | 0.720 |
| | | after | 0.940 | 15 | 0.386 |
| | Control group | before | 0.952 | 15 | 0.553 |
| | | after | 0.969 | 15 | 0.841 |
| Activation of sympathetic nerve | Experimental group | before | 0.925 | 15 | 0.226 |
| | | after | 0.884 | 15 | 0.054 |
| | Control group | before | 0.943 | 15 | 0.417 |
| | | after | 0.953 | 15 | 0.568 |
| Activation of parasympathetic nerve | Experimental group | before | 0.955 | 15 | 0.613 |
| | | after | 0.939 | 15 | 0.370 |
| | Control group | before | 0.969 | 15 | 0.846 |
| | | after | 0.923 | 15 | 0.215 |
| Stress resistance | Experimental group | before | 0.966 | 15 | 0.801 |
| | | after | 0.973 | 15 | 0.898 |
| | Control group | before | 0.905 | 15 | 0.115 |
| | | after | 0.968 | 15 | 0.824 |

본 연구의 자료처리 방법은 SPSS 19.0 통계 프로그램을 이용하였으며, 샤피로-윌크 검정 (Shapiro-Wilk normality test)값을 이용하여 정규성 검정을 실시한 결과 Table3.1과 같다. 또한 16주간의 복합운동프로그램의 효과검증을 위한 분석을 실시하기 전 복합운동집단과 통제집단간의 모평균의 차이를 검증하기 위해 독립표본 t-검정 (two-sample t-test)을 실시한 결과는 Table 3.2와 같다. 16주간의 복합운동프로그램을 통해 집단 내 변인들의 변화를 알아보기 위한 대응표본 t-검정(paired t-test)을 실시하였으며, 통계적 유의수준은 $\alpha=.05$ 로 설정하였다.

Table 3.2 Results of two-sample t-test

| Item | Factors | Experimental group(M±SD) | Controlgroup(M±SD) | t |
|----------------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------|--------|
| Indicators of metabolic syndrome | Waist line(cm) | 88.73± 8.97 | 89.83± 5.23 | -.410 |
| | Systolic blood pressure(mmHg) | 129.73± 9.97 | 133.20±17.55 | -.665 |
| | Diastolic blood pressure(mmHg) | 71.47± 6.30 | 65.20±14.45 | 1.540 |
| | Triglyceride(mg/dl) | 99.89±12.25 | 93.14±33.41 | .735 |
| | Fasting plasma glucose(mg/dl) | 85.29± 3.58 | 90.96±12.41 | -1.701 |
| | HDL-C(mg/dl) | 45.73± 6.78 | 47.38± 6.75 | -.668 |
| Autonomic nervous system | Activation of sympathetic nerve | .69± 0.10 | .65± 0.14 | .718 |
| | Activation of parasympathetic nerve | .31± 0.10 | .28± 0.14 | .642 |
| | Stress resistance | 56.75±12.07 | 62.75±17.60 | -1.090 |

3.2. 대사증후군 지표의 변화

본 연구의 16주 복합운동프로그램 전·후 대사증후군 지표의 변화는 다음 Table 3.3과 같다. 허리둘레 (Waist line)의 경우 복합운동집단에서 실험 전 88.73±8.97cm에서 실험 후 80.05±4.28cm로 감소하여 통계적으로 유의한 차이가 나타났다 (t=3.767, p<.01). 수축기 혈압 (Systolic blood pressure)의 경우 복합운동집단에서 실험 전 129.73±9.97mmHg에서 실험 후 128.67±8.75mmHg로 감소하여 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았다 (t=-.382, p>.05). 16주 복합운동프로그램을 통해 이완기 혈압 (Diastolic blood pressure)에 있어 복합운동집단의 경우도 마찬가지로 실험 전 71.47±6.30mmHg에서 실험 후 76.80±6.78mmHg로 증가하여 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았다 (t=-1.898, p>.05).

Table 3.3 Changes of indicator of metabolic syndrome after 16-week combined exercise

| Item | Factors | Group | Before(M±SD) | After(M±SD) | t |
|----------------------------------|---------------------------------|--------------------|--------------|--------------|----------|
| Indicators of metabolic syndrome | Waist line (cm) | Experimental group | 88.73± 8.97 | 80.05±4.28 | 3.767** |
| | | Control group | 89.83± 5.23 | 91.82±3.68 | -1.110 |
| | Systolic blood pressure (mmHg) | Experimental group | 129.73± 9.97 | 128.67±8.75 | .382 |
| | | Control group | 133.20±17.55 | 140.33±11.77 | -1.340 |
| | Diastolic blood pressure (mmHg) | Experimental group | 71.47± 6.30 | 76.80±6.78 | -1.898 |
| | | Control group | 65.20±14.45 | 74.27±10.15 | -2.009 |
| | Triglyceride (mg/dl) | Experimental group | 99.89±12.25 | 87.44±6.20 | 3.349** |
| | | Control group | 93.14±33.41 | 106.70±18.87 | -1.146 |
| | Fasting plasma glucose (mg/dl) | Experimental group | 85.29± 3.58 | 80.45±2.34 | 4.743*** |
| | | Control group | 90.96±12.41 | 91.74±8.69 | -.196 |
| | HDL-C (mg/dl) | Experimental group | 45.73± 6.78 | 50.77±6.26 | -2.679* |
| | | Control group | 47.38± 6.75 | 49.62±6.46 | -.801 |

Values are Mean±SD
*p<.05, **p<.01, ***p<.001

중성지방 (Triglyceride)의 경우 복합운동집단에서 실험 전 99.89±12.25mg/dl에서 실험 후 87.44±6.20mg/dl로 감소하여 통계적으로 유의한 차이가 나타났다 (t=3.349, p<.01). 공복혈당 (Fasting plasma glucose)의 경우 복합운동집단에서 실험 전 85.29±3.58mg/dl에서 실험 후 80.45±2.34mg/dl로 감소하여 통계적으로 유의한 차이가 나타났다 (t=4.743, p<.001). HDL-C의 경우 복합운동집단은 실험 전 45.73±6.78mg/dl에서 실험 후 50.77±6.26mg/dl로 증가하여 통계적으로 유의한 차이가 나타났다 (t=-2.679, p<.05).

3.3. 자율신경계의 변화

본 연구의 16주 복합운동프로그램 전·후 대사증후군 지표의 변화는 다음 Table 3.4와 같다. 교감활성도 (Activation of sympathetic nerve)에 있어 복합운동집단은 실험 전 .69±.10에서 실험 후 .62±.06으로 감소하였으며, 통계적으로 유의한 차이가 나타났다 (t=3.131, p<.01).

부교감활성도 (Activation of parasympathetic nerve)에 있어 복합운동집단은 실험 전 $.31 \pm .10$ 에서 실험 후 $.42 \pm .08$ 로 증가하였으며, 통계적으로 유의한 차이가 나타났다 ($t = -2.952, p < .05$).

스트레스 저항도 (Stress resistance)에 있어 복합운동집단은 실험 전 56.75 ± 12.07 에서 실험 후 66.22 ± 9.93 로 증가하였으며, 통계적으로 유의한 차이가 나타났다 ($t = -2.157, p < .05$).

Table 3.4 Changes of indicator of autonomic nervous system after 16-week combined exercise

| Item | Factors | Group | Before (M±SD) | After (M±SD) | t |
|--------------------------|-------------------------------------|--------------------|---------------|--------------|---------|
| Autonomic nervous system | Activation of sympathetic nerve | Experimental group | .69±.10 | .62±.06 | 3.131** |
| | | Control group | .65±.14 | .71±.10 | -1.465 |
| | Activation of parasympathetic nerve | Experimental group | .31±.10 | .42±.08 | -2.952* |
| | | Control group | .28±.14 | .29±.14 | -.161 |
| | Stress resistance | Experimental group | 56.75±12.07 | 66.22±9.93 | -2.157* |
| | | Control group | 62.75±17.60 | 59.89±11.97 | .497 |

Values are Mean±SD

* $p < .05$, ** $p < .01$

4. 고찰

4.1. 16주 복합운동프로그램이 대사증후군에 미치는 영향

본 연구에서 허리둘레는 복부지방을 직·간접적으로 측정하는 대사증후군 지표로 사용되었다. 특히 복부의 내장지방은 용적이 크고 합성이나 분해가 빠르게 진행되기 때문에 혈중 유리지방산농도를 쉽게 증가시켜 대사에 부정적인 영향을 미친다. 이러한 복부비만이 대사증후군의 일차 원인으로 생각되는 기전에는 인슐린의 저항성 증가와 함께 복강 내 지방축적이 제기되고 있다. 이처럼 내장지방의 축적에 의해 야기된 고인슐린 혈증은 골격근의 지단백 분해효소를 감소시키고, 지방 세포 축적에 관계된 효소를 활성화하여 에너지화를 위한 골격근으로의 지방 이동을 줄이고 이를 지방세포로 축적하여 비만을 초래하게 된다 (Barnard와 Wen, 1994). 그리고 이것이 다시 복부지방으로 이어지게 된다. 하지만 운동은 에너지대사 촉진과 혈전 용해 능력 향상, 인슐린의 저항성 감소 등을 통해 대사증후군 지표를 긍정적으로 변화시키는 효과가 있다. 본 연구에서 유산소 운동 및 저항성 운동에 의한 허리둘레가 통제집단에 비해 유의하게 8cm 줄어들었다. 이러한 결과는 운동을 통해 청소년의 허리둘레가 감소되었다는 몇몇 선행연구자들의 주장을 지지해주고 있는데, 비만남자 중학생의 12주 복합운동프로그램을 통해 허리둘레가 2.49%나 유의하게 감소되었고 (Ahn과 Kim, 2009), 유산소운동과 생활양식 프로그램 병행이 청소년의 허리둘레에 5.3%의 감소를 나타내어 (Park과 Park, 2009) 본 연구의 운동효과를 지지하고 있다. 연령이 증가할수록 내장지방 면적은 늘어나고 대퇴부 골격근량은 감소하는 것이 일반적이며, 저항운동과 유산소운동의 병행은 유산소 운동만을 실시한 것에 비하여 제지방량을 보전하여 체지방을 감소시킬 수 있다. 본 연구의 결과가 선행연구와 마찬가지로 복합운동이 청소년의 전신에 자극을 줌으로써 지방의 대사활동이 활발해져 허리둘레의 감소가 나타난 것으로 추측되고, 향후 지속적인 운동과 함께 바른 생활습관이 필수적으로 고려되어야 할 것이다. 본 연구에서 16주 복합운동프로그램을 통해 수축기혈압은 1.0mmHg 감소하였지만 이완기혈압은 5.48mmHg 증가하는 현상을 보였다. 대부분 운동을 통한 혈압의 감소는 유산소 운동은 혈관의 탄성을 증가시켜 수축기 혈압을 감소시킨다는 연구결과에는 이견이 없다. 그러나 저항트레이닝은 혈압을 감소시킨다는 보고에 일부 지지하는 자료가 있지만 일관된 자료를 제공하지는 못하고 있다. 최근에는 오히려 장기간에 걸쳐 근육운동으로 단련된 선수들은 일반인보다 혈관탄성이 더 낮다는 연구결과가 지배적이다. 심장질환, 뇌혈관질환, 동맥경화, 등의 사망자들이 합병증으로 고혈압 증세를 가지고 있었던 것으로 나타나 고혈압이 치명적인 심혈관계 질환과 깊은 관련이 있다 (Chen, 2005).

중량트레이닝선수와 일반인의 혈관탄성을 비교한 결과에서 일반인보다 14ms 적게 나타났고, 펄스 압력은 10mmHg 높게 나타났으며, 혈관저항도 0.37mmHg·s·cm나 높은 것으로 나타났다 (David, 1999). 본 연구에서의 복합운동프로그램은 유산소 운동과 무산소 운동의 복합으로 혈압의 유의미한 감소를 유도하였지만 중강도 이상의 저항운동으로 인해 확장기 혈압을 오히려 증가시킨 것으로 보인다.

중성지방은 지방조직과 간에서 형성되며 고칼로리의 섭취와 에너지소비에 민감한 영향을 받으며 아울러 관상동맥질환의 위험인자인 동시에 중정도 이하의 중요한 에너지원으로 작용한다 (Haskell, 1984). 중성지방은 일반적으로 유산소 운동에 의해 감소하며, 특히 기저농도가 높았던 비활동적인 사람들에게 더 많이 감소하는 것으로 알려져 있다 (Durstine 등, 2002). 특히 비만청소년에 있어서 중성지방의 감소는 체지방과 복부지방의 감소 또한 유도하여 복부비만의 독립적인 구성요소로 중요한 부분인 것이다. 이러한 중성지방의 분해과정을 다수의 선행연구에서 실험하였는데, 운동이 유리지방산의 산화를 위해 근육조직의 능력을 향상시키고, 근육내의 리포단백 리파제의 합성과 분비를 증가시켜 근육 내 중성지방이 감소한 것이라고 하였다 (Seip과 Semenkovich, 2004). 비만남자 중학생의 12주 복합운동프로그램 후 중성지방의 변화를 연구한 결과 복합운동 집단이 7.4% 감소하는 결과를 나타냈는데 (Ahn, 2009; Kim, 2007), 본 연구에서도 중성지방은 99.89mg/dl에서 87.44mg/dl로 12.45mg/dl가 감소하여 선행 연구 결과를 지지하는 양상을 보였다. 운동에 따른 중성지방의 변화는 운동이라는 에너지 소비활동에 의해 감소가 나타나는 것으로 사료되며 보다 유의미한 수준의 변화를 바라다면 운동과 동시에 식이조절의 개선이 반드시 실행되어야 할 것으로 사료된다. 호르몬의 분비에 이상이 발생하면 혈당 수치가 불안정하게 되는데, 이러한 현상의 대표적인 예가 당뇨병이며 청소년도 예외가 아니다. 심지어 자아존중감에도 부정적인 영향을 미친다고 한다 (Kim 등, 2011). 선행 연구에서 39세에서 70세에 이르는 251명의 제2형 당뇨병자들을 대상으로 22주간 주 3회 저항운동과 복합운동을 실시하였을 때 저항운동이 복합운동보다는 혈당감소 효과가 낮았지만 유의하게 감소하였다 (Sigal 등, 2007). 그리고 비만 남자 중학생을 대상으로 12주간 40-50분간 유산소운동과 저항운동을 복합한 운동을 실시하였는데 복합운동을 실시한 집단에서 혈당의 유의한 감소를 보여 (Kwon 등, 2006), 본 연구를 지지하고 있다. 본 연구의 실험집단에서 복합운동을 통해서는 혈당이 85.29mg/dl에서 80.45mg/dl로 4.84mg/dl가 유의하게 낮아지는 결과를 보였다. 이러한 결과는 대사 작용 및 인슐린저항성에 있어서 청소년에게도 신체활동이 칼로리 소모 및 대사개선을 통해 혈당에 영향을 미치는 것으로 보이며, 특히 규칙적인 운동 및 생활습관은 혈당에 긍정적인 영향을 미치는 것을 시사한다. 본 연구에서 HDL-C는 통제집단은 47.38mg/dl에서 49.63mg/dl로 증가하였고 실험집단에서도 45.73mg/dl에서 50.77mg/dl로 증가하였다. 하지만 비교적 통제집단에서보다 실험집단에서 많은 차이를 보이며 유의성이 나타났는데, 여러 연구에서와 같이 높은 강도의 운동에서 효과가 나타났었던 것으로 사료된다. 즉 근육량의 증가를 피할 수 있는 높은 강도의 운동과 규칙적인 유산소운동에 의해서 체중감량이 나타나고, 근육량이 증가되어 HDL-C의 증가를 가져온 것으로 보인다. Haskell (1984)은 최대산소 섭취량의 75%의 강도로 에너지 소비량이 800Kcal 이상 되는 운동을 실시했을 때 HDL-C이 통계적으로 유의한 증가가 나타났으나, 최대산소 섭취량의 60% 강도에서는 변화가 나타나지 않았으며, HDL-C의 증가를 보기 위해서는 운동의 강도를 높이거나 시간을 길게 하여야 한다고 주장하였다. Ready 등 (1996)은 최대산소 섭취량의 60% 강도에서 주 3회 또는 5회 실시한 6개월간의 걷기 운동이 HDL-C의 개선을 가져오지 않았다고 하면서 운동강도에 의해 많은 변수가 작용할 것으로 설명하였다. 규칙적인 운동의 효과로 걷기운동이 비만여중생의 대사증후군 인자에 미치는 영향을 연구하였는데 (Kim 등, 2007) 51.7mg/dl에서 55.8mg/dl로 유의하게 증가한 연구가 이를 뒷받침하고 있다. 이것은 HDL-C가 에너지소모량과 비례하여 증가한다는 선행 보고 (Jeong과 Kwon, 2009)와 관련이 있는 것으로 생각되며, HDL-C 향상은 고강도로 실시해야 증가한다는 것을 시사한다. 그러나 반드시 고강도 운동이 아니더라도 규칙적인 운동으로 HDL-C를 높일 수 있다고 주장하였다.

4.2. 16주 복합운동프로그램이 자율신경계에 미치는 영향

스트레스를 다룬 다수의 선행 연구에서 대체로 운동을 꾸준히 하는 사람일수록 스트레스 증상을 덜 느끼는 것으로 밝혀졌고, 유산소 운동을 약 30분하는 것이 스트레스 감소에 가장 효과가 좋고 또 2-3개월 꾸준히 하면 스트레스를 낮추는 효과가 있다 (Buckworth와 Dishman, 2002). 운동이 자율신경계에 미치는 영향에 관한 연구를 살펴보면, 장기간 지구성운동의 실시는 안정 시 심박수를 감소시키고, 자율신경계 기능에 긍정적인 변화를 주는 것으로 보고되고 있다 (Lee와 Kim, 1999). 지구력 운동 트레이닝은 자율신경계 활동을 변화시키는 것으로 알려져 있다. 12주간의 유산소성 운동을 실시한 결과 안정 시 심박수가 유의하게 감소하는 경향을 나타냈으며, 안정 시 심박수의 증가가 심혈관계 질환의 발병과 사망의 위험인자라고 하였고, 교감신경계 활성화도 증가 및 부교감 신경계 활성화도 감소가 심혈관 질환의 위험을 높이는 공통경로라 하였으며, LF (Low Frequency component)는 요가집단 내에서 수련 이후 낮아졌으며, 집단 간 변화량에서 요가집단은 감소하였고, 통제집단은 증가하여 이는 요가수련 이후 교감신경이 안정화되었다. 부교감신경의 활동지표인 HF (High Frequency component)는 요가집단 내에서 수련 이후 높아졌으며, 집단 간 변화량에서 요가집단은 증가하였고, 통제집단에는 변화가 없었다 (Kim, 2008). 노인에 있어서 운동하는 집단은 좌식 생활자에 비하여 SDNN (Standard Deviation of all Normal R-R Intervals)이 높게 나타났으며, 운동집단이 좌식 생활자보다 노화와 연관된 자율신경계 조절기능이 높아졌다 (Lee, 1999). 이러한 선행연구들은 모두 본 연구를 지지하고 있다. 또한 본 연구결과와 마찬가지로 운동과 스트레스를 다룬 다수의 연구에서 대체로 운동을 꾸준히 하는 사람일수록 스트레스 증상을 덜 느끼는 것으로 밝혀졌고 유산소 운동을 약 30분하는 것이 스트레스 감소에 가장 효과가 좋고 또한 2-3개월 꾸준히 하면 스트레스를 낮추는 효과가 나타났다.

5. 결론

본 연구는 복합운동 프로그램을 통한 대사증후군요인과 자율신경계의 차이변화를 분석하고자 실시하였다. 연구대상은 B고등학교 학생 30명을 대상으로 실험집단과 통제집단으로 16주 복합운동 프로그램을 적용하여 대사증후군 지표와 자율신경계의 차이변화를 구명하기 위한 실험을 수행하여 다음과 같은 결론을 얻었다. 16주 복합운동프로그램이 대사증후군 지표에는 대부분 긍정적인 영향을 미치는 결과를 얻었다. 하지만 수축기 및 이완기 혈압은 유의한 결과를 얻지 못했는데 이것은 저항성 운동으로 인한 것으로 사료된다. 자율신경계에서도 긍정적인 효과를 입증하였는데 교감신경계의 활성화도는 낮아지고, 상대적으로 부교감 신경계의 활성화도가 높아졌다. 또한 스트레스에 대한 저항력은 증가하였다.

참고문헌

- Ahn, N. Y. and Kim, K. J. (2009). Comparisons of 12 week combined exercise Intervention-mediated changes of body composition, physical fitness, and metabolic syndrome risk factors according to IGF-1 gene polymorphism in obese adolescent boys. *Journal of Korean Society for the Study of Obesity*, **18**, 102-115.
- Baek, U. H. (2009) An analysis of physique growth of at menarche of athletes and non athletes. *Journal of the Korean Data & Information Science Society*, **20**, 139-48.
- Chen, W. and Srinivasan, J. and Berenson, R. (2005). Metabolic syndrome variables at low levels in childhood are beneficially associated with adulthood cardiovascular risk. *Diabetes Care*, **28**, 138-143.
- David, A. (1999). Muscular strength training is associated with low arterial compliance and high pulse pressure. *Hypertension*, **33**, 1385-1391.

- Jeong, S. T. and Kwon, S. O. (2009). The effects of weight training by intensity for 8 weeks of metabolic syndrome factor improvement in overweight high school students. *Journal of Life Science*, **19**, 492-501.
- Jeon, Y. J. (2004) The effect of long-term aerobic exercise on body composition and blood lipoprotein in hypertensive patients. *Journal of the Korean Sports Review*, **15**, 705-713.
- Kim, E. J., Kim, J. K., Lee, N. J. and Lee, M. S. (2011). Self-esteem item goodness-of-fit sports talented children. *Journal of the Korean Data & Information Science Society*, **22**, 487-94
- Kim, J. W. and Kim, H. J. (2007). Effects of combined exercise training on metabolic syndrome related factors in overweight and obese elementary school boys. *The Korean Journal of Physical Education*, **46**, 683-693.
- Kim, J. W., Jeon, J. Y. and Kim, T. U. (2007). Effects of walking and behavior modification program on body composition, physical fitness and metabolic syndrome related factors in obese girls. *Journal of Life Science*, **17**, 1744-1753.
- Kwon, Y. I., Park, I. G., Park, G. H., Park, C. H., Jeon, J. Y. and Choi, M. K. (2006). Effects of combined exercise training on physical fitness and metabolic syndrome in obese middle school boys. *Korean Journal of Political Economy*, **45**, 611-621.
- Lee, J. W. (1999). *Design of heart rate variability signal time-frequency analysis system for the assessment of autonomic nervous system activities*, Master Thesis, Yonsei University. Seoul.
- Lee, W. J. and Kim, Y. H. (1999). The effect of aerobic exercise program on body composition, heart rate and blood pressure in obese men and women. *Journal of Sport and Leisure Studies*, **11**, 267-282.
- Park, C. H. and Park, T. G. (2009). Effects of aerobic exercise plus lifestyle modification program on obese-induced metabolic syndrome in obese adolescent girls. *Journal of Life Science*, **19**, 198-205.
- Haskell, W. L. (1984). The influence of exercise on the concentrations of triglyceride and cholesterol in human plasma. *Exercise and Sports Science Review*, **12**, 204-244.
- Seip, R. and Semenkovich, C. F. (2004). Skeletal muscle lipoprotein lipase: Molecular regulation and Physiological effects in relation to exercise. *Exercise and Sport Sciences*, **26**, 191-218.
- Sigal, R. J., Kenny, G. P. Boule, N. G., Wills, A. E., Pruk'homme, D., Fortier, M. and Tulloch, R. H. (2007). Effects of aerobic training, resistance training, or both on glycemic control in type 2 diabetes: A randomized trial. *Ann International Medicine*, **147**, 357-369.
- Yoon, Y. S. (2008). *Trends of prevalence and associated factors of metabolic syndrome in korean children and adolescents-using the korea national health and nutrition examination survey*, Ph. D. Thesis, Ulsan University. Ulsan.

The effects of the 16-weeks' combined exercise program on metabolic syndrome and autonomic nerve system of low-level physical strength group

Jin Man Han¹ · Kyeong Jun Lee² · Jeong Ok Yang³

¹Beomeo High School

²Department of Statistics, Pusan National University

³Division of Physical Education, Silla University

Received 5 June 2012, revised 28 June 2012, accepted 21 July 2012

Abstract

The aim of this study is to closely examine the changes in their metabolic syndrome index and autonomic nerve systems after the 16-weeks' combined exercise program is carried out on low-level physical strength group (PAPS 4-5 level students). They were divided into two groups; exercise training group (15) and control group (15). This program consisted of five-times-a-week's warm-ups, main activities and warm-downs and it takes 50 minutes per trial. Through SPSS 19.0, all averages and standard deviations of dependent variables were calculated. We first performed Shapiro-Wilk's normality test of the variables. Before verifying the effect of combined exercise program, we tested the equality of means of the variables between combined-exercise-programmed-group and control group through a two-sample t-test and carried out a paired t-test to check if the changes in the variables of two groups before and after 16 weeks are statistically significant. Every statistical test is performed at a significance level of $\alpha=.05$. The results are as follows. When it came to metabolic syndrome index, there were statistically meaningful changes in waist measurement, triglyceride, glucose with empty stomach and HDL-C. Also, when it came to autonomic nerve system, there were meaningful changes in all variables. Consequently, it seems that the 16-weeks combined exercise program has positive effects on low level physical strength students.

Keywords: 16-weeks' combined exercise program, autonomic nerve systems, low-level physical strength students, metabolic syndrome, two sample t-test.

¹ Physical education teacher, Beomeo High School, Yangsan-si, Gyeongsangnam-do 626-815, Korea.

² Ph.D candidate, Department of Statistics, Pusan National University, Busan 609-735, Korea.

³ Corresponding author: Professor, Department of Division of Physical Education, Silla University, Busan 101-712, Korea.