운동 프로그램이 비만 청소년의 자율신경계 기능에 미치는 영향

윤은선¹⁾ · 박수현¹⁾ · 정수진²⁾ · 제세영¹⁾

1) 서울시립대학교, 2) 서일대학교

Abstract

Yoon, E. S., Park, S. H., Jung, S. J., Jae, S. Y. Effects of exercise program on autonomic nervous system activity in obese adolescents. *Exercise Science*, 21(2): 173-182, 2012. It is well known that autonomic nervous system activity is related with increasing risk of cardiovascular disease. The purpose of this study was to assess the effects of obesity and exercise on autonomic nervous system activity in obese adolescents. Twenty obese adolescents (13±0.5 year, 30.09±2.75 kg/m²) were compared with 10 healthy normal weight subjects (13±0.5 year, 20.16±2.87 kg/m²). Twenty obese adolescents were randomly assigned to an exercise group (n=10) and control group (n=10). Exercise group participated in a 12 weeks school-based exercise program (60-90 min/day, 3 days/week). Autonomic nervous system activity were measured using heart rate variability (HRV) and heart rate recovery. Heart rate recovery was defined as the difference between heart rate at peak exercise test and 1, 2 minute later. Frequency domain (HFnu: High frequency normalized units, LFnu: Low frequency normalized units, LF/HF ratio and time domain (RMSSD: Root Mean Square of the Difference of Successive R to R Intervals, NN50: Number of successive NN intervals which differ by more than 50 ms, pNN50: Percentage of consecutive R to R Intervals differing by more than 50 ms) of HRV were calculated. Obese group showed a significant decrease HFnu and increase LFnu, LF/HF ratio which of the HRV compared to normal weight group. pNN50 was significant decrease in obese group. There were significant decrease in body weight (p=0.001), % body fat (p=0.004), waist circumference (p=0.001) and increase in cardiorespiratory fitness (p=0.001) after 12 weeks exercise program. NN50, pNN50, RMSSD, HFnu which component of parasympathetic nervous system activity increased in exercise group, but changes of between group were not statistically significant. These data indicate that obese adolescents had decreased parasympathetic nervous system activity and 12 weeks exercise program dose not affect autonomic nervous system activity improvements in obese adolescents.

Key words : Autonomic nervous system activity, Exercise, Obese adolescents.

초 록

윤은선, 박수현, 정수진, 제세영. 운동프로그램이 비만 청소년의 자율신경계 기능에 미치는 영향. 운동과학, 제21권 제2호, 173-182, 2012. 자율신경계 장애는 심혈관계 질환 발생과 매우 밀접한 관련이 있다. 본 연구에서는 남자 중학생을 대상으로 비만과 운동이 자율신경계 기능에 미치는 영향을 알아보고자 하였다. 비만의 영향을 알아보기 위해 비만그룹 20명(13±0.5 세, 30.09±2.75 kg/m²)과 정상체중그룹 10명(13±0.5 세, 20.16±2.87 kg/m²)을 모집하였으며, 비만 청소년을 대상으로 운동의 효과를 알아보기 위해, 비만 그룹 20명을 운동그룹 10명과 통제그룹 10명으로 무선 배정하였다. 운동그룹은 12주간 주 3회, 1회 운동시간 60~90분으로 구성된 방과 후 운동 프로그램에 참가하였으며, 통제그룹은 동일기간 동안 평소 생활양식을 유지하도록 하였다. 모든 연구 참여자는 신체조성, 혈압, 혈중지질, 심폐체력 그리고 자율신경계 지표로 심박수 변이도와 최대운동 후 1분대, 2분대 회복시 심박수를 측정하였다. 심박수 변이도는 빈도 도메인 분석으로 HFnu(High frequency normalized units), LFnu(Low frequency normalized unit), LF/HF ratio를 구하였으며, 시간 도메인 분석으로 RMSSD(Root Mean Square of the Difference of Successive R to R Intervals), NN50(Number of successive NN intervals which differ by more than 50 ms), pNN50(Percentage of consecutive R to R Intervals differing by more than 50 ms)을 측정하였다. 연구 결과, 비만그룹은 정상체중 그룹에 비해 심박수 변이도 검사에서 HFnu이 낮고, LFnu은 높았으며, LF/HF ratio은 높게 나타났다. 또한 pNN50이 유의하게 낮게 나타났다. 12주 운동 후, 운동그룹은 통제그룹에 비해 체중, 체지방률, 체지방율, 허리둘레가 모두 유의하게 개선되었으며, 심폐체력이 향상되었다. 심박수 변이도 지표 중 부교감신경계 활성도를 나타내는 NN50, pNN50, RMSSD, HFnu는 모두 운동 후 개선되었으나, 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다. 최대운동 후 1분대, 2분대 회복시 심박수도 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았으나, 운동 그룹에서 증가된 경향을 보였다. 이상의 결과를 종합 해 보면, 비만 청소년은 정상체중 청소년에 비해 부교감신경계 활성도가 저하되어 있었으며, 12주간의 방과 후 운동프로그램은 비만 청소년의 자율신경계 개선에 긍정적 효과를 미치지 못하였다.

주요어 : 자율신경계, 운동, 청소년 비만

I. 서론

우리나라 청소년들의 신체활동량 및 운동참여율은 급격히 감소하고 있으며 이에 따라 비만 유병률은 증가하고 체력은 매우 저하되고 있다. 또한 비만 청소년 내에서 대사증후군 및 동맥경화성 위험인자의 조기 발생율이 점차 증가하고 있어 적극적인 청소년들의 건강관리가 요구되는 실정이다(질병관리본부, 2008; Oh et al., 2008).

심박수 변이도(Heart rate variability; HRV)는 체내 및 외부 환경 변화에 따른 심박동의 주기적인 변화를 측정하는 것으로 심장의 자율신경계 측정에 있어 매우 타당도가 높은 지표이다(Kamath & Fallen, 1993). HRV 감소는 심혈관계질환의 유병률 및 사망률의 강력한 예측인자이며 (Task Force, 1996), HRV 감소는 비만과 밀접한 관련이 있는 것으로 알려져 있다(Laederach-Hofmann et al., 2000).

그 동안 주로 성인비만에서 보고되던 심장의 자율신경계 불균형 현상은 최근 비만 청소년 내에서도 종종 보고되고 있다(Vanderlei et al., 2010; Kaufman et al., 2007). Vanderlei 등(2010)과 Kaufman 등(2007)의 연구에서는 심박수 변이도 검사 지표 중 부교감신경계 활성도를 나타내는 High frequency normalized units(HFnu)가 정상체중 청소년에 비해 비만 청소년에서 유의하게 감소되어 있었다. 또한 교감신경과 부교감신경계의 균형을 나타내는 low frequency : high-frequency ratio(LF : HF)가 비만 그룹에서 유의하게 증가되어 부교감신경계 활성도가 저하되어 있을 뿐만 아니라 교감신경계가 항진되어 있음을 나타냈다. 국내에서도 김병로 등(2010)은 최대운동 후 회복시 심박수를 이용하여 부교감신경계 재활성도를 살펴본 결과, 비만그룹은 정상체중 그룹에 비해 최대운동 후 심박수 회복 반응이 느린 것으로 나타났다.

이에 반해, 규칙적인 운동은 자율신경계 기능을 개선시키는 것으로 보고되고 있다. 성인을 대상으로 한 단면적 연구와 운동중재연구에서 신체활동량의 증가는 부교감신경계 활성도를 증가시키며, 치명적 심장 사건 발생률을 감소시키는데 유의한 효과를 나타냈다(Aubert et al., 2003; Goldsmith et al., 1992; Davy et al., 1996). 비만 청소년을 대상으로 한 Nagai & Mortani(2004) 연구에서도 신체활동량이 높은 그룹이 자율신경계 기능 저하에 대한 비만의 부정적 영향이 감소되었음을 보고하였으며, Gutin 등(1997)은 비만 청소년을 대상으로 4개월간 운동트레이닝을 실시한 결과 자율신경계 조절이 개선되었음을 제시하였다. 그러나 Leicht 등(2003)과 Loimmla 등(2000)은 지구성 운동 후 심박수 변이도에서 개

선효과가 없음을 보고하고 있어 아직 운동이 자율신경계를 개선시킨다는 명확한 결론을 도출하기에는 어려움이 있다. 또한 앞서 살펴본 바와 같이 비만 청소년내에서는 이미 자율신경계 기능 저하가 나타나고 있음에도 불구하고 이들에게 자율신경계 기능 개선에 대한 운동의 효과를 보고한 연구는 절대적으로 부족한 실정이며, 비만 청소년의 자율신경계 기능 저하 및 운동의 효과성에 관한 국내연구는 거의 보고된 바 없다. 더욱이 Nagai 등(2003)은 비만기간에 따라 자율신경계 기능저하가 유의하게 나타남을 보고하고 있어 비만 청소년들에게 운동의 통한 비만의 조기치료는 자율신경계 개선에 있어 매우 중요할 것으로 여겨진다. 이러한 시점에서 비만 청소년들에게 운동의 체중조절 효과뿐만 아니라, 자율신경계 개선 효과를 알아보는 것은 심혈관계 질환의 예방의학적 측면에서 중요한 근거 자료를 제공할 수 있을 것으로 사료된다. 따라서 본 연구에서는 남자 중학생을 대상으로 일차적으로 비만이 자율신경계에 미치는 영향에 대해 알아보고, 이차적으로 비만그룹을 대상으로 운동이 자율신경계 미치는 영향을 규명하고자 하였다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상자

본 연구의 대상자는 13-14세의 남자 중학생 30명으로 하였다. 먼저 비만 중학생 20명과 동일 연령의 정상체중 10명을 대상으로 두 집단 간 자율신경계의 차이를 비교하였다. 이후 비만 집단을 대상으로 운동이 자율신경계 변화에 미치는 영향을 알아보기 위해, 운동그룹 10명과 통제그룹 10명으로 무선 배치하였다. 연구 참여 전, 설문을 통해 최근 1년 동안 규칙적인 신체활동에 참여하고 있지 않고, 특별한 임상적 질환이 없는 자로 선별하였으며, 비만 기준은 체질량 지수 25 kg/m^2 이상으로 하였다.

2. 연구 방법

1) 신체계측 및 체성분 검사

모든 연구 참여자는 운동 프로그램 참가 전, 후에 최소 4시간 이상 공복상태를 유지한 후 신체계측을 실시하였다. 가벼운 복장을 착용한 상태에서 체중을 측정하고, 체중(kg)

을 신장(m)의 제곱으로 나누어 체질량지수를 구하였다. 허리둘레는 줄자를 이용하여 똑바로 선 자세에서 배꼽부위를 수평으로 2회 측정 후 평균값을 얻었으며, 생체전기저항법을 이용한 체성분검사(Inbody 3.0, Biospace)로 체지방율(%)과 체지방량을 측정하였다.

2) 혈중지질, 글루코스 및 인슐린 저항성

혈액 검사 전일에 평소 식습관을 유지하도록 하고, 최소 12시간 이상 공복 후, 오전 8~9시에 채혈을 실시하였다. 상완정맥에서 약 10 ml 정도 혈액을 채취한 후 즉시 혈장과 혈청을 분리한 후 분석 시 까지 -80°C 에 냉동보관 하였다. 분석은 G 전문의료기관에 의뢰하여 다음과 같은 방법으로 실시하였다.

총 콜레스테롤(Total cholesterol)과 고밀도 지단백 콜레스테롤(High density lipoprotein cholesterol)은 자동생화학분석기(ADVIA 1650, Japan)에서 효소비색법(enzymatic colorimetry)을 이용하여 분석하였다. 저밀도 지단백 콜레스테롤(Low density lipoprotein cholesterol)은 자동생화학분석기(ADVIA 1650, Japan)를 이용하여 Elimination enzymatic assay 방법을 통해 분석하였다. 중성지방(Triglyceride)은 자동생화학분석기(ADVIA 1650, Japan)를 이용하여 글리세롤 비소거법으로 측정하였다. 글루코스는 효소법을 이용하여 Hitachi (Hitachi Electronics, Japan) 자동화기기를 사용하여 분석하였다. 인슐린은 ECLIA 검사법으로 MODULAR ANALYTICS(E170, Roche, Germany) 분석기기를 이용하여 측정하였다. HOMA-IR은 Matthews 등(1985)이 제시한 $\text{fasting insulin(u IU/ml)} \times \text{fasting glucose(mmol/l)} / 22.5$ 공식으로 계산하였다.

3) 최대산소섭취량

최대산소섭취량 측정은 Q-Stress TM55 트레드밀(Quinton Cardiology Systems, Inc. USA), Treadmill EKG monitor (Quinton, USA)와 가스분석기(True-one metabolic cart, USA)를 이용하여 측정하였다. 측정 프로토콜은 Bruce protocol (Bruce, 1972)을 이용하여 최대운동 능력검사를 실시하였다. 운동자각도(RPE) 17 이상 또는 호흡교환율(RER) 1.10 이상 또는 운동강도가 증가하여도 $\dot{V}O_2$ 값이 증가되지 않을 때 (ACSM guidelines, 2000), 또는 피험자의 중단 요청이 있을 경우 검사를 종료하였으며, 검사 중 최고 도달된 산소섭취량 값을 $\dot{V}O_{2\text{peak}}$ 로 정의하였다.

4) 혈압

혈압은 20분 이상 누운 상태에서 충분히 휴식을 취한 후, 수은혈압계(영풍메디칼, Korea)를 이용하여 측정하였다. 혈압은 총 2회 측정하여 평균값을 사용하였으며, 측정 시간 간격은 3분으로 하였다. 1차와 2차 측정간의 오차가 10 mmHg 이상일 경우 1회 추가 측정하여 오차 값이 적은 2개 값의 평균값을 자료로 이용하였다.

5) 자율신경계 기능 평가

① 심박수 변이도

자율신경계기능 지표로서 심박수 변이도(heart rate variability; HRV)를 측정하였다. 소음과 빛을 차단하고 실내온도 $20-24^{\circ}\text{C}$ 를 유지한 환경에서 피험자는 흉부에 3개의 유도선을 부착하고 최소 10분이상 누운자세로 안정을 취한 뒤 SphygmoCor (AtCor Medical, Sydney, Australia)장비를 이용하여 5분간 측정하였다. 측정은 오전 9~11시 사이에 이루어졌으며, 피험자들은 검사 전 적어도 8시간 이상 공복상태를 유지하고 24시간 동안 격렬한 신체활동을 하지 않도록 하였다.

데이터 분석은 측정장비 내 분석 소프트웨어를 이용하여 시간도메인 분석과 빈도 도메인 분석으로 심박수 변이도를 분석하였다. 시간도메인 분석은 연속적인 R-R interval들 길이의 통계학적 분석에 의해 심박수 변이도를 계산하는 것이다. 심전도 기록에서 인접한 R-R 간격의 차이의 제곱합 평균에 square root를 한 RMSSD (square root of the mean squared difference of successive N-N interval), 인접한 R-R간격의 차이가 50 ms를 초과하는 R-R간격 개수(NN50), 그리고 NN50의 개수가 전체 R-R간격의 개수 중 몇 %를 차지하는지를 보는 pNN50을 각각 구하였다. 주파수 도메인 분석은 심박수 변이도 파형을 분석하여 각 주파수 성분의 신호가 상대적으로 어떤 강도를 나타내는지 정량화 하는 방법으로 자율신경계의 교감신경과 부교감신경의 길항적인 활동에 대한 정보를 제공해 준다. 빈도 도메인 분석을 통해 심장에 대한 부교감신경 활성도를 나타내는 0.16~0.4 Hz에 해당하는 주파수 대역의 강도인 HFnu(High Frequency normalized units)와 부교감신경과 교감신경 조절을 나타내는 0.04~0.15 Hz에 해당하는 주파수 대역의 강도인 LFnu(Low Frequency normalized units), 그리고 교감-부교감 신경의 균형을 나타내는 LF/HF ratio를 측정하였다.

② 운동 후 회복기 심박수

자율신경계 기능 평가의 또 다른 지표로서 운동 후 회복기 심박수를 측정하였다. 회복기 심박수는 Cole 등(1999)이 제시한 방법에 따라 운동부하검사에서 측정된 최대심박수에서 검사 종료 후 1분대 심박수와 2분대 심박수를 뺀 값으로 정의하였다. 회복기 프로토콜은 경사도 0%, 트레드밀 속도 1.9 mph에서 2분간 걷도록 하였다.

- 회복기 1분대 심박수 = 운동부하검사 중 도달한 최고 심박수-회복기 1분대 심박수
- 회복기 2분대 심박수 = 운동부하검사 중 도달한 최고 심박수-회복기 2분대 심박수

6) 운동 및 통제 처치

운동그룹은 12주간 주 3회 방과 후 운동프로그램에 참가하였으며, 매회 운동은 약 60~90분 정도 실시되었다. 운동종목은 풋살, 배드민턴, 농구를 활용한 스포츠 게임 형식으로 구성하였으며, 운동강도는 운동자각도(RPE, 6~20 scale)를 기준으로 보통이다(11)~약간힘들다(13)에 해당하도록 하였다. 구체적인 운동 프로그램 내용은 <Table. 1>과 같다. 통제그룹은 12주간 학교 체육 수업 외 특별한 운동 프로그램에 참가하지 않고 기존의 생활양식을 유지하도록 하였다.

Table 1. 12 weeks exercise program

Exercise period (week)	Stage	Exercise time (min)	Exercise intensity (RPE)	program
1-4	Warm-up	10		1 km running, walking
	Main	40~60	11-12	Foot-sal, Badminton, basketball
	Cool-down	10		stretching
5-8	Warm-up	10~20	11-13	2 km running, walking
	Main	40~60		Foot-sal, Badminton, basketball, Foot-sal
	Cool-down	10		stretching
9-12	Warm-up	20~30		3 km running, walking
	Main	40~60	11-13	Foot-sal, Badminton, basketball, Soccer
	Cool-down	10		stretching

3. 통계 분석

모든 결과자료는 평균(mean)과 표준편차(standard deviation)를 표시하였으며, SPSS(version 18.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 분석하였다. 독립 t-test를 통해 비만 그룹과 정상체중 그룹간의 특성을 비교하였으며, 운동프로그램의 효과성을 알아보기 위해 사전과 사후 값을 이용한 2 way 반복측정 ANOVA를 실시하였다. 자율신경계 지표와 비만지표 및 혈압과 혈중지질의 관련성은 Pearson의 상관분석을 이용하였다. 통계 분석을 위한 유의 수준(α)은 .05로 설정하였다.

Ⅲ. 연구 결과

1. 연구 대상자 특성

비만그룹과 정상체중 그룹 간에 연령과 신장의 차이는 없었다. 비만지표(체중, 체질량지수, 체지방율, 허리둘레)는 비만 그룹이 정상체중 그룹에 비해 모두 유의하게 높게 나타났다($p=0.001$). 이완기 혈압은 비만 그룹이 정상체중 그룹

Table 2. Subjects characteristics

Variable	Obesity group (n=20)	Normal weight group(n=10)	p values
Age(y)	13.55±0.51	13.40±0.52	0.456
Height(cm)	168.6±7.61	168.30±7.78	0.920
Weight(kg)	86.11±10.66	57.10±8.58	0.001
BMI(kg/m ²)	30.09±2.75	20.16±2.87	0.001
BF (%)	33.70±4.72	15.47±3.64	0.001
WC (cm)	98.66±7.81	71.40±7.83	0.001
SBP(mmHg)	118.50±9.01	114.60±14.25	0.366
DBP(mmHg)	71.65±6.75	64.50±9.01	0.021
TC(mg/dl)	167.75±38.46	156.70±24.45	0.416
TG(mg/dl)	135.10±64.51	96.40±31.65	0.086
HDL-C(mg/dl)	49.35±6.85	55.20±12.39	0.105
LDL-C(mg/dl)	99.35±34.76	78.70±18.23	0.091
Glucose(mg/dl)	89.75±4.19	91.00±7.26	0.553
HOMA-IR	3.23±1.17	2.01±0.82	0.007
VO ₂ max(ml/kg/min)	35.20±6.33	53.33±4.60	0.001

Data : Mean±SD; BMI: Body mass index; BF: Body fat; WC: Waist circumference; SBP: Systolic blood pressure; DBP: Diastolic blood pressure; TC: Total Cholesterol; TG: Triglyceride; HDL-C: High Density Lipoprotein Cholesterol; LDL-C: Low Density Lipoprotein Cholesterol; HOMA-IR: homeostasis model assessment of insulin resistance

에 비해 유의하게 높았으며($p=0.021$), 혈중지질의 경우 통계적으로 유의한 차이를 보이지는 않았지만 HDL-C는 정상체중 그룹이 높고, LDL-C, TG, TC, HOMA-IR 지수는 모두 비만 그룹이 정상체중 그룹에 비해 높은 수치를 나타냈다(Table 2).

2. 비만 그룹과 정상체중 그룹의 자율신경계 활성화도 비교

심박수 변이도의 빈도 도메인 분석에서 교감신경계와 부교감신경계의 활성화도를 함께 나타내는 LFnu는 비만 그룹이 정상체중 그룹에 비해 유의하게 높게 나타났으며($p=0.009$), 부교감신경계 활성화도를 나타내는 HFnu는 정상체중 그룹이 비만 그룹에 비해 유의하게 높았다($p=0.009$). 교감신경계와 부교감신경계의 균형을 나타내는 LF/HF ratio는 비만 그룹에서 높게 나타나 비만 그룹이 정상체중 그룹에 비해 부교감신경계의 활성화도가 감소된 결과를 보였다. 심박수 변이도에서 부교감신경계의 활성화도를 나타내는 시간 도메인 분석 지표 모두 비만 그룹이 정상체중 그룹에 비해 낮은 수치를 보였으며, 그 중 pNN50은 통계적으로 유의하게 비만 그룹이 정상체중 그룹에 비해 낮게 나타났다($p=0.025$). 부교감신경계 활성화도의 또 다른 지표로서 측정된 운동 후 회복시 심박수는 1분대와 2분대 모두 정상체중 그룹이 비만 그룹에 비해 높았으나 통계적으로 유의한 차이를 보이지는 않았다(Table 3).

비만지표로서 체중, 체질량지수, 체지방량, 허리둘레와 자율신경계 지표와의 상관분석 결과, 부교감신경계의 활성화도를 나타내는 pNN50과 HFnu는 모든 비만지표와 유의한 음의 상관을 보였으며, 교감신경계와 부교감신경계의 활성화도를 함께 반영하는 LF와는 유의한 양의 상관을 보였다. 또한 교감신경계 부교감신경계의 균형을 나타내는 LF/HF ratio는 체질량지수, 체지방량, 허리둘레와 유의한 양의 상관을 보였다(Table 4.) 회복시 심박수는 1분대와 2분대 모두 체중, 체질량지수 그리고 허리둘레와 통계적으로 유의한 음의 상관을 나타냈다(Table 4.) (Fig 1).

또한, 자율신경계 지표와 비만을 제외한 심혈관계 위험인자와의 상관분석을 실시하였다. 최대 운동 후 2분대 회복시 심박수는 수축기 혈압($r=-0.400$, $p=0.028$), 이완기혈압($r=-0.409$, $p=0.025$), 총콜레스테롤($r=-0.426$, $p=0.019$), LDL-C($r=-0.424$, $p=0.022$)와 유의한 음의 상관관계를 나타냈다.

Table 3. Comparison of autonomic function between obesity group and normal weight group

Variable	Obesity group (n=20)	Normal weight group(n=10)	p values
LFnu(%)	54.05±14.10	39.08±13.27	0.009
HFnu(%)	45.95±60.92	60.29±13.27	0.009
LF/HF ratio	1.39±0.77	0.72±0.37	0.015
TP(ms)	2193.30±1383.91	2505.40±2224.67	0.639
RMSSD(ms)	42.24±18.11	53.40±27.83	0.195
NN50(ms)	68.85±52.23	106.50±79.46	0.130
pNN50(ms)	20.98±17.24	39.43±25.19	0.025
HRV index	10.39±2.48	11.61±4.24	0.325
HRR 1(bpm)	23.50±8.53	29.70±6.67	0.055
HRR 2(bpm)	44.40±11.19	52.30±10.18	0.071

Data : Mean±SD

LFnu : Low frequency normalized units; HFnu : High frequency normalized units; RMSSD : Root Mean Square of the Difference of Successive R to R Intervals; NN50 : Number of successive NN intervals which differ by more than 50 ms; pNN50 : Percentage of consecutive R to R Intervals differing by more than 50 ms; HRV index : Heart rate variability index; TP : Total power; HRR 1 : Heart rate recovery after exercise at 1min; HRR 2 : Heart rate recovery after exercise at 2min

Fig. 1. Correlation between body mass index and autonomic function (n=30)

4. 12주 운동프로그램 후 비만 청소년에서 자율신경계 변화

심박수 변이도의 주파수 도메인 분석 지표(LFnu, HFnu, LF/HF ratio)는 모두 12주 기간 후 통계적으로 유의한 변화가 관찰되지 않았다. TP는 운동 그룹과 통제 그룹 모두 12주 기간 후 증가하여 통계적으로 유의한 시기의 효과를 나타냈

Table 4. Correlations between obesity indices and autonomic function(n=30)

	Wt	BMI	%BF	WC	NN50	pNN50	RMS -SDD	HRV Index	LF/HF Ratio	LFnu	HFnu	TP	HRR1	HRR2
Wt	1,000	.920**	.798**	.924**	-.201	-.371*	-.180	-.089	.331	.373*	-.373*	-.116	-.450*	-.505**
BMI		1,000	.935**	.972**	-.269	-.444*	-.267	-.155	.417*	.459*	-.459*	-.173	-.408*	-.417*
%BF			1,000	.939**	-.251	-.395*	-.260	-.200	.386*	.399*	-.399*	-.197	-.356	-.359
WC				1,000	-.253	-.408*	-.251	-.181	.383*	.397*	-.397*	-.208	-.382*	-.424*
NN50					1,000	.911**	.958**	.784**	-.336	-.322	.322	.674**	.051	.043
pNN50						1,000	.890**	.674**	-.449*	-.475**	.475**	.602**	.130	.097
RMS -SDD							1,000	.806**	-.288	-.247	.247	.787**	.073	.026
HRV Index								1,000	-.119	-.050	.050	.787**	-.136	-.172
LF/HF Ratio									1,000	.933**	-.933**	.017	-.058	-.057
LFnu										1,000	-1,000**	.116	-.089	-.067
HFnu											1,000	-.116	.089	.067
TP												1,000	-.082	-.096
HRR1													1,000	.810**
HRR2														1,000

* p<0,05; ** p<0,01

Wt: Weight; BMI: Body mass index; %BF: Percent body fat; WC: Waist circumference; NN50: Number of successive NN intervals which differ by more than 50 ms; pNN50: Percentage of consecutive R to R Intervals differing by more than 50 ms; RMSSD: Root Mean Square of the Difference of Successive R to R Intervals; HRV index: Heart rate variability index; LFnu: Low frequency normalized units; HFnu: High frequency normalized units; TP: Total power; HRR 1: Heart rate recovery after exercise at 1min; HRR 2: Heart rate recovery after exercise at 2 min

다(time effect : $p=0,024$). 시간 도메인 분석 지표의 경우 부교감 신경계의 활성도를 나타내는 RMSSD, NN50, pNN50은 통계적으로 유의한 상호작용 효과는 나타나지 않았으며, 운동 그룹과 통제 그룹 모두 12주 기간 후 증가하여 유의하게 시기에 따른 변화를 보였다(time effect : $p=0,001$, $p=0,001$, $p=0,001$). 또한 교감신경과 부교감신경계 활성도의 균형을 나타내는 HRV index도 통계적으로 유의한 상호작용 효과는 나타나지 않은 반면, 운동그룹과 통제 그룹 모두 증가하여 통계적으로 유의한 시기의 효과를 나타냈다(time effect : $p=0,003$).

운동부하검사 중 최대심박수에서 회복기 1분대 심박수의 차이인 운동 후 1분대 회복기 심박수(HRR1)의 경우 운동 그룹은 12주 운동 후 5 bpm 정도 증가하였으며, 통제그룹은 약 2bpm 정도 감소하였으나 통계적으로 유의한 시기와 그룹간의 상호작용 효과를 나타내지 않았다. 최대심박수에서 회복기 2분대 심박수의 차이인 운동 후 2분대 회복기 심박수(HRR2)의 경우 운동 그룹은 8 bpm 정도 증가하였고 통제 그룹은 약 2 bpm정도 증가하였으나 통계적으로 유의한 상호작용 효과는 나타나지 않았으며 그룹간 차이를 보였다(group effect : $p=0,035$) (Table 5).

IV. 논의

본 연구에서는 남자 중학생을 대상으로 비만과 운동이 자율신경계에 미치는 영향에 대해서 알아보고자 하였다. 먼저 본 연구의 일차적 목적인 비만과 자율신경계의 관련성에 대해 살펴보면, 비만그룹은 정상체중그룹에 비해 심박수 변이도 검사에서 교감신경계 활성도가 향진되어 있고, 부교감신경계 활성도는 유의하게 감소되어 있었다. 본 연구 결과는 이탈리아 비만 청소년에서 자율신경계의 불균형을 보고한 Riva 등(2001)의 연구와 비만 청소년은 정상체중 청소년에 비해 심박수 변이도에서 LF/HF ratio가 증가되어 있고, 부교감신경계 활성도 지표인 SDNN과 total power가 감소되어 있다고 보고한 Guízar 등(2005)의 연구와 일치하고 있다.

비만이 자율신경계 불균형을 일으키는 기전은 아직 명확히 밝혀지지 않았으나, 비만그룹에서 나타난 심장의 자율신경계 불균형은 비만이 대사적 질환 및 심혈관계 질환의 이환율과 사망률을 증가시키는 주요 기전 중 하나로 제시되고 있다. 부교감신경계 활성도 저하는 혈당 조절 능력 저하와 밀접한 관련을 보이며(Oakley & Emond., 2011), 교감신경계 활성도의 증가는 혈관내피세포 기능 저하 및 동맥경직도를

Table 5. Changes of autonomic function after 12weeks exercise program

Variables	Exercise group(n=10)		Control group(n=10)		p values
	pre	post	pre	post	
LFnu (%)	52.98±16.51	48.17±17.16	57.60±9.66	44.26±16.17	0.058 ^a 0.949 ^b 0.352 ^c
HFnu (%)	47.02±16.51	51.83±17.16	42.42±9.66	55.74±16.17	0.058 ^a 0.949 ^b 0.352 ^c
LF/HF ratio	1.39±0.91	1.13±0.69	1.48±0.61	0.98±0.75	0.116 ^a 0.905 ^b 0.608 ^c
TP (ms)	2144.80±1241.81	3522.10±1614.61	2414.67±1572.16	3091.33±1724.06	0.024 ^a 0.890 ^b 0.411 ^c
RMSSD (ms)	45.16±17.31	66.36±23.37	41.19±19.55	66.39±25.10	0.001 ^a 0.809 ^b 0.735 ^c
NN50 (ms)	84.10±55.19	133.80±39.51	58.56±46.85	125.33±46.86	0.001 ^a 0.329 ^b 0.544 ^c
pNN50 (ms)	25.62±18.07	43.08±16.29	17.91±16.02	40.77±17.54	0.001 ^a 0.424 ^b 0.587 ^c
HRV index	10.94±2.05	13.62±1.85	10.28±2.62	11.66±3.68	0.003 ^a 0.224 ^b 0.290 ^c
HRR1 (bpm)	21.90±7.02	26.90±6.30	25.10±9.94	23.20±6.06	0.405 ^a 0.932 ^b 0.074 ^c
HRR2 (bpm)	46.50±12.79	54.50±3.75	42.50±9.44	44.20±7.24	0.065 ^a 0.035 ^b 0.218 ^c

Data : Mean±SD

a : time; b : group; c : time×group effect

LFnu : Low frequency normalized units; HFnu : High frequency normalized units; RMSSD : Root Mean Square of the Difference of Successive R to R Intervals; NN50 : Number of successive NN intervals which differ by more than 50 ms; pNN50 : Percentage of consecutive R to R Intervals differing by more than 50 ms; HRV index : Heart rate variability index; TP : Total power; HRR 1 : Heart rate recovery after exercise at 1min; HRR 2 : Heart rate recovery after exercise at 2 min

증가시킴으로 심혈관계 질환에 대한 위험도를 증가시킨다. 또한 장기간 만성적인 교감신경계 과활성은 심장에 과부하를 초래하여 좌심실 비대를 일으키며, 혈액동역학적 스트레스를 증가시켜 고혈압 및 심각한 부정맥을 일으키는 것으로 제시되고 있다(Borchard, 2001; Curtis & O'Keefe, 2002). 그런데 문제점은 자율신경계 저하로 인해 나타나는 이차적인 심혈관계 및 대사적 변화가 성인 뿐 만 아니라 청소년에서도 이미 나타나고 있다는 것이다. Guízar 등(2005)은 비만그룹에서 나타난 심장의 교감신경계 과활성은 수축기 혈압 증가와 유의한 관련성을 보였으며, 본 연구에서도 자율신경계

지표와 심혈관계 위험요인과의 상관분석을 실시한 결과, 부교감 신경계 활성화도 지표인 2분대 운동 후 회복시 심박수는 수축기 혈압, 이완기 혈압 그리고 총콜레스테롤, LDL-C와 유의한 음의 상관을 나타내었다. 또한 인슐린 저항성과 밀접한 관련성을 보이는 허리둘레는 회복시심박수와 유의한 음의 상관을 보였으며, 심박수 변이도에서 LF/HF ratio, LFnu와는 유의한 양의 상관을, HFnu와는 유의한 음의 상관을 보였다. 이는 비만 청소년 중 복부비만율이 높은 그룹은 낮은 그룹에 비해 심박수 변이도에서 교감신경계 활성화도가 높고 부교감신경계 활성화도가 낮게 나타났다는 Soares-Miranda 등(2011)의 연구와 일치하는 결과이다. 이러한 결과는 비만 청소년들에게 향후 심혈관계 및 대사성 질환 예방을 위해 비만관리에 있어 조기 치료의 중요성을 추가적으로 뒷받침하는 자료가 될 것으로 사료된다.

본 연구의 두 번째 목적은 비만 청소년을 대상으로 운동이 자율신경계 기능에 미치는 효과에 대해 알아보는 것이었다. 장기간 유산소성 운동은 자율신경계 활성화도에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 알려져 왔다(Amano et al., 2001). 그러나 이제까지 대부분 자료는 성인에서 나타난 연구 결과이며 소아 및 청소년에 대한 자료는 매우 부족했다. 예방의학적 관점에서 볼 때, 소아 청소년 시기에 활동적 신체활동을 통한 비만과 자율신경계 활성화도 개선은 향후 심혈관계 질환 예방을 위해 중요한 것으로 여겨진다. 이에 따라 본 연구에서는 비만 청소년 대상으로 12주간 운동 프로그램을 실시하여 자율신경계 활성화도 변화를 살펴보았다. 연구 결과, 비록 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았으나 운동그룹에서 12주 운동 후 1분대 운동 후 회복시 심박수가 증가된 경향을 나타냈다. 심박수 변이도 검사 자료에서도 시간도메인 분석과 빈도 도메인 분석 항목 내 부교감신경계 활성화도 지표들이 모두 개선되었으나 통제그룹 또한 동일한 변화 패턴을 보임에 따라 유의한 time 효과만 나타났다.

이러한 연구결과는 놀랄만한 사실은 아니다. Loimaala 등(2000)과 콕이섭 등(2009)의 연구에서도 본 연구와 유사한 결과를 제시하고 있다. 콕이섭 등(2009)은 일반 여자 대학생을 대상으로 복싱 에어로빅 후 심박수 변이도에서 유의한 개선 효과를 얻지 못하였으며, 통제그룹과 운동그룹은 유사한 변화 패턴을 나타냈다. 또한 오히려 운동 후 유의할 만한 자율신경계 변화를 가져오지 못한 연구도 종종 보고 되고 있다. Leicht 등(2003)과 Loimmla 등(2000)은 지구성 운동 후 심박수 변이도에서 빈도도메인 분석 데이터에서 어떠한 변화도 나타나지 않았다고 하였다. Maciel 등(1985)과 Sacknoff 등

(1994)의 연구에서도 운동선수의 부교감신경계 활성도가 증가되어 있지 않음을 보고하였으며, 운동 프로그램 후 유의한 부교감신경계 활성화도가 증가가 항상 나타나지는 않는다고 제시하고 있다(Maciel et al, 1985; Boutcher & Stein 1995).

일반적으로 규칙적인 신체활동 및 운동 후 자율신경계 기능 개선은 체중감소, 인슐린 민감도 증가와 심폐체력 향상과 같은 간접적 기전을 통해 이루어지는 것으로 알려져 있다. 주남석 등(2005)의 연구에서는 비만 환자를 대상으로 저열량식사요법, 운동, 행동교정, 약물치료를 병행한 12주 간의 비만 치료 후 체중과 허리둘레 감소는 심박수 변이도에서 부교감신경계 활성화도 지표 증가와 유의한 상관관계를 보여주었다. 그러나 본 연구에서는 12주 운동 후 심폐체력이 증가하고 체중, 체지방률 그리고 허리둘레가 모두 유의하게 감소하였으나, 부교감신경계 활성화도 지표 개선은 통계 그룹과 유의한 차이를 보이지 않았다. 또한 비만 지표 및 자율신경계 지표의 변화값을 이용한 상관분석에서도 관련성이 나타나지 않았다.

이러한 결과는 Boutcher & Stein(1995)의 연구에서도 동일하게 나타나고 있는데, 중년 남성을 대상으로 8주간 최대심박수의 60% 강도로 유산소 운동을 실시한 결과 최대산소섭취량은 12% 정도 향상한 반면, 심박수 변이도에는 유의한 변화가 나타나지 않았다고 하였다. 위 연구와 본 연구 결과를 통해, 심박수 변이도를 개선시키는데 독립적인 운동량의 영향을 고려해 볼 수 있다.

Loimaala 등(2000)의 연구에서는, 운동강도 및 운동기간은 자율신경계 개선에 중요한 인자라고 제시하고 있다. 5개월 간의 유산소 운동에서 고강도 운동군에서만 심박수 감소가 있었으며, 저강도 군에서는 의미 있는 변화가 없었다. 또한 HRV나 BRS (baroreflex sensitivity)는 의미 있게 변하지 않았음을 보고하면서, 5개월 동안의 운동기간은 HRV에 영향을 주기에는 짧은 기간이라고 주장하였다. 반면 어린이를 대상으로 한 Nagai 등(2004)의 연구에서는 12개월간의 중간도 신체활동 프로그램을 실시한 결과, 심박수 변이도에서 부교감신경계 활성화도가 유의하게 개선되었다고 보고하였다. 따라서 본 연구에서 시행된 12주간의 중강도의 운동 프로그램은 부교감신경계 활성도를 증가시키고, 자율신경계 개선을 유발하기에 상대적으로 낮은 운동 강도 및 짧은 기간이었으리라 사료된다. 이에 따라 향후, 자율신경계 기능 개선을 위해서는 보다 높은 강도의 운동이 필요할 것으로 여겨진다.

본 연구에서는 다음과 같은 몇 가지 제한점을 갖는다. 먼저, 심박수 변이도는 피험자의 심리상태 및 측정 전 신체활

동 상태와 식이 그리고 빛과 소음 같은 환경적 요인에 민감하게 영향을 받는다. 본 연구에서는 측정 전 피험자들의 식이 및 신체활동 그리고 심리적 요인에 대한 완벽한 통제를 하는데 어려움이 있었으나, 실험장소, 실내 온도, 빛 차단 등 실험 환경을 동일하게 하여 외부적 요인에 따른 오차를 최소화하려 노력했다.

또한 심박수 변이도 검사 시 호흡 조절에 대한 영향을 고려해 볼 수 있다. Brown 등(1993)은 호흡 빈도가 빈도도메인 분석에 영향을 줄 수 있다는 가능성을 제시하였다. 본 연구에서는 심박수 변이도 측정시간 동안 호흡 빈도 통제를 하지 않고, 자연스럽게 호흡을 하도록 지도하였다. 그러나, 청소년을 대상으로 한 Nagai 등(2004)의 연구에서도 심박수 변이도 검사 시 본 연구와 동일한 호흡조절 방식을 이용하였으며, 이러한 점은 연구 결과에 영향을 미치지 않았다.

본 연구의 피험자는 남자 중학생만을 대상으로 하였다. Evans 등(2001)은 안정시 자율신경 조절 메커니즘은 성별에 따른 차이가 영향을 미칠 수 있다고 제시하고 있다. 따라서, 비만 및 운동 트레이닝에 따른 자율신경계 변화에 대한 본 연구 결과를 여학생에까지 일반화하기 어려울 것으로 여겨진다.

마지막으로 본 연구에서는 피험자들의 비만 기간에 대한 영향을 고려하지 못하였다. Kaufman 등(2007)과 Rabbia 등(2003)에 따르면 자율신경계는 비만의 기간 및 비만도와 밀접한 관련을 갖는 것으로 보고하고 있었으며, 비만 기간이 4년 이하 된 사람은 정상체중과 유사한 자율신경계 기능을 갖고 있다고 제시하였다. 또한 Kaufman 등(2007)의 연구에서는 체질량지수 백분율에 따라 비만도를 구분하여 정상체중, 과체중, 비만 그룹의 심박수 변이도를 비교한 결과, 과체중과 정상체중은 차이가 없었으며, 비만 그룹과 정상체중 그룹간에만 유의한 차이가 나타났다. 그러나 본 연구의 비만 그룹은 정상 체중 그룹과 유의하게 자율신경계 기능 차이를 보였으며, 또한 비만 그룹 내, 운동 집단과 통제 집단에 유의한 그룹 간 차이는 발견되지 않았으므로, 비만 기간은 본 연구 결과를 해석하기에 영향을 미치지 않았을 것으로 사료된다.

V. 결론

본 연구에서는 청소년을 대상으로 비만과 운동이 심박수 변이도와 회복기 심박수에 미치는 영향에 대해 알아보고자

하였으며, 다음과 같은 결과를 얻었다.

첫째, 비만그룹은 정상체중 그룹에 비해 심박수 변이도 검사에서 HFnu, pNN50이 유의하게 낮았으며, LFnu, LF/HF ratio은 유의하게 높게 나타나 부교감신경계 활성도가 저하됨을 보여주었다.

둘째, 부교감신경계 활성화 지표인 pNN50과 HFnu는 모든 비만지표(체중, 체질량지수, 체지방율, 허리둘레)와 유의한 음의 상관을 보였으며, LFnu는 유의한 양의 상관을 보였다. 운동 후 1분대, 2분대 회복시 심박수는 체중, 체질량지수, 허리둘레와 유의한 음의 상관을 보였다.

셋째, 3개월간의 운동프로그램 후, 운동그룹은 체중, 체질량지수, 체지방율, 허리둘레가 유의하게 감소하였으며, 최대 산소섭취량은 유의하게 증가하였으나, 심박수 변이도와 운동 후 회복시 심박수는 통제그룹에 비해 유의한 개선을 보이지 않았다.

이상의 연구 결과를 종합해 보면, 비록 청소년이라 하더라도, 비만에 의해 자율신경계 기능 저하가 발견되었으며, 비만 청소년의 자율신경계 기능 개선을 위해서는 좀 더 장기간 및 높은 강도의 운동량이 필요할 것으로 사료된다.

참고문헌

곽이섭, 김은영, 심영제. (2009). 복싱에어로빅 운동이 안정 시 심박수변이도에 미치는 영향. *생명과학회지*. 19(2) : 271-276.

김병로, 강철중, 이동규. (2010). 최대 운동 후 비만 청소년의 심폐기능과 심박수 회복 반응. *운동과학*. 19(1) : 91-98.

주남석, 박수범, 김광민, 김상만, 이득주, 김범택. (2005). 비만 환자에서 체중 감량 후 심박동수 변이의 단기적 변화. *가정의학회지*. 26(11) : 693-698.

질병관리본부. (2008). 2007 국민건강통계 국민건강영양조사 제 4기 1차년도 결과.

ACSM (2000). ACSM Guidelines for exercise testing and prescription, 6th edition. Philadelphia, Lipponcott Williams and Wilkins.

Amano, M., Kanda, T., Ue, H., & Moritani, T. (2001). Exercise training and autonomic nervous system activity in obese individuals. *Med Sci Sports Exerc.*, 33(8) : 1287-1291.

Aubert, A. E., Seps, B., & Beckers, F. (2003). Heart rate variability in athletes. *Sports Med.*, 33(12) : 889-919.

Billman, G. E. (2002). Aerobic exercise conditioning : a nonpharmacological antiarrhythmic intervention. *J Appl Physiol*. 2002 Feb;92(2) : 446-454.

Borchard, U. (2001). The role of the sympathetic nervous system in cardiovascular disease. *J Clin Basic Cardiol.*, 4(3) : 175-177.

Boutcher, S. H., & Stein, P. (1995). Association between heart rate variability and training response in sedentary middle-aged men. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.*, 70(1) : 75-80.

Brown, T. E., Beightol, L. A., Koh, J., & Eckberg, D. L. (1993). Important influence of respiration on human R-R interval power spectra is largely ignored. *J Appl Physiol.*, 75 : 2310-2317.

Bruce, R. A. (1972). Multi-stage treadmill test of submaximal and maximal exercise. In *Exercise Testing and Training of Apparently Healthy Indd Tdrcis, A Handbook for P Testian & American Heart Association*, New York, 32-34.

Cole, C. R., Blackstone, E. H., Pashkow, F. J., Snader, C. E., & Lauer, M. S. (1999). Heart-rate recovery immediately after exercise as a predictor of mortality. *N Engl J Med.*, 341(18) : 1351-1357.

Curtis, B. M., & O'Keefe, JH Jr. (2002). Autonomic tone as a cardiovascular risk factor : the dangers of chronic fight or flight. *Mayo Cin Proc.*, 77 : 45-54.

Davy, K. P., Miniclier, N. L., Taylor, J. A., Stevenson, E. T., & Seals, D. R. (1996). Elevated heart rate variability in physically active postmenopausal women : a cardioprotective effect? *Am J Physiol.*, 271(2 Pt 2) : H455-H460.

Evans, J. M., Zieger, M. G., Patwardhan, A. R., Ott, J. B., Kim, C. S., Leonelli, F. M., & Knapp, C. F. (2001). Gender differences in autonomic cardiovascular regulation : spectral, hormonal, and hemodynamic indexes. *Journal of applied physiology*, 914 : 2611-2618.

Goldsmith, R. L., Bigger JT, Jr., Steinman, R. C., & Fleiss, J. L. (1992). Comparison of 24-hour parasympathetic activity in endurance-trained and untrained young men. *J Am Coll Cardiol.*, 20(3) : 552-558.

- Guízar, J. M., Ahuatzin, R., Amador, N., Sánchez, G., & Romer, G. (2005). Heart autonomic function in overweight adolescents. *Indian Pediatr.*, 42(5) : 464-469.
- Gutin, B., Owens, S., Slavens, G., Riggs, S., & Treiber, F. (1997). Effect of physical training on heart-period variability in obese children. *J Pediatr.*, 130(6) : 938-943.
- Kamath, M. V. & Fallen, E. L. (1993). Power spectral analysis of heart rate variability : a noninvasive signature of cardiac autonomic function. *Crit Rev Biomed Eng.*, 21 : 245-311.
- Kaufman, C. L., Kaiser, D. R., Steinberger, J., Kelly, A. S., & Dengel, D. R. (2007). Relationships of cardiac autonomic function with metabolic abnormalities in childhood obesity. *Obesity(Silver Spring)*. 15(5) : 1164-1171.
- Laederach-Hofmann, K, Mussgay L, & Rúddel H. (2000). Autonomic cardiovascular regulation in obesity. *J Endocrinol.*, 164(1) : 59-66.
- Leicht, A. S., Allen, G. D., Hoey, A. J. (2003). Influence of intensive cycling training on heart rate variability during rest and exercise. *Can J Appl Physiol.*, 28(6) : 898-909.
- Loimaala, A., Huikuri, H., Oja, P., Pasanen, M., & Vuori, I. (2000). Controlled 5-mo aerobic training improves heart rate but not heart rate variability or baroreflex sensitivity. *J Appl Physiol.*, 89(5) : 1825-1829.
- Maciel, B. C., Gallo Júnior, L., Marin Neto, J. A., Lima Filho, E. C., Terra Filho, J., & Manço, J. C. (1985). Parasympathetic contribution to bradycardia induced by endurance training in man. *Cardiovasc Res.*, 19(10) : 642-648.
- Matthews, D. R., Hosker, J. P., Rudenski, A. S., Naylor, B. A., Treacher, D. F., & Turner, R. C. (1985). "Homeostasis model assessment : insulin resistance and beta-cell function from fasting plasma glucose and insulin concentrations in man." *Diabetologia*, 28(7) : 412-419.
- Nagai, N., Hamada, T., Kimura, T., & Moritani, T. (2004). Moderate physical exercise increases cardiac autonomic nervous system activity in children with low heart rate variability. *Childs Nerv Syst.*, 20(4) : 209-214.
- Nagai, N., Matsumoto, T., Kita, H., & Moritani, T. (2003). Autonomic nervous system activity and the state and development of obesity in Japanese school children. *Obes Res.*, 11(1) : 25-32.
- Nagai, N., & Moritani, T. (2004). Effect of physical activity on autonomic nervous system function in lean and obese children. *Int J Obes Relat Metab Disord.*, 28(1) : 27-33.
- Oh, K., Jang, M. J., Lee, N. Y., Moon, J. S., Lee, C. G., Yoo, M. H., & Kim, Y. T. (2008). Prevalence and trends in obesity among Korean children and adolescents in 1997 and 2005. *Korean J Pediatr.*, 51(9) : 950-955.
- Oakley, I., & Emond, L. (2011). Diabetic cardiac autonomic neuropathy and anesthetic management : review of the literature. *AANA J.*, 79(6) : 473-479.
- Rabbia, F., Silke, B., Conterno, A., Grosso, T., De Vito, B., Rabbone, I., Chiandussi, L., & Veglio, F. (2003). Assessment of cardiac autonomic modulation during adolescent obesity. *Obes Res.*, 11(4) : 541-548.
- Riva, P., Martini, G., Rabbia, F., Milan, A., Paglieri, C., Chiandussi, L., & Veglio, F. (2001). Obesity and autonomic function in adolescence. *Clin Exp Hypertens.*, 23(1-2) : 57-67.
- Sacknoff, D. M., Gleim, G. W., Stachenfeld, N., & Coplan, N. L. (1994). Effect of athletic training on heart rate variability. *Am Heart J.*, 127(5) : 1275-1278.
- Soares-Miranda, L., Alves, A. J., Vale, S., Aires, L., Santos, R., Oliveira, J., & Mota, J. (2011). Central fat influences cardiac autonomic function in obese and overweight girls. *Pediatr Cardiol.*, 32(7) : 924-928.
- Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. (1996). Heart rate variability : standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. *Circulation*, 93 : 1043-1065
- Vanderlei, L. C., Pastre, C. M., Freitas Júnior, I. F., & Godoy, M. F. (2010). Analysis of cardiac autonomic modulation in obese and eutrophic children. *Clinics*, 65(8) : 789-792.

논문투고일 : 2012. 02. 29
심사일 : 2012. 03. 28
심사완료일 : 2012. 04. 29