

복합운동이 과체중 및 비만 남자 초등학생의 대사적지표에 미치는 영향

부산대학교 사범대학 체육교육학과, 부산대학교 의학전문대학원 의학교육실 및 부산대학교병원 비만영양대사센터*,
부경대학교 해양스포츠학과†, 부산대학교병원 가정의학과‡, 부산대학교 의학전문대학원 소아과학교실§

김현준 · 김태운 · 이상엽* · 신군수† · 김영주‡ · 김수영§

Effect of combined exercise on metabolic bio-marker in overweight and obese children

Hyun-Jun Kim, Ph.D., Tae-Un Kim, Ph.D., Sangyeoup Lee, M.D.*, Goon-Soo Shin, Ph.D.†
Young-Joo Kim, M.D.‡ and Su-Yung Kim, M.D.§

*Department of Physical Education, Pusan National University College of Education
Medical Education Unit, Pusan National University School of Medicine and
Center for Obesity, Nutrition and Metabolism, Pusan National University Hospital*,
Department of Aquatic Sports, Pukyong National University†, Department of Family Medicine,
Pusan National University Hospital‡, Department of Pediatrics,
Pusan National University School of Medicine§, Busan, Korea*

Purpose : The purpose of this study was to demonstrate the effectiveness of combined exercise for 12 weeks on the adiponectin and obesity related variables in overweight and obese children.

Methods : Eighteen children in 5th grade in a certain elementary school in Busan were recruited. They were all overweight or obese children(more than 85 percentile in body mass index). Nine children in the experimental group were given exercises consisting of walking and band resistant training for 12 weeks. Auxological data(including height, weight and body fat mass) and laboratory data (fasting blood sugar, insulin, adiponectin) were checked at baseline and at the 1 week, and at the 4 weeks and 12 weeks stages of their exercise program. Insulin resistance and sensitivity were evaluated indirectly using HOMA index and QUICKI index.

Results : Adiponectin gradually decreased until the 4 weeks point and gradually increased thereafter to the starting level at the 12 weeks stage. Body weight, body mass index(BMI) and HOMA index significantly decreased more at the 1 week, 4 weeks, and 12 weeks stages in the experimental group than in the control group. Body fat mass significantly decreased at 12 weeks. The change of insulin was significantly correlated with changes of body weight and BMI. But there was no correlation between changes of adiponectin and changes of insulin.

Conclusion : Exercise seems to effect the adiponectin concentration. And it might be assumed that exercise increases the adiponectin concentration if it is continued for long time(may be more than 12 weeks). More studies may be necessary to draw that conclusion. (**Korean J Pediatr 2006;49:946-951**)

Key Words : Exercise, Adiponectin, Insulin, Obesity, Overweight, Children

서 론

접수: 2006년 4월 19일, 승인: 2006년 6월 28일
이 논문은 2003년도 한국학술진흥재단의 지원에 의하여 연구되었음
(KRF-2003-003-E00258).
책임저자: 김수영, 부산대학교 의과대학 소아과학교실
Correspondence: Su-Yung Kim, M.D.
Tel: 051)240-7298 Fax: 051)248-6205
E-mail: suyung@pusan.ac.kr

아디포넥틴(adiponectin)은 지방 세포에서 분비되는 아디포사이토키인(adipocytokine)의 하나로써 당대사 및 인슐린 저항성에 중요한 역할을 하며, 비만 환자 및 당뇨병 환자에서 감소되어 있고, 체중을 감량하면 아디포넥틴의 농도가 증가하면서 고혈당, 고인슐린혈증, 동맥경화증 같은 대사성 질환이 개선된다고

보고되었다^{1,2)}.

아디포넥틴이 주로 골격근에서 작용한다는 것이 보고 되면서³⁾, 비만 환자에서 운동을 통해 아디포넥틴의 분비를 개선하기 위한 다양한 프로그램이 실시되고 있다. 그러나 운동을 통한 체중감량이 아디포넥틴 농도를 개선시키는데 대해서는 연구마다 상이한 결과를 보고하고 있는데, 운동을 통해 체중이 감량되면 아디포넥틴 농도가 증가한다는 보고^{5,6)}가 있는 반면에 운동을 통해 체중이 감량되어도 아디포넥틴 농도에 변화가 없다는 보고도 있다⁷⁾.

비만한 소아에서 인슐린 저항성이 동반되는 경우가 많으며, 비만과 이와 관련된 대사적 교정을 위해 적극적인 조기 개입이 필요하다. 인슐린 저항성은 과다한 체지방과 관련이 있으며, 낮은 신체활동과도 관련이 있는 것으로 알려져 있다. 따라서 체지방의 감소와 운동에 의해 인슐린 저항성이 개선될 것으로 기대되어지고 있으며, 성인에서는 운동을 통한 인슐린 저항성의 개선에 관해 여러 연구에서 보고가 되고 있으나, 소아비만에서 운동에 의한 인슐린 저항성의 개선에 대한 연구는 거의 없는 실정이다.

이와 같이 소아에서 운동을 통한 체중감량이 아디포넥틴 농도 변화나 인슐린 저항성에 미치는 영향에 대해서는 연구마다 다른 결과를 보고하고 있으며, 운동에 의한 아디포넥틴의 연속적인 변화를 관찰한 연구는 미흡하여, 이에 관한 연구가 필요한 실정이다.

이에 본 연구는 복합운동이 과체중 아동의 에너지 대사에 미치는 영향과 운동 프로그램이 진행되는 1주, 4주, 12주의 아디포넥틴 및 대사적 지표의 변화를 알아보고자 본 연구를 시행하였다.

대상 및 방법

1. 대상

부산에 소재한 일개 초등학교 5학년 남학생 중 체질량지수 (body mass index, BMI)가 85-94 백분위수(11세: BMI 21.3-23.4 kg/m²)인 과체중 아동과 95 백분위수 이상(11세: BMI 23.5 kg/m² 이상)인 비만 아동을 대상으로 하였다. 대상자 중 부모 및 아동이 본 연구의 취지와 프로그램 방법에 동의하고, 최근 6개월 이내에 운동프로그램이나 식사요법에 참여하지 않은 18명을 최종 대상자로 하였다. 대상자는 운동군(9명)과 대조군(9명) 2군으로 나누어 연구를 시행하였다. 참가에 앞서 모든 피험자들과 학부모에게 연구의 목적과 방법에 대하여 설명하고, 참가 동의를 받았다.

2. 방법

문진을 통해 연구대상자들의 현 병력, 과거 병력에 대해 조사하였다. 가벼운 실내복을 착용한 상태에서 신장, 체중을 측정하고, 체질량지수(body mass index, BMI)는 측정된 키(m)의 제곱과 체중(kg)을 이용하여 계산하였다(kg/m²). 체지방률은 이중

에너지 X선 흡수법(dual-energy X-ray absorptiometry)으로 측정하였다.

8시간 이상의 공복상태에서 혈액을 채취하여 혈당, 인슐린 및 아디포넥틴을 측정하였다. 공복 혈당은 건식 생화학 분석기 (SLOTCHED 4410)를 이용하여 측정하였으며, 인슐린과 아디포넥틴은 방사선면역측정법으로 측정하였다. 인슐린저항성 및 민감도는 HOMA(homeostasis model assessment) 지수⁸⁾와 QUICKI(quantitative insulin sensitivity check index) 지수⁹⁾를 사용하여 간접적으로 평가하였다.

$$\text{HOMA} = [\text{fasting insulin}(\mu\text{IU/mL}) \times \text{fasting glucose}(\text{mg/dL})] / 18 / 22.5$$

$$\text{QUICKI} = 1 / [\log \text{fasting insulin}(\mu\text{IU/mL}) + \log \text{fasting glucose}(\text{mg/dL})]$$

신장, 체중, 체지방률 및 혈액학적 검사는 12주 동안 프로그램 시작 전, 운동프로그램 시행 1주, 4주, 12주에 총 4회 측정하였다.

영양 평가는 대상 소아와 부모를 통해 24시간 회상법을 이용하여 섭취한 음식의 종류, 분량, 재료명 및 목측량을 기록하도록 하였으며, 전담 영양사에 의해 CAN 프로그램(한국영양학회, 1998)을 이용하여 평가되었다. 영양 평가는 12주 동안 1주에 2회씩 시행되었다.

3. 운동프로그램

12주 동안 걷기운동과 밴드저항운동을 조합한 복합운동프로그램을 시행하였다.

걷기운동은 주 2회, 1회당 50분씩 중등도 강도로 실시하였으며, 이 중 본 운동은 점증적 과부하의 원리를 적용하여 1-4주는 55-64% 최대심박수(HRmax)로 30분간(11-12 주관적 운동 강도, ratings of perceived exertion, RPE: 가벼움), 5-8주는 65-75% HRmax로 30분간(13-15 RPE: 약간 힘든 정도-힘든 정도), 9-12주는 65-75% HRmax로 35분간(13-15 RPE) 실시하였다³¹⁾.

저항운동은 밴드를 이용하여 주 2회, 1회당 50분씩 실시하였으며, 밴드는 미리 아동의 사용 능력을 확인한 후 아동이 저항운동을 하기에 적합한 약한 강도 노랑색(thin)과 적색(medium)을 선정하여 사용하였다. 운동 강도는 하나의 동작을 연속 10-15회 할 수 있는 밴드의 위치로 선정하였다^{32,33)}. 동작 및 세트는 Kraemer와 Fleck³⁴⁾의 아동용 저항훈련프로그램을 수정하여 9개 항목의 동작(bench press, squat, elbow curl, seated row, knee curl, sit-up, knee extension, overhead press, seated leg press)으로 구성하였다.

4. 통계적 분석

통계적 분석은 윈도우용 SPSS Version 12.0(SPSS Inc., Chicago, IL)을 이용하였다. 측정된 변수의 정규성 여부는 Shapiro-Wilk 검정으로 확인하였으며, 운동군과 대조군간의 측정 변수의 비교는 two-sample t-test로 분석하였고, 각 군내의

측정시점 간의 비교는 paired t-test로 검증하였다. 분석에 앞서 각 측정변수는 운동프로그램 시행 전 값을 기준으로 변화 비율로 환산하였다. 각 항목간의 상관관계는 Pearson의 상관계수와 Spearman의 상관계수를 이용하였다. 유의수준은 0.05 미만인 경우로 하였다.

결 과

1. 대상자의 일반적 특성

대상자 18명은 모두 남아로 구성되어 있으며, 대상자의 평균 연령은 11.1±0.3세였다. 프로그램 시행 전의 대상자의 신장, 체중, 체질량지수, 체지방률, 공복 혈당, 인슐린, 아디포넥틴을 운동

Table 1. Basal Characteristics and Metabolic Parameters of Study Subjects^a

	Exercise group (n=9)	Control group (n=9)
Height(cm)	149.0±5.5	154.3±4.6
Weight(kg)	53.9±7.8	59.8±5.2
Body mass index(kg/m ²)	24.2±2.6	25.1±1.5
Percent body fat(%)	34.5±2.8	36.2±2.0
Fasting glucose(mg/dL)	68.6±9.9	73.0±9.1
Insulin(μIU/mL)	15.3±4.0	14.2±3.1
HOMA index	2.5±0.6	2.5±0.5
QUICKI index	0.5±0.4	0.5±0.4
Adiponectin	13.4±2.0	15.2±2.0

Values are means±SD except insulin and adiponectin(mean±standard error)

^aP>0.05 by two-sample t-test between exercise and control group

Abbreviations : HOMA, Homeostasis model assessment; QUICKI, Quantitative insulin sensitivity check index

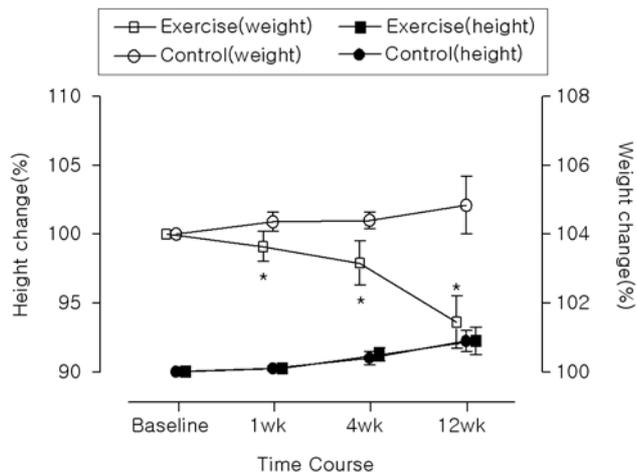


Fig. 1. Weights decreased significantly at every stage with combined exercise. Heights increased progressively in both groups.

군과 대조군으로 나누어 Table 1에서 비교하였다. 신장, 체중, 체질량지수 및 체지방률은 두 군 간에 유의한 차이가 없었으며, 공복 혈당, 인슐린, 아디포넥틴 및 HOMA 지수와 QUICK 지수도 두 군 간에 유의한 차이가 없었다(Table 1).

2. 신체계측치와 체구성의 변화

운동군의 경우 복합운동프로그램 시행 후 1주, 4주 12주째에 대조군에 비해 유의한 체중감소를 보였다. 반면 신장은 운동군과 대조군 모두에서 증가하는 양상을 보였다(Fig. 1). 체지방률은 운동군이 대조군에 비해 점점 감소하는 양상을 보였으나, 대조군과의 의미 있는 차이는 12주째에 나타났다. 대조군의 경우 기간에 따른 체지방율의 유의한 변화를 관찰할 수 없었다(Fig. 2). 체질량지수는 복합운동프로그램 시행 후 1주, 4주, 12주째에 운동군에서 대조군에 비해 유의한 감소를 보였으며, 대조군에서는 운동프로그램 전후 유의한 변화가 없었다(Fig. 3).

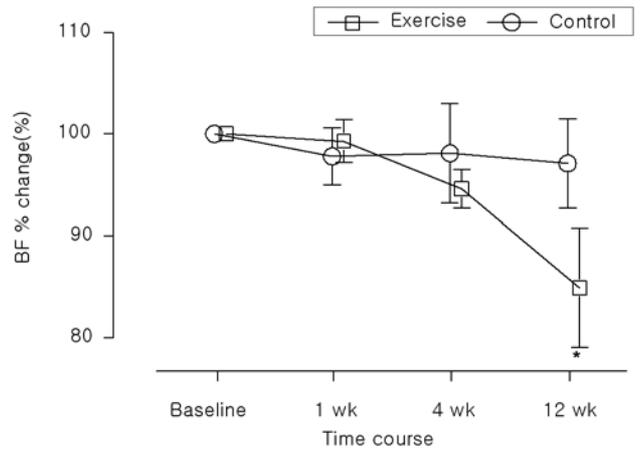


Fig. 2. Body fat percent decreased gradually with combined exercise, but with significant in statistics at the 12 weeks stage.

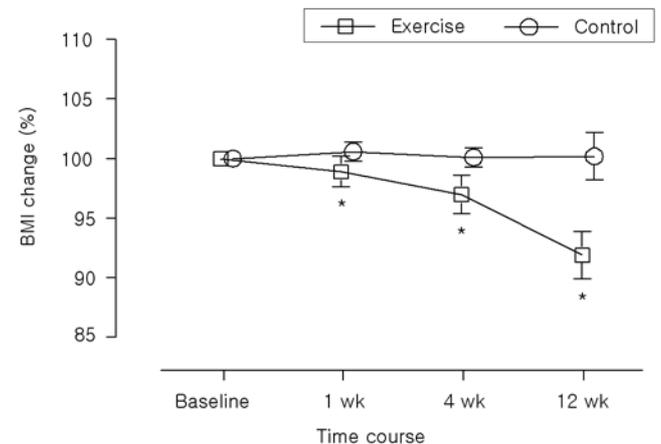


Fig. 3. Body mass index decreased gradually with combined exercise.

3. 인슐린 저항성의 변화

HOMA 지수는 복합운동프로그램 시행 후 1주, 4주, 12주째에 운동군이 대조군에 비해 유의한 감소를 보였으나($P < 0.005$), 대조군에서는 증가를 보였다. 혈당은 두 군 간에 복합운동프로그램 전후 유의한 차이를 보이지 않았다(Fig. 4).

4. 아디포넥틴의 변화

아디포넥틴은 운동군 내에서 복합운동프로그램 시행 전에 비해 시행 후 4주 째에 유의한 감소를 보였으나($P < 0.05$), 이후 증가하는 양상을 보였으며, 복합운동프로그램 12주째는 프로그램 시행 전과 유의한 차이를 보이지 않았다. 대조군 내에서는 복합

운동프로그램 전후 시기별 유의한 변화를 관찰할 수 없었다. 각 시기별로 운동군과 대조군 간에 아디포넥틴의 차이는 없었다(Fig. 5).

5. 인슐린 변화량에 따른 대사적 지표들의 변화

복합운동프로그램 시행에 따른 인슐린 변화량과 대사적 지표들의 변화량과의 관련성을 분석한 결과, 체중 및 체질량지수 변화량과 인슐린 변화량은 유의한 양의 상관관계가 있었지만, 아디포넥틴 변화량과는 유의한 관련성이 없었다(Table 2).

고 찰

지방세포는 대사적 항상성 유지에 중요한 역할을 하는 단백질

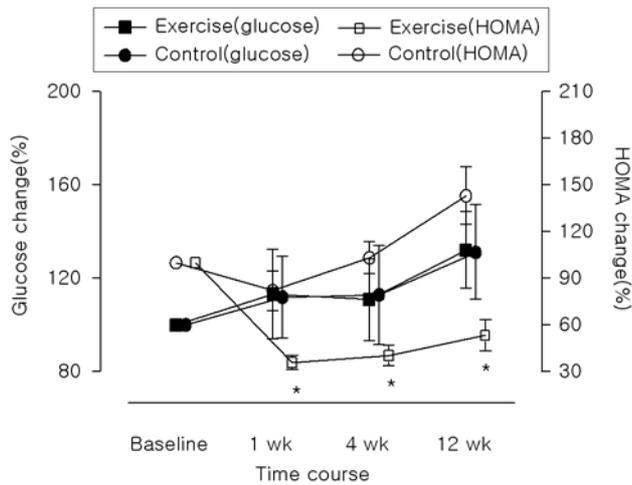


Fig. 4. HOMA index in the exercise group decreased compared to control group. Blood glucose levels were not different between groups in every stage.

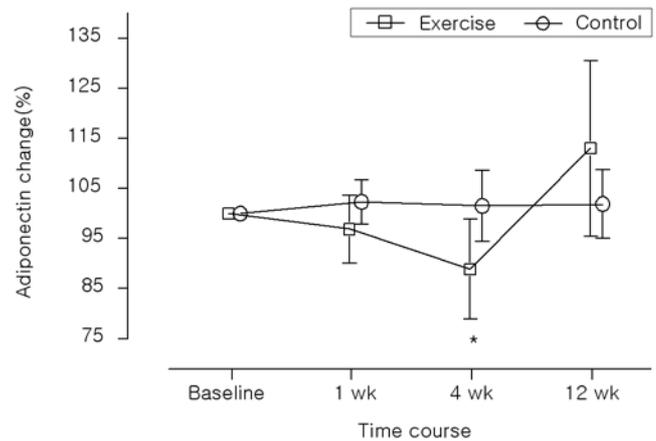


Fig. 5. Adiponectin levels decreased at the 4 weeks stage, but then increased to more than staging level in exercise group. There was no change of adiponectin levels during follow-up control group.

Table 2. Correlation between Change of Insulin and Other Variables

△Variables*	△Insulin					
	After 1 week		After 4 weeks		After 12 weeks	
	r	P value	r	P value	r	P value
Group [†]	-0.675	0.002	-0.803	0.000	-0.739	0.000
△Height	0.070	0.781	0.133	0.600	-0.198	0.431
△Weight	0.520	0.027	0.544	0.020	0.679	0.002
△Body mass index	0.477	0.045	0.508	0.031	0.708	0.001
△Percent body fat	-0.361	0.141	0.610	0.007	0.335	0.174
△Fasting glucoe	-0.521	0.027	0.179	0.478	-0.443	0.065
△HOMA	0.978	0.000	0.653	0.003	0.976	0.000
△QUICKI	-0.763	0.000	-0.635	0.006	-0.854	0.000
△Adiponectin	0.400	0.100	0.192	0.445	-0.010	0.968

△ expressed as change of percentage from baseline results.

[†] Exercise group, code=1; control group, code=0

HOMA = [fasting insulin(μ IU/mL) \times fasting glycemia(mg/dL)/18]/22.5

QUICKI = 1/[log fasting insulin(μ IU/mL) \times log fasting glycemia(mg/dL)]

Pearson's correlation coefficient except group(by Spearman's correlation coefficient)

을 분비하는데, 이중 아디포넥틴은 인슐린저항성 및 지질대사와 관련이 있다고 알려져 있다. 그러나 아직 아디포넥틴 농도에 영향을 미치는 인자들에 대해서는 많이 되어 있지 않다. 또한 운동을 통한 체중감량에 따른 아디포넥틴 농도 변화에 대해서도 연구에 따라 상이한 결과를 보고하고 있다. 본 연구 결과 운동군 내에서 복합운동프로그램 시행 4주째에 아디포넥틴의 유의한 감소를 관찰할 수 있었으며, 이후 증가하여 복합운동 12주째에는 운동군에서 복합운동을 시행하기 전과 유의한 차이를 관찰할 수 없었다. 성인을 대상으로 운동에 따른 아디포넥틴 변화에 관한 연구들에서는 단기간의 운동에서는 아디포넥틴 농도의 감소를 보고하고 있으며, 12주 이상의 운동프로그램에 의해서는 아디포넥틴 농도 증가가 보고되었다^{5,10)}. 본 연구에서 4주째 감소되었던 아디포넥틴이 12주까지 지속적으로 증가하는 양상을 보이는 것으로 볼 때, 소아에서도 12주 이상의 장기간의 운동프로그램에 의해서는 아디포넥틴의 증가가 기대된다.

본 연구의 운동프로그램이 시행된 군에서 복합운동프로그램 시행 1, 4, 12주째 체중, 체질량지수 및 인슐린 저항성이 대조군에 비해 유의한 감소를 보였다. 이는 유산소 운동이 근육의 혈액 공급을 증가시키고, 인슐린 민감성 1형 근섬유(fiber)의 양을 증가시키는 것으로 알려져 있고, 운동에 의해 야기된 이러한 반응이 인슐린 민감도를 개선시키는 것과 관련이 있을 것으로 생각되어지고 있다¹¹⁾. 소아를 대상으로 한 다른 연구에서 12주간의 유산소 운동에 따른 인슐린 저항성 및 아디포넥틴 변화를 관찰한 다른 연구에서도 인슐린 저항성은 유의하게 개선이 되었으나, 아디포넥틴 농도에 유의한 변화를 관찰할 수 없었다¹²⁾.

본 연구에서 인슐린의 농도의 경우 복합운동 1주, 4주, 12주째에 지속적인 감소 양상을 보이고, 아디포넥틴 농도의 경우 4주째에 유의한 감소를 보이다가 이후 증가하는 양상을 보이지만, 아디포넥틴과 인슐린 간에 유의한 상관성은 관찰할 수 없었다. 이와 같은 결과는 다른 연구에서도 관찰되고 있는데, Boudou 등¹³⁾은 운동에 의해 인슐린 농도는 개선되었지만 아디포넥틴 농도는 유의한 변화가 없는 것을 보고하고 있으며, Hulver 등¹⁴⁾은 운동 후 인슐린 민감성은 향상되었지만 아디포넥틴 농도는 변화가 없으며, 오히려 위절제술에 의해 체중이 감량된 경우에 아디포넥틴 농도가 유의하게 증가하였다고 보고하고 있다. 이외에도 Hotta 등¹⁵⁾, Hulver 등¹⁴⁾, Yang 등¹⁶⁾은 체중감소 후 아디포넥틴 농도가 증가하였다는 보고를 하면서, 아디포넥틴 농도를 증가시키기 위해서는 제한된 식이와 위절제술과 같은 방법을 이용하여 적극적인 체중 감소가 필요하다고 주장하였다.

본 연구에서 대상자가 초등학교 5학년 남학생에 국한되어 제한점이 있으나, 아디포넥틴과 운동에 관한 대부분의 이전의 연구들에서는 운동 이후 특정 시기의 아디포넥틴 변화를 단회 측정 한데 반해 본 연구는 운동이 지속됨에 따라 운동의 시기에 따른 아디포넥틴의 일련의 변화 양상을 지속적으로 보여주었다는 점에서 그 의의를 들 수 있다.

결론적으로 과체중 및 비만에 해당하는 남아에서 12주간의

복합운동에 의해 아디포넥틴의 변화는 관찰되지 않으나, 체중의 감소 및 인슐린 저항성의 개선이 관찰되어진다. 따라서 소아비만 및 비만 관련 질환의 예방 및 관리를 위해 운동 요법의 중요성을 제시할 수 있으며, 향후 비만의 병리 기전 규명 및 치료 방법의 개발에 있어 운동과 아디포넥틴과의 관련성에 대해 더 장기간에 걸친 지속적인 연구가 필요할 것으로 고려되어진다.

요 약

목적 : 본 연구는 복합운동이 비만 아동의 에너지 대사를 긍정적으로 개선시킬 수 있는지를 알아보고자 복합운동 프로그램 12주 동안 아디포넥틴과 비만관련 변수와의 변화를 분석하였다.

방법 : 일개 초등학교 5학년 남학생 중 체질량지수가 85백분위수 이상인 과체중 및 비만 아동을 대상으로 본 연구를 시행하였다. 대상자들은 12주 동안 걷기운동과 밴드저항운동을 조합한 복합운동프로그램을 시행하였다. 신장, 체중, 체지방량, 공복 혈당, 인슐린 및 아디포넥틴 측정은 복합운동프로그램 시작 전 및 프로그램 시행 1주, 4주, 12주째에 측정하였다. 인슐린 저항성 및 민감도는 HOMA 지수와 QUICKI 지수를 사용하였다.

결과 : 아디포넥틴은 운동 4주 후에는 유의하게 감소하였으며, 이후 증가하는 양상을 보여 운동 12주 후에는 운동 전과 유사한 수준으로 운동 프로그램이 지속됨에 따라 증가하는 경향을 보였다. 체중, 체질량지수 및 인슐린 저항성은 복합운동 1주, 4주, 12주 후에 운동군이 대조군에 비해 유의한 감소를 보였다. 체지방률은 복합운동 12주에 운동군에서 대조군에 비해 유의한 감소가 관찰되었다. 운동이 진행됨에 따라 체중 및 체질량지수 변화량과 인슐린 변화량 간에는 유의한 관련성이 있었으며, 아디포넥틴 변화량과 인슐린 변화량 간에는 유의한 관련성이 없었다.

결론 : 본 연구 결과 인슐린저항성은 복합운동 1주 후부터 개선되기 시작하였다. 아디포넥틴은 운동 초기에 감소하다 특정 시기 이상의 지속적인 운동에서 증가하는 경향을 보였다. 따라서 운동이 아디포넥틴 농도 변화에 영향을 미친다는 것을 제시할 수 있지만, 장기간의 지속적인 운동에 따른 아디포넥틴 농도의 변화에 대해서는 후속 연구가 이루어져야 할 것이다.

References

- 1) Havel PJ. Control of energy homeostasis and insulin action by adipocyte hormones: leptin, acylation stimulating protein, and adiponectin. *Curr Opin Lipidol* 2002;13:51-9.
- 2) Matsuzawa Y, Funahashi T, Kihara S, Shimomura I. Adiponectin and metabolic syndrome. *Arterioscler Thromb Vasc Biol* 2004;24:29-33.
- 3) Schulze MB, Rimm EB, Shai I, Rifai N, Hu FB. Relationship between adiponectin and glycemic control, blood lipids, and inflammatory markers in men with type 2 diabetes. *Diabetes Care* 2004;27:1680-7.
- 4) Wang H, Zhang H, Jia Y, Zhang Z, Craig R, Wang X,

- Elbein SC. Adiponectin receptor 1 gene(ADIPOR1) as a candidate for type 2 diabetes and insulin resistance. *Diabetes* 2004;53:2132-6.
- 5) Reinehr T, Roth C, Menke T, Andler W. Adiponectin before and after weight loss in obese children. *J Clin Endocrinol Metab* 2004;89:3790-4.
 - 6) Jurimae J, Purge P, Jurimae T. Adiponectin is altered after maximal exercise in highly trained male rowers. *Eur J Appl Physiol* 2005;93:502-5.
 - 7) Kraemer RR, Aboudehen KS, Carruth AK, Durand RT, Acevedo EO, Hebert EP, et al. Adiponectin responses to continuous and progressively intense intermittent exercise. *Med Sci Sports Exerc* 2003;35:1320-5.
 - 8) Ascaso JF, Romero P, Real JT, Priego A, Valdecabres C, Carmena R. Insulin resistance quantification by fasting insulin plasma value and HOMA index in a non-diabetic population. *Med Clin(Barc)* 2001;117:530-3.
 - 9) Hrebicek J, Janout V, Malincikova J, Horakova D, Cizek L. Detection of insulin resistance by simple quantitative insulin sensitivity check index QUICKI for epidemiological assessment and prevention. *J Clin Endocrinol Metab* 2002;87:144-7.
 - 10) Esposito K, Pontillo A, Di Palo C, Giugliano G, Masella M, Marfella R, et al. Effect of weight loss and lifestyle changes on vascular inflammatory markers in obese women: a randomized trial. *JAMA* 2003;289:1799-804.
 - 11) Bruce CR, Hawley JA. Improvements in insulin resistance with aerobic exercise training: a lipocentric approach. *Med Sci Sports Exere* 2004;36:1196-201.
 - 12) Cruz M, Garcia-Macedo R, Garcia-Valerio Y, Gutierrez M, Medina-Navarro R, Duran G, et al. Low adiponectin levels predict type 2 diabetes in Mexican children. *Diabetes Care* 2004;27:1451-3.
 - 13) Boudou P, Sobngwi E, Mauvais-Jarvis F, Vexiau P, Gauthier JF. Absence of exercise-induced variations in adiponectin levels despite decreased abdominal adiposity and improved insulin sensitivity in type 2 diabetic men. *Eur J Endocrinol* 2003;149:421-4.
 - 14) Hulver MW, Zheng D, Tanner CJ, Houmard JA, Kraus WE, Slentz CA, et al. Adiponectin is not altered with exercise training despite enhanced insulin action. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 2002;283:E861-5.
 - 15) Hotta K, Funahashi T, Arita Y, Takahashi M, Matsuda M, Okamoto Y, et al. Plasma concentrations of a novel, adipose-specific protein, adiponectin, in type 2 diabetic patients. *Arterioscler Thromb Vasc Biol* 2000;20:1595-9.
 - 16) Yang WS, Lee WJ, Funahashi T, Tanaka S, Matsuzawa Y, Chao CL, et al. Weight reduction increases plasma levels of an adipose-derived anti-inflammatory protein, adiponectin. *J Clin Endocrinol Metab* 2001;86:3815-9.