

8주간의 강도별 웨이트트레이닝이 비만고교생의 대사증후군 인자 개선에 미치는 영향

정선태*·권선옥

경상대학교 체육교육과

Received March 2, 2009 / Accepted April 16, 2009

The Effects of Weight Training by Intensity for 8 Weeks of Metabolic Syndrome Factor Improvement in Overweight High School Students. Seon-Tae Jeong* and Sun-Ok Kwon. *Department of Physical Education, Gyeongsang National University, 900 Gaza-dong, Jinju-ci, Kyeongnam, 660-701, Republic of Korea* - The purpose of this study was to examine the most effective weight training (WT) intensity for the improvement of metabolic syndrome factors in overweight high school students. Sixty overweight high school students were randomly divided into 4 groups (15 subjects/group) according to WT intensity: A group - control group, B group - 40-55% repetition maximum (RM) group, C group - 60-75% RM group, and D group - 80-90% RM group. They exercised between 60-70 minutes a day, three times a week, for eight weeks. In order to determine the most effective WT intensity, five metabolic syndrome factors--waist size, fasting glucose, triglyceride (TG), high-density lipoprotein-cholesterol (HDL-C) and blood pressure--were measured for each subject prior to and after the experiment. Waist size decreased in all exercise groups, but the results were more prominent in the 40-55% RM and 60-75% RM groups. TG levels also decreased in all groups but results were more prominent in the 40-55% RM group. HDL-C levels in the 80-90% RM group were significantly higher than the control group. Groups did not show any significant difference in the diastolic blood pressure, but the 40-55% RM group's systolic blood pressure significantly decreased compared to other groups. Groups did not show significant difference in the fasting glucose level. These results indicate that lower-intensity weight training is generally more effective than the higher-intensity weight training in improving metabolic syndrome factors in overweight high school students and that the most effective WT intensity is 40-55% RM.

Key words : Weight training intensity, metabolic syndrome factors, repetition maximum, triglyceride, high-density lipoprotein-cholesterol

서 론

고등학생 시기는 신체상에 있어 발육과 발달이 거의 완성 되는 시기로 체격과 체력수준이 최상의 단계에 이르는 시기이다. 그러나 2007년 문화관광부가 국민체육진흥공단 체육과학연구원에 의뢰하여 시행한 7세 이상 국민 5,000여명을 대상으로 실시한 '2007국민체력실태조사'에 따르면 고교생의 체격은 체력에 비해 향상되었으나 체력은 다른 연령층보다 큰 폭으로 저하된 것으로 나타났다. 이는 최근 체육교과의 선택화와 입시 경쟁에 따른 운동량 부족으로 생각되며 이러한 운동량 부족은 비만을 비롯한 심각한 질병을 수반해 우리 청소년의 건강에 심각한 위해가 되고 있다. 이미 질병으로 규정된 여러 국가에서 심각하고 혼란 공공의 건강 문제인 비만은 전 연령층에서 지난 10년간 급격하게 증가하였고[3], 고교생에게서는 더욱 증가하는 현상을 보여 이들의 체중조절과 체력향상 프로그램 개발의 중요성을 재인식하고 국가차원의 대책이 요구된다.

비만이나 신체활동부족은 심·혈관질환과 당뇨 및 골다공

증 등을 포함한 만성질환의 위험을 증가시키는 것과 밀접한 관계가 있으며[7], 좌업 행동(sedentary behavior)은 성별에 관계없이 사망의 주된 위험요인으로 강조된다[5]. 비만은 개인에 따라서 차이는 있지만 이환 기간이 몇 년 동안 진행되면서 고인슐린혈증에 의한 인슐린저항성 증가를 초래하게 되며 [38,44,59], 인슐린저항성 증가는 혈당 저하 작용이 감소된 상태로 내장지방형비만에 운동부족이 겹치면서 출현하며 더욱 과잉의 인슐린을 분비하여 고인슐린혈증을 유발한다.

인슐린저항성은 대사증후군(metabolic syndrome)의 뿌리가 되는 것으로 대사이상과 심·혈관질환 위험인자들이 한꺼번에 나타나는 상태를 의미하는데 여기에는 복부비만, 당불내성, 이상지질혈증[고 triglyceride (TG), 저 high-density lipoprotein-cholesterol (HDL-C), 고 low-density lipoprotein-cholesterol (LDL-C)], 고혈압 등이 포함된다[8,26,55]. 미국의 경우, 전체 인구 중 약 4,700만 명이 대사증후군을 가지고 있는 것으로 추정되며 이는 1991~2000년 사이에 비만의 발생이 61% 증가한 것과 깊은 관련이 있다. 제3차 미국의 국민건강영양조사자료(NHANES III)를 분석한 결과 20세 이상 미국성인의 23.7%가 대사증후군을 가지는 것으로 나타났으며, 연령별로는 대사증후군의 유병률이 20대에서 10% 미만, 40대에서 약 20%, 60대에서 약 45%인 것으로 조사되었다.

*Corresponding author

Tel : +82-55-751-5709, Fax : +82-55-751-5700

E-mail : jst5709@gnu.ac.kr

우리나라의 경우 최근 1998년과 2001년에 시행된 국민건강 영양조사에 근거한 대사증후군의 증가양상에 대한 분석결과에 의하면 연령보정 대사증후군 유병률이 1998년 22.5%[50]에서 2001년 24.1%[39]로 최근 3년간 약 7.1% 증가하였다. 이는 미국인을 대상으로 시행된 NHANES III (1998 ~ 1994) 조사결과와 비교하였을 때 결코 낮은 수준이 아니다[16].

이러한 대사증후군의 유병률이 급격하게 증가하는 것은 비만의 증가와 높은 관련을 가지는데 특히 복부비만의 정도와 대사증후군의 위험인자 수는 비례한다고 보고되었고, 각종 성인병의 발현은 발육·발달 촉진기의 운동이나 영양 균형과 관련이 높아 성인병의 1차적 예방을 위해서는 청소년기부터 적절한 건강습관형성이 중요하며 우선적으로 규칙적인 신체활동이 권장된다[3,6,42].

발육완성기에 속하는 고교생은 이들에 맞는 대사증후군 인자 기준이 공식적으로 발표되지 않아 명확한 대사증후군 관련 각 인자의 위험 수준을 제시할 수는 없지만 비만고교생의 경우, 성인기에 이르면 급격히 군집화(clustering)되어 심혈관계 질환 발병률이 높아질 것이다[37]. 이것은 이 시기의 비만은 반드시 해결해야 할 과제라는 것을 암시하며, 일부 비만 고교생들은 자신이 대사증후군의 몇 개 인자가 성인기준의 위험범위에 이미 포함되거나 접근해 있다는 것을 인식하고 있으면서도 학업이나 시간적, 공간적 제한 때문에 개선을 위한 시도가 미흡한 실정이다.

최근 대사증후군 예방과 치료를 위하여 생활습관 수정의 가장 효과적인 한 방법으로 신체활동의 근간이 되는 운동요법으로 이러한 문제를 개선시키고자 하는 연구들이 주류를 이루고 있는데 일반적으로 운동은 체중감량이라는 점에서는 이미 효과가 입증되어 왔고, 대사증후군의 관리에서도 아주 작은 부분일지 모르지만 성인기의 유병률을 줄이고, 장기간을 통한 대사증후군의 예방과 관리적인 측면에서는 매우 중요한 역할을 한다.

최근까지는 대사증후군을 위한 운동요법이 유산소운동이나 복합운동 형태에 한하여 이루어져 왔지만[32,48] 고교생은 특성상 성인을 위한 운동 형태보다는 교내의 일정한 장소에서 방과 후 규칙적으로 실시하기가 용이하고, 시간·공간적으로 활용 가능한 운동 형태와 종목으로 구성되어야 하는 제한을 가진다. 즉 청소년기의 특성상 자신의 신체상에 대한 요구를 충족시켜줄 수 있는 발육단계에 적합하고, 학교현장의 시설한계나 스스로 수행 가능한 운동형태, 비용절감과 가정으로 연계되어 실시 가능한 운동 형태의 선택이 중요한 관건이 된다.

청소년 시기의 조건을 충족시켜 줄 수 있는 운동 형태는 다양하겠지만 여러 운동 유형 중에서도 저항훈련(resistance training; RT)의 한 방법인 웨이트트레이닝(weight training; WT)이 적합하다고 할 수 있다. WT는 근육은 물론 뼈, 건, 인대를 강화하고 만성적인 통증 환자를 치료하는데도 이용되고 있고, 심폐지구력과 근육량을 증가시켜 에너지소모량을 높여

주고 그 결과로 신체상에 대한 만족감을 얻을 수 있는 이점을 가진다[11]. 이 시기의 WT 실시에 대한 필요성과 효과는 ACSM[2]을 비롯한 여러 연구[14,56,58]에서 이미 보고된 바 있지만 어떤 수준의 WT 강도가 대사증후군 인자의 개선에 효과적인 것인지에 대한 연구는 국내·외를 통해서 연구된 바 없어 WT의 실시강도에 따라 대사증후군 인자 개선 효과를 구명하는 것은 의미 있는 연구가 될 것이다.

따라서, 본 연구는 WT를 강도별로 비만남자 고교생에게 실시하여 대사증후군 인자의 변화를 비교하여 비만고교생에게 건강상의 이득을 줄 수 있는 자료를 제시하고 대사증후군 인자 개선을 위한 가장 효과적인 WT 강도를 알아보기 위해 수행되었다.

재료 및 방법

연구 대상

B시 소재 일반계 K고등학교 1학년 학생을 대상으로 신체조성 측정기인 In-Body 720을 이용하여 %fat 30% 이상 남학생 69명을 유의추출법에 의해 선정하고, 저·중·고 강도별로 운동군 3그룹과 통제군으로 구분하여 집단별로 각각 15명으로 총 60명으로 구성하였다. 이들은 모두 과거에 특별한 병력이 없고 현재 건강하며, 규칙적인 운동프로그램에 참가한 경험이 없으며, 본인과 학부모가 실험에 참여할 의사를 밝히고 동의서를 제출한 학생이었다. 신체적 특성은 Table 1과 같다.

운동 처방

운동 형태: 저항훈련의 WT로 구성되어 big 3 (squat, bench press, dead lift)을 중심으로 상지·몸통·하지 근군별로 적용하였으며, 부하기구는 주로 barbell을 이용하였다.

운동 강도: WT의 집단별 강도는 저·중·고강도에 대한 명확한 기준이 없어 측정된 5종목의 repetition maximum (RM)을 기준으로 ACSM [1]이 제시한 근지구력, 근력과 근지구력, 근력 향상에 초점을 둔 강도를 이용하여 저강도는 40 ~ 55% RM으로, 중강도는 60 ~ 75% RM으로, 고강도는 80 ~ 90% RM으로 임의 설정하였다. 4주 후에는 재측정된 1RM을 적용하였다.

Table 1. Physical characteristics of subjects

Group	n	Age (yr)	Height (cm)	Weight (kg)	% fat
A group	15	15.43±1.32	174.9±5.39	86.4±15.05	33.80±2.79
B group	15	15.23±1.38	175.7±2.60	91.15±8.78	33.09±2.00
C group	15	15.31±2.73	174.0±5.39	85.50±10.30	33.70±3.38
D group	15	15.20±1.67	174.1±5.47	86.52±12.53	34.40±3.35

Values are mean±standard deviation.

A group: control group, B group: 40 ~ 55%RM, C group: 60 ~ 75%RM, D group: 80 ~ 90%RM

운동 시간, 빈도 및 기간: 1회 운동 시간은 준비운동 10분, 본 운동 40~50분, 정리운동 10분으로 설정하여 총 60~70분 실시하였다. 종목과 세트간 휴식은 각각 2~3분, 3~5분으로 하였고, 운동빈도는 주 3회(화, 목, 토)로 하여 총 8주간 실시하였다.

운동 프로그램: 통제군은 평소대로 일상생활에 임하도록 하였고, 3가지 강도별 운동군의 WT 적응훈련은 프로그램 실시 2주전에 가벼운 부하를 사용하는 것에서부터 시작하여 피험자들이 정확하고 안전한 weight 동작을 숙지하도록 지도하였다. WT는 ACSM [1]에서 권고한 청소년 운동검사 및 처방시 고려 사항을 참고하여 안전수칙을 준수하여 적용하였다. 8주간의 WT 프로그램은 Table 2와 같다.

1RM 측정

1-RM이란 바른 자세에서 관절가동범위(range of motion)를 통해 움직일 수 있는 최대부하를 의미한다. 강도 설정을 위한 1RM 측정은 프리웨이트로 실시되었고, 대상자의 무경험을 고려하여 사전 1RM은 15RM 안에 3~5RM 수행한 반복횟수에 따라 최대중량 추정표[11]를 이용하여 1RM을 추정하는 방법을 이용하였다. 1RM 측정은 종목별 다양한 무게로 세팅된 프리웨이트를 이용하여 안전 보조원과 함께 최선을 다하여 반복 수행하게 하였고, 측정된 반복횟수는 최대중량 추정표에 의거하여 해당 1RM을 찾아내어 그 무게를 1RM으로 추정하였다.

혈액 채취 및 분석

운동군과 통제군의 사전검사를 위한 혈액 채취는 채취 전 12시간 공복상태를 유지하도록 통제하여 익일 오전 10시에 실시하였으며, 사후 채취도 사전과 같이 행하였다. 채혈은 앉은 자세에서 팔오금 정맥(antecubital vein)에서 약 10 ml를 채취하였다. TG, HDL-C은 효소비색법을, 혈당은 glucose oxi-

dase법을 이용하여 분석하였다.

대사증후군 인자의 측정

NCEP-ATP III [20]에서 제시한 대사증후군 진단기준에 따라 관련인자 5개 항목을 다음과 같이 측정하였다. 허리둘레는 직립자세에서 배꼽을 지나는 횡단면을 측정 부위로 선택하고, 신축하지 않는 줄자를 이용하여 호흡을 내쉴 때 0.1 cm 까지 계측하였다. 혈압측정은 다기능 전자심전계인 네오스캔(Bizmedic. Co.)을 이용하여 오전 10시부터 11시 사이에 10분 이상 안정을 취하게 한 후 의자에 앉은 상태에서 수축기와 이완기 혈압을 우측 상완동맥을 2회 반복 측정하여 평균치(mmHg)를 구하였다.

자료 처리

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

결과 및 고찰

대사증후군이 심·혈관계 질환과 높은 관련성을 보인다는 것은 이미 알려진 사실이다. 그러나 얼마 전까지만 해도 소아·청소년에게서는 심·혈관질환의 증상이 생기는 경우가 거의 없었으므로 이에 대한 위험 인식이 낮았지만 최근의 비만 소아·청소년에서 제2형 당뇨병의 증가, 소아의 부검에서 나타난 대동맥, 관상동맥의 죽상경화증의 범위와 혈압, 지질의 연관성에 대한 보고는 비만은 성인시기까지 지속되어야 합병증이 발생한다는 기존의 생각을 바꿔 놓았다[12,13]. 본 연구는 이러한 대사증후군의 치료와 예방을 위한 대표적 비약

Table 2. Weight training program for 8 weeks

Order	Contents	Order	
Warm-up (10 min)	stretching		
Main exercise (40~50 min)	Exercise battery	Groups	Rest
	squat	A group	control group
	↓		
	bench press	B group	40~55%RM
	↓		
	dead lift	C group	60~75%RM
↓			
	shoulder press	D group	80~90%RM
	↓		
	leg lunge	*(60~70%RM/min)	2~5 min rest
	↓	*2 sets	(between items & sets)
	curl-ups		
Cool-down (10 min)	Stretching		

*curl-ups

물적 요법인 운동요법에 대한 연구이다. 특히 소아·청소년기에 발생한 대사증후군에 대한 연구는 최근에 시작되었으며, 운동치료가 예방에 관한 연구는 국내외에서 활발히 진행 중에 있다[9,29,30,34,40,60].

본 연구는 증가일로에 있는 비만청소년의 대사증후군 인자 개선을 위하여 청소년이 선호하고, 학교현장이나 가정에서 접근이 용이한 WT의 대사증후군 인자 개선 효과와 효율적인 강도를 제시하는 것이었다. WT에 대한 일반적인 효과는 이미 잘 알려져 있지만 청소년을 대상으로 한 WT의 강도에 따른 대사증후군 인자 개선에 대한 국내 연구는 전무하다. 대사증후군의 구성요소에 대한 많은 논쟁이 있지만 대부분의 연구에서는 성인과 소아 모두에서 당대사 이상, 인슐린저항성, 높은 혈압, 혈중지질이상과 그 중에서도 비만 혹은 복부비만을 포함하는 것에 동의한다[50]. WT의 비만감소 효과는 여러 연령층에서 연구되어 이미 알려져 있고[18,27,47,54], WT는 건강증진, 신체조성 개선을 가져오고[1] 발육의 완성기에 있는 남자 고교생에게는 %fat의 감소와 FFM의 증가뿐만 아니라, 뼈, 건, 인대를 강화시키고, 근세포의 발육 및 근력의 발달을 촉진한다[2,61,66].

Waist size

Table 3에서 보는 바와 같이 허리둘레의 운동 전·후 집단 내 비교에서 통제군은 90.83 cm에서 93.66 cm로 유의하게 ($p<0.01$) 증가하였고, B, C, D group은 각각 94.18 cm에서 87.38 cm로, 90.22 cm에서 84.20 cm로, 87.64 cm에서 85.86 cm로 유의하게($p<0.001$, $p<0.001$, $p<0.05$) 감소하였다. 집단 간 변화율의 비교에서는 통제군보다 D group이, D group보다는 B, C group이 유의하게($p<0.001$) 감소하였다. 대사증후군의 중요 인자인 허리둘레는 복부비만을 예측할 수 있는 중요한 척도로 특히 심혈관계질환의 발생을 유발시키는 인슐린저항성을 높이는 요인이다. 허리둘레와 높은 상관성을 가지는 복부내장지방형 비만은 이상지혈증, 고인슐린혈증, 당뇨병, 고요산혈증, 동맥경화를 유발하는 대사 이상을 초래하여 뇌혈관 질환과 심혈관질환의 사망률을 높이는 주요 위험인자임이 밝혀졌으며[41,65], 실제로 아동·청소년기의 체지방률과 복부내장지방조직량이 대사증후군 관련인자와 정적인 상관관계가 있다고 Owens 등[46]과 Sinaiko 등[63]이 이미 보고한 바 있다.

8주간의 WT 실시 후 허리둘레는 운동 전보다 통제군은

Table 3. Changes of metabolic syndrome facts after 8 weeks WT programs

Variable	Group	n	Pre (M±SD)	Post (M±SD)	t-value	% diff. (M±SD)	F Duncan	
Waist size (cm)	Control group(A)	15	90.83±10.12	93.66±10.44	-3.704**	3.16±3.41	20.470*** (B,C<D<A)	
	B group(B)	15	94.18±7.59	87.38±8.13	6.669***	-7.22±4.28		
	C group(C)	15	90.22±8.88	84.20±8.24	4.846***	-6.53±4.92		
	D group(D)	15	87.64±9.29	85.86±10.56	2.316*	-2.14±3.61		
Fasting glucose (mg/dl)	Control group(A)	15	89.46±8.27	91.33±9.02	-.725	2.62±11.99	2.107	
	B group(B)	15	89.86±6.86	86.53±5.28	1.983	-3.35±7.19		
	C group(C)	15	85.93±4.31	87.20±4.60	-1.041	1.60±5.61		
	D group(D)	15	90.33±4.41	87.20±7.80	1.614	-3.39±8.01		
TG (mg/dl)	Control group(A)	15	92.66±30.60	112.86±38.80	-3.127*	23.87±33.90	4.487** (B<C,D<A)	
	B group(B)	15	116.20±56.82	77.46±41.74	3.487**	-28.69±23.02		
	C group(C)	15	92.20±41.37	82.06±38.25	.752	2.82±62.81		
	D group(D)	15	98.33±63.85	75.26±27.93	1.365	-9.71±30.05		
Blood pressure (mmHg)	SBP	Control group(A)	15	131.60±16.53	128.60±20.02	1.024	-2.34±8.58	4.995** (B<A,C,D)
		B group(B)	15	134.66±14.80	116.60±9.91	5.937***	-12.90±7.63	
		C group(C)	15	129.13±9.14	129.73±20.73	-.143	.25±12.65	
		D group(D)	15	132.86±13.40	128.53±15.60	1.171	-2.96±10.45	
DBP	Control group(A)	15	72.66±11.50	81.26±23.57	-1.348	14.50±37.11	1.568	
	B group(B)	15	75.60±7.51	72.93±11.71	1.041	-3.52±13.21		
	C group(C)	15	69.06±7.73	73.93±9.67	-2.206*	7.48±12.74		
	D group(D)	15	70.40±9.71	78.46±21.13	-1.696	11.26±25.33		
HDL-C (mg/dl)	Control group(A)	15	48.76±6.55	45.97±5.35	1.772	-4.69±13.38	3.315* (A<D)	
	B group(B)	15	45.38±6.08	45.68±5.75	-.442	.88±5.76		
	C group(C)	15	47.36±6.04	49.48±6.69	-1.674	4.88±10.40		
	D group(D)	15	46.20±6.78	48.31±4.60	-2.132	5.46±8.73		

Values are mean±standard deviation.

A group: control group, B group: 40~55%RM, C group: 60~75%RM, D group: 80~90%RM

*: $p<0.05$, **: $p<0.01$, ***: $p<0.001$

증가하였지만 3개 운동군은 모두 현격한 감소를 보였다. 집단 간의 변화율에서는 저·중강도 운동군이 고강도 운동군보다, 고강도 운동군이 통제군보다 높은 감소를 보였는데 강도면에서 볼 때 이것은 WT가 고강도일 때는 근육향상을 야기하지만 체지방 감소 효과는 저·중강도 보다 상대적인 효과가 낮음을 의미한다. 물론 WT가 장기간 지속될 때는 근육량이 증가하여 고강도 운동군의 허리둘레 감소 효과가 크게 나타날 것이라 예측해 볼 수 있지만 8주간의 단기적인 WT는 80%RM 이상의 고강도에 가까운 WT 강도보다는 저·중강도가 허리둘레 감소에 도움이 된다는 것을 알 수 있었다. 또한 허리둘레 감소를 유발하는 체지방 감소는 무엇보다도 낮은 운동강도와 높은 빈도가 결정하므로 고강도 그룹이 저·중강도 그룹보다 상대적으로 부하강도가 높아 종목별 운동 수행 빈도가 절대적으로 적었던 것도 이러한 결과를 가져온 원인으로 생각된다.

따라서, 허리둘레 감소를 위한 WT의 적정 강도는 저·중강도인 40~75%RM 정도가 적절하다고 생각되며, 본 연구의 운동군 허리둘레 감소는 무엇보다도 규칙적인 WT의 dead lift와 curl-up이 복부의 근 비대와 체지방량의 증가를 통한 기초대사량과 활동대사량 증가[20]와 적절한 빈도와 강도가 %fat의 감소를 유발하여 나타난 현상으로 보인다. 최근 체중감량이나 허리둘레 감소를 위해 음식물만 줄이는 경우가 있는데 이것은 지방뿐 아니라 근육도 상당히 감소하게 하므로 근육감소에 따른 기초대사량의 감소가 지속적인 체중감량을 유지해 주지 못해 요요현상을 야기할 수 있으므로 체지방을 줄이면서 근육을 증가, 유지할 수 있는 WT는 기초대사량의 감소와 체중감량의 효과를 동시에 얻을 수 있다. Jurca 등[23]도 근육수준이 대사증후군의 유발률과 역상관이 있다고 보고하여 근육운동의 효율성을 시사하였으며[28], 이러한 아동·청소년의 대사증후군 관련인자가 청·장년까지 이어지지 않도록 WT를 규칙적으로 실시함이 바람직할 것으로 생각된다.

Blood pressure

수축기혈압의 운동 전·후 집단 내 비교에서 B group은 134.66 mmHg에서 116.60 mmHg로 유의하게($p<0.001$) 감소되었으나 다른 group은 차이가 없었고, 집단 간 변화율의 비교에서는 B group이 통제군과 C, D group보다 유의하게($p<0.01$) 감소하였다(Table 3). 이완기혈압의 운동 전·후 집단 내 비교에서 C group은 69.06 mmHg에서 73.93 mmHg로 유의하게($p<0.05$) 증가되었으나 다른 group은 차이가 없었고, 집단 간 차이는 없었다. 대사증후군의 대부분의 임상 기준 지침에는 높은 혈압이 구성요소로 포함되어 있다[50]. 물론 대사 위험 요인사이의 상호관련성의 미 규명과 대사증후군의 요인 분석 결과에서 다른 위험 요인과 고혈압의 관련성이 높지 않은 이유로 반대하는 주장도 있지만 정상 범위의 고혈압이 대사증후군 환자의 심·혈관계 합병증을 현저하게 감소시키

로 운동을 통한 혈압 감소의 효과는 의심할 여지가 없다.

최근 약물을 투여하지 않고 혈압을 저하시킨다는 점에서 고혈압에 대한 운동요법의 유효성이 주목받고 있으며[22], 생활습관(운동요법, 식이요법, 행동수정요법)의 개선을 기초로 한 규칙적인 신체활동이 큰 효과를 보였다는 연구가 보고되었다[33]. 특히 최근 Javaheri 등[21]의 13~16세의 건강한 청소년 238명을 대상으로 건강한 청소년에서 수면 부족이 혈압에 미치는 영향을 검토한 보고를 보면 청소년 수면부족이 성인기 고혈압 발생을 2.5~3.5배 증가시킨다고 보고한 바 있다. 이러한 보고는 우리나라 아동·청소년들의 생활패턴을 볼 때 좌업생활이 많고 학습량의 과다에 의한 수면부족이 일상으로 되어 있어 이에 대한 심·혈관계 질환 발생 위험성이 예견되고 있다.

본 연구의 혈압의 집단 내 결과는 수축기의 저강도 운동군이 현저하게 감소하였고, 이완기는 중강도 운동군이 증가하였다. 이완기의 집단간 비교에서는 차이가 없었지만 수축기는 저강도 운동군이 모든 집단보다 우수한 감소를 보였다. 저강도 운동군의 현저한 수축기 혈압 감소는 전술한 바와 같이 운동요법의 효과가 가장 큰 이유로 생각되며, 그 메커니즘은 ACSM [2]에서 밝힌 바 있는 규칙적인 운동 실시에 따른 체지방률 감소와 이로 인한 내장지방의 감소가 주된 원인으로 생각된다. 또한 강호을 등[25]은 본 연구의 대상자와는 연령이 다르지만 중년여성 13명을 대상으로 12주간, 주 4회, 주관적 운동강도(RPE) 12-14로 걷기운동을 실시한 결과 수축기혈압은 사전보다 6, 12주 후에 감소했다고 보고하였으며, Wang 등[67]의 연구는 성인 남자 10명을 대상으로 8주간, 주 5일, 30분간 50% VO_2max 로 걷기운동을 실시한 결과, 수축기 혈압이 운동 8주 후 유의하게 감소하였다고 보고하여 본 연구의 결과를 지지해 주고 있다. 그러나 이완기 혈압은 운동군과 비운동군에 있어 별다른 변화를 보이지 않았는데 그러한 결과는 이미 일반화되어 있는 바와 같이 운동 후 수축기 혈압의 감소는 운동량에 어느 정도 비례하나, 이완기 혈압의 변화는 운동량, 운동강도와 형태와는 관계없이 거의 변화되지 않는다는 강희성 등[24]의 주장과 유사하게 나타났다. 박강서[52]도 매일 30분의 규칙적 운동은 혈압을 4~9 mmHg 저하시키며, 운동을 통한 체중 감소는 1 kg 감량 시 동맥압 1 mmHg를 저하시킨다고 보고하였다.

따라서, 이러한 주장으로 미루어 혈압은 운동기간, 운동량과 관계가 깊고, 본 연구의 저강도 운동군의 전 고혈압 단계인 134.66 ± 14.80 mmHg에서 111.60 ± 9.91 mmHg의 현저한 혈압 감소는 중·고강도보다는 저강도의 WT가 효과적이라는 것을 제시하였으며, 이러한 저강도 WT를 통한 수축기 혈압의 감소는 무엇보다도 규칙적인 WT가 혈관 벽에 부담을 줄여 혈관 벽의 탄력성을 유지하거나 개선시켜 대사증후군의 중요 인자인 정상혈압을 유지하는 효과가 있었던 것으로 생각된다.

Fasting glucose level

공복혈당의 운동 전·후 집단 내, 집단 간 비교에서는 차이가 없었다. 대사증후군의 한 인자인 공복혈당은 공복 시 혈액 속에 함유되어 있는 포도당을 의미하며, 혈당은 그 정상 범위가 비교적 좁은 편으로 70~110 mg/dl 정도이다. 정상적인 상태에서 혈당은 식후에도 180 mg/dl를 넘는 일은 없고, 기아(飢餓) 때에도 60 mg/dl 이하로 떨어지는 일은 거의 없다 (Table 3). 일반적으로 식사 후에는 혈당이 급격히 올라가는 듯 하나 시간이 지나면 다시 정상수치로 돌아온다. 청소년에 대한 대사증후군 공복혈당 인자의 기준은 비공식이지만 Cook 등[10]은 110 mg/dl 이하로 제시하였다.

본 연구의 공복혈당의 운동 전·후 집단 내, 집단 간 비교에서는 차이가 없었다. 아동청소년의 대사증후군 기준이 모호하여 주로 성인의 기준을 변형하여 사용하고 있고, 공복혈당의 위험 수준이 제시되지 않아 각기 다른 수준을 보고하고 있지만 대부분의 연구들은 고혈당증을 보이는 결과가 거의 없거나 다른 요인보다 현저하게 낮은 비율을 보이고 있다[37]. 본 연구에서도 대상자가 비만자로 고혈당을 일부 나타낼 것으로 예상했지만 운동 실시 여부에 관계없이 거의 정상수준에 있었다. 이것은 대상자가 비만에 따른 여러 인자들의 영향을 받아 인슐린저항성이 진전되고 있지만 아직은 체장의 기능이 양호하고, 혈당농도는 정상수준을 유지하려는 강한 신체 항상성에 의해서 나타난 현상으로 보인다.

청소년을 대상으로 운동을 실시하여 공복혈당의 증감을 알아 본 연구가 많지 않아 본 연구의 결과와 명쾌한 비교가 어렵지만 대체로 대사작용이 양호한 아동·청소년기에서는 대사증후군 인자의 결합이 있다고 하더라도 크게 그 양상이 나타나지 않는 것으로 생각된다. 하지만 비만이나 복부비만을 가지고 있는 학생은 성인기에 들어서면서 대사작용이 완만해지면 고혈당이 나타나 당뇨병이나 대사증후군으로 전이되는 확률이 높기 때문에 청소년기의 정상체중이나 혈당관리는 매우 중요한 일이 아닐 수 없다. 그러나 본 연구의 대상과 연령차는 있지만 Sigal 등[62]은 39세에서 70세에 이르는 251명의 제2형 당뇨병환자들을 대상으로 22주간, 주 3회 저항운동과 복합운동을 실시하였을 때 저항운동이 복합운동보다는 혈당감소 효과가 낮았지만 유의하게 감소하였다고 보고하여 WT의 혈당감소 효과를 보고하였고, 본 연구의 WT와 같이 단일운동은 아니었지만 비만 남자중학생을 대상으로 12주간, 40~50분간 유산소운동(주 2회)과 저항운동(주 2회)을 복합한 운동을 실시한 권용일 등[35]의 연구와 비만 여중생 40명(운동군 19명, 대조군 21명)을 대상으로 12주간, 주 6회, 30~60분간, 걷기운동을 실시한 김태운[33]의 연구 결과는 모두 복합운동을 실시하여 혈당에서 유의한 감소를 보고하여 본 연구와 상이한 결과를 보고하였다. 그러나 연령과 성의 차이가 있지만 강호열, 정수련과 정현령[25]의 연구에 의하면 중년여성 13명을 대상으로 12주간, 주 4회, 주관적운동강도(RPE) 12~14로 걷기운동을

실시한 결과 혈당에 차이가 없었다고 보고하였고, 박주영과 안주미[51]도 중년여성 11명을 대상으로 12주간, 주 3회, 1회 60분간 건강체조를 실시한 결과 혈당은 유의하게 증가하여 반드시 WT를 실시한 것은 아니지만 운동실시가 본 연구와 유사하거나 상반된 결과를 보여주고 있다.

이러한 결과는 비만청소년의 대부분이 인슐린저항성과 대사작용의 원활함으로 인하여 혈당에는 크게 영향을 미치지 않는 것으로 보이며, 또한 청소년에게서는 규칙적인 운동과 혈당과의 관계가 명확하게 규명되지 않고 있다는 것을 시사한다. 또한 혈당 수준은 혈당 측정 시기나 피험자의 영양섭취 상태, 트레이닝 이전의 건강과 체력수준 등에 따라 상이하고, 연령에 따라 차이가 있기 때문이다. 하지만 운동이 칼로리 소모를 가져오는 것이 분명하기 때문에 WT를 포함한 장기간 규칙적인 운동은 청소년에게 다가오는 성인기의 정상적인 혈당수치 수준 유지에 도움을 줄 것으로 본다.

TG level

Table 3에서는 TG의 운동 전·후 집단 내 비교에서 통제군은 92.66 mg/dl에서 112.86 mg/dl로 유의하게($p<0.05$) 증가하였고, B group은 116.20 mg/dl에서 77.46 mg/dl로 유의하게($p<0.01$) 감소하였으며, 집단 간 변화율의 비교에서는 통제군보다 C, D group이, C, D group보다는 B group이 유의하게($p<0.01$) 감소하였다. 또 다른 대사증후군 인자인 TG는 본 연구 결과, 운동 후 통제군은 증가하였으나 저장도 운동군은 현저한 감소를 보였다. 집단 간 변화율 비교에서도 저장도 운동군이 가장 높은 감소율을 보였으며, 중·고강도 운동군도 통제군보다 우수하게 감소하였다.

TG는 주로 고기, 생선, 기름 등의 음식을 통해 체내로 공급되며 혈당을 에너지원으로 사용하는 뇌를 제외한 모든 기관의 중요한 동력이 된다. 하지만 너무 많이 체내에 들어올 경우 주로 배에 있는 지방세포에 축적되며 그 양이 많아질수록 심·혈관에 부담을 주는 요인이 된다. 이상지혈증 지표인 TG는 서양인이나 다른 동양인에 비해 유독 우리나라 사람에게서 수치가 높게 나타나며, 서구인의 경우 TG는 평균치가 70 mg/dl 내외인 반면 우리나라 성인의 평균치는 약 120 mg/dl 정도이다. 성인의 경우, 미국에서 발표한 기준치가 150 mg/dl인데 우리나라 성인의 3분의 1이 이미 이 수치를 넘고 있다.

TG가 높은 사람은 혈관에 좋은 HDL-C가 낮고 혈압은 높아 인슐린이 잘 작동하지 않는 대사증후군이 나타나기 쉽기 때문에 TG가 모여있는 뱃살 관리가 매우 중요하다. 본 연구의 결과에서는 대상자의 운동 전 TG는 수준이 저장도 운동군(116.20±56.82 mg/dl)을 제외하고는 Cook 등[10]이 제시한 아동·청소년의 대사증후군 기준인 110 mg/dl 이상의 범위에 속하지는 않았지만 운동 후에는 통제군은 위험 수준에 도달하였고, 중·고강도 운동군은 유의하지는 않았지만 운동 후 75~82 mg/dl 수준으로 감소하여 WT의 효과를 명확히 확인할

수 있었다. 이러한 결과는 연령은 차이가 있지만 여중생 32명을 대상으로 주 3회, 12주간 복합운동을 실시하여 TG의 감소를 보고한 박태곤[53]과 과체중 및 비만 아동 18명을 대상으로 12주간 복합운동 실시하여 TG의 유의한 감소를 확인한 김종원과 김현준[31]의 연구 결과와 맥락을 같이 하고 있어 WT의 TG 감소 효과를 지지하는 것이다.

TG는 글리세롤과 유리지방산으로 분해되어 대체로 운동시간이 30분 이상 길어지면 유리지방산의 소모가 증가되어 주 에너지원으로 사용되므로 운동을 통한 소모가 가장 효율적이다. 본 연구에서 저강도 운동군의 TG 감소의 탁월한 효과는 운동 강도가 낮아 중·고강도군 보다 운동을 오래 지속하여 유리지방산의 소비를 촉진한 결과로 생각되며 결론적으로는 WT를 통한 TG 감소는 중·고강도보다는 40~55%RM의 저장도 수준이 적합한 것으로 생각된다.

HDL-C level

HDL-C의 운동 전·후 집단 내 비교에서는 차이가 없었고, 집단 간 변화율의 비교에서는 통제군보다 D group이 유의하게($p<0.05$) 증가하였다(Table 3). HDL-C의 주된 기능은 말초 조직의 총 콜레스테롤을 받아 간으로 20~30%를 운반하는 콜레스테롤의 역수송(reverse cholesterol transportation)이다. 이 기능은 적절한 혈중 콜레스테롤 농도의 유지와 동맥벽 세포 내의 콜레스테롤을 제거하고 거품세포의 형성을 막는 죽상경화증의 예방이 중요한 기능이며, 항콜레스테롤 인자 또는 장수인자라고 불리어지고 있다[3].

이미 2002년 ATP III (Adult Treatment Panel III)는 콜레스테롤이 높은 환자의 관리를 위한 접근방법을 제시할 때 HDL-C의 증가와 역상관을 보이는 관상동맥 질환의 강력한 위험인자인 LDL-C의 관리에 1차적으로 초점을 맞추었다. 낮은 수준의 HDL-C는 고중성지방, 과체중, 비만, 운동부족, 2형 당뇨병 등과 함께 흔히 인슐린 저항성과 관련하여 발생하게 되고, HDL-C를 상승시킬 때 총 사망률과 심근경색, 뇌졸중 등을 유의하게 낮출 수 있다고 학계에서 보고한 바 있어 HDL-C의 수준 향상은 중요한 일이다.

본 연구에서 WT 후 HDL-C 변화는 집단 내에서는 전·후 차이는 없었지만 고강도 운동군이 통제군보다 우수하게 증가되었다. 대부분의 대사증후군 인자에서는 주로 저장도가 긍정적인 영향을 미치는 것으로 나타났으나 약한 강도는 HDL-C를 향상시키는 결과를 발견할 수 없었다. 이러한 결과는 HDL-C 향상을 위해서는 강도가 높은 운동을 실시해야 한다는 것을 암시하고 있다. 즉, 근육량의 증가를 피할 수 있는 고강도 수준의 규칙적인 WT에 의해서 체중감량이 나타나고 근육량이 증가됨에 따라 에너지소모량의 증가되어 그것이 HDL-C의 증가를 가져오는 것으로 보인다. 이것은 Stefanick 등[64]이 이미 주장한 HDL-C가 에너지소모량과 비례하여 증가한다는 보고와 관련이 있는 것으로 생각되며, 저·중강도

운동군의 운동강도는 주로 근지구력 향상에 초점을 두고 있고, 근력증가에는 영향을 못 미치는 강도설정의 결과일 것이며 HDL-C 향상은 고강도로 실시해야 증가한다는 것을 시사한다. 하지만 반드시 고강도 수준의 운동이 아니더라도 규칙적인 운동이 HDL-C 증가를 가져온다는 연구[4,32]도 있으며, 중·고령층의 대사증후군 위험을 예방하기 위해서는 중등도 이상의 운동이 필요하다는 보고도 있다[43]. 특히 통계적 유의성은 없었지만 통제군은 사후 HDL-C 수준이 증가하였고, 저·중강도 운동군은 사전 HDL-C 수준이 45.38~47.46 mg/dl로 대사증후군 유병 위험 수준은 아니었지만 통계적으로 유의함은 없이 사후에 45.68~49.48 mg/dl로 조금 증가한 것은 8주간의 WT 실시의 효과로 보인다. 이동수 등[36]도 중학생을 대상으로 12주간의 WT 후 HDL-C 농도가 유의하게 증가하였다고 하였으며, 대체로 저강 운동은 HDL-C를 13% 정도 향상시키며, HDL-C에 대한 TC의 비율도 낮출 수 있다[17,68]. 또한 운동 유형에 관계없이 규칙적인 운동을 매일 30분 이상 할 때 3~9% 상승하고, 금연 시에는 평균 4 mg/dl 상승하며, 체중 1 kg 감량 시마다 0.35 mg/dl 정도 상승하므로 무엇보다도 탄수화물 식사를 줄이고 규칙적인 운동을 실시하는 것이 필요하고[19], 학교에서의 금연교육을 포함한 운동프로그램 실시는 적극 권장되어야 할 것이다.

종합하면, 대사증후군의 결정요소는 비만, 체력, 생활양식이므로[15], 대사증후군의 예방은 무엇보다도 식·생활습관을 개선하고 정상체중을 유지하는데 있다. 본 연구를 통하여 대사증후군 인자의 개선을 위한 WT의 가장 효과적인 강도는 저장도임을 확인할 수 있었으며, 무엇보다도 체중증가 시기에 있는 청소년 비만자는 단기간 동안에 체중을 감소시키는 것 자체가 대사증후군 인자 개선에 큰 도움이 되지 않으므로 1년에 5~10%의 체중감량을 달성할 수 있도록 칼로리를 제한하고 고당질 섭취를 제한하는 식사 내용의 변화와 규칙적인 운동과 일상생활에서의 운동을 규칙적으로 실시하는 습관의 정착만이 대사증후군을 예방하는 유일한 방법이라 본다.

요 약

일반계 비만고교생 60명을 4그룹으로 구분, 웨이트트레이닝을 1일 60~70분, 주 3회, 8주간 강도별(A group: control group, B group: 40~55%RM, C group: 60~75%RM, D group: 80~90%RM)로 실시하여 대사증후군 5가지 인자(waist size, fasting glucose, TG, HDL-C, blood pressure) 개선을 위한 가장 효과적인 WT 강도를 알아보았다. Waist size의 감소는 운동군 모두 효과적이었으나 40~55%RM과 60~75%RM 실시 그룹이 더욱 효과적이었고, TG의 감소도 운동군 모두 효과적이었으나 40~55% RM 실시 그룹이 더욱 효과적이었다. Fasting glucose는 차이가 없었으며, HDL-C는 대조군보다 80~90%RM 실시 그룹이 유의하게 증가하였고, blood

pressure는 diastolic blood pressure는 차이가 없었고, systolic blood pressure는 다른 그룹보다 40~55%RM 실시 그룹이 유의하게 감소하였다. 이러한 결과는 중·고강도보다는 오히려 저강도가 대사증후군 인자 개선에 효과적이라는 것을 시사하며, 웨이트트레이닝이 비만고교생의 대사증후군 위험 인자를 개선해준다는 사실을 확인하였다. 따라서, 비만고교생은 대사증후군 인자의 개선을 위해 40~55% RM의 웨이트트레이닝을 실시하는 것이 효과적이라 생각된다.

감사의 글

본 연구는 2007년도 경상대학교 학술진흥지원사업 연구비에 의하여 수행되었으며 이에 감사드립니다.

References

- American College of Sports Medicine. 2002. ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription. Lippincott Williams and Wilkins, Philadelphia.
- American College of Sports Medicine. 2003. ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription. 4th eds., Lippincott Williams and Wilkins, Philadelphia.
- American College of Sports Medicine. 2006. ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription. 7th eds., Lippincott Williams and Wilkins, Philadelphia.
- Baek, E. J. and M. G. Lee. 2007. Effects of an 8-week combined training of walking and rope skipping on body composition, physical fitness, blood Lipid profiles, and growth hormone in elementary students. *KJPE* **46**, 461-473.
- Balady, G. J., K. A. Berra, I. A. Golding, N. F. Gordon, D. A. Mahelr, J. N. Myers, and I. M. Sheldahl. 2000. ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription. 6th eds., Lippincott Williams and Wilkins, Philadelphia.
- Cauderay, M., F. Narring, and P. Michaud. 2000. A cross-sectional survey assessing physical fitness of 9- to 19-year-old girl and boys in Switzer, *Pediatr. Exerc. Sci.* **12**, 398-412.
- CDC. 2006. Physical activity and health women. <http://www.cdc.gov>.
- Cha, B. S. 2006. Diagnosis of metabolic syndrome. *Korean Diabetes* **7**, 20-24.
- Choi, H. J. 2008. Association of blood leptin level with cardiorespiratory fitness, body composition, and metabolic syndrome in female college students. *JKPEAGW* **22**, 137-149.
- Cook, S., M. Weitzman, M. S. Auinger, M. Nguyen, and W. H. Dietz. 2003. Prevalence of metabolic syndrome phenotype in adolescents. *Arch. Pediatr. Adolesc. Med.* **157**, 821-828.
- Earle, R. W. and T. R. Baechle. 2004. NSCA's Essentials of Personal Training II: Human Kinetics.
- Ehtisham, S., T. G. Barrett, and N. J. Shaw. 2000. Type 2 diabetes mellitus in UK children - an emerging problem. *Diabet. Med.* **17**, 867-871.
- Fagot-Campagna, A., D. J. Pettitt, M. M. Engelgau, N. R. Burrows, L. S. Geiss, and R. Valdez. 2000. Type 2 diabetes among North American children and adolescents: an epidemiologic review and a public health perspective. *J. Pediatr.* **136**, 774-782.
- Faigenbaum, A. D. 2000. Strength training for children and adolescents. *Clin. Sport Med.* **19**, 593-619.
- Ferreira, J. W., W. Twisk, W. van Mechelen, H. C. Kemper, and C. D. Stehouwer. 2005. Development of fatness, fitness, and lifestyle from adolescence to the age of 36 years: determinants of the metabolic syndrome in young adults. The Amsterdam growth and health longitudinal study. *Arch. Intern. Med.* **165**, 42-50.
- Ford, E., W. Giles, and W. Dietz. 2002. Prevalence of the metabolic syndrome among US adults; findings from the third national health and nutrition examination survey. *JAMA* **287**, 356-359.
- Han, S. C., J. P. Cheon, and S. H. Lee. 2007. The effects of exercise type on the components of the metabolic syndrome. *KJGD* **15**, 75-86.
- Han, S. W., W. J. Lee, and H. D. Lee. 2007. The effect of changes in intensity of weight training on the body composition and physical strength factors. *JKSR* **18**, 491-502.
- Hong, H. S., J. S. Park, H. K. Ryu, and H. Y. Kim. 2008. The association of plasma HDL-cholesterol level with cardiovascular disease related factors in Korean type 2 diabetic patients. *JKDA* **32**, 215-224.
- Ivy. 1997. Role of exercise training in the prevention and treatment of insulin resistance and non insulin dependent diabetes mellitus. *Sports Med.* **24**, 321-336.
- Javaheri, S., A. Storfer-Isser, C. L. Rosen, and R. Susan. 2007. Proceedings of the national Academy of Sciences, **104**, 12587-12594.
- Jeon, Y. J. 2004. The effects of long-term aerobic exercise on body composition and blood lipoprotein in hypertensive patients. *JKSR* **15**, 705-713.
- Jurca, R. M. J. Lamonte, C. E. Barlow, J. B. Kampert, T. S. Church, and S. N. Blair. 2005. Association of muscular strength with incidence of metabolic syndrome in men. *Med. Sci. Sports Exerc.* **37**, 18849-18855.
- Kang, H. S., K. J. Kim, T. W. Kim, H. M. Kim, K. T. Jang, J. G. Jeon, and H. C. Cho. 2001. *Physiology of Sport and Exercise*. Daehanmedia, Seoul.
- Kang, H. Y., S. L. Jung, and H. R. Jung. 2004. The effect of 12week walking exercise on blood pressure of postmenopausal women. *KJPE* **43**, 435-443.
- Kang, J. H. 2004. Obesity. Hanuribook, Seoul.
- Kang, Y. H., W. S. Lee, and K. K. Ko. 2008. Effects of exercise types on body composition, physique and fitness measurements of obese middle school students. *JKSR* **19**, 1411-1413.
- Katzmarzyk, P. T., A. S. Leon, J. H. Wilmore, J. S. Skinner, D. C. Rao, T. Rankinen, and C. Bouchard. 2003. Targeting the metabolic syndrome with exercise: evidence from the heritage family study. *Med. Sci. Sport Exerc.* **35**, 1703-1709.
- Kim, C. K., H. C. Kim, and M. K. Lee. 2008. Effects of 12 weeks of combined exercise training on cardiopulmonary

- function and metabolic syndrome risk factors in elderly farmers. *KJPE* **47**, 377-388.
30. Kim, H. J. 2008. Relationship between c-reactive protein and metabolic syndrome risk factors after combined exercise in overweight and obese adolescent. *J. sport and leisure studies* **33**, 787-795.
 31. Kim, J. W. and H. J. Kim. 2007. Effects of combined exercise training on metabolic syndrome related factors in overweight and obese elementary school boys. *KJPE* **46**, 683-693.
 32. Kim, J. W., J. Y. Jeon, and T. U. Kim. 2007. Effects of walking and behavior modification program on body composition, physical fitness and metabolic syndrome related factors in obese girls. *JLS* **17**, 1744-1753.
 33. Kim, T. W. 2005. Effects of lifestyle change programs adoption on metabolic syndrome related factors and adiponectin in obese adolescent girls. *KJEN* **9**, 281-289.
 34. Kim, Y. I. 2008. The correlation of poor heart rate recovery and serum lipids, exercise capacity in metabolic syndrome patients. *Exercise Science* **17**, 289-299.
 35. Kwon, Y. I., T. G. Park, G. H. Park, C. H. Park, J. Y. Jeon, M. K. Choe, K. H. Lee, T. W. Kim, and Y. O. Yang. 2006. Effects of combined exercise training on physical fitness and metabolic syndrome in obese middle school boys. *KJPE* **45**, 611-621.
 36. Lee, D. S., B. H. Lee, J. G. Kim, H. W. Moon, and S. S. Yoon. 2003. The effects of aerobic exercise and weight training on changes of blood lipid profile in obese middle school student. *Exercise Sci. J.* **12**, 233-243.
 37. Lee, J. H. 2006. Physical activity pattern of obese children with and without metabolic syndrome. *KJPE* **45**, 599-607.
 38. Leite, M. L. C. and A. Nicolosis, 2006. Lifestyle correlates of anthropometric estimates of body adiposity in an Italian middle-aged and elderly population: a covariance analysis. *Int. J. Obesity* **30**, 926-934.
 39. Lim, S., E. J. Lee, B. K. Koo, S. I. Cho, K. S. Park, H. C. Jang, S. Y. Kim, and H. K. Lee. 2005. Original articles : Increasing trends of metabolic syndrome in Korea -based on Korean national health and nutrition examination surveys-. *J. Kor. Diabetes Assoc.* **29**, 432-439.
 40. Maki, K. C. 2004. Dietary factors in the prevention of diabetes mellitus and coronary artery disease associated with the metabolic syndrome. *Am. J. Cardiol.* **93**, 12-17.
 41. McFarlane, S. I., M. Banerji, and J. R. Sowers. 2001. Insulin resistance and cardiovascular disease. *J. Clin. Endocr. Metab.* **86**, 713-718.
 42. McKenzie, T. L. 2001. Promotion physical activity in youth: focus on middle school. *Enviroments* **53**, 326-334.
 43. Medical-Tribune. 2005. <http://www.medical-tribune.co.kr/news/24697> (2005/03/10).
 44. Mertens, I., A. Verriken, J. J. Michiels, M. Van der Planken, J. B. Ruige, and L. F. Van Gaal. 2006. Among inflammation and coagulation makers, PAI-1 is a true component of the metabolic syndrome. *Int. J. Obesity* **30**, 1308-1314.
 45. National Cholesterol Education Program. 2001. Executive summary third report of the national cholesterol education program (NCEP) expert panel on detection, evaluation, and treatment of high blood cholesterol in adults (Adult Treatment Panel III). *JAMA* **285**, 2486-2497.
 46. Owens, S., B. Gutin, P. Barbeau, M. Litaker, J. Allison, M. Humphries, T. Okuyama, and N. A. Le. 2000. Visceral adipose tissue and markers of the insulin resistance syndrome in obese black and white teenagers. *Obese. Res.* **8**, 287-293.
 47. Park, B. S. 2008. The effects of strength, strength and walking, strength and yoga on obese middle-aged women's physical fitness for 12 weeks. *JKPEAGW* **22**, 53-66.
 48. Park, C. H. and T. G. Park. 2009. Effects of aerobic exercise plus lifestyle modification program on obese-induced metabolic syndrome in obese adolescent girls. *JLS* **19**, 198-205.
 49. Park, H. S., S. W. Oh, J. H. Kang, Y. W. Park, J. M. Choe, Y. S. Kim, W. H. Choe, H. J. You, and Y. S. Kim. 2003. Prevalence and associated factors with metabolic syndrome in south korea - From the korean national health and nutrition examination survey, 1998. *J. KSSO* **12**, 1-14.
 50. Park, H. S., Y. S. Yun, J. A. Kim, S. M. Kim, E. S. Lee, and J. H. Han. 2007. Manual of Metabolic Syndrome. Metabolic Syndrome Study, Seoul.
 51. Park, J. Y. and J. M. Ahn. 2005. The effects on the quality of life by the healthful exercise program in middle-aged women. *J. sport and leisure studies* **24**, 397-410.
 52. Park, K. S. 2006. Metabolic syndrome and hypertension. *Korean Diabetes J.* **1**, 37-45.
 53. Park, T. G. 2005. Effects of 12 weeks walking exercise on metabolic syndrome makers in obese middle school girls. *KJPE* **44**, 507-517.
 54. Park, W. K. 2008. Comparison of health-related physical fitness, inflammatory markers and anti-oxidative capacity after swimming and resistance exercise program between pre-menopausal and post-menopausal women. *KJGD* **16**, 117-125.
 55. Park, Y. W. 2005. Office management of obesity. Hanmibook, Seoul.
 56. Rankin, J. W., L. P. Goldman, M. J. Puglisi, S. M. Nickols-Richardson, C. P. Earthman, and F. C. Gwazdauskas. 2004. Effect of post-exercise supplement consumption on adaptations to resistance training. *J. Am. Coll. Nutr.* **23**, 322-330.
 57. Raustrop, A, R. P, Pangrazi, and A. Stahle. 2004. Physical activity level and body mass index among schoolchildren in south-eastern Sweden. *Acta. Paediatr.* **93**, 400-404.
 58. Rubin, M. R., W. J. Kraemer, C. M. Maresh, J. S. Volek, N. A. Ratamess, J. L. Vanheest, R. Silvestre, D. N. French, M. J. Sharman, D. A. Judelson, A. L. Gomez, J. D. Vescovi, and W. C. Hymer. 2005. High-affinity growth hormone binding protein and acute heavy resistance exercise. *Med. Sci. Sports Exerc.* **37**, 395-403.
 59. Scott, M. G., I. C. James, T. C. Luther, B. H. Donald, C. P. Richard, C. S. Sidney, and J. S. Neil. 2004. Implications of recent clinical trials for the national cholesterol education program adult treatment panel III guidelines. *Circ. Res.* **110**, 227-239.
 60. Shin, Y. A., S. J. Kang, and K. J. Kim. 2008. The synergistic effect of the UCP1 and FABP2 gene polymorphism on meta-

- bolic syndrome, insulin resistance and cardiorespiratory fitness. *J. sport and leisure studies* **32**, 813-827.
61. Shin, Y. O., J. K. Kim, and H. W. Moon. 2006. Effects of weight training and aerobic exercise on plasma growth hormone and insulin-Like growth factor-1 in obese adolescent. *KJPE* **45**, 575-582.
 62. Sigal, R. J., G. P. Kenny, N. G. Boule, G. A. Wells, D. Prud'homme, M. Fortier, R. D. Reid, H. Tulloch, D. Coyle, P. Phillips, A. Jennings, and J. Jaffey. 2007. Effects of aerobic training, resistance training, or both on glycemic control in type 2 diabetes: A Randomized Trial. *Ann. Intern. Med.* **147**, 357-369.
 63. Sinaiko, A. R., D. R. Jr. Jacobs, J. Steinberger, A. Moran, R. Luepker, A. P. Rocchini, and R. J. Prineas. 2001. Insulin resistance syndrome in childhood: associations of the euglycemic insulin clamp and fasting insulin with fatness and other risk factors. *J. Pediatr.* **139**, 700-707.
 64. Stefanick, M. L., S. Mackey, M. Sheehan, N. Ellsworth, W. L. Haskell, and P. D. Wood. 1998. Effects of diet and exercise in men and post-menopausal women with low levels of HDL cholesterol and high levels of LDL cholesterol. *New Engl. J. Med.* **339**, 12-20.
 65. Tooke, J. E. and M. M. Hannemann. 2000. Adverse endothelial function and the insulin resistance syndrome. *J. Intern. Med.* **247**, 425-431.
 66. Vivan, H. and H. Heyward. 2002. Advanced Fitness Assessment and Exercise Prescription. Burgess Publishing Company, Minneapolis, Minnesota.
 67. Wang, J. S. and S. E. Chow. 2004. Effects of exercise training and detraining on oxidized low density lipoprotein-potentiated platelet function in men. *American Congress of Rehabilitation Medicine and the American Academy of Physical Medicine and Rehabilitation* **85**, 1531-1537.
 68. Wessel, T. R., C. B. Arant, M. B. Olson, B. D. Johnson, S. E. Reis, B. L. Sharaf, L. J. Shaw, E. Handberg, S. F. G. Sopko, C. J. Kelsey, and N. B. Merz Peptone. 2004. Relationship of physical fitness vs body mass index with coronary artery disease and cardiovascular events in women. *JAMA* **292**, 1179-1187.