

## The Effects of the Intensity of Combined Training on Body Composition, HOMA-IR and HbA1c of Female Students of a Boarding High School

Sun-Ok Kwon\* and Seon-Tae Jeong

Department of Physical Education, Gyeongsang National University, 900 Gaza-dong, Jinju-ci, Kyeongnam 660-701, Korea

Received December 30, 2009 / Accepted January 14, 2009

Among students of 'K' boarding high school, located in 'B' city, 32 students whose % body fat was 30% or above were divided into three groups - two exercise groups and one control group. They performed Combined Training - a mix of weight training (WT) and step box training (SBT) - for 65 min a day, 3 days a week, for 8 weeks in total. Group A performed WT 70-80%RM×3 sets+SBT (RPE 11-13)×1 set, and group B performed WT 70-80%RM×1 set+SBT (RPE 11-13)×3 sets to yield data on changes of body composition (Soft Lean Mass, SLM), %fat, WHR), HbA1c, and HOMA-IR. Paired *t*-test was used to process data within each group. Pre- and post experiment differences rates (%diff) were used to perform one-way ANOVA (Duncan test) for group comparisons. The conclusions derived are as follows. Regarding body composition, exercise groups showed an increase in SLM, but there was no such change in the control group. WHR decreased in group A, but increased in the control group. The % body fat decreased in both exercise groups, but increased in the control group. As for the group comparisons, SLM in group A showed a greater increase than in group B and the control group. WHR in groups A and B showed a greater decrease than the control group. The % body fat in groups A and B showed a greater decrease than the control group. The exercise groups showed a significant decrease in HOMA-IR, but the control group showed a significant increase in HOMA-IR. As for the group comparisons, groups A and B showed a greater decrease in HOMA-IR than the control group. The exercise groups showed a significant decrease in HbA1c, however, the control group showed no change in HbA1c. As for the group comparisons, group A showed a greater decrease in HbA1c than the control group. These results confirm that combined training is more effective in improving body composition and metabolic factors when it includes a high proportion of resistance training, rather than aerobic exercise. The results of the study suggest that it is advisable to set a high proportion of WT when deciding the intensity of combined training.

**Key words** : Weight training (WT), step box training (SBT), body composition, WHR, soft lean mass, %fat, HbA1c, HOMA-IR, combined training, resistance training

### 서 론

2008교육과학기술부는 고교다양화 300 프로젝트의 일환으로 2008년에는 '농·산·어촌 지역 거점고'를 중심으로 기숙형 고교 82교를 선정하였고, 2009년도에는 추가로 68교 지정을 추진하고 있다. 그러나 최근 이렇게 증가일로에 있는 기숙형고교의 학생들은 과도한 학업에 의한 정신적 스트레스, 운동부족과 과식 등으로 비만경향이 점점 늘어나면서 적절한 신체조성과 체형을 유지하지 못하고, 체력이나 제반 생리적 기능이 저하되는 경향을 보이고 있다[21]. 이러한 현상은 각종 질병과 생활 습관병(lifestyle disease)을 유발하고 정상적인 발육발달을 저해하고 있는 실정이다. 실제로 본 연구의 대상학교인 기숙형 K고는 학생 총 540명 중 비만학생 비율이 34%를 차지하고 있어 일반학교보다 그 심각성을 입증하

고 있다. 이렇듯 비만으로 인해 적절하지 못한 신체조성을 유지할 경우 발육발달의 완성기에 있는 대상자들이 건강장애를 일으킬 확률이 높아지고 성인기 비만으로의 진전이 예상되며, 체력저하를 가져오는 등 여러 가지 부정적 영향을 미치게 된다[46]. 특히 비만으로 인한 인슐린저항성 증가는 대사이상과 심·혈관질환 위험인자들이 출현하여 복부비만, 당불내성, 이상지질혈증(고중성지방, 저HDL-C, 고LDL-C), 고혈압 등의 질환을 유발하는 심각한 대사증후군(metabolic syndrome)을 초래하게 된다[11,39]. 이것은 성인뿐만 아니라 발육기에 있는 청소년에게서도 매우 심각한 요인으로 간주되고 있으며[14,43]인슐린저항성은 평균혈당과도 긴밀한 관계를 갖는다. 물론 청소년기에 있는 여고생은 대사작용이 원만하여 비만하더라도 이상혈당이 흔하게 나타나지 않지만 일반적으로 비만인은 혈당조절 능력이 떨어져 있어 이들은 혈당을 엄격히 관리해야 한다. 또한 청소년기 비만은 다가오는 성인기에 이상혈당을 초래하게 되므로 이러한 문제들을 해결하기 위해서라도 규칙적인 운동과 균형있는 영양섭취가

#### \*Corresponding author

Tel : +82-55-751-5701, Fax : +82-55-751-5700

E-mail : kwon502@gnu.ac.kr

발육·발달의 중요한 시점에 있는 청소년들에게는 필수적인 요소일 것이다.

최근에는 운동의 효과면에서 유·무산소 운동의 장점을 살린 복합운동이 권장되고 있는데 복합운동은 유산소 운동과 근력뿐 아니라 운동능력 증대에 도움을 주는 저항운동(resistance training, RT)을 함께 실시하는 것으로[3,33] 지금까지 많은 연구가 진행되고 있다. 복합운동 중에 유산소운동은 대표적으로 달리기/걷기 등이 있지만 스텝박스 트레이닝(step box training, SBT)이 효과적이데 SBT는 스텝박스를 이용하여 계단을 오르내리는 방식의 운동으로 러닝과 같은 심폐 기능을 강화시키는 반면, 충격도에 있어서는 워킹 시와 같은 저충격 운동으로서 스텝박스의 높낮이를 조절하여 사용할 수 있으며 아킬레스건과 비복근, 대퇴부, 둔부운동에 도움이 된다. 한편, RT는 체중을 감소시키고 근육량을 증가시켜 당 대사와 인슐린감수성을 향상시키는 것으로 나타나 그 효과는 이미 입증된 사실이며[29] RT에 대한 연구는 오랫동안 지속되어 왔다. 하지만 다수의 선행연구들에도 불구하고 두 운동형태에 따른 빈도별 효과를 비교한 연구는 거의 전무한 실정이며 두 운동형태의 에너지시스템 체계와 본 연구의 종속변인들과의 관계를 고려해 볼 때 매우 흥미로운 결과가 예상된다. 따라서 본 연구는 유산소운동인 SBT와 RT의 대표적 형태인 웨이트 트레이닝(weight training, WT)을 조합하여 비율을 달리한 두 가지 다른 강도의 복합운동을 기숙형학교의 비만여고생에게 그룹별로 실시하여 신체조성(body composition)·HOMA-IR(homeostasis model assessment of insulin resistance)과 당화혈색소(HbA1c)의 개선에 효과적인 복합운동의 빈도를 제시하는데 그 목적이 있다.

## 재료 및 방법

### 연구 대상

B광역시 소재 기숙형특목고 K고교 학생 중 %fat이 30% 이상인 비만여고생 중 복합운동 A군 11명, B군 11명, 통제군 10명으로 구분하여 총 32명을 대상으로 하였다. 이들은 최근 6개월 동안 규칙적인 운동 프로그램에 참가한 경험이 없고 비만 관련 합병증으로 치료를 받은 적이 없었으며 신체적 특성은 Table 1과 같다.

Table 1. Physical characteristics of subject

Group (n)	Age (yr)	Height (cm)	Weight (kg)	%fat (%)
A (11)	15.13±1.21	157.64±4.97	59.38±6.25	33.31±1.39
B (11)	15.20±1.18	161.09±3.30	60.67±7.70	34.85±2.52
C (10)	15.11±1.33	161.00±4.11	60.73±5.58	33.21±2.38

Values are mean±standard deviation.

A group: WT 3 sets+SBT 1 set, B group: WT 1 set+SBT 3 sets, C: control group

### 측정 항목 및 방법

#### 측정 항목

신체조성의 근육량(soft lean mass), WHR (waist-hip ratio), %fat의 3개 항목과 당화혈색소(HbA1c), 인슐린저항성(HOMA-IR)의 2개 항목으로 총 5개 항목을 설정하였다.

#### 측정 방법

##### 신체조성

In-Body 720 (Biospace Co., Korea)을 이용하여 8주간의 복합운동 전·후에 각각 측정하였다. 정확한 측정을 위하여 측정 전날 저녁식사 후 물 이외의 어떠한 음료나 음식물을 섭취하지 않도록 하고, 측정(오전 9시) 30분 전에는 반드시 배뇨를 하도록 지도하였다. 또한 측정 시에는 시계나 반지 그리고 장신구 종류는 착용하지 못하게 하고, 이틀간에 걸쳐 2회 측정하여 평균값을 구하였다.

##### 혈액채취 및 분석방법

공복혈당, HbA1c, 인슐린저항성을 측정하기 위해 저녁 9시부터 금식한 후 다음 날 아침 8시에 전완정맥에서 채혈하였다. 공복혈당은 glucose oxidase method (747 automatic analyzer, Hitachi, Tokyo, Japan)을 이용하여 측정하였고, 혈청 인슐린은 방사면역측정법(Linco Research Inc, Missouri, USA)을 이용하였다. HbA1c는 HLC-723G7 (Tosoh, Tokyo, Japan)을 이용하여 양이온 교환수지 크로마토그래피법(high performance liquid chromatography)을 이용하여 검사하였다(National Glycohemoglobin Standardization Program Certified method, inter- & intra-assay CV, 151-272% & 105-124%). HbA1c 검사는 지난 2-3개월간의 평균혈당 수치를 반영하는 검사로서 당뇨병환자의 혈당 조절을 평가하는데 널리 이용되고 있다[8]. 또한 인슐린저항성에 대한 측정은 HOMA-IR을 이용하였고 공식은 다음과 같다[29].

$$\text{HOMA-IR} = \frac{\text{fasting insulin (U/ml)} \times \text{fasting plasma glucose (mmol/l)}}{225}$$

##### 운동 프로그램

복합운동으로 구성하였으며 프로그램 실시 전, 별도의 2주전부터 적응을 위해 스텝박스와 WT의 바른 자세 및 동작을 익히게 하였다. WT는 ACSM [3]에서 권고한 청소년 운동검사 및 처방시 고려 사항을 참고하여 안전수칙을 준수하여 적용하였다.

##### 1RM (1repetition maximum) 측정

WT의 강도 설정을 위한 1RM 측정은 대상자의 무경험을 고려하여 사전 1RM은 15RM 수행 가능한 범위의 부하를 예상하여 종목별로 개개인의 능력에 따라 최대중량 추정표[16]를 이용하여 1RM을 측정하였다.

##### SBT의 강도 설정

SBT는 Borg의 자각적운동강도(rating of perceived ex-

ertion, RPE)를 이용하여 RPE 11-13 (알맞음-약간힘듦)에 해당하는 중강도[1]를 적용시켰다.

8주간의 집단별 복합운동 프로그램은 Table 2와 같다.

**운동 강도**

group A는 WT 70-80%RM×3 sets+SBT (RPE 11-13)×1 set로, group B는 70-80%RM×1 sets+SBT (RPE 11-13)×3 set로 설정하였다.

**운동 시간, 빈도, 기간**

1회 운동시간은 준비운동 10분, 본 운동 50분, 정리운동 5분으로 설정하여 총 65분가량 실시하고, 주 3회 총 8주간 실시하였다.

**자료처리**

SPSS Ver. 14.0을 이용하여 평균값과 표준편차를 산출하였으며, 집단 내 운동 전·후를 비교하기 위해 paired t-test를, 각 항목별 측정 전·후의 변화율(%diff.)을 이용하여 집단 간 차이를 알아보기 위해 one-way ANOVA와 사후검정으로 Duncan을 실시하였다. 모든 통계적 유의수준은  $\alpha=0.05$ 로 설정하였다.

**결과 및 고찰**

**신체조성(%fat, 근육량, WHR)**

신체조성이란 인체에 대한 조직, 기관, 분자, 원소 등에 대

해 어떻게 구성되었는가를 정량적으로 밝혀 상대적 비율을 구하는 것이며, 질병에 대한 예후를 발견하고 운동처방에 대한 분명한 기준을 제시하는 데 유용하다. 특히 건강과 관계가 깊은 것은 체지방량(body fat mass)과 체지방량(lean body mass)의 비율이며 과도한 체지방이 고혈압, 제2형 당뇨병, 뇌졸중 관상심장질환, 고지혈증과 관련이 있다는 것은 잘 알려진 사실이다[3].

문화관광부의 2007국민체력실태조사에 의하면 30-40대 여성의 %fat이 23.6-25.0%로 보고되었고, 연령 증가에 따라 증가되는 것으로 나타났으며 %fat의 증가 추세는 2000년대 초반에 비해 점차 낮은 연령층으로 확산되고 있는 것으로 보고되었다[20].

본 연구는 과도한 학습량으로 인하여 신체활동이 적은 기숙형고교의 비만여고생의 정상적인 발육발달을 위하여 규칙적인 복합운동을 실시하여 두 가지 형태 운동 중에서 효과적인 운동 강도를 알아보는 것이었다.

Table 3에서 보는 바와 같이 신체조성에서 %fat의 경우에는 집단 내에서는 복합운동군 A와 B가 각각 12.30%와 12.25%씩 유의하게( $p<0.001$ ,  $p<0.001$ ) 감소한 반면, 통제군은 8.70% 유의한( $p<0.001$ ) 증가를 보였으며 집단 간에서는 운동군 A, B그룹 모두 통제군보다 유의하게( $p<0.001$ ) 감소하였다. 운동군의 %fat의 감소는 SBT 강도가 A그룹보다 높은 B그룹이 많은 감소를 가져 올 것이라 예상했지만 차이가 없었다. 집단 간 비교에서 감소 비율 수치로 보면 오히려 A그룹이 B그룹보다 많은 감소를 보였는데 많은 연구들이 유산소운동이 %fat의

Table 2. Combined training program for 8 weeks

Order	Contents			
	Exercise battery	Intensity		Rest
A group		B group		
Warm-up (10 min)	Stretching & Walking			
Main exercise (50 min)	Squat ↓ bench press ↓ leg extensions ↓ machine curl ↓ leg pull	70-80%RM (8-12 reps. ×3 sets)	70-80%RM (8-12 reps. ×1 set)	3-4 min rest (between items & sets)
		Biceps curl+basic step ↓ Sshoulder punch+turn step ↓ Overhead press+L step ↓ Sway+V step	RPE 11-13 ×1 set	RPE 11-13 ×3 sets
Cool-down (5 min)	Stretching			

A group: WT 3 sets+SBT 1 set, B group: WT 1 set+SBT 3 sets, WT: weight training, SBT: step box training

Table 3. Changes of body composition after 8 weeks combined training programs

	Group	Time	Pre (M±SD)	Post (M±SD)	t-value	%diff (M±SD)	F (Duncan)
Body composition	fat (%)	A (n=11)	33.31±1.39	29.19±2.03	-6.766***	12.30±5.76	57.278*** (A,B<C)
		B (n=11)	34.85±2.52	30.54±2.46	-6.816***	12.25±5.40	
		C (n=10)	33.21±2.38	36.04±1.90	7.389***	8.70±3.96	
	Soft Lean Mass (kg)	A (n=11)	35.95±3.47	38.66±3.82	4.868**	7.64±5.04	18.071*** A>B,C
		B (n=11)	36.27±3.27	36.76±2.94	3.008*	1.44±1.54	
		C (n=10)	36.65±2.34	36.03±2.81	-1.537	1.73±3.46	
	WHR	A (n=11)	0.80±0.02	0.79±0.02	-3.135**	1.47±1.56	10.354*** (A,B<C)
		B (n=11)	0.79±0.02	0.78±0.03	-1.000	0.24±0.77	
		C (n=10)	0.79±0.02	0.81±0.03	2.898*	3.29±4.02	

Values are mean±standard deviation.

Group A: WT 3 sets+SBT 1 set, Group B: WT 1 set+SBT 3 sets, C: control group

WT: weight training, SBT: step box training, \*:  $p<0.05$ , \*\*:  $p<0.01$ , \*\*\*:  $p<0.001$

감소 효과가 크다고 보고하고 있음에도 불구하고 A그룹이 B 그룹보다 WT의 횟수가 많아 근육운동의 양적인 크기에 의해 총 칼로리 소모면에서 많은 칼로리 소모를 초래하여 나타난 결과로 보인다. 운동군의 복합운동이나 유산소운동의 실시 결과에 의한 %fat의 효과적인 감소보고를 보면 양승원과 권만근 [48]은 %fat 30% 이상의 여대생(44명)을 대상으로 16주간, 주 5회, 1일 70분 복합운동을 실시하여 %fat의 유의한 감소와 체지방량의 유의한 증가를 보고하였고, 한정규[18]는 합병증이 없는 제 2형 당뇨병 여성 환자(9명)를 대상으로 60%HRmax로 걷기운동을 주 4회, 운동시간 60분, 16주간을 실시한 결과, %fat의 유의한 감소를 보고하였다. 변재철과 우혜영[10]도 19-26세의 남자대학생 26명을 대상으로 주 4회, 1일 50분, 8주간 복합운동을 실시하여 %fat의 유의한 감소를 보고하였고, BMI 25kg/m<sup>2</sup> 이상 비만 여대생 37명을 대상으로 걷기운동을 주 5회, 30-50분간, 12주 동안 실시하여 %fat의 유의하게 감소하였다는 보고도 있다[13]. 또한 DAVIS 등[15]은 41명의 과체중 라틴계 소녀를 대상으로 에어로빅과 근력훈련을 16주간 실시하여 체중과 %fat의 감소를 보고하여 본 연구와 유사한 결과를 보였다.

한편, 근육량은 집단 내에서는 복합운동군 A와 B가 각각 7.64%와 1.44%씩 유의하게( $p<0.001$ ,  $p<0.01$ ) 증가한 반면, 통제군은 변화가 없었으며 집단 간 비교에서는 A그룹이 B그룹과 통제군보다 더 크게( $p<0.001$ ) 증가한 것으로 나타났다. WHR의 경우에는 집단 내에서는 운동군 A는 1.47%유의하게( $p<0.01$ ) 감소하였으며, B그룹은 0.24% 감소하였지만 유의차는 없었고, 통제군은 3.29% 유의하게( $p<0.05$ ) 증가하였다. 집단 간 비교에서는 A, B그룹이 통제군보다 더 크게( $p<0.001$ ) 감소한 것으로 나타났다. 이러한 결과는 운동군의 규칙적인 운동실시 효과를 반영해주고 있고 특히 근육량의 집단간 비교에서 A그룹이 B그룹과 통제군보다 더 많이 증가한 것은 WT의 고유한 효과를 뒷받침해주는 것이라 생각된다.

Yang [47]은 20대 비만여대생(50명)을 대상으로 복합운동을 12주간, 1일 30분, 주 5일 실시한 결과 %fat과 WHR의 유의한 감소와 골격근량의 유의한 증가를 가져왔다고 보고하였고, Kim 등[27]은 본 연구의 대상자와는 차이가 있지만 갱년기 전후 20명의 여성을 대상으로 12개월간, 주 3회, 1일 90분간 복합운동을 실시한 결과, %fat과 공복혈당이 유의하게 감소되었고 %FFM이 유의하게 증가되었다고 보고하였다. 또한 박수현 등[36]은 복부비만 중년여성 30명을 대상으로 저·고강도의 걷기운동을 12주간 실시하여 두 강도 모두 복부지방량 감소를 가져왔다고 보고하여 규칙적인 운동은 강도와 관계없이 WHR 감소를 가져온다고 하여 본 연구와 유사한 결과를 보였다. 하지만 고강도가 저강도보다 WHR의 감소 효과가 크다는 보고[18]도 있지만 본 연구에서는 두 집단 모두 비슷한 결과를 가져와 강도보다는 규칙적인 복합운동 실시여부가 WHR의 증감에 영향을 미치는 것으로 생각된다. 결과적으로 복합운동을 통한 신체조성 변화에 대한 본 연구의 결과를 종합해 보면 복합운동에서 두 가지 형태의 운동은 모두 신체조성의 긍정적인 변화를 가져왔지만 근육량 증가면에서는 유산소운동의 비중이 큰 것보다는 RT의 비중이 크게 설정된 운동프로그램이 효과적이라는 사실이다. ACSM [2]도 성인이 신체활동으로 일주일에 1,000 kcal 이상의 에너지를 소비할 경우 질병에 의한 사망률을 20-30% 감소시킬 수 있으며, 미국 당뇨병학회에서는 당뇨병 환자에게 주당 700-2,000 kcal 이상의 에너지를 소비할 경우 당뇨병성 합병증이나 사망률을 감소시킬 수 있다고 하여 중등도 신체활동을 권장[4]하고 있고, 그러한 신체활동 중에서 RT가 총칼로리 소모량을 유도할 수 있다는 점에서 복합운동 구성은 RT 비중을 높여 구성되는 것이 바람직하다고 본다. 물론 청소년의 RT 수행에 대한 안전상의 문제가 제기되고 있지만 최근 ACSM의 발표[17]에 의하면 청소년의 RT가 적절하게 디자인되고 감독된다면 비교적 안전하며, 근력향상, 부상, 심장혈관의 위험 예방과 운동 습관을 정착시키고 발달시키는

것에 대해 도움을 줄 수 있다고 하여 향후 아동·청소년에 대한 RT 실시에 대한 인식 변화가 요구된다.

HOMA- IR

인슐린저항성은 표적세포에서 인슐린의 생물학적 반응이 정상이하로 저하된 상태로써 비만증의 특징이다[35]. 특히 최근에 deadly quartet (죽음의 4중주)이라고 불리는 metabolic syndrome의 뿌리가 되는 것이 바로 인슐린저항성의 증가로 인함이라는 것은 알려진 사실이다. 아직까지는 청소년 비만이 인슐린저항성을 초래하여 당뇨병이나 심혈관계 질환을 유발하는 명확한 메커니즘과 그 기준치가 제시되지는 않았지만 청소년기 비만이 성인의 비만으로 연결되므로 이 시기의 체중 증가에 대한 대책이 요구된다[42]. 특히 심혈관계질환의 주요 원인으로 생각되는 인슐린저항성이 대규모 역학적 연구결과 아동 비만에서 높게 나타난다는 것이 밝혀졌다[45]. 이러한 인슐린저항성을 평가하기 위한 보다 간단하고 덜 침습적인 방법으로 인슐린저항성에 대한 항상성 모델인 homeostasis model assessment for insulin resistance (HOMA-IR)가 가장 많이 이용되고 있는데, HOMA-IR은 단순히 공복 시 인슐린 수치로만 인슐린저항성을 판단하는 방법보다는 신뢰도가 높고, 비교적 간단하게 산출할 수 있기 때문에 인슐린저항성을 나타내는 지표 중 가장 널리 사용되고 있다[35]. 인슐린저항성은 당뇨병 발생 메커니즘에 있어서도 중요한 기준이 되며 한국인에서는 제2형 당뇨병의 발병에 인슐린분비능의 감소가 더 큰 역할을 한다[22]. 비만할수록 낮은 β-cell 기능을 갖고, 높은 HOMA-IR을 가진 군이 당뇨병 위험도가 더 높아진다. 이것은 BMI가 높을수록 β-cell 기능이 당뇨병 위험도에 미치는 영향이 크다는 결과로 해석될 수 있어 인슐린저항성 및 인슐린 분비능과 당뇨병 발생 위험도가 커지고 이것은 β-cell의 기능 저하가 주원인으로 생각된다[12]. 본 연구에 있어 대상자들이 고교생으로 당뇨병 환자가 아니어서 정상 참고치 범위 안에서의 인슐린저항성 수치를 보이고 있지만 비만자이기 때문에 인슐린저항성 감소를 꾀하는 노력이 필요하다. S특별시 소재의 중학교에서 무작위로 선발된 165명(남 84, 여 81명)을 대상으로 출생 체중에 따라 구분하여 인슐린저항성을 측정된 결과, 현재 비만하거나 출생 이후 비만해진 사람에게서 인슐린저항성이 높게 나타났다[24]는 결과도 비만과 인슐린저항성의 관계를 설

명해주는 연구이다.

8주간의 복합운동을 통한 본 연구의 HOMA-IR의 결과는 집단 내에서는 운동군 A와 B가 각각 15.83%와 16.68% 유의하게( $p < 0.05$ ,  $p < 0.05$ ) 감소하였으나 통제군은 45.42% 유의하게( $p < 0.05$ ) 증가하였다. 집단 간 비교에서는 A, B그룹이 통제군보다 더 크게( $p < 0.001$ ) 감소한 것으로 나타났다(Table 4). 이러한 결과는 두 운동군 모두 공복 시 혈당과 인슐린 농도가 감소하였기 때문으로 생각되며 이는 인슐린감수성이 증가되어 인슐린저항성이 감소되었음을 시사하는 것이다. 하지만 통제군의 증가는 발육기 전에는 대사속도가 빨라 정상체중을 유지하다가 교교 진학 후 급격한 학업증가로 인한 신체활동량의 감소로 급작스러운 체중증가에 따르는 인슐린저항성이 생긴 것으로 생각되며 그것은 정상체중 및 저체중군보다 비만군에서 높게 나타난다는 연구를 뒷받침하는 것이다.

지금까지 운동을 통하여 인슐린저항성의 변화를 알아 본 연구들은 다소 상반된 결과가 도출되어왔지만 박상갑 등[37]은 12주간, 주4회, 1일 60분씩 복합운동을 실시한 결과 HOMA-IR이 31.7% 감소되었다고 보고하였고, 특히 트레이닝으로 인한 인슐린저항성의 개선이 연령과 관계없이 나타났다고 보고하였다. 한지연 등[20]도 중년 여성(20명)을 대상으로 65-80%HRmax로 주 3-5회, 8주간 줄넘기와 걷기의 복합운동을 실시한 결과, 혈중인슐린농도와 HOMA-IR이 유의하게 감소된 것을 보고하였다. 또한 본 연구 대상자와 연령이나 성별의 차이는 있지만 Kim [40]은 비만 중년여성(40-60세) 46명을 대상으로 12주간, 50-60%VO<sub>2</sub>max로 주 3회, 걷기운동을 실시하여 %fat, 인슐린저항성 지표가 긍정적으로 개선됨을 보고하였으며, 한정규[19]는 제2당뇨환자 9명(여)을 대상으로 RPE 12-13 (60%HRmax)로 걷기운동을 주 4회, 1일 60분간, 16주간 실시하여 혈당과 HOMA-IR의 유의한 감소를 보고하였다. Kodama 등[30]도 12주간의 복합운동 실시 결과 HOMA-IR이 유의하게 감소되었다고 보고하여 본 연구의 결과와 유사한 결과를 보였다. 하지만 Tokudome 등[41]은 일본의 노인을 대상으로 12주간 복합운동을 실시한 결과, HOMA-IR이 유의하게 변하지 않았다는 본 연구와 상반된 결과를 보고하였다. 그러나 운동을 통한 인슐린저항성의 감소에 대한 연구결과는 지배적이다. 특히 본 연구에서 RT 비중이 높았던 A그룹의 경우 인슐린저항성의 감소가 두드러졌는데 이러한 결과는 운동

Table 4. Changes of HOMA-IR after 8 weeks combined training programs

Group	Time	Pre (M±SD)	Post (M±SD)	t-value	%diff (M±SD)	F (Duncan)
HOMA-IR	A (n=11)	1.24±0.40	0.99±0.29	-2.521*	15.83±18.20	10.812*** A,B<C
	B (n=11)	1.66±0.68	1.41±0.69	-2.379*	16.68±26.80	
	C (n=10)	1.57±0.83	1.99±0.67	2.837*	45.42±52.25	

Values are mean±standard deviation.

Group A: WT 3 sets+SBT 1 set, Group B: WT 1 set+SBT 3 sets, C: control group

WT: weight training, SBT: step box training, \*:  $p < 0.05$ , \*\*\*:  $p < 0.001$

강도의 차이인 것으로 생각된다. 그것은 전술한 A그룹의 WHR 감소 결과와도 관련이 있다. 그 이유는 인슐린저항성은 중심성비만 특히 내장비만 관련되어 있어 복부내장지방조직은 복부피하지방조직보다 지질분해자극에 대한 감수성이 높을 뿐만 아니라 더 많은 양의 지질을 분해하므로[38] B그룹도 WHR이 감소하였지만 A그룹이 근력운동 중심으로 구성되어 있어 B그룹보다 감소율이 높았고 그러한 효과는 운동강도의 차이에서 나타난 결과로 생각된다. 물론 지금까지의 연구에서는 인슐린감수성을 증가시키기 위해 필요한 운동의 강도와 운동지속시간 등에 대해서는 일치된 의견이 없지만 대부분의 연구들은 인슐린 감수성을 증가시키기 위해서는 중강도의 운동강도가 필요하다고 보고[19]하고 있으며, 중강도의 운동은 글리코겐 고갈을 가져오고 이것이 운동 후 포도당 이용을 증가시키는데 필요하기 때문으로 생각된다. 또한 운동에 따른 인슐린 농도의 저하는 간과 골격근 및 지방조직의 인슐린작용을 개선시켜 혈당의 활용능력과 근육의 혈액 공급을 증가시키며 인슐린 민감성 1형 근섬유의 양을 증가시켜 결과적으로 운동은 인슐린 민감도 개선을 가져오게 되는 것[9]으로 예측할 수 있을 것이다. 특히 A그룹의 운동군의 인슐린저항성 개선의 메커니즘은 ACSM [32]에서 제시한 주 3회의 중강도 운동 권장 횟수와 부합되며 A그룹이 유산소운동 중심의 B그룹보다 WT의 특성에 따른 근육운동에 따른 칼로리의 소모가 커 적은 양의 인슐린으로 동일한 양의 글루코스를 근육이나 간으로 전달할 수 있게되어 췌장의  $\beta$ 세포가 인슐린을 과다하게 분비할 필요가 없게 되므로 결과적으로 인슐린저항성이 완화된 것으로 풀이할 수 있을 것이다. 이러한 운동은 인슐린 민감도 증가를 통해 근육에서 더욱 더 많은 양의 글리코겐의 합성이 가능하게 되어 보다 효과적인 에너지대사가 이루어질 수 있으며[3], 이에 따른 인슐린 활동의 활발함은 긍정적인 인슐린 기능 향상을 유도하게 되어 규칙적인 운동의 효과를 나타내고 있는 것이라 판단된다. Kang 등[23]도 비만 청소년(13-16세)을 대상으로 32주간의 주 5회 고강도 신체활동을 통해서 인슐린저항성이 개선되었다고 보고하여 인슐린저항성 개선을 위해서는 다소 높은 강도의 운동이 필요하다는 것을 뒷받침하고 있다.

HbA1c

혈당조절 상태를 반영하는 지표로 사용되고 있는 당화혈색

소(HbA1c)는 평균적인 혈당농도를 반영하는 것인데 혈색소 A (hemoglobin A, HbA)는 베타체인의 말단 아미노산인 발린(valine)이 포도당과 반응, 당화되어 HbA1c가 된다. HbA1c 중 당화된 부분(%)은 적혈구가 포도당에 노출된 기간과 혈액 내 포도당 농도에 의해 결정되기 때문에 측정된 시간보다 2-3개월 동안의 평균혈당을 반영하게 되며 HbA1c는 측정이 간편하고 비가역적이어서 한번의 검사결과로서 측정 이전의 6-8주 전반에 걸친 평균혈당을 나타내는 신뢰성 높은 검사로 특히 당뇨병 환자들에서 혈당조절의 지표로 널리 이용되고 있다[31,34].

당뇨병환자에서는 혈당상승 및 HbA1c 상승 시 심혈관질환으로 인한 사망 위험률 또한 증가되며 HbA1c의 증가는 미세혈관 및 대혈관 합병증 증가와 연관된다는 보고[34]들도 있으며 HbA1c는 당뇨 환자에서 신장병증과 망막병증 등과 같은 당뇨 합병증과 관련이 있고 HbA1c를 1% 줄이면 심근경색 14%, 백내장 19%, 미세혈관질환 37%, 말초혈관질환 43%, 당뇨병으로 인한 사망률이 21% 감소한다는 보고[5,44]도 있다.

본 연구의 HbA1c 결과는 집단 내의 경우, 운동군 A, B그룹이 각각 3.64%, 1.09%로 유의하게( $p < 0.05$ ,  $p < 0.05$ ) 감소하였고 통제군은 변화가 없었다. 집단 간 비교에서는 A그룹이 통제군보다 더 크게( $p < 0.05$ ) 감소한 것으로 나타났다(Table 5). 지금까지는 우리나라 아동·청소년의 HbA1c 정상범위가 명확하게 제시된 것은 없고 주로 성인을 대상으로 한 기준치가 제시되어 있는데 이러한 기준치가 연구기관마다 차이가 있어 명확한 기준 제시가 어렵다. 하지만 권위있는 미국의 국립 당화혈색소 표준화 프로그램(National Glycohemoglobin Standardization Program; NGSP)에 의하면 정상인 기준은 5-6.1%로 제시되고 있으며 우리나라의 비만확화에서는 정상수치는 4.5-9%로 제시하여 학회마다 차이는 있으나 최근엔 당뇨병 환자의 HbA1c 조절 목표를 6.5% 이하로 보고 있다[7]. Sung [40]에 따르면 40세 이상의 한국인 22,465명을 대상으로 한 연구에서 HbA1c가 높은 군에서 심혈관질환 위험인자의 유의한 증가가 관찰되었고, 대사증후군의 유병률 증가가 확인되었다고 보고하여 HbA1c 수치가 대사증후군과 밀접한 관계가 있다는 것은 분명한 것 같다. 이 보고에 따르면 대사증후군의 발병을 추정할 수 있는 HbA1c의 기준치는 5.45% (sensitivity 60.2, specificity 63.4)였으며 남성에서는 5.45% (sensitivity 56.5, specificity 67.5), 여성에서는 5.55% (sensitivity 63.8, specificity 69)로

Table 5. Changes of HbA1c & after 8 weeks combined training programs

Group	Time	Pre (M±SD)	Post (M±SD)	t-value	%diff (M±SD)	F (Duncan)
HbA1c (%)	A (n=11)	5.63±0.21	5.42±0.26	-2.534*	3.64±4.82	3.878* A < C
	B (n=11)	5.70±0.20	5.64±0.17	-2.283*	1.09±1.58	
	C (n=10)	5.81±0.28	5.92±0.47	.965	1.88±6.14	

Values are mean±standard deviation.

Group A: WT 3 sets+SBT 1 set, Group B: WT 1 set+SBT 3 sets, C: control group

WT: weight training, SBT: step box training, \*:  $p < 0.05$

본 연구 대상자의 프로그램 전의 세 집단의 평균치는 5.63-5.92%로 대상자 모두가 대사증후군 발병 수준에 도달한 것을 알 수 있다. 김진화 등[28]도 당뇨병이 없는 일반인이라도 HbA1c가 5.25-5.55% 이상이면 대사증후군 및 당뇨병의 전 단계라고 주장한바 있어 이러한 심혈관질환 발생의 위험성을 지니는 공복혈당 장애에 대한 평가와 관리가 이루어져야 한다. 하지만 운동군 중에서 A그룹은 프로그램 후에 정상치에 도달했고 그것은 RT의 구성 비중과 관련 있는 것으로 보인다. 다시 말하면 통제군과 비교할 때 HbA1c의 감소를 위한 복합운동의 강도는 유산소운동 비율보다는 RT 형태의 비율을 크게 하는 것이 효과적이라는 것이다. 물론 유산소운동 위주의 B그룹도 운동 전·후를 비교해 볼 때 의미 있는 감소가 없었던 것은 아니었지만 집단 간에서 통제군과 유의미한 차이를 보이지 못했으므로 효과 측면에서는 RT의 비율이 높은 복합운동이 바람직하다는 것을 시사한다. 청소년을 대상으로 한 복합운동의 HbA1c 감소에 대한 연구가 드물어 본 연구 결과와 명확하게 비교할 수는 없지만 Han [19]는 제2형 당뇨병환자 9명(여)을 대상으로 RPE 12-13 (60%HRmax)로 걷기운동을 주 4회, 1일 60분간, 16주간 실시하여 혈당, HbA1c의 유의한 감소를 보고하였고, Kim [26]은 중년남성 44명을 대상으로 12주간, 1일 30-60분, 주 4회 이상 복합운동을 실시하여 HbA1c의 유의한 감소를 보고하였고, 안근희 등[6]은 27명의 남녀(52.4±7.4세)를 대상으로(남13명, 여자14명) 주 3회 이상, 1일 30분 이상, 1년간 걷기운동을 실시한 결과, 운동군에서 HbA1c의 유의한 감소를 보였다고 보고하였다. 이러한 보고들은 운동의 HbA1c 감소에 대한 효과성을 명확히 제시하고 있고 HbA1c가 당뇨병이 없는 성인에게서도 대사증후군 및 심혈관질환의 위험을 예측할 수 있는 하나의 인자로 볼 때 이러한 HbA1c의 감소를 위해서는 생활습관수정의 대표적인 방법인 규칙적인 운동이 반드시 필요하다고 생각되며 많은 운동 형태 중에서도 RT 비중이 큰 복합운동이 바람직한 것으로 본다.

References

1. American College of Sports Medicine. 2002. ACSM's guidelines for exercise testing and prescription. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.
2. American college of sports medicine. 2005. ACSM's guidelines for exercise testing and prescription. 7th, Lippincott Williams & Wilkins.
3. American College of Sports Medicine. 2006. ACSM's Guidelines For Exercise Testing and Prescription, 7th ed. Philadelphia Lippincott Williams & Wilkins.
4. American Diabetes Association. 2002. The health professional's guide to diabetes and exercise.
5. American Diabetes Association. 2006. Standards of medical care in diabetes. *Diabetes Care* **29**, S4-42.
6. An, K. H., K. A. Han, and K. W. Min. 2005. Long term effects of exercise on Waist-Hip Ratio, BMI, HbA1c. *Korean*

- Diabetes J.* **29**, 526-533.
7. Kim, J. H., S. R. Choi, J. R. Lee, J. H. Shin, S. J. Lee, M. A. Han, J. Park, H. Y. Bae, and S. Y. Kim. 2008. Association of hemoglobin A1c with cardiovascular disease risk factors and metabolic syndrome in nondiabetic adults. *Korean Diabetes J.* **32**, 435-444.
8. Bennett, C. M., M. Guo, and S. C. Dharmage. 2007. HbA(1c) as a screening tool for detection of type 2 diabetes: a systematic review. *Diabet Med* **24**, 333-343.
9. Bruce, C. R. and J. A. Hawley. 2004. Improvements in insulin resistance with aerobic exercise training: a lipocentric approach. *Med. Sci. Sports Exerc.* **36**, 1196-1201.
10. Byun, J. C. and H. Y. Woo. 2009. Effects of long-term combined exercise training on body composition, blood lipids, inflammatory markers and ghrelin level in obese and non-obese Men. *Korean Journal of Sport Science* **20**, 455-465.
11. Cha, B. S. 2006. Diagnosis of metabolic syndrome. *Korean Diabetes J.* **7**, 20-24.
12. Choi, E. S. and E. J. Rhee. 2009. Insulin sensitivity and insulin secretion determined by homeostasis model assessment and future risk of diabetes mellitus in Korean men. *Korean Diabetes J.* **32**, 498-505.
13. Choi, I. H. and M. W. Lee. 2008. The Effects of 12-week walking exercise program on the body composition and physical fitness in obese college women. *Journal of Korea Academy of Public Health Nursing* **22**, 74-84.
14. Csabi, G., K. Torok, S. Jeges, and D. Molnar. 2000. Presence of metabolic cardiovascular syndrome in obese children. *European Journal of Pediatrics* **159**, 91-94.
15. Davis, J. N., A. Tung, S. S. Chak, E. E. Ventura, C. E. Byrd-Williams, K. E. Alexander, C. J. Lane, M. J. Weigensberg, D. Spruijt-Metz, and M. I. Goran. 2009. Aerobic and strength training reduces adiposity in overweight Latina adolescents. *Med. Sci. Sports Exerc.* **41**, 1494-1503.
16. Earle, R. W. and T. R. Baechle. 2004. *NSCA's Essentials of Personal Training*. IL: Human Kinetics.
17. Faigenbaum, A. D., W. J. Kraemer, C. J. R. Blimkie, I. Jeffreys, L. J. Micheli, M. Nitka, and T. W. Rowland. 2009. Youth resistance training: Updated position statement paper from the national strength and conditioning association. *J. Strength Cond. Res.* **23**, 1-20.
18. Gutin, B., P. Barbeau, S. Owens, C. R. Lemmon, M. Bauman, K. Allison, H. S. Kang, and M. S. Litaker. 2002. Effects of exercise intensity on cardiovascular fitness, total body composition, and visceral adiposity of obese adolescents. *Am J. Clin. Nutr.* **75**, 818-826.
19. Han, J. K. 2007. Effect of waking on blood sugar, glycosylated hemoglobin, and insulin of patients diagnosed with type 2 diabetes. *Journal of Korea Sport Research* **18**, 11-20.
20. Han, J. Y., M. G. Lee, and S. C. Sung. 2007. Effects of combined training of rope skipping and walking on body composition, physical fitness, blood lipids, and insulin resistance in middle-aged women. *Korean Journal of Sport Science* **20**, 199-202.
21. Heo, J. 2004. The actual conditions of physique and relationship of body composition and physical fitness of high

- school students. *The Korean Journal of Physical Education* **43**, 807-819.
22. Jang, H. H., J. W. Kim, M. S. Rhu, C. Y. Park, S. J. Oh, J. T. Woo, S. W. Kim, Y. S. Kim, and Y. K. Choi. 2002. Homeostasis model assessment in Korean type 2 diabetes patients. *J. Korean Diabetes Assoc.* **26**, 296-305.
  23. Kang, H. S., B. Gutin, P. Barbeau, S. Owens, C. R. Lemmon, J. Allison, M. S. Litaker, and N. A. Le. 2002. Physical training improves insulin resistance syndrome markers in obese adolescents. *Med. Sci. Sports Exerc.* **34**, 1920-1927.
  24. Kim, C. S., J. N. Park, M. H. Cho, J. Y. Nam, J. S. Park, D. M. Kim, D. J. Kim, K. W. Lee, C. W. Ahn, B. S. Cha, S. K. Lim, H. C. Lee, K. R. Kim, and K. B. Huh. 2003. The relation of weight change during growth to insulin resistance and serum adiponectin concentrations. *Division of Endocrinology and Metabolism, Department of Internal Medicine* **12**, 252-263.
  25. Kim, D. Y. 2009. Effects of regular aerobic exercise on HMW adiponectin concentration. *Korean Journal of Sport Science* **20**, 445-454.
  26. Kim, H. D. and D. J. Kim. 2007. Effects of combined training according to HbA1c on atherogenic indices and cardiovascular disease risk factors in the type 2 diabetes mellitus. *Korean Journal of Sport Science* **16**, 369-383.
  27. Kim, J. H. and M. G. Choi. 2008. The effect of Long terms combined exercise program on body composition, BMD and blood cholesterol in menopause woman. *Exercise Science* **17**, 351-362.
  28. Kim, J. H., S. R. Choi, J. R. Lee, J. H. Shin, S. J. Lee, M. A. Han, J. Park, H. Y. Bae, and S. Y. Kim. 2008. Association of hemoglobin A1c with cardiovascular disease risk factors and metabolic syndrome in nondiabetic adults. *Korean Diabetes J.* **32**, 435-444.
  29. Kim, J. K., Y. O. Shin, and H. W. Moon. 2007. Effects of combined aerobic and resistance exercise on plasma C-reactive protein, interleukin-6, lipids, and insulin resistance in obese adolescent. *Korean Journal of Sports Science* **18**, 1-9.
  30. Kodama, S., M. Shu, K. Saito, H. Murakami, K. Tanaka, S. Kuno, R. Ajisaka, Y. Sone, F. Onitake, A. Takahashi, H. Shimano, K. Kondo, N. Yamada, and H. Sone. 2007. Even low-intensity and low-volume exercise training may improve insulin resistance in the elderly. *Internal Medicine* **46**, 1071-1077.
  31. Krishnamurti, U. 2001. Steffes MW: Glycohemoglobin: a primary predictor of the development or reversal of complications of diabetes mellitus. *Clin Chem* **47**, 1157-1165.
  32. Lee, M. G. 2002. Effects of 12 weeks of aerobic exercise training on insulin sensitivity at rest, after ingestion of a meal, and during recovery after submaximal exercise. *Korean Journal of Sport Science* **13**, 23-41.
  33. Lee, S. M., C. W. Park, and J. H. Yang. 2009. Effects of combined exercise on physique, health-related fitness in female students as follow menarche existence and nonexistence. *The Korean Journal of Growth and Development* **17**, 177-186.
  34. Nathan, D. M., R. R. Holman, B. J. Sherwin, M. B. Davidson, B. Zinman, and R. J. Heine. 2006. Management of hyperglycemia in type 2 diabetes: a consensus algorithm for the initiation and adjustment of therapy. *Diabetes Care* **29**, 1963-1972.
  35. Park, C. W., J. J. Park, and J. H. Yang. 2009. Effects of the walking types on body fat percent and insulin resistance in obese middle-school boys. *The Korean Journal of Physical Education* **48**, 671-680.
  36. Park, S. H., T. K. Han, S. H. Lee, Y. C. Kang, and H. S. Kang. 2005. Effects of two different intensities of a 12 week-walking program on body composition, abdominal fat, and cardiorespiratory fitness in obese women. *Korean Journal of Sport Science* **16**, 1-10.
  37. Park, S. K., C. Yoo, Y. C. Kwon, and E. H. Kim. 2006. Effects of combined exercise on self-reliance fitness, insulin resistance and blood pressure in frail elderly women. *The Korean Journal of Physical Education* **45**, 369-381.
  38. Park, T. G., J. G. Lee, C. H. Park, J. W. Kim, M. G. Choi, and Y. O. Yang. 2006. Effects of lifestyle modification on markers of insulin resistance and adiponectin in obese middle school girls. *The Korean Journal of Physical Education* **45**, 419-428.
  39. Park, Y. W. 2005. *Office management of obesity*. Seoul: Hanmibook.
  40. Sung, K. C. and E. J. Rhee. 2007. Glycated haemoglobin as a predictor for metabolic syndrome in non diabetic Korean adults. *Diabet Med* **24**, 848-854.
  41. Tokudome, M., M. Nagasaki, K. Shimaoka, and Y. Sato. 2004. Effects of home-based combined resistance training and walking on metabolic profiles in elderly Japanese. *Geriatrics and Gerontology International* **4**, 157-162.
  42. Valle, M., F. Gascon, R. Martos, F. J. Ruz, F. Bermudo, R. Morales, and R. Canete. 2002. Metabolic cardiovascular syndrome in obese pre-pubertal children: the role of high fasting insulin levels. *Metabolism* **51**, 423-428.
  43. Valle, M., F. Gascon, R. Martos, F. J. Ruz, R. Bermudo, F. Morales, and R. Canete. 2002. Metabolic cardiovascular syndrome in obese pre-pubertal children: the role of high fasting insulin levels. *Metabolism* **51**, 423-428.
  44. Wei, M., S. P. Gaskill, S. M. Haffner, and M. P. Stern. 1998. Effects of diabetes and level of glycemia on all-cause and cardiovascular mortality. *Diabetes Care* **2**, 1167-1173.
  45. Weiss, R., J. Dziura, T. S. Burgert, W. V. Tamborlane, S. E. Taksali, and C. W. Yeckel. 2004. Obesity and the metabolic syndrome in children and adolescents. *N. Engl. J. Med* **350**, 2362-2374.
  46. Yang, J. H., S. W. Kim, G. H. Kim, T. H. Choi, E. G. Jung, G. J. Kim, J. I. Choi, Y. S. Kang, G. H. Choi, G. S. Koo, and T. S. Park. 2007. Physical Growth and Motor Development. Daehanmedia, Seoul.
  47. Yang, S. W. 2007. The effects of combined training on body composition and blood lipids of obese female college students. *Journal of Korea Sport Research* **18**, 157-166.
  48. Yang, S. W. and M. G. Kwon. 2009. Change of obese college women based on types of physical exercise body composition, blood lipids leptin and cortisol. *Journal of Korea Sport and Leisure Studies* **35**, 965-973.



초록 : 복합운동 강도가 기숙형학교 여고생의 신체조성, HOMA-IR 및 HbA1c에 미치는 영향

권선옥\* · 정선태

(경상대학교 체육교육과)

B시 소재 기숙형특목고 K고교 학생 중에서 %fat이 30% 이상인 비만여고생 32명을 3그룹(운동군 2그룹, 통제군)으로 구분하여 1일 65분, 주 3회, 총 8주간 weight training (WT)과 step box training (SBT)을 조합한 복합운동을 A group은 WT 70-80%RM×3 sets+SBT (RPE 11-13)×1 set로, B group은 70-80%RM×1 sets+SBT (RPE 11-13)×3 set로 실시하여 신체조성(soft lean mass, %fat, WHR), HOMA-IR 및 HbA1c의 변화를 알아보았다. 자료처리는 집단 내는 paired t-test를, 집단 간은 측정 전·후의 변화율(%diff.)을 이용, one-way ANOVA (Duncan test)를 실시하여 다음과 같은 결론을 얻었다. 신체조성에서, 집단 내의 SLM은 운동군은 증가하였으나 통제군은 변화가 없었고, WHR은 A group은 감소하였으나 통제군은 증가하였다. %fat은 운동군 모두에서 감소하였으나 통제군은 증가하였다. 집단 간의 SLM은 A그룹이 B그룹과 통제군보다 더 크게 증가하였고, WHR은 A, B그룹이 통제군보다 더 크게 감소하였고, %fat은 A, B그룹이 통제군보다 더 크게 감소하였다. HOMA-IR은 집단 내에서는 운동군 모두 유의하게 감소하였으나 통제군은 유의하게 증가하였다. 집단 간 비교에서는 A, B그룹이 통제군보다 더 크게 감소하였다. HbA1c는 집단 내에서는 운동군 모두 유의하게 감소하였고 통제군은 변화가 없었다. 집단 간에서는 A그룹이 통제군보다 더 크게 감소하였다. 이러한 결과는 복합운동을 할 때 유산소운동 형태보다는 저항운동의 비율을 높여주는 것이 신체조성과 대사관련 인자 개선에 효과적이라는 것을 확인시켜 주는 것이며 본 연구의 결과로 볼 때 복합운동의 강도는 WT의 비중을 높게 설정하는 것이 바람직할 것으로 생각된다.