

자색고구마 섭취와 유산소 복합운동이 비만 여중생의 건강체력, 혈중지질 및 인슐린 저항성에 미치는 영향

손원목¹, 김도연¹, 성기동¹, 백영호^{1*}

¹부산대학교 체육교육과

Effects of Purple Sweet Potato intake and Aerobic Combined Exercise on Health Related Fitness, Blood lipid profile and Insulin resistance

Won-Mok Son¹, Do-Yeon Kim¹, Ki-Dong Sung¹, Young-Ho Baek^{1*}

¹Department of Physical Education, Pusan national University

요약 본 연구는 자색고구마 섭취와 유산소 복합운동이 비만 여중생의 건강체력, 혈중지질 및 인슐린 저항성에 미치는 영향을 알아보는 데 목적이 있다. 체지방률 30% 이상의 비만 여중생을 대상으로 자색고구마섭취 운동군(A, 6명), 운동군(B, 6명), 자색고구마섭취군(C, 6명), 대조군(D, 6명) 총 24명으로 실시하였다. 건강체력, 혈중지질 및 인슐린 저항성은 사전 사후 2회 측정하였으며, 유산소 복합운동은 12주간 주 3회, 1회 70분, 40~70%HRR 강도로 실시하였다. 연구결과 집단 내 체지방률 [(A($p<.01$), C($p<.05$) 그룹), TC[A($p<.05$), B($p<.01$), C($p<.01$) 그룹] 및 인슐린저항성[A($p<.05$) 그룹] 유의하게 감소하였고, 제지 방량[A($p<.01$), B($p<.01$) 그룹], 근력[A($p<.01$), B($p<.001$), C($p<.05$) 그룹], 근지구력[A($p<.05$), B($p<.001$) 그룹], 유연성[A($p<.05$), B($p<.01$) 그룹] 및 심폐지구력[A($p<.05$), B($p<.001$), C($p<.01$) 그룹]은 유의하게 증가하였다. 집단 간 체지방률, TC 및 TG는 A 그룹이 D그룹보다 유의하게($p<.05$) 감소하였다. 제지방량은 A, B그룹이 C, D그룹보다 유의하게($p<.001$) 증가하였다. 근력, 심폐 지구력 및 HDL-C는 A그룹이 C, D그룹보다 유의하게($p<.05$) 증가하였다. 유연성은 A, B그룹이 D그룹보다 유의하게($p<.05$) 증가하였다. 인슐린 저항성은 A, B, C그룹이 D그룹보다 유의하게($p<.05$) 감소하였다. 유산소성 복합운동과 자색고구마 섭취가 건강체력, 혈중지질 및 인슐린 저항성에 긍정적인 영향을 미쳤다.

Abstract The purpose of this study was to investigate the effects of purple sweet potato(PSP) intake and aerobic combined exercise in obese middle school girls. Twenty-four, obese(%body fat > 30%) middle school girls composed of the purple sweet potato intake and aerobic combined exercise group(A, n=6), the aerobic combined exercise group(B, n=6), the purple sweet potato intake group(C, n=6), the control group(D, n=6). The variables of health related fitness, blood lipid profile, insulin resistance were measured in all the subjects before the start and after the end of 12 week aerobic combined exercise program(40~70%HRR, 3 times per week, 70 mins). The test data were analyzed by paired t-test and one way ANOVA, and the alpha level of $p<.05$ was set for all tests of significance. In the comparison within each group, %body fat[A($p<.01$), C($p<.05$) groups], TC[A($p<.05$), B($p<.01$), C($p<.01$) groups] and insulin resistance[A($p<.05$) group] were significantly decreased and LBM[A($p<.01$), B($p<.01$) groups], muscular strength[A($p<.01$), B($p<.001$), C($p<.05$) groups], muscular endurance[A($p<.05$), B($p<.001$) groups], flexibility[A($p<.05$), B($p<.01$) groups] and cardiorespiratory endurance[A($p<.05$), B($p<.001$), C($p<.01$) groups] were significantly increased. In the comparison between groups, A group was significantly decreased in %body fat, TC and TG than D group($p<.05$). A group was significantly increased in muscular strength and cardiorespiratory endurance than C, D groups ($p<.05$). A group was significantly increased in muscular endurance and HDL-C than D group($p<.05$). A, B groups were significantly increased in flexibility than D group($p<.05$). A, B, C groups were significantly decreased in insulin resistance than D group($p<.05$). In conclusion, purple sweet potato intake and aerobic combined exercise were effective in improving the health related fitness, blood lipid profile and insulin resistance in obese middle school girls.

Keywords : Blood lipid profile, Health related fitness, Insulin resistance, Obesity, Purple sweet potato

*Corresponding Author : Young-Ho Baek(Pusan national University)

Tel: +82-51-510-1647 email: physical365@gmail.com

Received July 30, 2015

Revised (1st August 17, 2015, 2nd September 9, 2015)

Accepted November 6, 2015

Published November 30, 2015

1. 서론

비만은 심혈관질환, 당뇨, 고혈압 등 여러 가지 질환의 유발위험을 높일 수 있는 요인으로 작용하며, 어느 연령층에서나 발생할 수 있다[1].

청소년 비만이 급격히 증가하고 있으며, 청소년기 비만도 성인기 비만처럼 고혈압, 고지혈증, 고혈당, 인슐린 저항성, 심혈관질환과 같은 성인병 발생의 위험요인이 될 수 있다는 여러 연구들이 보고되고 있다[2, 3]. 청소년기 비만은 신체활동량의 부족으로 건강체력 저하, 입시위주의 교육환경에 따른 좌업생활의 증가, 불균형한 영양섭취 등에 의해 발생된다[4].

또한, 중·고등학교 학생들을 대상으로 한 남·여 비만도를 연구한 결과, 연령 증가에 따른 비만율이 남학생에 비해 여학생에서 현저히 증가되는 경향을 보였다[5].

비만에 의한 체지방의 증가는 TG(triglyceride) 및 LDL-C(low density lipoprotein cholesterol) 증가[6]와 HDL-C(high density lipoprotein cholesterol)의 감소를 초래하고[7], 조직의 인슐린 수용체와 인슐린 민감도를 감소시켜 세포내로 포도당이 운반 되는 것을 억제함으로써 고혈당을 유발하며, 동맥내경을 감소시켜 죽상동맥경화증을 촉진하기 때문에 심각한 질병이라고 할 수 있으므로[8], 청소년기 체력 및 비만 개선의 중요성이 부각되고 있는 실정이다.

비만의 치료방법으로는 식이요법, 운동요법 및 행동수정요법 권장되며, 이 중 운동요법은 에너지 소비량 증가 및 지방이용을 활성화시켜 비만 개선과 예방에 가장 중요한 방법이다[9].

American College of Sports Medicine[10]에서는 과체중 청소년의 체력향상을 위하여 중강도에서 고강도 운동으로 점진적 증가를 권고하고 있으며, 최소 주 3-4회 또는 매일 30분간의 중강도 운동과 30분간의 고강도 운동으로 일일 총 60분간의 운동을 권장하고 있다.

유산소 운동 중 하나인 줄넘기는 신체적인 위험이 따르지 않아 남녀노소 누구나 손쉽게 참여할 수 있으며, 도구나 비용의 부담 없이 언제 어디서나 간편하고 경제적으로 즐길 수 있는 신체활동으로[11] 순발력, 유연성, 민첩성 및 지구력 등의 체력요인을 길러준다[12]. 또한 패드민턴은 탁구와 배드민턴을 접목시킨 뉴스포츠로 좁은 공간에서 쉽게 할 수 있으며, 단시간에 운동 효과를 극대화 할 수 있는 운동이다.

선행 연구에서 줄넘기 운동 후 건강체력 및 혈중지질[13]과 인슐린 저항성 개선[14]을 보고하였다.

또한 건강보조식품은 현대인의 건강유지 욕구와 질병 예방 등의 기대효과로 인해 많이 섭취되고 있다. 이중 자색고구마는 전분과 단백질 이외에도 비타민과 무기질 및 식이섬유 등을 함유하고 있고, 특히 생리 기능성 물질의 하나로 알려진 안토시아닌 색소를 많이 함유하고 있으며[15], 안토시아닌을 이용한 동물실험에서 TG 및 TC의 감소와 HDL-C 증가가 보고되었다[16].

이처럼 자색고구마는 다양한 생리적 유용성을 가지므로써 비만 예방에 효과적인 식품으로 인식되고 있지만 비만 여중생을 대상으로 유산소성 복합운동과 자색고구마 섭취를 통한 비만 개선 효과에 관한 연구는 미비한 실정이다. 따라서 본 연구는 유산소성 복합 운동과 자색고구마 섭취가 비만 여중생의 건강체력, 혈중지질 및 인슐린 저항성에 미치는 영향을 구명하기 위해서 실시하였다.

2. 연구방법

2.1. 연구대상

본 연구는 B광역시 소재 J중학교에 재학 중인 체지방률 30% 이상으로[10], 최근 6개월간 규칙적인 운동에 참여 하지 않았으며, 특정한 질환이 없고, 학부모님과 학생이 참여에 동의한 비만 여자 중학생을 대상으로 하였다.

본 연구의 표본크기는 Gpower 3.1 windows을 이용하여 통계적 power>8.0, 유의확률 $p < .05$ 로 설정하여 각 종속변인 별로 분석한 결과 적정 대상자수는 6명으로 나타났다.

자색고구마 섭취 희망 여부를 확인 후 자색고구마섭취 운동군(6명), 운동군(6명), 자색고구마섭취군(6명) 및 대조군(6명)의 집단으로 분류하였다. 자색고구마섭취 운동군과 자색고구마섭취군은 실험기간 동안 각 해당 피험자가 섭취한 자색고구마 이외의 다른 건강보조식품 등의 복용은 제한을 학부모님께 부탁하였고, 본 연구 참여자의 자료와 정보는 익명으로 처리하였다. 연구 대상자의 신체적 특성은 Table 1과 같다.

Table 1. Characteristics of subject

Variables Groups	Age (yr)	Weight (kg)	Height (cm)	BMI (kg/m ²)
A(n=6)	15.18 ±0.98	70.30 ±3.55	159.27 ±3.87	27.77 ±2.17
B(n=6)	15.17 ±0.75	68.82 ±2.94	154.88 ±2.58	28.68 ±0.47
C(n=6)	14.83 ±0.75	73.42 ±11.47	159.83 ±9.16	28.60 ±4.35
D(n=6)	15.67 ±0.52	72.18 ±4.33	159.08 ±3.74	28.54 ±1.73

Values are $M \pm SD$, PSP : purple sweet potato

A : PSP diet and exercise group B : exercise group

C : PSP diet group D : control group

2.2. 측정항목 및 방법

신장과 체중은 최대한 간편한 복장으로 착용한 후 X-SCAN PLUS (JAWON Medical, Korea)으로 측정하였고, 건강체력은 신체조성(체지방률), 근력(악력), 근지구력(윗몸 일으키기), 유연성(앉아 윗몸 앞으로 굽히기) 및 심폐지구력(20 m 왕복오래달리기)을 측정하였다. 혈액채취를 위해 채혈 전날 오후 8시 이후에는 공복을 유지하였다. 오전 8~10시에 진공 채혈관과 바늘을 이용하여 전완정맥에서 10 ml 혈액을 채취, 원심분리기로 10 분간 3,000 rpm에서 원심분리 후 분석 시까지 혈청을 -70℃ 이하에서 냉동보관 후 분석하였다.

2.2.1. 건강체력

신체조성은 피험자들의 체지방률(%)은 체성분 분석기를 이용하여 측정하였다. 근력은 악력 측정기(TAKEI, Japan)를 이용하여 주로 사용하는 쪽 손을 2회씩 측정한 후 최고기록을 0.1 kg 단위로 계측 기록 하였다. 근지구력(윗몸 일으키기)은 양손을 가슴위로 교차하여 감싸 앉고, 복근력만을 이용하여 상체를 일으키도록 하여 60초 간 실시한 횟수를 기록하였다. 유연성(앉아 윗몸 앞으로 굽히기)는 제자리에 앉아서 상체를 천천히 굽히면서 측정기구의 눈금 아래로 손을 뻗쳐, 피검자의 손가락 끝이 2초 정도 멈춘 지점의 막대 자 눈금을 읽고, 0.1 cm 단위로 기록하였다. 심폐지구력(20 m 왕복 오래 달리기)은 20 m 구간을 개인 역량에 따라서 계속해서 달리다가 신호음에 맞춰 뛰는 것이 불가능 하거나 개인이 뛰지 못한다고 판단하여 포기할 때 까지 20 m의 구간을 왕복한 횟수를 기록하였다.

2.2.2 혈액분석

혈중지질에서 TC 및 TG 분석방법은 효소 비색법을 이용하였고, 검체방법은 Serum(혈청)에서 검체를 하였다. TC 및 TG는 SIEMENS(Georgia, USA)사의 시약으로 ADVIA-1650(Georgia, USA) 자동 생화학 분석기를 이용하여 분석 하였다. HDL-C 및 LDL-C는 SIEMENS(Georgia, USA) 사의 시약으로 ADVIA-1650(Georgia, USA) 자동 생화학 분석기를 이용하여 분석하였다. 인슐린저항성은 공복혈당과 혈중인슐린농도를 이용하여 Homeostasis model assesment for insulin resistance (HOMA-IR) 법으로 [17]공식을 이용하여 계산하였다.

$$\text{HOMA-IR} = [\text{fasting insulin}(\text{nU/ml}) \times \text{fasting glucose}(\text{mg/dl})] / 405$$

2.2.3 자색고구마 섭취방법

J사에서 생산된 자색고구마환을, 1-2주는 1일, 식전 2 g씩, 총 6 g을 섭취시켰고, 3-12주는 1일, 식전 3 g씩, 총 9 g을 섭취 시켰다. 자색고구마환의 주요 성분은 Table 2와 같다.

Table 2. The main ingredients of purple sweet potato

Water (%)	Carbohydrate (%)	Crude ash (%)	Crude fat (%)	Crude protein (%)
7.34 ±0.02	69.25 ±0.00	4.82 ±0.00	8.52 ±0.01	10.07 ±0.03

(Pukyong feed & foods nutrition research center, 2013)

2.3. 복합운동 프로그램

복합운동 프로그램은 줄넘기와 패드민턴을 실시하였으며, 피험자가 비만 여중생임을 고려하여 1-2주간 적응기를 거쳐 12주간 주 5회 실시하였다. 운동 시간은 준비운동 5분, 본 운동 60분, 정리운동 5분으로 구성하여 총 70분을 실시하였고, 운동 강도는 운동자각도(RPE)를 이용하여 1-4주는 11-12, 4-8주는 13-14, 9-12주는 15-16 수준으로 실시하였으며, 또한 운동 중 심박수 계측기기인 손목 시계형 Polar(Polar RS400sd, USA)를 착용한 후 40-70%HRR(Heart Rate Reserve)의 강도로 운동할 수 있도록 심박수 변화를 측정하였다. 복합운동프로그램의 내용은 Table 3과 같다.

2.4. 자료처리

본 연구의 자료처리는 SPSS Ver 20.0을 이용하여 다

Table 3. Combined exercise program

Week	Order	Exercise	Intensity	Frequency
	Warm-up(5min)	Static stretching		
1-4	Main exercise (60min)	· rope-skipping(40 min) left and right side stroke 1 line 1 jump foot changing run jump cross jump	40-50%HRR (RPE11-12)	5 times /week
5-8		right & left jump before & behind jump turns around jump	50-60%HRR (RPE13-14)	
9-12		· padminton game(20 min)	60-70%HRR (RPE15-16)	
		Cool-down(5min)	Static stretching	

음과 같은 방법으로 분석하였다. 측정항목에 대한 평균 값(mean)과 표준편차(standard deviation)를 구하고, 실험 전·후의 항목별 평균값 차이를 비교하기 위해 집단 내 시기에는 paired t-test를 실시하였고, 집단 간 차이는 %difference를 산출하여, one-way ANOVA를 실시하였다. 사후검정은 Duncan-test를 이용하였고, 각 항목별 통계적 유의수준 (α)는 .05로 설정하였다.

3. 연구결과

3.1. 건강체력의 변화

자색고구마 섭취와 유산소 복합운동 후 건강체력의 변화는 Table 4과 같다.

체지방률은 자색고구마섭취 운동군($p<0.01$)과 자색고구마섭취군 ($p<0.05$)이 유의하게 감소하였고, 자색고구마섭취 운동군이 대조군에 비해 유의하게 ($p<0.01$) 감소하였다. 체지방량은 자색고구마섭취 운동군($p<0.01$)과 운동군($p<0.01$)이 유의하게 증가하였고, 자색고구마섭취 운동군과 운동군이 자색고구마 섭취군과 대조군에 비

해 유의하게($p<0.001$) 증가하였다.

근력은 자색고구마섭취 운동군($p<0.05$), 운동군($p<0.001$), 자색고구마섭취군($p<0.05$)이 유의하게 증가하였고, 자색고구마섭취 운동군이 자색고구마섭취군과 대조군에 비해 유의하게($p<0.05$) 증가하였다. 근지구력은 자색고구마섭취 운동군($p<0.05$), 운동군($p<0.001$)이 유의하게 증가하였고, 자색고구마섭취 운동군이 대조군에 비해 유의하게($p<0.05$) 증가하였다.

유연성은 자색고구마섭취 운동군($p<0.05$), 운동군($p<0.01$)이 유의하게 증가하였고, 자색고구마섭취 운동군과 운동군이 대조군에 비해 유의하게($p<0.05$) 증가하였다. 심폐지구력은 자색고구마섭취 운동군($p<0.05$), 운동군($p<0.001$), 자색고구마섭취군($p<0.01$)이 유의하게 증가하였고, 자색고구마섭취 운동군이 자색고구마섭취군과 대조군에 비해 유의하게($p<0.05$) 증가하였다.

3.2. 혈중지질의 변화

자색고구마 섭취와 유산소 복합운동 후 혈중지질의 변화는 Table 5과 같다.

TC는 자색고구마섭취 운동군($p<0.05$), 운동군

Table 4. Changes of body composition after 12 week combined exercise within each group

Variable	Group	Pre	Post	%diff	t-value	F-value	Duncan
%BF (%)	A	33.23±2.05	32.18±1.94	-3.15±1.12	6.294**	7.192**	A<D
	B	34.00±1.61	33.45±1.61	-1.66±1.87	2.144		
	C	34.63±3.24	34.35±3.20	-0.81±0.71	2.708*		
	D	34.17±1.98	34.27±1.84	0.32±1.37	-0.518		
LBM (kg)	A	42.03±1.77	43.12±1.40	2.58±1.42	-4.800**	13.546***	A,B>C,D
	B	40.37±1.48	41.30±1.76	2.31±0.76	-6.751**		
	C	42.98±5.56	43.13±5.60	0.35±0.67	0.000		
	D	42.58±1.66	42.20±1.48	-0.88±1.46	1.474		

Values are $M\pm SD$ * $p<0.05$ ** $p<0.01$ *** $p<0.001$

A : purple sweet potato intake and exercise group

C : purple sweet potato intake group

B : exercise group

D : control group

Table 5. Changes of health related fitness after 12 week combined exercise within each group

Variable	Group	Pre	Post	%diff	t-value	F-value	Duncan
grip-strength (kg)	A	32.70±4.71	35.30±5.46	8.02±6.24	-2.925*	4.347*	C,D<A
	B	31.03±3.88	32.37±3.90	4.34±1.14	-10.193***		
	C	34.97±6.28	35.87±6.19	2.69±1.33	-5.139**		
	D	29.93±4.78	30.00±4.25	0.53±3.63	-0.151		
sit-ups (time/60secs)	A	23.50±7.23	26.83±7.49	14.94±4.83	-10.000***	4.185*	D<A
	B	18.33±3.33	20.33±2.50	11.99±9.08	-3.873*		
	C	19.00±2.90	20.33±3.88	6.53±6.68	-2.390		
	D	20.17±2.14	20.67±2.42	2.51±5.13	-1.168		
sit and reach (cm)	A	16.28±5.47	17.83±4.61	12.63±13.46	-3.596*	3.331*	D<A,B
	B	16.16±5.37	17.60±5.62	9.25±3.26	-6.903**		
	C	14.17±4.76	14.83±4.26	6.04±5.83	-1.865		
	D	16.75±4.06	16.50±3.85	-1.21±9.06	0.745		
20m shuttle run (laps)	A	29.67±9.81	36.67±14.60	21.69±8.39	-3.500*	9.419***	C,D<A
	B	20.67±4.63	23.67±4.80	15.10±5.43	-8.216***		
	C	22.83±6.11	26.17±6.62	12.46±7.39	-6.742**		
	D	25.83±4.58	26.17±4.31	1.68±9.63	-0.395		

Values are $M \pm SD$ * $p < .05$ ** $p < .01$ *** $p < .001$

A : purple sweet potato intake and exercise group

C : purple sweet potato intake group

B : exercise group

D : control group

($p < 0.01$), 자색고구마섭취군($p < 0.01$)이 유의하게 감소하였고, 자색고구마섭취 운동군이 대조군에 비해 유의하게($p < 0.05$) 감소하였다. TG는 자색고구마섭취 운동군이 대조군에 비해 유의하게($p < 0.05$) 감소하였다. HDL-C는 자색고구마섭취 운동군이 대조군에 비해 유의하게($p < 0.05$) 증가하였다. LDL-C는 유의한 변화가 없었다.

3.3. 인슐린 저항성의 변화

자색고구마 섭취와 유산소 복합운동 후 인슐린 저항

성의 변화는 Table 6과 같다.

혈당은 유의한 변화가 없었다. 인슐린은 자색고구마 섭취 운동군($p < 0.05$), 운동군($p < 0.01$)이 유의하게 감소하였고, 자색고구마섭취 운동군, 운동군, 자색고구마섭취군이 대조군에 비해 유의하게($p < 0.05$) 감소하였다. 인슐린 저항성은 자색고구마섭취 운동군($p < 0.05$)이 유의하게 감소하였고, 자색고구마섭취 운동군, 운동군, 자색고구마섭취군이 대조군에 비해 유의하게($p < 0.05$) 감소하였다.

Table 6. Changes of blood lipid profiles after 12 week combined exercise within each group

Variable	Group	Pre	Post	%diff	t-value	F-value	Duncan
TC (mg/dl)	A	174.17±22.69	143.67±13.11	-13.65±11.03	3.161*	3.965*	A<D
	B	194.50±41.63	171.83±41.46	-11.90±5.54	4.933**		
	C	197.50±33.80	181.50±32.21	-8.13±3.55	5.010**		
	D	165.00±21.00	160.17±27.36	-3.31±5.37	1.378		
TG (mg/dl)	A	135.33±98.80	95.00±41.26	-20.82±19.13	1.557	3.335*	A<D
	B	102.83±42.54	92.50±32.56	-7.72±11.12	1.705		
	C	100.00±26.12	101.33±35.51	0.85±19.68	-0.165		
	D	72.67±16.57	80.17±24.29	10.77±20.36	-1.212		
HDL-C (mg/dl)	A	50.37±6.11	57.40±10.29	13.82±15.00	-2.488	3.550*	D<A
	B	50.22±8.79	53.17±8.18	6.27±6.29	-2.396		
	C	54.98±4.06	55.07±8.94	-0.12±11.16	-0.031		
	D	51.10±14.27	47.32±11.59	-6.15±10.35	1.539		
LDL-C (mg/dl)	A	92.50±6.72	85.17±28.83	-8.48±26.61	0.693	0.461	NS
	B	116.33±36.70	113.33±35.15	-1.33±10.856	0.538		
	C	112.50±34.54	111.67±26.30	1.08±8.98	0.169		
	D	90.17±17.92	92.33±26.50	1.53±14.38	-0.427		

Values are $M \pm SD$ NS : non significant * $p < .05$ ** $p < .01$

A : purple sweet potato intake and exercise group

C : purple sweet potato intake group

B : exercise group

D : control group

4. 논의

건강체력은 일상생활을 건강하게 영위할 수 있는 튼튼한 몸과 스트레스를 이길 수 있는 정신과 원만한 사회생활을 할 수 있는 능력으로[18] 신체조성, 근력, 근지구력, 유연성 및 심폐지구력으로 구성된다[19]. 이러한 건강체력의 저하는 대사 기능의 이상과 생활습관병의 발병률을 증가시키는 것으로 보고되지만, 성별과 연령에 관계없이 규칙적인 운동에 의해서 향상 될 수 있다[20].

여중생을 대상으로 12주간 주3회, 1회 40분, THR 65-75% 강도로 음악줄넘기를 실시한 결과 체지방률은 감소하였고, 체지방량은 증가하였다[21]. 본 연구결과 체지방률은 자색고구마섭취 운동군이 대조군에 비해 유의하게 감소하였고, 체지방량은 자색고구마섭취 운동군과 운동군이 자색고구마섭취군과 대조군에 비해 유의하게 증가하였는데, 이는 신체활동량 증가에 따른 에너지 소비량의 증가 및 자색고구마에 많이 함유된 안토시아닌의 AMP-activated protein kinase (AMPK) 신호전달 활성화로 지방축적 억제[22]에 의한 것으로 생각된다.

비만 여고생을 대상으로 12주간 주4회, 1회 50분, 40-70%HRR 강도로 음악 줄넘기를 실시한 결과 근력이 향상되었다[23]. 본 연구결과 자색고구마섭취 운동군이 자색고구마 섭취군과 대조군에 비해 유의하게 증가하였는데, 이는 손잡이를 잡고 돌려야 하는 줄넘기 운동의 특성과 패드민턴의 라켓을 쥐고 반복적인 랠리를 통한 쥐는 힘의 향상의 의한 것으로 생각된다.

비만 남중생을 대상으로 10주간 주3회, 1회 45분, 45-70%HRR 강도로 줄넘기를 실시한 결과 근지구력이 유의하게 증가하였다[24]. 본 연구결과 자색고구마섭취 운동군이 대조군에 비해 유의하게 증가하였는데, 이는 줄넘기와 패드민턴의 신체 전반적인 자극과 자색고구마에 함유된 단백질과 칼륨, 인, 등의 무기질에 의한 것으로 생각된다.

여중생을 대상으로 8주간 주3회, 1회 70분 줄넘기를 실시한 결과 유연성이 증가하였다[25]. 본 연구결과 자색고구마섭취 운동군과 운동군이 대조군에 비해 유의하게 증가하였는데, 이는 운동 전·후 실시한 스트레칭과 복합운동에 따른 체지방 감소에 의한 것으로 생각된다.

비만 남중생을 대상으로 12주간 주3회, 1회 50분, 40-60%HRR 강도로 리듬 줄넘기를 실시한 결과 심폐지구력이 증가하였다[26]. 본 연구 결과 자색고구마섭취 운동군이 자색고구마섭취군과 대조군에 비해 유의하게 증가하였는데, 이는 복합운동을 통한 환기량 증가 및 체지방 감소에 의한 것으로 생각된다.

따라서 줄넘기와 패드민턴 운동은 전신운동으로 에너지 소비량, 근력, 근지구력 증가, 심폐지구력의 개선 및 자색고구마에 다량 함유된 식이섬유와 무기질이 포만감을 제공함으로써 과식 예방, 비만 개선 및 생활습관병 예방에 효과적일 것으로 사료된다.

비만인들의 높은 체중 및 체지방량은 혈중지질과 깊은 연관이 있으며, 혈중지질 성분에서 TC, TG, LDL-C는 높고, HDL-C는 낮게[27] 나타나지만, 유산소 운동은

Table 7. Changes of insulin resistance after 12 week combined exercise within each group

Variable	Group	Pre	Post	%diff	t-value	F-value	Duncan
Glucose (mg/dl)	A	90.33±8.69	88.50±5.96	0.15±6.62	0.739	1.181	NS
	B	91.17±11.51	91.17±8.75	0.49±7.54	0.000		
	C	91.00±6.07	96.17±8.66	5.92±10.32	-1.393		
	D	88.97±8.69	94.33±6.06	6.80±6.58	-2.592		
Insulin (μU/ml)	A	15.19±5.23	8.58±1.82	-41.2±8.72	4.593**	4.651*	D<A,B,C
	B	18.35±5.28	12.92±8.83	-36.18±33.39	3.212*		
	C	12.88±6.44	11.17±4.10	-8.04±27.38	1.138		
	D	8.83±4.68	11.25±1.45	70.78±71.40	-1.456		
HOMA-IR	A	3.42±1.41	1.90±0.38	-42.12±9.94	3.591*	4.163*	D<A,B,C
	B	4.07±0.96	2.95±2.00	-34.37±36.17	2.547		
	C	2.91±1.44	2.65±0.98	-0.77±39.33	0.611		
	D	1.98±1.18	2.61±0.33	85.94±129.05	-1.610		

Values are $M \pm SD$ NS: non-significant * $p < .05$ ** $p < .01$

A : purple sweet potato intake and exercise group

B : exercise group

C : purple sweet potato intake group

D : control group

혈중 TC, TG와 LDL-C는 감소시키고, HDL-C는 증가시키는데 효과적이다[28].

비만 남중생을 대상으로 10주간 주3회, 1회 45분, 45-70%HRR 강도로 줄넘기를 실시한 결과 TC가 감소하였다[29]. 본 연구결과 자색고구마섭취 운동군이 대조군에 비해 유의하게 감소하였는데, 이는 복합운동에 의한 지단백분해효소(lipoprotein lipase)의 활성화와 간 중성지방 리파제(lipase)의 활성 저하로 콜레스테롤 체내 이화작용의 증가[30] 및 자색고구마에 많이 함유된 식이섬유에 의한 소장 내 콜레스테롤 흡수 억제에 따른 것으로 생각된다.

남녀 초등학생을 대상으로 10주간 주3회, 1회 50분, 55-85%HRmax 강도로 줄넘기를 실시한 결과 TG가 유의하게 감소하였다[31]. 본 연구 결과 자색고구마섭취 운동군이 대조군에 비해 유의하게 감소하였는데, 이는 복합운동으로 lipoprotein lipase activity(LPLA)가 활성화되어 지방으로부터 에너지 동원이 커지게 되고, hepatic triglyceride lipase activity(HTGLA)의 저하로 인해 간에서 TG 합성률 감소[32]에 따른 것으로 생각된다.

비만 남자 초등학생을 대상으로 12주간 주5회, 1회 50분, 55-84 %HRmax 강도로 줄넘기를 실시한 결과 HDL-C가 유의하게 증가하였다[33]. 본 연구결과 자색고구마섭취 운동군이 대조군에 비해 유의하게 증가하였는데, 이는 운동에 따른 체지방 감소와 근육의 지단백 리파아제의 활성화[34] 및 자색고구마에 함유된 안토시아닌의 효과 인 것으로 생각된다.

남중생을 대상으로 12주간 주4회, 1회 45분, 40-60% HRR 강도로 줄넘기를 한 결과 LDL-C에 변화가 없었다[35]. 본 연구결과 LDL-C는 유의한 변화가 없었다. 하지만 다소 감소하는 경향을 보였으며, 이는 지속적인 운동을 통해 LDL-C에 긍정적인 영향을 미칠 수 있을 것으로 생각된다.

따라서 규칙적인 운동 및 안토시아닌과 식이섬유 등이 많이 포함된 자색고구마 섭취가 혈중지질에 긍정적인 영향을 미친 것으로 사료된다.

혈당은 인슐린에 의해 근육이나 간으로 운반되어 저장되며, 이렇게 저장된 혈당은 다양한 생화학적 반응을 거쳐 대사에 이용된다. 이런 작용에 문제가 되는 경우 인슐린저항성은 혈당 이용률을 저하시키는 것으로 알려져 있으며[36], 인슐린 저항성은 고인슐린혈증을 동반하여,

비만, 제2형 당뇨병과 관련이 높고, 대사증후군이나 심혈관질환 발생위험과도 연관성이 높다[37]. 하지만 규칙적인 신체활동은 인슐린 저항성을 낮추고 당대사 능력을 향상시킨다[38].

비만 남중생을 대상으로 12주간 주5회, 1회 40분, 50-80%HRR 강도로 걷기와 달리기를 실시한 결과 인슐린 저항성이 감소하였다[39]. 본 연구결과 자색고구마섭취 운동군, 운동군, 자색고구마섭취군이 대조군에 비해 유의하게 감소하였는데, 이는 복합운동이 인슐린 기능을 향진 시켜 말초조직으로 포도당 흡수를 촉진하고 인슐린 수용체 및 세포막에서 발현되는 glucose transporter 4(GLUT4) 증가로 인한 인슐린 감수성 증가[40]와 안토시아닌의 IRS-1/PI3-k/Akt 인슐린 시그널링 개선[41]에 의한 것으로 생각된다.

따라서 규칙적인 운동을 통한 체력증진 및 안토시아닌이 풍부하게 포함된 자색고구마 섭취는 추후 발생 할 수 있는 대사성질환들을 예방 하는데 효과적인 방법으로 사료된다.

5. 결론

현재 청소년들은 불규칙한 식습관과 영양불균형, 좌업생활 증가로 인한 신체활동 저하 등의 원인으로 비만이 늘고 있으며, 이러한 청소년 비만은 성인기까지 이어진다. 이에 본 연구에서는 비만 여중생을 대상으로 유산소성 복합운동과 생리적으로 다양한 유용성을 가진 자색고구마를 섭취 섭취시켜 건강체력, 혈중지질 및 인슐린 저항성에 미치는 영향을 구명하고자 하였다. 연구결과 건강체력, 혈중지질에서 자색고구마섭취 운동군이 대조군 보다 유의한 효과가 나타났으며, 인슐린 저항성은 자색고구마섭취 운동군, 운동군, 자색고구마 섭취군이 대조군 보다 유의한 효과가 나타났다. 이상의 결과 자색고구마 섭취와 유산소 복합운동이 비만 여중생의 건강체력, 혈중지질 및 인슐린 저항성에 긍정적인 영향을 미친 것으로 나타났다. 따라서 규칙적인 운동과 자색고구마 섭취는 비만 예방에 긍정적인 효과를 주는 것으로 생각되며, 추후 다양한 연구대상과 섭취방법에 관한 다각적 연구가 필요할 것으로 사료된다.

References

- [1] H. N. Nho, C. R. Kim, J. H. Uhm, J. T. Kim, S. M. Jin, J. Y. Seo, H. W. Han, H. Y. Park, H. S. Yoon, Y. M. Ahn, K. C. Shon. "The prevalence of obesity and metabolic abnormalities in Korean pediatric population", *Korean Journal of Pediatric Gastroenterology Nutrition*, Vol.12, pp.207-214, 2009.
- [2] Y. S. Jekal, E. E. Kim, J. A. Im, J. H. Park, M. K. Lee, S. H. Lee. "Interaction between fatness and fitness on CVD risk factors in Asian youth", *International Journal of Sports medicine*, Vol.30, No.10, pp.733-740, 2009. DOI: <http://dx.doi.org/10.1055/s-0029-1224173>
- [3] E. S. Kim, J. Im, K. C. Kim, J. H. Park, S. H. Suh, E. S. Kang. "Improved body composition, insulin sensitivity and adiponectin level after exercise training in obese Korean youth", *Obesity*, Vol.15, No.12, pp. 3023-3030, 2007. DOI: <http://dx.doi.org/10.1038/oby.2007.360>
- [4] Ministry of health & welfare. Survey on Internet use. Seoul : Korean Internet & Security Agency. 2009.
- [5] M. J. Park, S. H. Suh. "Evaluation of Physical Fitness in Terms of Levels of Obesity among Middle and High School Students in Seoul", *The Korea Journal of Obesity*, Vol.18, No.2, pp.65-71, 2009.
- [6] J. Y. Lee, B. K. Park, K. J. Kim. "Effect of 12 weeks regular aerobic training on acute phase inflammatory protein and coronary artery disease risk factor in obese middle-aged women", *The Korean Journal of Physical Education*, Vol.43, No.5, pp.301-309, 2004.
- [7] S. E. Lee, J. H. Moon, J. H. Ahn, Y. S. Oh, S. H. Shin. "The Association between plasma adiponectin and the components of metabolic syndrome in adults with abdominal obesity", *The Korean Journal of Obesity*, Vol.16, No.1, pp.47-53, 2007.
- [8] W. J. Cho, O. N. Yoon. "Effects of taekwondo poomsae exercise program on blood lipid, adiponectin and leptin in middle-aged obese women", *Korea Journal of Sport*, Vol.12, No.1, pp.635-645, 2014.
- [9] G. J. Kim. "The role of exercise on the activation of lipid metabolism in obese", *Korean Society Exercise Physiology*, Vol.12, No.4, pp.553-573, 2003.
- [10] American College of Sports Medicine. ACSM's resource manual for guidelines for exercise testing and prescription. Mc Baltimore: Williams & Wilkins, 2010.
- [11] E. J. Ham. "The effects of rope jumping exercise having on physical fitness, body composition and bone mineral density of the children with mental retardation", *The Korean Journal of Physical Education*, Vol.45, No.1, pp.847-855, 2006.
- [12] D. J. Oh, H. J. Kim. "Effects of music rope jumping exercise on physical fitness and blood lipid profiles in overweight and obesity middle school girls", *Korean Association Physical of education and Sport for girls and Women*, Vol.22, No.2, pp.191-201, 2008.
- [13] J. W. Kim. "Effects of rope skipping on health related fitness and serum lipid in normal weight and overweight middle school girls", *Korea sports research*, Vol.17, No.1, pp. 373-382, 2006.
- [14] S. J. Beak, H. Lee, J. H. Park, T. S. Chung. "The effect of a complex rope jumping training on insulin resistance, adiponectin and CRP in obese elementary student", *The Korean Society of Growth & Development*, Vol.17, No.1, pp.1-7, 2009.
- [15] J. H. Kwak, G. N. Choi, J. H. Park, J. H. Kim, H. R. Jung, C. H. Jung, H. J. Heo. "Antioxidant and neuronal cell protective effect of purple sweet potato extract", *Journal of Agriculture & Life Science*, Vol.44, No.2, pp.57-66, 2010.
- [16] S. H. Kwon, I. S. Ahn, S. O. Kim, C. S. Kong, H. U. Chung, M. S. Do, K. Y. Park. "Anti obesity and hypolipidemic effects of black soybean anthocyanins", *Journal of Medical Food*, Vol.10, No.3, pp.552-556, 2007. DOI: <http://dx.doi.org/10.1089/jmf.2006.147>
- [17] D. R. Matthews, J. P. Hosker, A. S. Rudenski, B. A. Naylor, D. F. Treacher, R. C. Turner. "Homeostasis model assessment: Insulin resistance and b-cell function from fasting plasma glucose and insulin concentration in man", *Diabetologia*, Vol.28, No.7, pp.412-419, 1985. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/BF00280883>
- [18] Ministry of culture, Sports and tourism. Korean national fitness assessment. Seoul : Korea Institute of Sports Science, 2007.
- [19] Ministry of Education. Physical education curriculum, ministry of education notice, 2007.
- [20] Y. H. Beak. "Measurement and evaluation of physical education", Busan : Jeil Publisher. 2005.
- [21] Y. J. Bae. "The effect on body composition and physical strength through music rope skipping training of middle school students", Master's. Thesis, Silla university, Pusan, Korea, 2008.
- [22] Y. P. Hwang, J. H. Choi, E. H. Han, H. G. Kim, J. H. Wee, K. O. Jung, K. H. Jung, K. I. Kwon, T. C. Jeong, Y. C. Chung, H. G. Jeong. "Purple sweet potato anthocyanins attenuate hepatic lipid accumulation through activating adenosine monophosphate-activated protein kinase in human HepG2 cells and obese mice", *Nutrition Research*, Vol.31, No.12, pp.896 - 906, 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.nutres.2011.09.026>
- [23] E. J. Kim. "Effects of a 12 week music jump rope on health related physical fitness and blood lipid in obese high school girls", Master's. Thesis, Chosun University, Gwangju, Korea, 2013.
- [24] W. Y. Choi. "The effects of ropeless skipping exercise on health related fitness, blood lipids, growth hormone and metabolic related hormones for Obese Middle School Students", Master's. Thesis, Sookmyung Women's University, Seoul, Korea, 2009.
- [25] K. S. Hong. "Effects of rope skipping program in the physique and fitness of the female middle school student during 8 weeks", Master's. Thesis, Sangji University, Wonju, Korea, 2009.
- [26] B. W. Choi. "Effects of 12 weeks music rope skipping program on body composition, the H-C somatotype's three components and physical fitness in obese middle school", Master's. Thesis, Pusan National University, Busan, Korea, 2012.
- [27] V. Press, I. Freestone, C. F. George. "Physical activity:

- The evidence of benefit in the prevention of coronary heart disease", An International Journal of Medicine, Vol.96, No.4, 245-251, 2003.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1093/qjmed/hcg041>
- [28] Y. G. An. "Training regimens on body composition, serum lipids, and muscle strength", Ph.d. Dissertation, Korea National Sport University, Seoul, Korea, 2005.
- [29] W. Y. Choi, C. M. Lee, S. M. Kim. "The effects of ropeless skipping exercise on blood lipids and growth hormone for obese middle school students", Korean Society of Exercise Rehabilitation, Vol.8, No.3, pp.193-201, 2012.
- [30] S. W. Wang. "The effects of 12weeks training depending on existing or non existing obese genes to metabolic regulatory hormones, blood lipids and body compositions", The Korea Journal of Physical Education, Vol.43, No.3, pp.699-711, 2004.
- [31] T. K. Han, H. R. Lee. "Effects of 10 week jump rope exercise training on basic physical fitness, blood lipid level and exercise habits of elementary school students", Korean Society for Measurement and Evaluation, Vol.16, No.2, pp.93-102, 2014.
- [32] L. B. Oscai, J. Gorski, W. C. Miller, W. K. Plamer. "Role of the alkaline TG lipase in regulating intramuscular TG content", Medicine & Science in Sports Exercise, Vol.20, No.6, pp.539-544, 1988.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1249/00005768-198812000-00004>
- [33] B. S Kim. "Effects of 12 weeks jump rope exercise on plasma lipids and ghrelin in Obese Children", The Korean Society of Elementary Physical Education, Vol.14, No.2, pp.13-19, 2008.
- [34] R. C. Cook, D. Allen, J. H. Finley. "Effects of an intense 12week training program on beta endorphin levels in college men", Medical and Science in Sports and Exercise, Vol.17, pp.235-236, 1986.
- [35] J. W. Kim, D. Y. Kim, D. W. Kang, D. J. Oh. "Effects of music rope skipping exercise on health fitness, blood lipids and growth-related factors in male middle school boys", Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, Vol.13, No.8, pp.3405-3416, 2012.
DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2012.13.8.3405>
- [36] W. T. Cefalu. "Insulin resistance: cellular and clinical concepts", Experiment Biology and Medicine, Vol.226, No.1, pp.13-26, 2001.
- [37] H. J. Choi, K. E. Yun. "Predictors of Insulin resistance in postmenopausal women", The Journal of Korean Society of Menopause, Vol.16, No.2, pp.93-98, 2010.
- [38] S. S. Bassuk, J. E. Manson. "Epidemiological evidence for the role of physical activity in reducing risk of type 2 diabetes and cardiovascular disease", Journal of Applied Physiology, Vol.90, No.3, pp.1193-1204, 2005.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1152/jappphysiol.00160.2005>
- [39] S. S. Lee, Y. S. So. "Effect of aerobic exercise on plasma apelin, cytokine levels and insulin resistance in obese adolescent", Korean Journal of Sports Science, Vol.22, No.5, pp.1415-1425, 2013.
- [40] R. C. Camacho, S. N. Galassetti, S. N. David, D. H. Wasserman. "Glucoregulation during and after exercise in health and insulin-dependent diabetes", Exercise and Sport Sciences Reviews, Vol.33, No.1, pp.17-23, 2005.
- [41] Z. F. Zhang, J. Lu, Y. L. Zheng, D. M. Wu, B. Hu, Q. Shan, W. Cheng, M. Q. Li, Y. Y. Sun. "Purple sweet potato color attenuates hepatic insulin resistance via blocking oxidative stress and endoplasmic reticulum stress in high-fat-diet-treated mice", The Journal of Nutritional Biochemistry, Vol.24, No.6, pp.1008-1018, 2012.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jnutbio.2012.07.009>

손 원 목(Won-Mok Son)

[정회원]



- 2011년 2월 : 한국해양대학교 해양생명환경학과 (이학석사)
- 2014년 2월 : 부산대학교 체육학과 (체육학박사)
- 2015년 3월 ~ 현재 : 부산대학교 시간강사

<관심분야>

비만, 운동영양

김 도 연(Do-Yeon Kim)

[정회원]



- 2005년 5월 : U of Utah(미) (체육학석사)
- 2009년 8월 : U of New Mexico (미) (이학박사)
- 2014년 9월 ~ 현재 : 부산대학교 체육교육과 교수

<관심분야>

신진대사, 심폐기능, 열량측정, 비만

성 기 동(Ki-Dong Sung)

[정회원]



- 2009년 2월 : 부산대학교 체육학과 (체육학석사)
- 2013년 2월 : 부산대학교 체육학과 (체육학박사)
- 2015년 3월 ~ 현재 : 부산대학교 시간강사

<관심분야>

비만, 운동영양

백 영 호(Young-Ho Baek)

[정회원]



- 1983년 2월 : 경희대학교 체육학과 (이학석사)
- 1994년 2월 : 부경대학교 식품영양학과 (이학박사)
- 1984년 3월 ~ 현재 : 부산대학교 체육교육과 교수

<관심분야>

운동영양, 측정평가, 생화학