

## 10주간 스마트머신 순환운동이 비만 중년여성의 체조성, 폐기능, 혈중지질 및 인슐린 저항성에 미치는 영향

김민찬<sup>1</sup> · 하수민<sup>1</sup> · 고수한<sup>1</sup> · 김종원<sup>2</sup> · 김도연<sup>3†</sup>

<sup>1</sup>부산대학교 체육학과, 학생

<sup>2</sup>부산교육대학교 체육교육과, 교수,

<sup>3</sup>부산대학교 체육교육과, 교수

(2021년 5월 27일 접수: 2021년 7월 22일 수정: 2021년 7월 29일 채택)

### Effect of 10 Weeks Smart Machine Circulation Exercise on Body Composition, Lung Function, Blood Lipids and Insulin Resistance in Obesity Middle-aged Women

Min-Chan Kim<sup>1\*</sup> · Soo-Min Ha<sup>1</sup> · Su-Han Koh<sup>1</sup> · Jong-Won Kim<sup>2</sup> · Do-Yeon Kim<sup>3†</sup>

<sup>1</sup>Department of Physical Education, Pusan National University, Busan, Korea

<sup>2</sup>Department of Physical Education, Busan National University of Education, Busan, Korea

<sup>3</sup>Department of Physical Education, Pusan National University, Busan, Korea

(Received May 27, 2021; Revised July 22, 2021; Accepted July 29, 2021)

**요약** : 본 연구는 만 40-60세 비만 중년여성을 대상으로 10주간 스마트머신 순환운동이 체조성, 폐기능, 혈중지질 및 인슐린 저항성에 미치는 영향을 구명하기 위하여 운동군( $n=8$ ), 대조군( $n=6$ )으로 구분하여 실시하였다. 스마트머신 순환운동은 주 3회, 회당 55분으로 유산소 운동의 강도는 스마트머신과 POLAR T31이 연동 되어 스마트머신에 적용되며, 1-4주차는 40-50%HRR, 5-8주차는 50-60%HRR, 9-10주차는 60-70%HRR을 적용하였고, 저항성 운동의 강도는 스마트머신을 이용하여 등속성 운동 기반으로 대상자들의 1-RM test의 데이터 값을 이용하여 1-4주차는 1-RM의 40%, 5-8주차는 1-RM의 60%, 9-10주차는 1-RM의 80%를 적용하여 실시하였다. 그 결과 체중, 체지방률, 체지방율, 허리-엉덩이둘레비율에서 그룹×시기 간 상호작용 효과가 나타났다. 폐기능의 FVC는 시기 간 주 효과와 사후 그룹 간 유의한 차이가 나타났으며, FVC 및 FEV<sub>1</sub>은 그룹×시기 간 상호작용 효과가 나타났다. TC 및 TG는 시기 간 주 효과가 나타났으며, TC, TG 및 HDL-C는 그룹×시기 간 상호작용 효과가 나타났다. Insulin, Glucose 및 HOMA-IR은 운동 전·후 시기 간 차이에서 운동군이 유의하게 감소한 것으로 나타났다. 따라서 10주간 스마트머신 순환운동 프로그램이 비만 중년여성의 체조성, 폐기능, 혈중지질 및 인슐린 저항성에 긍정적인 영향을 미쳤으며 이는 중년여성의 비만을 개선하거나 비만을 예방할 수 있는 운동 프로그램이라고 사료된다.

<sup>†</sup>Corresponding author

(E-mail: kdy4955@pusan.ac.kr)

주제어 : 스마트머신 순환운동, 비만, 중년여성, 체조성, 폐기능, 혈중지질, 인슐린 저항성

**Abstract** : The purpose of this study was to analyze the effects of smart machine circulation exercise on body composition, lung function, blood lipid and insulin resistance in obesity middle-aged women among 40-60 years by dividing them into a smart machine circulation exercise group( $n=8$ ), and control group( $n=6$ ). The smart machine circulation exercise program included 55-minutes sessions thrice each week at the following intensities: The strength of aerobic exercise is applied to smart machines by linking the smart machine with the POLAR T31; the 1-4 week is 40-50%HRR, 5-8 week is 50-60%HRR, and 9-10 week is 60-70%HRR. The strength of the resistance exercise was tested using a smart machine based on the constant velocity motion, and then, using the 1-RM data value, applied 40% 1-RM for 1-4 weeks, 60% 1-RM for 5-8 weeks, and 80% 1-RM for 9-10 week. As a results, body composition indicated that weight, BMI, %BF, WHR had a significant interaction effect. Lung function indicated that FVC levels significantly changes in the exercise group and the between groups difference in changes at 10week was significant. Also, FVC and FEV<sub>1</sub> significantly showed interaction effect. TC, TG and HDL-C levels significantly changes in smart machine circulation exercise group and the between-group difference in changes after 10 weeks was significant. TC, TG and HDL-C significantly showed interaction effect. Insulin resistance demonstrated that Insulin, Glucose and HOMA-IR levels significantly showed difference over 10 weeks between group. Therefore, the 10 weeks smart machine circulation exercise positively effects on the body composition, lung function, blood lipids, and insulin resistance in obesity middle-aged women and this smart machine circulation exercise can improve their obesity and prevent obesity.

**Keywords** : Smart machine circulation exercise, Obesity, Middle-aged women, Body composition, Lung function, Blood lipids, Insulin resistance

## 1. 서론

오늘날 현대사회는 첨단과학기술의 발달로 생활방식은 편리해졌지만 신체활동이 감소되어 그에 따른 비만 인구도 증가하고 있다[1]. 전 세계 성인 인구 중 약 13%가 비만이고 우리나라의 경우 38.8%가 이에 해당하며, 전체 연령별 비만은 해를 거듭할수록 증가 추세를 보인다[2, 3]. 그중 우리나라 중년여성의 비만 유병률은 40대는 25.7%, 50대는 29.3%로 점차 증가하고 있어 심각한 문제로 인식되고 있다[4].

비만은 중년여성에게 당뇨병, 고지혈증, 고혈압과 같은 성인병뿐만 아니라 호흡계에도 영향을 미치며, 폐색성수면, 무호흡증, 저 환기장애 및 천식등과 같은 폐기능 장애와 연관이 있다[5, 6]. 폐기능의 저하는 남성보다 여성이 더 빨리 찾아오며, 25세에 폐기능이 정점에 이른 후 노화가 진행됨에 따라 쇠퇴된다[7]. 비만은 호흡기에 악

영향을 미치며 복부지방은 횡격막과 흉곽에 부정적인 영향을 주어 폐기능을 악화시킬 수 있다[8]. 호흡기능은 산소와 이산화탄소를 순환하여 대사 작용에 중요한 역할을 하며, 호흡근육은 폐의 공기를 유입시키고 배출시키는데 중요한 역할을 한다[9]. 또한, 호흡기능과 호흡근육이 저하되어 있는 경우 폐기능의 저하를 가져와 일상생활에 부정적인 영향을 미치게 된다[10].

비만은 혈액 내의 고밀도 지단백 콜레스테롤(high density lipoprotein-cholesterol; HDL-C)의 농도를 감소시키고, 총 콜레스테롤(total cholesterol; TC), 중성지방(triglycerides; TG)과 저밀도 지단백 콜레스테롤(low density lipoprotein-cholesterol; LDL-C) 농도를 증가시킨다[11, 12]. 혈중 콜레스테롤은 수명단축의 원인이자 노화과정의 촉진인자로 나이가 들어감에 따라 점차 증가할 가능성이 있다[13]. HDL-C의 경우 혈관 내부에 지방이 축적되는 것을 방지하

고 콜레스테롤을 간으로 운반하는 긍정적인 역할을 하지만 LDL-C는 동맥 혈관 내막에 콜레스테롤이 축적되는 것을 도와 동맥경화, 관상동맥질환 등이 발생할 가능성을 증가시킨다[14].

또한, 비만의 상태가 유지된다면 인슐린의 당 흡수 과정을 방해하여 인슐린 작용의 장애를 일으켜 인슐린 저항성이 높아진다[15]. 인슐린은 여러 조직과 기관에서 대사 작용에 직접적으로 관여하고 다양한 호르몬들과 상호작용 하면서 대사 과정에 매우 중요한 역할을 하는데 인슐린의 결핍이 발생하게 되면 다량의 조직에서 포도당 흡수가 저하되고 간에서 방출되는 포도당량이 증가하게 되어 고혈당 상태인 당뇨병을 발생시킨다[16].

당뇨병이 유발되면 세포는 포도당 결핍이 되고 단백질, 지방을 에너지원으로 의존하게 되어 단백질 당신생, 지방의 이화 촉진 및 고지혈증 등을 유발하게 되며 이는 다양한 합병증을 유발한다[17]. 또한, 복부지방이 많은 경우와 전체 체지방량이 많은 경우에 따라 인슐린 저항성의 위험도가 다르며[18, 19] 제 2형 당뇨 환자의 약 80%가 과체중 또는 비만으로 인슐린 저항성이 올라가 내당능장애 위험도를 높인다[20]. 이러한 증상의 해결방안으로 꾸준한 유산소성 운동과 저항성 운동이 체조성, 혈중지질 및 인슐린 저항성에 긍정적인 영향을 줄 수 있다[21].

하지만 대부분의 과체중 혹은 비만 환자들은 신체적 한계와 근 골격계의 문제, 동기 부족 등의 이유로 운동 참여에 소극적이며 운동을 하더라도 지속하는 어려움이 따른다[22]. 뿐만 아니라 체력수준이 떨어지고 피로를 쉽게 느끼는 비만인 사람들은 무리한 운동 증재는 근관절계 통증과 상해의 위험이 높고 운동에 대한 순응도가 떨어지기 때문에 과체중 환자의 특성을 고려한 새로운 형태의 증재 전략이 필요하다[23].

그 중 스마트 머신의 운동 프로그램은 현대과학기술과 순환운동이 결합한 운동 형태이며 ICT

(Information and Communication Technologies) 기술이 접목된 스마트 머신을 이용하여 개인별 맞춤 운동 프로그램이 제시된다[24]. 이는 순환운동을 기반한 비만개선을 위한 운동으로 휴식 없이 유산소성 운동과 저항성 운동을 교대로 실시하여 비만의 체중감량에 유용한 목적으로 활용되고 있다[25]. 또한, 유산소성 운동은 혈중 지질 대사 능력 증가, 피하지방 감소, 호흡계와 관상동맥질환 및 심장질환의 예방에 효과가 있고 저항성 운동은 인슐린 반응성 및 기초 대사량 증가에 도움이 되기 때문에 유산소성 운동과 저항성 운동의 병행이 권고된다[26, 27].

따라서 본 연구의 목적은 비만 중년여성을 대상으로 스마트 머신 순환운동 방법이 체조성, 폐기능, 혈중지질 및 인슐린 저항성에 미치는 영향을 구명하고, 정확한 운동 처방과 운동 데이터를 제공하는 데 있다.

## 2. 연구방법

### 2.1. 연구대상

본 연구는 B광역시에 거주하는 비만(대한비만학회 기준 신체질량지수 23 kg/m<sup>2</sup> 이상인 대상자) 중년여성을 대상으로 운동군 8명, 대조군 6명 총 14명을 대상으로 실시하였다. 실험에 들어가기 전 연구대상자들에게 본 연구의 목적과 취지를 충분히 전달하고 자발적 의사를 보인 자에 한하여 실험동의서를 받아 참여하도록 하였다. 연구대상의 신체적 특성은 <Table 1>과 같다.

### 2.2. 체조성

대상자들의 체중, 체질량지수, 체지방률, 체지방량 및 허리-엉덩이둘레비율은 간편한 복장을 착용한 후 INBODY 430(Inbody, KOR)을 이용하여 자동으로 측정하였다.

Table 1. Physical characteristics of participants

Variable Group	Age(yrs)	Height(cm)	Weight(kg)	SMM(kg)	BMI(kg/m <sup>2</sup> )
EG (n=8)	50.00±3.89	160.56±4.87	69.34±11.09	23.89±2.17	26.51±3.64
CG (n=6)	51.00±4.98	159.53±5.81	62.80±14.66	23.62±4.27	24.32±4.70

Values are M±SD, EG: Exercise Group, CG: Control Group, SMM: skeletal muscle mass  
BMI: body mass index

### 2.3. 폐기능 검사

폐기능 검사는 FonyFX(COSMED, ITA)를 이용하여 노력성 폐활량(FVC), 1초간 노력성 호기량(FEV<sub>1</sub>)을 3회 반복 측정 후 최대값을 선택하였다. 검사자세는 피험자가 편하게 앉은 자세에서 상체를 약 15° 앞으로 기울이고, 턱과 목은 약간 들어 기도가 막히지 않도록 하여 마우스피스를 물고 nose lock을 이용하여 코의 호흡을 통제시킨 상태에서 실시하였다.

### 2.4. 혈액 채혈 및 분석

채혈은 당일 오전 9-10시에 실시하였으며, 안정 시 전완정맥에서 진공채혈관과 1회용 주사기를 이용하여 10 ml 혈액을 임상병리사가 채취하였다. 채취한 혈액은 serum separate tube(SST)에 수집하여, 원심분리기 Combi-514R(Hanil, Korea)로 10분간 3,000 rpm에서 원심 분리하였으며, serum을 분리한 후 상층액을 1.5ml 튜브(micro-tube)에 옮긴 다음 분석 시까지 -70°C에 보관하여 분석을 실시하였다.

#### 2.4.1. 혈중지질

혈중지질은 Enzyme-Linked Immunosorbent Assay의 방법으로 TC는 Total Cholesterol and Cholesteryl Ester Colorimetric Assay Kit II, TG는 Triglycerid Quantification Colorimetric/Fluorometric Assay Kit, HDL-C는 HDL-Cholesterol Assay kit, LDL-C는 LDL-Cholesterol Assay kit를 사용하였고 TC와 TG는 Thermo Scientific Multiskan GO(Thermo scientific, Waltham, MA, USA) 장비로 HDL-C는 Promega GloMax Explorer(Promega, Madison, WI, USA), LDL-C는 Thermo Scientific Multiskan GO(Thermo Scientific, Waltham, MA, USA)를 이용하여 분석하였다.

#### 2.4.2. 인슐린 저항성

HOMA-IR법은 공복 시 인슐린과 포도당의 농도를 이용하여 인슐린 저항성과 췌장 β-세포의 인슐린 분비기능을 간접적으로 추정하는 방식으로 인슐린 저항성을 나타내는 지표로 가장 많이 이용되고 있으며, HOMA-IR index는 "Fasting insulin( $\mu$ U/ml) × Fasting glucose(mmol/l) / 22.5"의 공식을 이용하여 산출하였다.

### 2.5. 스마트머신 순환운동 프로그램

스마트머신 순환운동 중 유산소성 운동에는 ergometer, cross walker가 있으며, 저항성 운동은 leg extension, chest press, seated row, leg curl, abdominal crunch, back extension으로 구성하였다. 스마트머신 순환운동은 시간의 개념을 두고 순환하게 되는데 유산소성 운동은 4분씩, 저항성 운동은 1분씩 진행이 되며, 스마트머신을 이동할 때 마다 30초의 이동시간이 주어진다. 운동순서로는 leg extension, chest press, seated row, ergometer, leg curl, abdominal crunch, back extension, cross walker 순으로 진행되고, 총 2회 운동을 실시하였다. 본 연구에서 사용된 M사 스마트머신은 개인 정보(체중, 신장, 상지 및 하지의 길이 등)가 입력된 카드를 이용하여 체격에 맞게 자동으로 최적의 운동 강도를 세팅하게 되며 운동 후 기록은 데이터화 되고 지속적으로 정확한 운동 처방을 가능하게 한다. 운동 프로그램은 <Table 2>와 같으며, 스마트머신은 <Figure 1>, <Figure 2>와 같다.

### 2.6. 자료처리

본 연구의 자료처리는 SPSS Ver 21.0 프로그램을 이용하여 측정항목에 대한 평균값( $M$ )과 표준편차( $SD$ )를 산출한 후 측정변인들에 대한 그룹 및 시기 간 상호작용을 검증하기 위하여 이원 반복 분산분석(two-way repeated measures ANOVA)을 이용하였다. 10주간 운동 실시 전·후의 항목별 평균값 차의 비교를 위해 그룹 내 차이는 paired  $t$ -test, 그룹 간 차이는 independent  $t$ -test를 실시하였고 통계적 유의수준은 .05로 설정하였다.

## 3. 연구결과

### 3.1. 체조성

10주간 스마트머신 순환운동 전·후의 체조성의 체중, 체질량지수, 체지방률, 골격근량, 허리-엉덩이둘레비율에 대한 상호작용 효과 및 그룹 내, 그룹 간 변화를 분석한 결과는 체질량지수, 체지방률, 허리-엉덩이둘레비율에서 그룹×시기 간 상호작용 효과가 나타났으며 운동 전후 시기 간 차이 및 그룹 간 변화량에서 체중, 체질량지수, 체지방률 및 허리-엉덩이둘레비율에 유의한 차이가 나타났다. 체조성 결과는 <Table 3>과 같다.

Table 2. 10 weeks smart machine circulation exercise program

Exercise		Week	Intensity	Frequency
Warm-up (10min)	Walking stretching			
Main Exercise (35min)	1. Leg extension(1min)	1-4	40% 1-RM	3 times /week
	2. Chest press(1min)		40-50%HRR	
	3. Seated row(1min)	5-8	60% 1-RM	
	4. Ergometer(4min)		50-60%HRR	
	5. Leg curl(1min)	9-10	80% 1-RM	
	6. Abdominal crunch(1min)		60-70%HRR	
	7. Back extension(1min)			
	8. Cross walker(4min)			
Cool-down (10min)	Stretching			



Fig. 1. Smart machine.

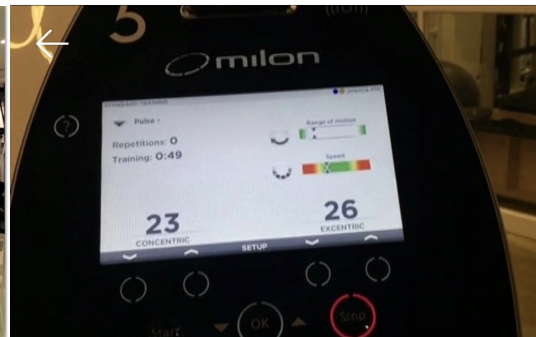


Fig. 2. Processing of smart machine.

Table 3. Changes in body composition after 10 weeks smart machine circulation exercise

Variable	Group	Pre	Post	Change	t	F
Weight (kg)	EG (n=8)	69.34±11.09	65.56±9.13	-3.78±3.56	3.002*	Group 0.447
	CG (n=6)	62.80±14.66	63.58±13.18	0.78±1.73	-1.106	Time 3.555
	t-value	0.953	0.333	-2.873*		G×T 8.253*
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	EG (n=8)	26.51±3.64	25.18±2.98	-1.34±1.26	2.996*	Group 0.491
	CG (n=6)	24.32±4.70	24.57±3.85	0.25±1.19	-0.516	Time 2.674
	t-value	0.988	0.335	-2.387*		G×T 5.699*
%BF (%)	EG (n=8)	36.16±6.47	32.55±6.15	-3.61±2.33	4.386**	Group 2.070
	CG (n=6)	30.02±6.04	29.70±4.31	-0.32±2.01	0.387	Time 10.933**
	t-value	1.808	0.967	-2.774*		G×T 7.693*
SMM (kg)	EG (n=8)	23.89±2.17	24.24±1.74	0.35±1.17	-0.846	Group 0.051
	CG (n=6)	23.62±4.27	23.73±4.51	0.12±0.68	-0.421	Time 0.754
	t-value	0.156	0.260	0.434		G×T 0.188
WHR (%)	EG (n=8)	0.92±0.04	0.90±0.04	-0.02±0.01	4.965**	Group 0.844
	CG (n=6)	0.88±0.07	0.89±0.06	0.00±0.02	-0.542	Time 6.619*
	t-value	1.319	0.463	-3.468**		G×T 12.025**

Values are M±SD, EG: Exercise Group, CG: Control Group, \**p*<.05, \*\**p*<.01  
 BMI: body mass index, %BF: percentage of body fat, SMM: skeletal muscle mass  
 WHR: waist to hip ratio

Table 4. Changes in lung function after 10 weeks smart machine circulation exercise

Variable	Group	Pre	Post	Change	<i>t</i>	<i>F</i>
FVC (L)	EG ( <i>n</i> =8)	2.96±0.17	3.23±0.33	0.27±0.24	-3.079*	Group 2.786
	CG ( <i>n</i> =6)	2.92±0.18	2.90±0.17	-0.02±0.11	0.441	Time 5.182*
	<i>t</i> -value	0.448	2.246*	2.648*		G×T 7.012*
FEV <sub>1</sub> (L)	EG ( <i>n</i> =8)	2.47±0.14	2.72±0.33	0.25±0.22	-3.256*	Group 1.138
	CG ( <i>n</i> =6)	2.49±0.24	2.46±0.13	-0.03±0.19	0.438	Time 3.852
	<i>t</i> -value	-0.246	1.815	2.563*		G×T 6.569*
FEV <sub>1</sub> / FVC (%)	EG ( <i>n</i> =8)	83.45±3.81	84.28±5.26	0.83±2.36	-0.993	Group 0.237
	CG ( <i>n</i> =6)	85.61±8.62	85.04±5.69	-0.57±5.21	0.269	Time 0.150
	<i>t</i> -value	-0.637	-0.259	0.678		G×T 0.462

Values are M±SD, EG: Exercise Group, CG: Control Group, \**p*<.05

FVC: forced vital capacity, FEV<sub>1</sub>: forced expiratory volume in one second

FEV<sub>1</sub>/FVC: forced expiratory volume in one second/forced vital capacity

### 3.2. 폐기능

10주간 스마트머신 순환운동 전·후의 폐기능의 FVC, FEV<sub>1</sub>, FEV<sub>1</sub>/FVC에 대한 상호작용 효과 및 그룹 내, 그룹 간 변화를 분석한 결과에서 FVC는 시기 간 주 효과와 사후 그룹 간 유의한 차이가 나타났으며, FVC 및 FEV<sub>1</sub> 그룹×시기 간 상호작용 효과가 나타났다. 운동 전·후 시기 간 차이 및 그룹 간 변화량에서 FVC 및 FEV<sub>1</sub> 이 유의한 차이가 나타났다. 폐기능 결과는 <Table 4>와 같다.

### 3.3. 혈중지질

10주간 스마트머신 순환운동 전·후의 혈중지질의 TC, TG, HDL-C, LDL-C에 대한 상호작용 효과 및 그룹 내, 그룹 간 변화를 분석한 결과에서 TC 및 TG는 시기 간 주 효과가 나타났으며 TC, TG, HDL-C는 그룹×시기 간 상호작용 효과가 나타났다. 운동 전·후 시기 간 차이에서 TC 및 TG는 운동군이 유의하게 감소하였으며, 그룹 간 변화량은 TC, TG 및 HDL-C에서 유의한 차이가 나타났다. 혈중지질의 결과는 <Table 5>와 같다.

### 3.4. 인슐린 저항성

10주간 스마트머신 순환운동 전·후의 Insulin, Glucose, HOMA-IR에 대한 상호작용 효과 및 그룹 내, 그룹 간 변화를 분석한 결과에서 Insulin, Glucose 및 HOMA-IR은 운동 전·후 시

기 간 차이에서 운동군이 유의하게 감소한 것으로 나타났다. 인슐린 저항성의 결과는 <Table 6>과 같다.

## 4. 논 의

중년여성은 폐경으로 인해 에스트로겐의 분비가 제한되는 생리학적 변화를 겪는데 이는 체중과 체지방량의 증가를 가져오고 복부비만이 나타나는 등 체형의 변화를 보이며 이 시기에 제2형 당뇨병, 심혈관질환과 같은 질환의 유병률이 높아진다[28]. 특히, 내장 지방과 피하 지방은 심혈관 기능을 저하시키는 위험 인자이며 이 중 내장 지방은 대사 위험 인자와 밀접한 관련이 있어 다른 추가적인 질병 발병의 원인이 된다[29, 30]. 그러나 규칙적인 운동은 체중, 신체질량지수, 체지방률, 체지방량 및 제지방량 변화에 긍정적인 영향을 미치고, 복부 내장지방의 감소는 비만으로 인한 대사성 질환 발병률을 감소시켜 이상지질혈증 개선에 효과가 있다[31].

본 연구에서 스마트머신 순환운동 프로그램을 통해 체조성 중 운동군에서 체중, 신체질량지수, 체지방률 및 허리-엉덩이둘레비율이 유의하게 감소하였고, 골격근량이 증가하는 경향을 나타냈지만 유의한 차이가 없었다. 이러한 결과는 유산소 운동과 저항 운동이 복합적으로 처치된 운동 효과가 지방산화로 인한 체지방을 감소시키고 단백

Table 5. Changes in blood lipids after 10 weeks smart machine circulation exercise

Variable	Group	Pre	Post	Change	<i>t</i>	<i>F</i>
TC (mg/dL)	EG ( <i>n</i> =8)	204.63±26.61	183.50±16.28	-21.13±17.05	3.504*	Group 0.433 Time 7.949* G×T 9.019*
	CG ( <i>n</i> =6)	201.00±18.70	201.67±22.63	0.67±5.13	-0.319	
	<i>t</i> -value	0.284	-1.753	-3.415**		
TG (mg/dL)	EG ( <i>n</i> =8)	95.88±30.23	68.25±26.09	-27.63±23.38	3.342*	Group 0.148 Time 8.819* G×T 5.044*
	CG ( <i>n</i> =6)	88.50±20.41	84.67±9.05	-3.83±12.58	0.747	
	<i>t</i> -value	0.514	-1.464	-2.246*		
HDL-C (mg/dL)	EG ( <i>n</i> =8)	58.00±7.65	59.75±6.23	1.75±2.92	-1.698	Group 0.017 Time 1.004 G×T 6.556*
	CG ( <i>n</i> =6)	60.00±18.19	56.00±17.47	-4.00±5.44	1.801	
	<i>t</i> -value	-0.282	0.502	2.560*		
LDL-C (mg/dL)	EG ( <i>n</i> =8)	112.13±23.55	107.63±16.17	-4.50±12.42	1.025	Group 0.488 Time 0.170 G×T 1.387
	CG ( <i>n</i> =6)	118.33±29.32	120.50±34.68	2.17±6.91	-0.768	
	<i>t</i> -value	-0.440	-0.932	-1.178		

Values are M±SD, EG: Exercise Group, CG: Control Group, \**p*<.05, \*\**p*<.01  
 TC: total cholesterol, TG: triglycerides, HDL-C: high density lipoprotein-cholesterol  
 LDL-C: low density lipoprotein-cholesterol

Table 6. Changes in insulin resistance after 10 weeks smart machine circulation exercise

Variable	Group	Pre	Post	Change	<i>t</i>	<i>F</i>
Insulin (μU/mL)	EG ( <i>n</i> =8)	9.88±4.08	6.71±4.08	-3.16±3.10	2.883*	Group 0.000 Time 3.748 G×T 2.159
	CG ( <i>n</i> =6)	8.58±10.35	8.15±7.70	-0.43±3.86	0.275	
	<i>t</i> -value	0.324	-0.454	-1.469		
Glucose (mg/dL)	EG ( <i>n</i> =8)	97.63±16.54	87.88±12.30	-9.75±9.56	2.885*	Group 0.037 Time 1.167 G×T 0.585
	CG ( <i>n</i> =6)	92.33±7.58	90.67±22.46	-1.67±28.13	0.145	
	<i>t</i> -value	0.723	-0.299	-0.765		
HOMA-IR	EG ( <i>n</i> =8)	2.48±1.46	1.56±1.28	-0.93±0.79	3.302*	Group 0.000 Time 3.434 G×T 2.100
	CG ( <i>n</i> =6)	2.06±2.62	1.94±1.93	-0.12±1.30	0.212	
	<i>t</i> -value	0.390	-0.451	-1.444		

Values are M±SD, EG: Exercise Group, CG: Control Group, \**p*<.05  
 HOMA-IR: homeostasis model assessment-insulin resistance

질 합성을 통한 근육량 증가에 일정 부분 도움이 되었다고 생각된다[32]. 또한, 규칙적인 복합운동은 체중과 체지방량을 개선하고 근력저항운동은 복부지방량을 감소시키는 효과가 있다는 것을 미루어 봤을 때, 유산소 운동과 저항성 운동의 복합적인 운동은 체조성을 개선시킬 수 있다[33, 34]. 운동 강도의 차별성에 있어 중강도(40-60%HRR)와 고강도(60-80%HRR)의 규칙적인 유산소 운동은 대사증후군을 가진 중년여성

의 체중, 체질량지수, 체지방률, 허리-엉덩이둘레 비율에 유의한 감소를 보였으며 이러한 결과는 중년여성의 이상지질혈증 위험성과 복부 내장지방 증가를 예방할 수 있다고 생각된다[35].

하지만 운동의 효과를 기대했던 골격근량에 유의한 변화가 나타나지 않은 이유는 고강도운동(유산소성 운동 60-70%HRR, 저항성 운동 80%의 1-RM)이 비만 중년여성 대상자들의 근비대와 근력증가에 영향을 주기에는 2주간의 트레이

닝 기간이 부족했다고 생각된다. 일반적으로 골격 근량의 변화를 기대하려면 12주 이상의 운동 기간이 필요하며 그 중 유산소 운동과 저항성 운동이 함께 구성된 복합 운동이 골격근량에 긍정적인 변화를 가져온다[36]. 따라서 중년여성을 위한 운동처방의 목표는 단순히 체중 감량만을 위한 것이 아니라 체지방의 감소와 근육량의 증가가 동시에 이루어져야 하기 때문에 체력과 체조성의 변화는 운동 강도뿐만 아니라 운동 기간이 중요하다[37].

폐기능은 연령, 성별, 체중과 관련이 있으며 특히, 체중과 관련이 높다[38]. 비만은 FVC와 FEV<sub>1</sub>/FVC가 감소되어 말초 공기의 저항을 증가시켜 흉부에 경직을 가져오며[39] 복부비만의 증가는 복부의 지방층이 횡격막을 누르고 있어 폐용적 감소를 가져와 폐기능의 저하를 가져온다[40]. 본 연구에서 10주간 규칙적인 스마트 머신 순환운동은 비만 중년여성의 FVC 및 FEV<sub>1</sub>에 유의한 차이가 나타났다. 일반적으로 호흡은 호흡근들의 협응에 의해 이루어지는데 복합운동은 이러한 FVC와 FEV<sub>1</sub>을 개선시키고[41] 12주간의 유산소 운동만으로도 비만 중년여성의 폐기능이 향상되었지만[42] 여성노인에게서는 중강도(60% HRR)에 해당하는 유산소 운동은 긍정적인 결과를 가져오지 못하였다[43]. 이는 운동의 효과 측면에서 폐기능의 개선 여부에는 체중과 연령의 차이가 영향을 줄 수 있으며 본 연구에서 체조성 중 체중과 체질량지수 및 체지방률의 유의한 변화가 폐기능의 FEV 및 FEV<sub>1</sub> 개선에 긍정적인 영향을 미친 것으로 사료된다. 이를 종합해 볼 때, 과체중과 높은 체지방률은 폐기능을 저하시키고 이로 인해 역제성 폐질환을 가져올 수 있다[44]. 따라서 규칙적인 운동으로 체조성을 개선시켜 폐기능의 부정적 변화를 예방하는 것이 중요하다.

혈중지질은 신진 대사에 있어 다양한 영향을 미치기 때문에 혈중지질의 농도를 관리하는 것은 매우 중요하다[45]. 비만은 정상 체중에 비해 TC와 TG 그리고 LDL-C 수치가 높고 HDL-C 수치는 감소된 형태로써 심혈관질환의 직접적인 원인이 되며[46] 고혈압, 인슐린 저항성, 제 2형 당뇨병과도 밀접한 관계가 있다[47]. 본 연구에서 운동군의 TC가 유의한 감소를 보였는데, 이는 TG가 운동 전·후에 운동군에서 유의한 차이가 있어 TC의 운동군 사후 변화에 유의한 차이를 나타낸 것으로 생각된다. 하지만 LDL-C가 통계

적으로 유의한 차이를 나타내지 못한 이유는 10주간 스마트 머신 운동 프로그램의 기간이 선행 연구들의 운동 중재 기간에 비해 짧았기 때문이라 생각되며[48] 특히, LDL-C의 개선은 운동만으로는 항상 변화를 기대하기 어려웠다[49]. 하지만 규칙적인 운동은 이상지질혈증에 중요 지표로 사용되는 TG의 감소와 이를 예방하는 HDL-C 수치에 유의한 차이를 나타낸 것은 비만 중년여성에게 본 연구의 운동 프로그램이 긍정적 효과를 보인 것이라 사료된다.

인슐린 저항성은 비만과 더불어 제 2형 당뇨병 및 고혈압과 직접적인 관련이 있다[47]. 중년여성은 폐경으로 인하여 여성 호르몬의 감소로 복부 지방률이 증가하여 대사성 질환의 위험률과 관련 있다[50]. 또한 인슐린 저항성은 비만인일수록 높게 나타나는 경향이 있으나[51] 주기적인 신체활동을 통해 개선시킬 수 있다[52]. 본 연구에서 운동군에서 운동 전·후 공복혈당, 인슐린, HOMA-IR의 수치 모두 유의하게 감소되었다. 이러한 결과는 유산소 운동이 골격근에서 당 섭취를 촉진시켜 인슐린 감수성을 증가시키고[53, 54], 저항성 운동은 근육량과 근력을 증가시켜 근육 내 인슐린 신호체계를 활성화하여 인슐린 저항성을 감소시키는 역할을 하기 때문이라 생각된다[55]. 특히, 운동 강도와 운동 시간이 증가할수록 인슐린 작용을 높인다는[56, 57], 중강도 운동 시간의 포도당 생성과 골격근에서 포도당 흡수 비율이 비슷해져 혈당의 변화가 크지 않지만 지속적인 고강도 운동은 혈당조절 능력과 인슐린 저항성을 개선시킨다[58]. 이는 본 연구의 9-10주차 운동 강도가 저항성 운동의 경우 1-RM의 80%, 유산소성 운동이 60-70%HRR의 고강도 수준에서 이루어진 것이 인슐린 저항성에 유의한 감소를 나타낸 것으로 사료된다.

## 5. 결론

본 연구의 10주간 스마트머신 순환운동이 비만 중년여성의 체조성, 폐기능, 혈중지질, 인슐린 저항성에 미치는 영향을 구명하기 위한 결과는 다음과 같다.

첫째, 체조성 중 체중, 신체질량지수, 체지방율, 허리-엉덩이둘레비율에서 그룹×시기 간 상호작용 효과가 나타났으며, 운동 전·후 시기 간 차이 및 그룹 간 변화량은 운동군에서 체중, 체질량지



수, 체지방을 및 허리-엉덩이둘레비율에 유의한 차이가 나타났다.

둘째, 폐기능 중 FVC는 시기 간 주 효과가 나타났다으며, FVC 및 FEV<sub>1</sub>은 그룹×시기 간 상호작용 효과가 나타났다. 운동 전·후 시기 간 차이 및 그룹 간 변화량은 운동군에서 FVC 및 FEV<sub>1</sub>이 유의한 차이가 나타났다.

셋째, 혈중지질은 TC 및 TG에서 시기 간 주 효과가 나타났으며, TC, TG 및 HDL-C는 그룹×시기 간 상호작용 효과가 나타났다. 운동 전·후 시기 간 차이에서 TC 및 TG는 운동군이 유의하게 감소하였으며, 그룹 간 변화량은 TC, TG 및 HDL-C에서 유의한 차이가 나타났다.

넷째, 인슐린 저항성 중 Insulin, Glucose 및 HOMA-IR은 운동 전·후 시기 간 차이에서 운동군이 유의하게 감소한 것으로 나타났다.

이상의 결과를 종합해 볼 때 10주간의 스마트머신 순환운동이 비만 중년여성의 체조성, 폐기능, 혈중지질 및 인슐린 저항성의 변화에 긍정적인 영향을 미쳤다. 따라서 비만으로 인한 신체적으로 체력 수준이 낮은 중년여성들에게 규칙적인 스마트머신 순환운동은 체조성, 폐기능, 혈중지질 및 인슐린 저항성 개선에 효과적인 운동중재가 될 것으로 생각된다.

### References

1. World Health Organization. *Obesity and Overweight*. (2018).
2. Ministry of Health and Welfare. *National health and nutrition survey*. pp. 564-565, (2014).
3. World Health Organization. *Obesity and Overweight*. (2015).
4. Ministry of Health and Welfare. *National health and nutrition survey*. (2018).
5. C. M. Salome, G. G. King, N. Berend. "Physiology of obesity and effects on lung function" *Journal of Applied Physiology*, Vol. 108 No. 1 pp. 206-211, (2010).
6. T. J. Sutherland, A. Goulding, A. M. Grant, J. O. Cowan, A. Williamson, S. M. Williams, M. A. Skinner, D. R. Taylor. "The effect of adiposity measured by dual-energy X-ray absorptiometry on lung function" *European Respiratory Journal*, Vol. 32 pp. 85-91, (2008).
7. P. G. Gibson, V. M. McDonald, G. B. Marks. "Asthma in older adults" *The Lancet*, Vol. 376 No. 9743 pp. 803-813, (2010).
8. J. Harrington, T. Lee-Chiong. "Obesity and aging" *Clinics in Chest Medicine*, Vol. 30 No. 3 pp. 609-614, (2009).
9. J. P. Ribeiro, G. R. Chiappa, J. A. Neder, L. Frankenstein. "Respiratory muscle function and exercise intolerance in heart failure" *Current heart failure reports*, Vol. 6 No. 2 pp. 95-101, (2009).
10. E. M. Lowery, A. L. Brubaker, E. Kuhlmann, E. J. Kovacs. "The aging lung" *Clinical interventions in aging*, Vol. 8 pp. 1489, (2013).
11. S. H. Kim. "Effects of a 12-week walking exercise on body composition, metabolic-related variables and stress-related variables in middle-age obese women" *Korean Journal of Sports Science*, Vol. 26 No. 5 pp. 867-877, (2017).
12. Y. H. Cho, Y. S. Hwang, S. I. Oh. "The Effects of Aerobic Exercise for 8 Weeks on the Body Composition, Blood Lipid and Liver Enzyme of Obese Women" *Journal of Sport and Leisure Studies*, Vol. 38 No. 2 pp. 755-764, (2009).
13. M. J. Jeon, M. H. Kim. "Effect of Ledebouriella seseloides Extracts on Lipid Parameters in Ovariectomized Rats" *Journal of Life Science*, Vol. 26 No. 1 pp. 83-90, (2016).
14. J. I. Lee. "Effects of Walking Exercise Intensities on Fatigue, Serum Lipids and Immune Function among Middle-Aged Women" *Journal of Korean Academy of Nursing*, Vol. 36 No. 1 pp. 94-102, (2006).
15. L. Han. "Effect of the rope-jumping exercise on body composition, blood lipid profiles and insulin resistance in obese children" *Korean Journal of Sports Science*, Vol. 20 No. 3 pp. 1239-1248, (2011).

16. M. Perelis, B. Marcheiva, K. M. Ramsey, M. J. Schipma. A. L. Hutchison, A. Taguchi, C. B. Peek, H. Hong, W. Huang, C. Omura, A. L. Allred, C. A. Bradfield, A. R. Dinner, G. D. Barish, J. Bass. "Pancreatic  $\beta$  cell enhancers regulate rhythmic transcription of genes controlling insulin secretion" *Science*, Vol. 350 No. 6261 pp. 4250-4260, (2015).
17. A. D. Barlow, D. C. Thomas. "Autophagy in diabetes:  $\beta$ -cell dysfunction, insulin resistance, and complications" *DNA and cell biology*, Vol. 34 No. 4 pp. 252-260, (2015).
18. K. Morino, K. F. Petersen, G. I. Shulman. "Molecular Mechanisms of Insulin Resistance in Humans and Their Potential Links With Mitochondrial Dysfunction" *Diabetes*, Vol. 55 No. 2 pp. 9-15, (2006).
19. T. M. Owen, "Morbidity Obesity. The disease and comorbidities" *Critical Care Nursing Quarterly*, Vol. 26 No. 2 pp. 162-166, (2003).
20. G. Solinas, C. Vilcu, J. G. Neels, G. K. Bandyopadhyay, J. L. Luo, W. Naugler, S. Grivennikov, A. Wynshaw-Boris, M. Scadeng, J. M. Olefsky, M. Karin. "JNK1 in Hematopoietically Derived Cells Contributes to Diet-Induced Inflammation and Insulin Resistance without Affecting Obesity" *Cell metabolism*, Vol. 6 No.5 pp. 386-397, (2007).
21. T. Matsuo, "Dumbbell exercise improves non-anemic iron deficiency in young women without iron supplementation" *Health Science*, Vol. 16 pp. 236-243, (2000).
22. E. Guerin, M. S. Fortier. "Situational motivation and perceived intensity: Their interaction in predicting changes in positive affect from physical activity" *Journal of Obesity*, Vol. 2012 pp. 269-320, (2012).
23. S. L. Oh. "Effect of high supervision ratio during whole body vibration exercise on body composition, physical fitness and blood lipids in middle-aged overweight women" *Korean Journal of Sports Science*, Vol. 28 No.2 pp. 945-954, (2019).
24. P. S. Je, K. K. Hoon, K. W. Ju, C. J. Hoon, P. Chan, Y. D. Youn, Y. J. Seok. "The Effect of Quality of Service of Smart Machine on User Innovation and User Intention using Technolog Acceptance Model" *Journal of Sport and Leisure Studies*, Vol. 75 pp. 267-278, (2019).
25. J. A. Ok, H. J. Kim, C. K. Kang, M. G. Lee, H. Park. "The Effects of 12-Weeks of Vitamin D Supplementation and Circuit Training on Skeletal Muscle Mass in Elderly Women with Type-2 Diabetes Mellitus and Vitamin D Deficiency" *Korean Journal of Sport Science*, Vol. 25 No. 2 pp. 202-214, (2014).
26. American College of Sports Medicine. *ACSM's guidelines for exercise testing and prescription*. Lippincott Williams & Wilkins, (2013).
27. C. Corbin, G. Welk, W. Corbin, K. Welk. *Concepts of fitness and wellness: A comprehensive life style approach 4th edition*. pp. 544, McGraw-Hill, (2002).
28. S. Y. Park, J. H. Choi. "The Effects of Exercise Participation Body Composition, Blood Pressure, and Blood Lipids in Obese Middle aged Women" *Korean Journal of Sports Science*, Vol. 26 No. 2 pp. 1027-1035, (2017).
29. C. S. Fox, J. M. Massaro, U. Hoffmann, K. M. Pou, P. Maurovich-Horvat, C. Y. Liu, R. S. Vasani, J. M. Murabito, J. B. Meigs, L. A. Cupples, R. B. D'AgostinoSr, C. J. O'Donnell. "Abdominal Visceral and Subcutaneous Adipose Tissue Compartments" *Circulation*, Vol. 116 No. 1 pp. 39-48, (2007).
30. J. Liu, C. S. Fox, D. A. Hickson, W. A. May, K. G. Hairston, J. J. Carr, H. A. Taylor. "Impact of abdominal visceral and subcutaneous adipose tissue on cardiometabolic risk factors: the jackson heart study" *The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, Vol. 95

- No. 12 pp. 5419–5426, (2010).
31. S. M. Park, Y. S. Kwak, J. G. Ji. “The Effects of Combined Exercise on Health-Related Fitness, Endotoxin, and Immune Function of Postmenopausal Women with Abdominal Obesity” *Journal of Immunology Research*, Vol. 2015, (2015).
  32. R. A. Gary, C. A. Sueta, M. Dougherty, B. Rosenberg, D. Cheek, J. Preisser, V. Neelon, R. McMurray. “Home-based exercise improves functional performance and quality of life in women with diastolic heart failure” *The Journal of Acute and Critical Care*, Vol. 33 No. 4 pp. 210–218, (2004).
  33. H. S. Won, J. O. Yang. “Effects of Complex Training on Cardiovascular Risk Factors in Middle Aged Obese Women” *Journal of Life Science*, Vol. 20 No. 6 pp. 885–893, (2010).
  34. S. J. Kang, B. R. Kim. “Effects of aerobic exercise intensity on insulin resistance, rennin-angiotensin 2 and C-reactive protein in patients with metabolic syndrome” *Exercise science*, Vol. 18 No. 4 pp. 443–454, (2009).
  35. K. Y. Lee, M. D. Huh. “The change of combined exercise on the body composition, inflammatory markers and hormones in obese pre- and post-menopausal women” *Korean Journal of Sports Science*, Vol. 21 No. 3 pp. 887–898, (2012).
  36. S. M. Ha, J. S. Kim, M. S. Ha, B. S. Kim, D. Y. Kim. “Effects of combined exercise on irisin, body composition, and glucose metabolism in obese elderly women with type 2 diabetes mellitus” *Journal of the Korean Applied Science and Technology*, Vol. 36 No. 4 pp. 1268–1280, (2019).
  37. S. H. Kim. “Effects of 12 weeks of Resistance Exercise on Body Composition, Blood Lipid, Leptin and CRP in Middle-age obese women” *Korean Journal of Sports Science*, Vol. 27 No. 4 pp. 767–777, (2018).
  38. S. Lim, S. Y. Kwon, J. W. Yoon, S. Y. Kim, S. H. Choi, Y. J. Park, H. I. Yoon, Y. S. Chang, J. H. Lee, C. T. Lee, K. W. Kim, K. S. Park, H. C. Jang. “Association between body composition and pulmonary function in elderly people: the korean longitudinal Study on health and aging” *Obesity*, Vol. 19 No. 3 pp. 631–638, (2011).
  39. W. Y. Lin, C. A. Yao, H. C. Wang, K. C. Huang. “Impaired lung function is associated with obesity and metabolic syndrome in adults” *Obesity*, Vol. 14 No. 9 pp. 1654–1661, (2006).
  40. J. A. Guenette, J. D. Witt, D. C. McKenzie, J. D. Road, A. W. Sheel. “Respiratory mechanics during exercise in endurance-trained men and women” *The Journal of physiology*, Vol. 581 No. 3 pp. 1309–1322, (2007).
  41. M. J. Ki, S. M. Ha, J. S. Kim, S. H. Koh, J. S. Kim, D. Y. Kim. “Effect of combined exercise on lung function, blood vitamin D, calcium and bone metabolism hormones in elderly women” *Journal of the Korean Applied Science and Technolog*, Vol.37, No.4 pp. 699–710, (2020).
  42. M. H. Suk, K. I. Lim, Y. A. Shin. “Effects of regular aerobic exercise on body composition and pulmonary function in obese middle-aged women” *Journal of KACEP*, Vol.10, No.1 pp. 37–46, (2008).
  43. A. J. Murphy, M. L. Watsford. “The effect of walking training on respiratory function and performance in older females : original research article” *International Sport, Med. Journal*, Vol. 6 No. 3 pp. 171–184, (2005).
  44. Y. Y. Chen, T. W. Kao, W. H. Fang, C. C. Wang, Y. W. Chang, H. F. Yang, C. J. Wu, Y. S. Sun, W. L. Chen. “Body fat percentage in relation to lung function in individuals with normal weight obesity” *Scientific Reports*, Vol. 9 No. 1 pp. 1–7,

- (2019).
45. N. D. Vaziri, K. Liang. "ACAT inhibition reverses LCAT deficiency and improves plasma HDL in chronic renal failure" *American Journal of Physiology-Renal Physiology*, Vol. 287 No. 5 pp. 1038-1043, (2004).
  46. V. Press, I. Freestone, C. F. George. "Physical activity: the evidence of benefit in the prevention of coronary heart disease" *International Journal of Medicine*, Vol. 96 No. 4 pp. 245-251, (2003).
  47. B. Isomaa, P. Almgren, T. Tuomi, B. Forsen, K. Lahti, M. Nissen, M. Taskinen, L. Groop. "Cardiovascular morbidity and mortality associated with the metabolic syndrome" *Diabetes Care*, Vol. 24 No. 4 pp. 683-689, (2001).
  48. S. H. Koh, S. M. Ha, J. H. Kim, M. S. Ha, J. A. Lee, S. J. Hyun, B. S. Kim, D. Y. Kim. "Effects of 12-week aquarobics exercise on the blood lipids, atherogenic index and liver functions of elderly women" *Journal of Oil & Applied Science*, Vol. 35 No. 4 pp. 1185-1196, (2018).
  49. K. Tambalis, D. B. Panagiotakos, S. A. Kavouras, L. S. Sidossis. "Responses of blood lipids to aerobic, resistance, and combined aerobic with resistance exercise training: a systematic review of current evidence" *Angiology*, Vol. 60 No. 5 pp. 614-632, (2009).
  50. S. K. Jeong, M. W. Seo, Y. H. Kim, S. S. Kweon, H. S. Nam. "Does waist indicate dyslipidemia better than BMI in Korean adult population?" *Journal Korean Medical Science*, Vol. 20, No. 7 pp. 1-12, (2005).
  51. E. L. Glynn, L. W. Piner, K. M. Huffman, C. A. Slentz, L. Elliot-Penry, H. Abouassi, P. J. White, J. R. Bain, M. J. Muehlbauer, O. R. Ilkayeva, R. D. Stevens, K. N. P. Starr, C. W. Bales, E. Volpi, M. J. Brosnan, J. K. Trimmer, T. P. Rolph, C. B. Newgard, W. E. Kraus. "Impact of combined resistance and aerobic exercise training on branched-chain amino acid turnover, glycine metabolism and insulin sensitivity in overweight humans" *Diabetologia*, Vol. 58 No. 10 pp. 2324-2335, (2015).
  52. M. Mendelson, A. S. Michallet, D. Monneret, C. Perrin, F. Esteve, P. R. Lombard, P. Faure, P. Levy, A. Favre-Juvin, J. L. Pepin, B. Wuyam, P. Flore. "Impact of exercise training without caloric restriction on inflammation, insulin resistance and visceral fat mass in obese adolescents" *Pediatric Obesity*, Vol. 10 No. 4 pp. 311-319, (2015).
  53. J. F. Horowitz. "Exercise-induced alterations in muscle lipid metabolism improve insulin sensitivity" *Exercise and sport sciences reviews*, Vol. 35 No. 4 pp. 192-196, (2007).
  54. C. Sanz, J. F. Gautier, H. Hanaire. "Physical exercise for the prevention and treatment of type 2 diabetes" *Diabetes & metabolism*, Vol. 36 No. 5 pp. 346-351, (2010).
  55. N. G. Boule, G. P. Kenny, E. Haddas, G. A. Wells, R. J. Sigal. "Meta-analysis of the effects of structured exercise training on cardio-respiratory in type 2 diabetes mellitus" *Diabetologia*, Vol. 46 No. 8 pp. 1071-1081, (2003).
  56. S. J. Lee, W. J. Kim. "Effects of circuit resistance exercise on insulin resistance in obese middle-aged women" *Teachers and Education*, Vol. 34 pp. 17-32, (2015).
  57. R. J. Sigal, G. P. Kenny, D. H. Wasserman, C. Castaneda-Sceppa. "Physical activity/exercise and type 2 diabetes" *Diabetes Care*, Vol. 27 No. 10 pp. 2518-2535, (2004).
  58. S. Bajpeyi, C. J. Tanner, C. A. Slentz, B. D. Duscha, J. S. McCartney, R. C. Hickner, W. E. Kraus, J. A. Houmard. "Effect of exercise intensity and volume on persistence of insulin sensitivity during training cessation" *Journal of applied physiology*, Vol. 106 No. 4 pp. 1079-1085, (2009).