

걷기와 밴드운동이 과체중 및 비만아동의 C-반응성단백질 및 심혈관질환 위험인자의 변화에 미치는 영향

김현준 · 김태운*

부산대학교 체육교육학과

Received December 26, 2007 / Accepted February 20, 2008

Effects of Walking and Band Exercise on C-reactive Protein and Cardiovascular Disease Risk Factor in Overweight and Obese Children. Hyun-Jun Kim and Tae-Un Kim*. *Department of Physical Education, Pusan National University, Busan 609-735, Korea* - The purpose of this study was to demonstrate the effectiveness of walking and band exercise for 12 weeks on c-reactive protein and cardiovascular disease risk factor in overweight and obese children. Body composition, blood lipids, insulin sensitivity, c-reactive protein (CRP) were assessed before, after 4 weeks and after 12 weeks of combined exercise. Sixteen participants (BMI \geq 21.3) were randomly allocated to exercise group (n=8) and control group (n=8). The exercise group participated in 50 minutes of walking exercise and band exercises as resistance training two days a week for 12 weeks. There were significant different on weight (p<0.001), BMI (p<0.001), fat mass (p<0.001), fat percentage (p<0.001), LBM percentage (p<0.001), TG (p<0.05), HDL-C (p<0.01), insulin (p<0.05), HOMA-IR (p<0.05) in exercise group after intervention. And the change of weight (p<0.001), BMI (p<0.001), fat mass (p<0.001), fat percentage (p<0.001), LBM mass (p<0.05), LBM percentage (p<0.001), insulin (p<0.05), HOMA-IR (p<0.05) were significant difference between groups after intervention. These findings suggest that 12 weeks of walking and band exercise can be useful intervention in the improvement of cardiovascular disease risk factor in overweight and obese children. But c-reactive protein was no change.

Key words : C-reactive protein, cardiovascular disease, obese children, combined exercise

서 론

비만한 사람은 비만하지 않은 사람에 비해 사망률이 높으며, 체질량지수(BMI; body mass index)가 29 kg/m²을 초과하는 사람은 그렇지 않은 사람에 비해 심혈관질환의 발생이 4배 이상 증가한다고 보고되었다[14,23,44]. 또한 소아를 대상으로 57년 동안 추적 관찰한 결과에 따르면 BMI 백분위수가 75 이상인 소아는 BMI 백분위수가 25-49이었던 소아에 비해 성인이 되었을 때 허혈성 심질환의 발병 위험도가 2배 이상 증가한다는 보고되어 비만아동의 심혈관질환 예방을 위한 중재 프로그램이 필요하다.

운동프로그램 또는 식사요법과 행동수정을 포함한 생활양식의 변화를 통한 신체활동량의 증가는 비만인의 심혈관질환 위험인자자인 고혈압, 이상지혈증, 고인슐린혈증, 인슐린 저항성 및 심폐체력을 개선시킬 수 있다[7,26].

이와 같은 생활양식 변화를 위한 중재 프로그램 중 운동 프로그램은 비만아동의 에너지대사를 점진적으로 변화시켜 체중, BMI, 체지방률을 감소시키고 심혈관질환 위험인자인 인슐린저항성을 개선시키는 것으로 알려졌다[17]. 체지방의 분포가 심혈관질환의 발현과 그로 인한 사망의 독립적인 위

험인자임을 고려 할 때 체지방 감소 결과를 가져오는 운동프로그램은 심혈관질환 예방 및 개선을 위한 좋은 중재 방법이다[20]. 하지만 심혈관질환 위험인자의 운동 효과에 대한 연구 결과가 일치하고 있지 않아 심혈관질환 예방 및 개선을 위한 운동프로그램을 구성하기가 어려운 실정이다. 아동기의 비만이 성인기 비만으로 진행되는 이환율이 높고, 인슐린 저항성, 이상지혈증, 고혈압, 제2형 당뇨병과 같은 심혈관질환 발병위험을 증가시키는 중심 역할을 한다는 것을 고려한다면 심혈관질환 예방과 관련된 연구는 무엇보다 더 절실하게 필요하다고 할 수 있겠다.

특히 혈중에 미량이 존재하는 C-반응성단백질(C-reactive protein, CRP)는 간에서 생성되는 대표적인 비특이적 급성기 반응단백질로 혈관내피세포 기능이상과 동맥경화증의 독립 위험인자로 알려져 있고[43], 동맥경화성 혈관의 염증반응 정도를 반영하는 대표적인 지표로 인식되어지고 있다[29]. 또한 성인 비만군과 동맥경화증 고위험군에서 혈중 CRP 농도가 정상성인들 보다 더 높고[37] 비만 아동과 청소년에 있어서도 이들의 CRP 농도가 정상 아동과 청소년들보다 더 높은 것으로 밝혀져[45] 심혈관질환에 중요한 위험인자로 알려져 있다. 하지만 1년 이상 장기간의 운동트레이닝 또는 체중감량 프로그램에 따른 CRP의 긍정적인 변화에 대한 연구결과가 성인을 대상으로 보고되어 있으나[10,24] 8주 또는 12주의 비교적 단기간의 운동프로그램에서는 상반된 결과들이

*Corresponding author

Tel : +82-51-510-2717, Fax : +82-51-510-1991

E-mail : tukim1@hanmail.net

보고되었다[16,27]. 또한 아동·청소년을 대상으로 한 연구가 부족하며 그 결과 또한 일치하고 있지 않아 더 많은 연구가 필요한 실정이다[3,27].

이와 같은 비교적 단기간의 연구에서 CRP의 개선 효과를 찾기 어렵지만 CRP와 관련된 체중, BMI, 인슐린저항성의 개선이 단기간에서도 나타나는 결과를 고려할 때 단기간의 운동프로그램에 의한 CRP의 변화에 대한 논의가 어려운 점이 있다. 이것은 운동프로그램의 결과가 운동 중에 어떤 변화를 거쳐 나타났는지를 고려하지 못했기 때문으로 생각된다.

이에 본 연구는 운동프로그램이 과체중 및 비만아동의 시기에 따른 CRP 및 심혈관질환 위험인자의 변화에 미치는 영향을 알아보고자 과체중 및 비만 아동을 대상으로 12주 간의 운동프로그램을 실시하고, 운동전, 4주 후, 12주 후의 심혈관 질환 관련인자를 분석하였다.

연구 방법

연구 대상

연구대상은 초등학교 5학년(만 11세) 남학생 중 6개월 전부터 운동프로그램에 참여하지 않았으며, 체질량지수(BMI) 백분위곡선에 적용하여 체질량지수 85-94 백분위수(BMI: 21.3-23.4 kg/m²)와 95 백분위수 이상(BMI: 23.5 kg/m² 이상)인 과체중 및 비만아동이다. 이들 중 부모와 대상자가 본 연구를 이해하고 참가하기를 동의한 16명의 과체중 및 비만아동을 선정하였다. 이들을 운동군 8명과 대조군 8명으로 무선 배치 하였다. 또한 최근 6개월 사이에 규칙적인 과의 운동프로그램에 참여하였거나 비만 관련 합병증으로 치료를 받고 있는 학생은 제외하였으며, 대상자의 일반적 특성은 Table 1과 같다.

측정항목 및 방법

신장은 이동식 신장계를 이용하여 0.1 cm 단위까지 측정하였다. 체중, 체지방률, 체지방량, 체지방량, BMC 측정은 이중 에너지 방사선 측정법(DEXA: Dual-Energy X-Ray Absorptiometry Technique)으로 하였으며, 측정 장비는 Lunar prodigy (GE medical systems, Waukesha, Wisconsin, USA)이다. 체지방률은 체지방량을 체중으로 나누어 구하였으며, 체질량지수는 체중(kg)을 신장의 제곱(m²)으로 나

누어 구하였다.

혈액 분석을 위해 12시간 공복상태를 유지하여 익일 오전 8시부터 9시 사이에 전완 주정맥으로부터 채취한 혈액을 원심분리기(Brushless D. C Motor VS-5500, Korea)를 이용하여 10분간 1,500-2,000 rpm의 속도로 원심 분리한 다음, 혈장만 검사 튜브에 분리하였다.

TC (total cholesterol), TG (triglyceride), HDL-C (high density lipoprotein cholesterol)는 건식 생화학 분석기 (SPOTCHEM 4410, ARKRAY Inc, Japan)를 이용하여 측정하였고, 혈당은 포도당 산화 효소법에 의해 Synchron LX 20 (Beckman Coulter Inc, USA)으로 측정하였다. CRP 농도는 면역비탁법(Toshiba 200-FR, Japan)을 이용하여 분석하였다. 인슐린은 방사선면역측정법(RIA: Radio-immunoassay, Linco Research Inc, USA)으로 측정하였다. 혈장 인슐린의 검사간 (intra-assay)과 검사내(inter-assay) 변이계수(coefficients variation)는 6.3%와 4.2%이었다. 인슐린저항성 평가의 간접 지표인 인슐린저항성지수(HOMA index)는 측정된 혈당(mg/dl)×0.0555하여 구한 mmol/l값을 HOMA-IR공식에 적용하였다. 인슐린산출 공식은 HOMA-IR=[공복 인슐린 농도(μU/ml)×공복 혈당농도(mmol/l)]÷22.5을 이용하여 구했다[25].

운동프로그램

본 연구의 운동군과 대조군에게 일상생활 및 영양섭취를 통제하지 못하였으며, 평상시와 같은 생활을 유지하도록 교육하였다. 운동군에게 적용한 12주의 프로그램은 걷기운동과 밴드저항운동이 포함된 복합운동이다.

유산소운동은 ACSM (american college of sports medicine) [1]의 지침을 참고로 하여 걷기 주 2회(월, 목) 50-60분씩 실시하였으며, 주운동은 1-4주 동안 55-64% HRmax (11-12 RPE) 30분, 5-12주 동안 65-75% HRmax (13-15 RPE) 30분, 9-12주 동안 65-75% HRmax (13-15 RPE) 40분 실시하였다.

저항운동은 밴드를 이용하여 주 2회(화, 금) 50분씩 실시하였으며, 밴드는 미리 아동의 사용 능력을 확인한 후 아동이 저항운동을 하기에 적합한 약한 강도 노랑색(thin)과 적색(medium)을 선정하여 사용하였다. 주운동의 운동 강도는 하나의 동작을 연속 10-15회 할 수 있는 밴드의 위치를 선정하여 반복속도는 10-15회/min정도로 운동하였으며, 동일한 강도로 20회 정도까지 쉽게 할 수 있게 되었을 때 밴드의 위치를 조정하였다[19,42]. 동작 및 세트는 Kraemer와 Fleck [18]가 제안한 기구를 사용하면서 실시하는 어린이 저항 트레이닝 프로그램을 수정하여 9동작(bench press, squat, elbow curl, seated row, knee curl, sit-up, knee extension, overhead press, seated leg press)으로 구성하였다.

자료처리

수집된 자료는 윈도우 SPSS Ver 13.0 통계 프로그램을 이용하여 모든 변인에 대한 평균(M)과 표준편차(SD)를 산출하

Table 1. Characteristics of subjects

Variables	EG (n=8)	CG (n=8)
Height (cm)	149.16±5.8	154±4.83
Weight (kg)	54.21±8.31	59.28±5.34
BMI (kg/m ²)	24.29±2.79	24.97±1.53

Values are mean±standard deviation, EG: experimental group, CG: control group
BMI: body mass index

었다.

운동프로그램이 비만아동의 시기에 따른 비만 관련인자와 심혈관질환 관련인자의 변화에 미치는 영향을 알아보기로 각 집단 내의 운동 전과 4주 후, 운동 전과 12주 후의 차이 검증은 paired t-test로 분석하였고, 프로그램 실시 시기를 고려한 집단 간 차이에 대한 검증은 2(집단)×3(측정시기) 반복 측정이원변량분석(two-way ANOVA repeated measure)을 이용하여 분석하였다. 통계적 유의수준은 $\alpha=0.05$ 로 하였다.

연구 결과

운동프로그램 4주 후와 12주 후의 대상자 특성 및 신체구성 변화는 Table 2와 같다.

체중은 운동군 내에서 4주 후에 1.32 kg ($p<0.01$), 12주 후에 3.74 kg ($p<0.001$) 감소하였으며, 대조군 내에서는 4주 후에 0.65 kg ($p<0.001$), 12주 후에 1.38 kg ($p<0.05$) 증가하였다. 측정시기를 고려하여 집단 간 변화를 비교한 결과 통계적으로 유의한($p<0.001$) 차이를 나타내었다.

BMI는 운동군 내에서 4주 후에 0.83 kg/m^2 ($p<0.001$), 12주 후에 2.11 kg/m^2 ($p<0.001$) 감소하였으나, 대조군 내에서는 변화가 없었다. 측정시기를 고려하여 집단 간 변화를 비교한 결과 통계적으로 유의한($p<0.001$) 차이를 나타내었다.

체지방량은 운동군 내에서 4주 후에 1.51 kg ($p<0.001$), 12주 후에 4.08 kg ($p<0.001$) 감소하였으나, 대조군 내에서는 변화가 없었다. 측정시기를 고려하여 집단 간 변화를 비교한 결과 통계적으로 유의한($p<0.001$) 차이를 나타내었다.

체지방률은 운동군 내에서 4주 후에 1.99% ($p<0.001$), 12주 후에 5.5% ($p<0.001$) 감소하였으나, 대조군 내에서는 변화가 없었다. 측정시기를 고려하여 집단 간 변화를 비교한 결과 통계적으로 유의한($p<0.001$) 차이를 나타내었다.

체지방량은 운동군 내에서 변화가 없었으나, 대조군 내에서는 12주 후에 1.49 kg ($p<0.01$) 증가하였다. 측정시기를 고

려하여 집단 간 변화를 비교한 결과 통계적으로 유의한 ($p<0.05$) 차이를 나타내었다.

체지방률은 운동군 내에서 4주 후에 1.92% ($p<0.001$), 12주 후에 5.28% ($p<0.001$) 증가하였으나, 대조군 내에서는 변화가 없었다. 측정시기를 고려하여 집단 간 변화를 비교한 결과 통계적으로 유의한($p<0.001$) 차이를 나타내었다.

운동프로그램 4주 후와 12주 후의 혈중지질 및 심혈관질환 위험인자의 변화는 Table 3과 같다.

TC는 집단 내와 집단 간 모두 유의한 차이가 없었다.

TG는 운동군 내에서 4주 후에 60.63 mg/dl ($p<0.05$), 12주 후에 77.63 mg/dl ($p<0.05$) 감소하였으며, 대조군 내에서는 12주 후에 36.75 mg/dl ($p<0.01$) 감소하였다. 측정시기를 고려하여 집단 간 변화를 비교한 결과 통계적으로 유의한 차이가 없었다.

HDL-C는 운동군 내에서 12주 후에 14.63 mg/dl ($p<0.05$) 증가하였으며, 대조군 내에서는 변화가 없었다. 측정시기를 고려하여 집단 간 변화를 비교한 결과 통계적으로 유의한 차이가 없었다.

혈당은 운동군 내에서 12주 후에 20.38 mg/dl ($p<0.001$) 증가하였으며, 대조군 내에서는 12주 후에 20.75 mg/dl ($p<0.01$) 증가하였다. 측정시기를 고려하여 집단 간 변화를 비교한 결과 통계적으로 유의한 차이가 없었다.

인슐린은 운동군 내에서 4주 후에 11.65 $\mu\text{U/dl}$ ($p<0.05$), 12주 후에 11.42 $\mu\text{U/dl}$ ($p<0.05$) 감소하였으나, 대조군 내에서는 변화가 없었다. 측정시기를 고려하여 집단 간 변화를 비교한 결과 통계적으로 유의한($p<0.05$) 차이를 나타내었다.

HOMA-IR은 운동군 내에서 4주 후에 1.88 ($p<0.05$), 12주 후에 1.83 ($p<0.05$) 감소하였으나, 대조군 내에서는 변화가 없었다. 측정시기를 고려하여 집단 간 변화를 비교한 결과 통계적으로 유의한($p<0.05$) 차이를 나타내었다.

C반응단백은 운동군 내에서 4주 후에 0.08 mg/l, 12주 후에 0.13 mg/l 감소하였고, 대조군 내에서는 4주 후에 0.05

Table 2. The changes of physical characteristics and body composition

Variables	EG (n=8)			CG (n=8)			F
	baseline	after 4 wk	after 12 wk	baseline	after 4 wk	after 12 wk	
Height (cm)	149.16±5.8	148.89±5.94***	150.61±6.38***	154±4.83	154.64±4.77***	155.45±4.8***	0.080
Weight (kg)	54.21±8.31	52.88±8.15**	50.47±7.39***	59.28±5.34	59.93±5.27***	60.66±5.81*	51.910###
BMI (kg/m^2)	24.29±2.79	23.47±2.67***	22.19±2.28***	24.97±1.53	25.04±1.54	25.07±1.76	48.689###
Fat mass (kg)	18.64±3.68	17.13±3.47***	14.57±3.12***	21.4±2.05	21.27±2.28	21.22±2.55	31.480###
fat percentage (%)	34.27±2.96	32.29±3.05***	28.77±3.8***	36.14±2.1	35.54±2.84	34.98±2.46	20.490###
LBM mass (kg)	33.96±5.11	34.15±5.18	34.3±5.21	36.14±3.75	36.89±3.9	37.63±3.92**	3.528#
LBM percentage (%)	62.77±2.85	64.69±2.91***	68.04±3.69***	60.91±2.07	61.49±2.89	62.01±2.48	17.962###

Values are mean±standard deviation, EG: experimental group, CG: control group

BMI: body mass index, LBM: lean body mass

*Significantly different from baseline within group, *: $p<0.05$, **: $p<0.01$, ***: $p<0.001$

#Significantly different between group, #: $p<0.05$, ###: $p<0.001$

Table 3. The changes of cardiovascular disease risk factors

Variables	EG (n=8)			CG (n=8)			F
	baseline	after 4 wk	after 12 wk	baseline	after 4 wk	after 12 wk	
TC (mg/dl)	157.5±45.77	151.38±45.26	155.63±24.58	164.63±42.43	170.38±25.3	167.38±34.18	0.296
TG (mg/dl)	106.63±71.2	46±23.69*	29±7.96*	109.5±68.13	91.88±74.45	72.75±62.95**	2.087
HDL-C (mg/dl)	41.88±12.7	47.13±12.3	56.5±11.8**	41.25±7.42	46.38±9.23	47.25±6.84	2.185
Glucose (mg/dl)	67.5±10.04	74.25±12.4	87.88±6.18***	72.88±9.75	81.5±11.84	93.63±7**	0.061
Insulin (μU/dl)	16.13±12.4	4.48±1.57*	4.71±1.75*	13.54±9.72	11.27±4.66	13.59±6.78	4.383 [#]
HOMA-IR index	2.64±2.04	0.76±0.3*	0.81±0.34*	2.31±1.4	2.02±.85	2.44±1.29	4.590 [#]
CRP (mg/l)	0.19±.22	0.11±0.12	0.06±0.04	0.13±0.08	0.19±0.17	0.16±0.13	2.320

Values are mean±standard deviation, EG: experimental group, CG: control group

TC: total cholesterol, TG: triglyceride, HDL-C: high density lipoprotein cholesterol, HOMA-IR: homeostasis model assessment of insulin resistance, CRP: C-reactive protein

*Significantly different from baseline within group, *: $p<0.05$, **: $p<0.01$, ***: $p<0.001$

[#]Significantly different between group, #: $p<0.05$

mg/l, 12주 후에 0.03 mg/l 증가하였으나 통계적으로 유의한 차이는 없었다. 측정시기를 고려하여 집단 간 변화를 비교한 결과 통계적으로 유의한 차이가 없었다.

논 의

걷기와 밴드운동이 비만아동의 시기에 따른 CRP 및 심혈관질환 위험인자의 변화에 미치는 영향을 알아보고자 과체중 및 비만 아동을 대상으로 12주 간의 운동프로그램을 실시한 결과 체중, BMI, 체지방량, 체지방률이 감소하고 체지방률이 증가한 것으로 나타났다.

이와 같은 결과는 비만 아동 및 청소년을 대상으로 운동 및 운동과 식사조절을 포함한 생활양식변화 프로그램을 실시한 결과 체중, BMI, 체지방률, 체지방량이 감소하고 체지방률이 증가하여 비만과 관련된 인체형태와 신체구성에 긍정적인 변화를 가져왔다는 보고와 유사하였지만, 선행연구의 체지방량 증가 결과와는 차이를 보였다[5]. 하지만 본 연구에서는 성장기의 아동을 대상으로 체중 유지 또는 감소 프로그램을 실시하여 신체구성의 비율을 긍정적으로 변화시키고자 한 것이므로 체중의 변화를 고려한 체지방률을 분석한 결과 대조군과 통계적으로 유의한 차이를 보이며 복합운동 후 체지방률이 증가한 것으로 나타났다. 복합운동은 근육을 중심으로 한 체지방량의 유지 및 증가와 기초대사량 증가에 도움을 준다고 알려져 있다[6].

체지방의 분포가 심혈관의 발현과 그로 인한 사망의 독립 위험인자라는 보고[20]와 신체구성을 개선시키면 심혈관질환 발병의 위험이 감소된다는 연구[35,46]를 볼 때 본 연구에서 실시한 걷기와 밴드운동이 과체중 및 비만아동의 심혈관질환 예방 및 개선에 유용한 중재 프로그램임을 알 수 있다.

TG와 HDL-C는 관상동맥심장질환의 독립위험인자이다 [2]. Daniels 등[4]은 아동과 청소년을 대상으로 체지방분포

와 심혈관질환 위험인자와의 관련성을 연구한 결과 TG, HDL-C, 수축기혈압, 좌심실 질량이 체지방분포와 상관관계가 높음을 밝혀 아동과 청소년에서도 체지방의 분포차이가 심혈관질환의 발병위험성을 증가시킨다고 하였다.

TG는 체중 및 체지방량의 감소 후 그 농도가 낮아지는 것으로 알려져 있으며, 유리지방산의 흡수와 산화를 위한 근육 조직의 능력향상과 근육내의 지단백리파제의 합성과 분비능력 증진 메커니즘에 의해 TG 농도가 감소되는 것으로 밝혀져 있다[39]. 본 연구에서 TG 변화와 관련된 체중, 체지방량과 체지방률이 개선되면 TG 또한 개선될 것으로 기대하였으나 집단간 차이를 보이지 않았다. 하지만 운동군 내에서는 4주 후부터 60.63 mg/dl ($p<0.05$) 감소하여 12주 후에는 77.63 mg/dl ($p<0.05$) 감소한 것으로 나타났다. TG는 일반적으로 규칙적인 운동에 의해 체지방량 및 체중의 감소와 인슐린의 감소 따른 인슐린감수성증진과 함께 대부분 감소하는 것으로 알려져 있다.[47,22]

본 연구에서 HDL-C는 집단 간 차이를 보이지 않았지만 운동군 내에서 12주 후 14.63 mg/dl ($p<0.05$) 증가한 것으로 나타났다. 선행연구에서 Park 등[31]과 Ferguson 등[11]이 운동 후 HDL-C의 변화가 없었다는 보고가 있는 반면 Watkins 등[46]은 운동 후 HDL-C는 증가하였다고 보고하여 본 연구의 결과와는 차이를 보인다. 이와 같은 차이는 운동에 따른 HDL-C의 변화에 필요한 역치범위를 주당 1,200~2,200 kcal 정도로 설정해야 한다는 보고[8]와 본 연구의 운동군 내에서의 HDL-C 증가 결과를 볼 때 본 연구의 운동프로그램의 강도 또는 기간이 부족했던 것으로 생각된다.

이상의 연구와 같이 TG와 HDL-C는 규칙적인 운동에 의해 대부분 감소하는 경향을 보이나, TG와 HDL-C의 변화에 영향을 미치는 식이형태와 운동형태[41], 혈중지질과 지단백 사이의 관계는 개인차가 크기 때문에 상반된 결과가 보고되고 있다[12].

인슐린 감수성은 최근 성인들뿐 만 아니라 성장기에 있는 청소년을 비롯하여 당뇨병, 고혈압, 비만 그리고 동맥경화성 심장질환을 포함한 건강과 관련하여 많은 문제들과 밀접한 관계가 있다[38]. 실제로 정상인보다 비만한 사람들의 경우 일반적으로 인슐린 감수성이 저하되어 있다[34]. 운동에 따른 인슐린 농도의 저하는 간과 골격근 및 지방조직의 인슐린 작용을 개선시켜 혈당의 활용능력을 증가시키는 것으로 보고되었다[30]. 특히 유산소운동은 근육의 혈액 공급을 증가시키며, I형 근섬유의 양을 증가시켜 인슐린 민감도를 개선시키는 것으로 알려졌다.

본 연구에서 인슐린과 HOMA-IR은 집단간 유의한 차이를 보이며 복합운동 후 개선된 것으로 나타났다. 선행연구에서도 Gutin 등[15]은 체지방률 24.6%인 9-11세 아동 46명을 대상으로 최대하심박수에 이르는 운동 후 인슐린 농도가 47%로 감소하였다고 보고하였으며, Eriksson 등[9]은 중등도 유산소운동 12주 후 인슐린 농도 8.2% 유의한 감소를 보고하였으며($p<0.05$), Yamashita [48]은 2형 당뇨병 환자 8명을 대상으로 최대산소섭취량의 50%의 운동 강도로 2주 운동 후 인슐린 농도가 $4 \mu\text{U/ml}$ 감소되었다고 보고하였다. 본 연구 결과와 선행연구 결과를 볼 때 다양한 연령층에서 단기간의 운동프로그램으로도 인슐린과 HOMA-IR을 개선시킬 수 있다.

CRP는 동맥경화성 혈관의 염증반응 정도를 반영하는 대표적인 지표로 인식되어지고 있다[29]. 높은 혈중 CRP 농도는 혈관내피기능 손상과 혈관내피죽음을 두껍게 하여 조기 죽상경화증을 진행시켜 심혈관질환 발병위험성을 높이는 것으로 알려져 있다[32]. 아직 혈중 CRP 농도의 감소 메커니즘은 정확히 밝혀지지 않고 있지만, CRP의 생성이 지방세포에서 분비되는 IL-6와 TNF- α 등의 염증관련성 cytokine의 상승과 관련[21,28,36]이 있는 것으로 보아 체중감량을 통한 지방량의 감소가 염증관련성 cytokine 및 CRP를 감소시키는 것으로 생각된다. 이와 같은 CRP의 농도는 체중감소에 따라 감소된다고 보고[40]되면서 CRP 개선을 위한 운동프로그램에 대한 연구가 진행되고 있다.

본 연구에서는 운동군 내에서 4주 후에 0.08 mg/l, 12주 후에 0.13 mg/l 감소 경향을 보였고, 대조군 내에서는 4주 후에 0.05 mg/l, 12주 후에 0.03 mg/l 증가 경향을 보였으나, 집단 간에는 차이가 없는 것으로 나타났다.

선행연구에서 비만청소년과 비만성인을 대상으로 운동트레이닝 또는 체중감량 프로그램을 실시한 결과 CRP 농도가 감소하였다는 보고[3,10,24]를 볼 때 운동프로그램이 비만 아동 및 청소년과 성인의 심혈관질환 위험을 개선시키는 중요한 중재프로그램으로 생각된다. 하지만 운동의 형태, 기간, 대상에 따라 다른 결과가 보고되고 있다. Kelly 등[16]은 25명의 과체중 아동을 대상으로 고정자전거를 이용한 유산소운동을 8주 동안 실시한 결과 유산소능력과 HDL-C은 개선

되었으나 CRP는 변화가 없을 뿐만 아니라 오히려 감소하는 경향을 보였으며, 8주의 운동으로는 CRP의 개선을 기대하기 어렵다고 보고하였다. 또한 Nassis 등[27]은 19명의 과체중 및 비만 아동을 대상으로 12주의 유산소운동을 실시한 결과 체중 변화 없이 인슐린은 개선시키지만 아디포넥틴, IL-6, CRP는 개선시키지 못하였다.

선행연구에서 CRP의 개선을 보고한 연구가 1년 이상의 중재 프로그램인 점을 고려할 때 비교적 단기간의 선행연구 및 본 연구와의 결과 차이는 운동프로그램 실시 기간의 차이 때문인 것으로 생각되며, 본 연구의 운동군 내에서 운동프로그램 실시 기간이 증가할수록 CRP 농도가 감소되는 것으로 보아 CRP 개선을 위해서는 장기간의 운동프로그램이 필요할 것으로 생각된다. 신체활동의 증가를 통해 물질대사의 이상을 변화시킬 수 있음은 분명하지만 신체활동에 의해 변화되는 호르몬 분비의 흐름은 각각 다르다. CRP의 경우 신체활동의 초기에 감소하다 장기간의 신체활동에 의해 증가를 보일 것으로 생각된다.

이상과 같은 결과는 걷기에 의한 규칙적인 유산소성 운동의 혈중지질 프로파일과 호흡순환기능 및 신체구성 개선 효과와 간과 골격근 및 지방조직의 인슐린작용 개선 효과[13]에 영향을 미쳤으며, 또한 밴드운동에 의한 저항성 운동의 체지방량 및 기초대사량의 유지 또는 증가와 당대사 및 인슐린감수성 개선 효과[33]가 복합적으로 작용하여 신체구성파 인슐린 및 HOMA-IR을 개선된 것으로 생각한다. 따라서 이러한 결과는 12주의 복합운동이 과체중 및 비만아동의 심혈관질환 위험인자를 일부 개선시킬 수 있음을 시사한다고 할 수 있겠다.

요 약

본 연구의 목적은 운동프로그램이 과체중 및 비만아동의 시기에 따른 C-반응성단백질 및 심혈관질환 위험인자의 변화에 미치는 영향을 알아보고자 과체중 및 비만 아동을 대상으로 12주 간의 걷기와 밴드운동을 실시하고, 운동전, 4주 후, 12주 후의 신체조성, 혈중지질, 인슐린, C-반응성단백질을 측정·분석하였다. 연구의 대상자는 연령과 성별에 따른 체질량지수 백분위 수 85 이상($\text{BMI} \geq 21.3$)인 과체중 및 비만 아동 16명을 프로그램에 참여하는 운동군에 8명, 대조군에 8명으로 무선배치 하였다. 운동군은 주 2회의 걷기운동 50분과 주 2회의 밴드저항운동을 12주 동안 실시하였다. 연구결과 운동군 내에서는 체중($p<0.001$), BMI ($p<0.001$), 체지방률($p<0.001$), 체지방률($p<0.001$), TG ($p<0.05$), 인슐린($p<0.05$), HOMA-IR ($p<0.05$)이 감소하였고, 체지방률($p<0.001$), HDL-C ($p<0.01$)는 증가하였다. 측정시기를 고려하여 집단간의 차이를 분석한 결과 체중($p<0.001$), BMI ($p<0.001$), 체지방률($p<0.001$), 체지방률($p<0.001$), 체지방률($p<0.05$), 체지방률

($p < 0.001$), 인슐린($p < 0.05$), HOMA-IR ($p < 0.05$)에서 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. 이상의 연구결과 12주 걷기와 밴드운동에 의해 과체중 및 비만아동의 심혈관 질환 위험인자를 일부 개선되지만, C-반응성단백질 농도는 개선되지 않음을 알 수 있었다.

References

1. American College of Sports Medicine. 2000. ACSM's guidelines for exercise testing and prescription. 6th eds., Baltimore. Lippincott Williams & Wilkins.
2. Austin, M. A. 1998. Plasma triglyceride as a risk factor for cardiovascular disease. *Can. J. Cardiol.* **14**, 14-17.
3. Balagopal, P., D. George, N. Patton, H. Yarandi, W. L. Roberts, E. Bayne and S. Gidding. 2005. Lifestyle-only intervention attenuates the inflammatory state associated with obesity: a randomized controlled study in adolescents. *J. Pediatr.* **146**, 342-348.
4. Daniels, S. R., J. A. Morrison, D. L. Sprecher, P. Khoury and T. R. Kimball. 1999. Association of body fat distribution and cardiovascular risk factors in children and adolescents. *Circulation* **99**, 541-545.
5. Dao, H. H., M. L. Frelut, G. Peres, P. Bourgeois and J. Navarro. 2004. Effects of a multidisciplinary weight loss intervention on anaerobic and aerobic aptitudes in severely obese adolescents. *Int. J. Obes. Relat. Metab. Disord.* **28**, 870-878.
6. Donnelly, J. E., N. P. Pronk, D. J. Jacobsen, S. J. Pronk and J. M. Jakicic. 1991. Effects of a very-low-calorie diet and physical-training regimens on body composition and resting metabolic rate in obese females. *Am. J. Clin. Nutr.* **54**, 56-61.
7. Duncan, G. E., M. G. Perri, S. D. Anton, M. C. Limacher, A. D. Martin, D. T. Lowenthal, E. Arning, T. Bottiglieri and P. W. Stacpoole. 2004. Effects of exercise on emerging and traditional cardiovascular risk factors. *Prev. Med.* **39**, 894-902.
8. Durstine, J. L., P. W. Grandjean, C. A. Cox and P. D. Thompson. 2002. Lipids, lipoproteins, and exercise. *J. Cardiopulm. Rehabil.* **22**, 385-398.
9. Eriksson, J., J. Tuominen, T. Valle, S. Sundberg, A. Sovijarvi, H. Lindholm, J. Tuomilehto and V. Koivisto. 1998. Aerobic endurance exercise or circuit-type resistance training for individuals with impaired glucose tolerance? *Horm. Metab. Res.* **30**, 37-41.
10. Esposito, K., A. Pontillo, C. Di Palo, G. Giugliano, M. Masella, R. Marfella and D. Giugliano. 2003. Effect of weight loss and lifestyle changes on vascular inflammatory markers in obese women: a randomized trial. *J. A. M. A.* **289**, 1799-1804.
11. Ferguson, M. A., B. Gutin, N. A. Le, W. Karp, M. Litaker, M. Humphries, T. Okuyama, S. Riggs and S. Owens. 1999. Effects of exercise training and its cessation on components of the insulin resistance syndrome in obese children. *Int. J. Obes. Relat. Metab. Disord.* **23**, 889-895.
12. Grandjean, P. W., S. F. Crouse, B. C. O'Brien, J. J. Rohack and J. A. Brown. 1998. The effects of menopausal status and exercise training on serum lipids and the activities of intravascular enzymes related to lipid transport. *Metabolism* **47**, 377-383.
13. Gudat, U., S. Bungert, F. Kemmer and L. Heinemann. 1998. The blood glucose lowering effects of exercise and glibenclamide in patients with type 2 diabetes mellitus. *Diabet. Med.* **15**, 194-198.
14. Gunnell, D. J., S. J. Frankel, K. Nanchahal, T. J. Peters and G. Davey Smith. 1998. Childhood obesity and adult cardiovascular mortality: a 57-y follow-up study based on the Boyd Orr cohort. *Am. J. Clin. Nutr.* **67**, 1111-1118.
15. Gutin, B., N. Cucuzzo, S. Islam, C. Smith, R. Moffatt and D. Pargman. 1995. Physical training improves body composition of black obese 7 to 11 year old girls. *Obes. Res.* **3**, 305-312.
16. Kelly, A. S., R. J. Wetzsteon, D. R. Kaiser, J. Steinberger, A. J. Bank and D. R. Dengel. 2004. Inflammation, insulin, and endothelial function in overweight children and adolescents: the role of exercise. *J. Pediatr.* **145**, 731-736.
17. Kim, H. J., S. Lee, T. W. Kim, H. H. Kim, T. Y. Jeon, Y. S. Yoon, S. W. Oh, H. Kwak and J. G. Lee. 2007. Effects of exercise-induced weight loss on acylated and unacylated ghrelin in overweight children. *Clinical Endocrinology Online Early Articles*.
18. Kraemer, W. J. and S. J. Fleck. 1993. Strength training for young athletes. IL: Human Kinetics Publishers.
19. Krebs, D. E., A. M. Jette and S. F. Assmann. 1998. Moderate exercise improves gait stability in disable elders. *Arch. phys. Med. Rehabil.* **79**, 1489-1495.
20. Lapidus, L., C. Bengtsson, B. Larsson, K. Pennert, E. Rybo and L. Sjostrom. 1984. Distribution of adipose tissue and risk of cardiovascular disease and death: a 12 year follow up of participants in the population study of women in Gothenburg, Sweden. *Br. Med. J.* **289**, 1257-1261.
21. Lemieux, I., A. Pascot, D. Prud'homme, N. Almeras, P. Bogaty, A. Nadeau, J. Bergeron and J. P. Despres. 2001. Elevated C-reactive protein: another component of the atherothrombotic profile of abdominal obesity. *Arterioscler Thromb. Vasc. Biol.* **21**, 961-967.
22. Lokey, E. A. and Z. V. Tran. 1989. Effects of exercise training on serum lipid and lipoprotein concentrations in women: a meta-analysis. *Int. J. Sports Med.* **10**, 424-429.
23. Manson, J. E., W. C. Willett, M. J. Stampfer, G. A. Colditz, D. J. Hunter, S. E. Hankinson, C. H. Hennekens and F. E. Speizer. 1995. Body weight and mortality among women. *N. Engl. J. Med.* **333**, 677-685.
24. Marfella, R., K. Esposito, M. Siniscalchi, F. Cacciapuoti, F. Giugliano, D. Labriola, M. Ciotola, C. Di Palo, L. Misso and D. Giugliano. 2004. Effect of weight loss on cardiac synchronization and proinflammatory cytokines in premenopausal obese women. *Diabetes Care.* **27**, 47-52.
25. Matthews, D. R., J. P. Hosker, A. S. Rudenski, B. A. Naylor, D. F. Treacher and R. C. Turner. 1985.

- Homeostasis model assessment: insulin resistance and beta cell function from fasting plasma glucose and insulin concentrations in man. *Diabetologia* **28**, 412-419.
26. Murtagh, E. M., C. A. Boreham, A. Nevill, L. G. Hare and M. H. Murphy. 2005. The effects of 60 minutes of brisk walking per week, accumulated in two different patterns, on cardiovascular risk. *Prev. Med.* **41**, 92-97.
 27. Nassis, G. P., K. Papantakou, K. Skenderi, M. Triandafilopoulou, S. A. Kavouras, M. Yannakoulia, G. P. Chrousos and L. S. Sidossis. 2005. Aerobic exercise training improves insulin sensitivity without changes in body weight, body fat, adiponectin, and inflammatory markers in overweight and obese girls. *Metabolism* **54**, 1472-1479.
 28. Nicklas, B. J., W. Ambrosius, S. P. Messier, G. D. Miller, B. W. Penninx, R. F. Loeser, S. Palla, E. Bleecker and M. Pahor. 2004. Diet-induced weight loss, exercise and chronic inflammation in older, obese adults: a randomized controlled clinical trial. *Am. J. Clin. Nutr.* **79**, 544-551.
 29. Nicklas, B. J., T. You and M. Pahor. 2005. Behavioural treatments for chronic systemic inflammation: effects of dietary weight loss and exercise training. *C. M. A. J.* **172**, 1199-1209.
 30. Owens, S., B. Gutin, J. Allison, S. Riggs, M. Ferguson, M. Litaker and W. Thompson. 1999. Effect of physical training on total and visceral fat in obese children. *Med. Sci. Sports Exerc.* **31**, 143-148.
 31. Park, H. S., S. J. Sim and J. Y. Park. 2004. Effect of weight reduction on metabolic syndrome in Korean obese patients. *J. Korean Med. Sci.* **19**, 202-208.
 32. Pearson, T. A., T. L. Bazzarre, S. R. Daniels, J. M. Fair, S. P. Fortmann, B. A. Franklin, L. B. Goldstein, Y. Hong, G. A. Mensah, J. F. Jr. Sallis, S. Jr. Smith, N. J. Stone and K. A. Taubert. 2003. American heart association guide for improving cardiovascular health at the community level: a statement for public health practitioners, healthcare providers, and health policy makers from the american heart association expert panel on population and prevention science. *Circulation* **107**, 645-651.
 33. Pollock, M. L., B. A. Franklin, G. J. Balady, B. L. Chaitman, J. L. Fleg, B. Fletcher, M. Limacher, I. L. Pina, R. A. Stein, M. Williams and T. Bazzarre. 2000. AHA Science Advisory. Resistance exercise in individuals with and without cardiovascular disease: benefits, rationale, safety and prescription: An advisory from the committee on exercise, rehabilitation and prevention, council on clinical cardiology, american heart association. *Circulation* **101**, 828-833.
 34. Powers, S. K. and E. T. Howley. 2001. *Exercise Physiology*. pp. 66-92, McGraw Hill
 35. Press, V., I. Freestone and C. F. George. 2003. Physical activity: the evidence of benefit in the prevention of coronary heart disease. *Q.J.M.* **96**, 245-251.
 36. Ridker, P. M. 2001. High-sensitivity C-reactive protein: potential adjunct for global risk assessment in the primary prevention of cardiovascular disease. *Circulation* **103**, 1813-1818.
 37. Ridker, P. M. and P. Haughie. 1998. Prospective studies of C-reactive protein as a risk factor for cardiovascular disease. *J. Investig. Med.* **46**, 391-395.
 38. Robert, G., M. J. McMurray, J. S. Bauman, S. Harrel and S. I. Brown. 2000. Effect on improvement in aerobic power on resting insulin and glucose concentration in children. *Europe Journal Applied Physiology* **81**, 132-139.
 39. Seip, R. L. and C. F. Semenkovich. 1998. Skeletal muscle lipoprotein lipase: molecular regulation and physiological effects in relation to exercise. *Exerc. Sport. Sci. Rev.* **26**, 191-218.
 40. Tchernof, A., A. Nolan, C. K. Sites, P. A. Ades and E. T. Poehlman. 2002. Weight loss reduces C-reactive protein levels in obese postmenopausal women. *Circulation* **105**, 564-569.
 41. Thompson, P. D., E. Cullinane, L. O. Henderson and P. N. Herbert. 1980. Acute effects of prolonged exercise on serum lipids. *Metabolism* **29**, 662-665.
 42. Topp, R., A. Mikesky, N. E. Dayhoff and W. Holt. 1996. The effect resistance training on strength, position control, gait velocity of older adult. *Clin. Nur. Research* **5**, 407-427.
 43. Tracy, R. P., R. N. Lemaitre, B. M. Psaty, D. G. Ives, R. W. Evans, M. Cushman, E. N. Meilahn and L. H. Kuller. 1997. Relationship of C-reactive protein to risk of cardiovascular disease in the elderly. Results from the cardiovascular health study and the rural health promotion project. *Arterioscler. Thromb Vasc. Biol.* **17**, 1121-1127.
 44. Troiano, R. P., E. A. Jr. Frongillo, J. Sobal and D. A. Levitsky. 1996. The relationship between body weight and mortality: a quantitative analysis of combined information from existing studies. *Int. J. Obes. Relat. Metab. Disord.* **20**, 63-75.
 45. Visser, M. 2001. Higher levels of inflammation in obese children. *Nutrition* **17**, 480-481.
 46. Watkins, L. L., A. Sherwood, M. Feinglos, A. Hinderliter, M. Babyak, E. Gullette, R. Waugh and J. A. Blumenthal. 2003. Effects of exercise and weight loss on cardiac risk factors associated with syndrome X. *Arch. Int. Med.* **163**, 1889-1895.
 47. Wilding, J. and G. Williams. 1998. *Diabetes and obesity*. pp. 308-349, In Kopelman, P. G. (ed.), Clinical obesity. Blackwell Science. Oxford.
 48. Yamashita, K. 1998. Prescription of physical exercise for diabetics. *Diabetes* **41**, 229-238.