

비만아동의 최대운동후 부교감신경계 활성화도와 심혈관계 질환 위험 인자 및 염증지표와의 관련성

변재경 · 정수정

충북대학교

Abstract

Byeon, Jae-Kyung., Jeong, Soo-Jeong. The Relationship Between Parasympathetic Nervous System Activity after Peak Exercise, Cardiovascular Disease Risk Factors and Inflammatory Markers in Obese Children, *Exercise Science*, 22(1): 61-73, 2013. The purpose of this study is to confirm which influence the obesity has upon parasympathetic nervous system activation, which relationship HRR as parasympathetic nervous system activity index has with children's cardiovascular disease risk factors and inflammatory markers, and which influence the parasympathetic nervous system has upon relationship between cardiorespiratory fitness and inflammatory marker, in obesity group(OG : 10.6 ± 5 , n=21), general group(NG : 10.8 ± 8 , n=19), and exercise group(EG : 11.1 ± 8 , n=20). All subjects were carried out GXT(graded exercise test) by using Bruce protocol. HRR immediately after exercise stress testing defined as the decrease in heart rate from peak exercise to 1, 2 and 3 minutes into recovery(peak heart rate minus 1, 2 and 3 minutes heart rate of recovery) was determined. The protocol for recovery stage includes a 30-second lightly walk after peak exercise as the treadmill decelerates to a complete stop. As a result, this study came to the following findings : the obesity group was indicated to be lower in the parasympathetic nervous system activation and in the CRF compared to the NG and EG. In light of having been shown to be high in cardiovascular disease risk factors and inflammatory markers, the children's obesity is judged to have negative influence upon these factors. Also, what the correlation was indicated between parasympathetic nervous system activation(HRR) and cardiovascular disease risk factors & inflammatory markers through this study could be confirmed that the heart rate recovery, which is parasympathetic nervous system activity index, can be utilized as a marker for early discovering children's cardiovascular disease risk level.

Key words : Obese children, Parasympathetic nervous system activity, Heart rate of recovery(HRR), Cardiovascular disease risk factors inflammatory markers

초 록

변재경, 정수정. 비만아동의 최대운동후 부교감신경계 활성화도와 심혈관계 질환 위험 인자 및 염증지표와의 관련성. 운동과학, 제22권 제1호, 61-73, 2013. 본 연구의 목적은 초등학교 4-6학년(11세~13세) 학생을 대상으로 비만집단(n=21), 일반집단(n=19) 그리고 주 4회, 2년 이상 운동에 참여하고 있는 운동집단(n=20)의 부교감신경계 활성화도 및 심혈관계 질환 위험 인자, 염증지표와 비만이 어떠한 관련이 있는지 확인하고, 부교감신경계 활성화 지표인 HRR이 아동의 심혈관계 질환 위험 인자 및 염증지표와 어떠한 관련성이 있는지 확인하고자 하였다. 모든 피검자들은 Bruce 프로토콜을 사용하여 GXT 검사를 시행하였다. 회복시심박수(HRR)는 운동부하검사 직후 운동 시 도달한 최고 심박수에서 회복시 1분, 2분 또는 3분 동안의 심박수를 빼 값으로 정의하였다. 회복단계를 위한 프로토콜은 트레드밀이 완전히 멈출 때까지 최대운동 후 30 초간 가볍게 걷기를 시행하였다. 비만집단은 일반 및 운동집단에 비해 부교감신경계 활성화도가 저조하고 심폐체력이 낮게 나타났으며, 심혈관계 질환 위험인자 및 염증지표가 높게 나타난 것으로 보아 아동에게 있어서 비만이 이러한 요인들에 부정적인 영향을 미친 것으로 판단된다. 또한 본 연구를 통하여 부교감신경계 활성화도(HRR)와 심혈관계 질환 위험 인자 및 염증지표와의 상호관련성이 나타난 것은 부교감신경계 활성화지표인 회복시심박수가 아동의 심장질환에 대한 위험도를 조기에 발견하기위한 지표로 활용될 수 있음을 확인 할 수 있었다.

주요어 : 비만아동, 부교감신경계 활성화도, 회복시심박수, 심혈관계질환위험인자, 염증지표

I. 서론

국민건강영양조사 결과에 따르면, 2005년에서 2009년까지의 비만 이환율은 남자 10세 초반, 여자 10세 후반에서 가장 높다고 보고하고 있다(질병관리본부, 2010). 특히 최근 발표되는 연구들은 성장기 비만이 성인의 경우와 유사하게 고혈압, 고지혈증 그리고 제 2형 당뇨병 등 심혈관계 질환을 유발 할 수 있다는 관점에서 아동비만의 문제점이 더욱 심각하게 대두되고 있는 실정이다(장진하 등, 2004 ; El-Gendi, 2008 ; Kato, 2009). 심혈관계 질환을 일으키는 주요 위험 인자는 지금까지 비만, 고지혈증, 고혈압, 당뇨병 등으로 알려져 왔는데(Libby, 2002a), 최근에는 자율신경계 불균형(Buchheit et al., 2004 ; Curtis et al., 2002)과 전신성 염증지표(Libby, 2002b ; Ridker, 2003)가 예측인자로 제시되고 있다. 우리 몸은 생명을 유지하기 위해 교감신경계와 부교감신경계의 연속적인 상호작용에 의해 항상성을 유지하고 있다(제세영, 2003). 그러나 자율신경계의 불균형이 초래될 경우 심혈관계 질환의 위험도를 증가시키는데(Lahiri et al., 2008), 부교감신경계 활성화도의 장애가 이러한 문제를 야기 시키는데 중요한 역할을 한다. 일반적으로 부교감신경계 활성화도는 심박수 변이도, 압수용체 민감도, 회복시심박수(heart rate recovery ; HRR) 등으로 평가되는데, 이러한 지표들은 정상인에 있어서도 심혈관계 질환의 이환 및 사망률의 독립적인 예측인자로 제시되고 있다(Cole et al., 1999 ; Jonathan et al., 2007). 특히 운동부하 직후 HRR은 부교감신경계 활성화도를 나타내는 지표로서 널리 활용되고 있는데(제세영, 2003 ; Cole et al., 1999 ; Pardo et al., 2010 ; Singh et al., 2008), 이는 관상동맥질환 및 미주신경 활성화도를 분석하기 위해 사용되는 기존 장비에 비해 간단하고 저렴한 비용으로 질병에 대한 위험도를 예측할 수 있기 때문이다(Froalichs et al., 1999). 최근 연구에 의하면 비만이 자율신경 기능저하와 밀접한 관련이 있는 것으로 보고되고 있다(Karason et al., 1999 ; Laederach-Hofmana et al., 2000).

비만환자는 대체로 교감신경계 활성화도가 높고 부교감신경계 활성화도가 낮은 상태를 보이며, 이로 인해 고혈압이나 제 2형 당뇨병의 위험도 등 심혈관계 위험 인자가 증가된다는 것이다(Shishehbor et al., 2004 ; Wu et al., 2008). 또한 Narkiewicz(2006)은 비만으로 인한 자율신경계 기능 저하가 내피세포 기능장애, 염증, 산화적 스트레스, 인슐린저항성 등과 더불어 심혈관계 질환을 일으키는 주요 매개기전이라고 제시하였다. 지금까지 대부분의 자율신경계 활성화도에 관

한 연구는 성인을 대상으로 한 경우가 대부분이었으나, 최근에는 청소년에게 있어서도 비만은 부교감신경계 활성화도를 감소시키고, 교감신경계를 과활성화 시킨다는 연구들이 보고되고 있다(Lin et al., 2008 ; Vanderlei et al., 2010).

국내에서도 강설중 등(2009), 김병로 등(2010), 이현정(2011)의 연구에서 청소년의 자율신경계의 활성화도와 비만이상관성이 있다고 보고하고 있다. 이러한 연구결과들은 자율신경 활성화도의 감소경향이 성인 및 청소년뿐만 아니라 비만 아동에게도 나타날 수 있다는 것을 의미하며, 심혈관계통의 건강과 관련이 있음을 시사한다.

또한 부교감신경계 활성화도는 유산소 형태의 운동을 하는 사람들에게서 높게 나타난다고 보고하고 있는데(강서정, 2006 ; 제세영, 2004 ; Pardo et al., 2010), 이는 장기간의 운동이 안정시 교감신경계 활성화도를 감소시키고 이와 동시에 부교감신경계 활성화도를 증가시켜 안정시심박수를 감소시킴으로써 심장이나 혈관에 부담을 줄여주는 역할을 하기 때문이다(Goldsmith et al., 2000).

이처럼 장기간의 운동은 부교감신경계 활성화도를 증가시켜 자율신경계의 불균형을 조절할 수 있다고 제시하고 있지만, 아직 그 기전에 대해서는 명확하게 확인되지 않고 있으며, 이와 관련한 국내 연구는 미미한 실정이다.

한편, 혈관염증지표인 Interleukin-6(IL-6), C-reactive protein(CRP), white blood cell(WBC) count, Fibrinogen 등은 관상동맥질환과 유의한 상관성이 있는 것으로 보고되고 있다(한국의학연구소, 2002 ; Ridker, 2003). 많은 연구에서 비만환자의 IL-6 증가는 지방과다와 인슐린저항성지표와 관련이 있고(Vgontzas et al., 2000 ; Bastard et al., 2000), 체중과 CRP가 정적상관이 있는 것으로 보아, 신체활동을 통한 체중감소는 CRP 및 IL-6 등과 같은 염증지표를 감소시킬 수 있다 것을 시사한다(황정숙 등, 2003). 이는 규칙적인 운동이 CRP 등의 염증 수준을 낮추는 기전으로 유전자 조절 같은 일차적인 요인과 체지방감소 및 심폐체력이라는 이차적인 요인 간에 상호관련이 있음을 시사하는 것이다(Wannamethee et al., 2002). 그러나 최근 새로운 관점에서 염증을 감소시킬 수 있는 기전에 대한 연구가 이루어지면서 자율신경계에 대해 관심을 가지기 시작했다. Tracey(2007)는 동물 실험연구에서 미주신경의 자극은 콜린동작성항염증경로를 통하여 염증성 사이토카인을 조절할 수 있다고 보고하였다. 또한 일부 연구에 의하면, 부교감 신경계 활성화도를 촉진시키면 염증지표가 감소한다는 연구가 보고되어 염증지표들이 자율신경장애와 관련이 있을 가능성을 제시하고 있다(Gerritsen et al.,

2001 ; Hong et al., 2003 ; Jae et al., 2008). 이러한 연구들은 염증반응을 감소시키기 위해 부교감신경계를 강화하는 치료전략을 세울 수 있는 가능성을 의미하고 있다. 그러나 지금까지의 비만아동을 대상으로 한 연구는 주로 비만예방 및 개선을 위한 운동방법과 체지방을 감소시키는 것에 초점이 맞추어져 왔으며, 자율신경계와 관련한 연구는 전무한 실정이다. 또한 HRR이 성인의 염증지표와 관련이 있다고 제시되고 있지만, 아동을 대상으로 HRR과 염증반응 물질과의 관련성을 확인한 연구는 보고되지 않고 있다.

이에 본 연구에서는 초등학교 4-6학년 학생을 대상으로 비만집단, 일반집단 그리고 2년 이상 운동에 참여하고 있는 운동집단의 부교감신경계 활성화도와 심혈관계 질환 위험인자 및 염증지표에 비만이 어떠한 관련이 있는지 확인하고, 아동의 부교감신경계 활성화도와 심혈관계 질환 위험인자 및 염증지표와의 관련성을 알아보려고 한다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

본 연구의 대상자는 C도 소재 초등학교에 재학 중인 4-5학년 아동 중 체질량지수(BMI) 백분위 95 이상(대한소아과 학회, 2008), 체지방률 25 % 이상인 비만아동(n=25), 규칙적인 운동에 참여하지 않는 일반아동(n=20) 그리고 주 4회, 2년 이상 운동에 참여하고 있는 롤러스피드스케이팅 선수(n=20)로 나누어 사전 의학검사를 실시하여 임상적으로 문제가 없고, 일상생활에 지장이 없는 대상자를 선발하였다. 또한 모든 피검자와 보호자에게 실험의 내용과 목적을 충분히 설명하고, 검사 참여 동의서를 작성한 후, 검사에 참여하도록 하였다. 피검자들의 신체적 특성은 <Table 1>과 같다.

2. 측정항목 및 방법

1) 신체성분검사

체중과 신장은 간편한 복장을 착용한 후 자동 측정 장비를 이용하여 측정하였으며, 신체구성은 다주파수, 임피던스 분석 원리를 이용한 체성분 분석기(Inbody 720, BIOSPACE, Korea)을 이용하여 BF(kg), BF(%)을 측정하였다.

BMI는 측정된 체중을 키의 제곱으로 나누어(kg/m²) 구하

Table 1. The physical characteristics of subjects

		OG(n=21)	NG(n=19)	EG(n=20)
SEX	Male	14	10	11
	Female	7	9	9
Regular Exercise		1<week	1<week	4≥week, 2≥years
Age(yr)		10.6±.5	10.8±.8	11.1±.8
Height(cm)		150.9±5.0	147.5±6.1	148.0±6.2
Weight(kg)		64.3±7.2	37.4±6.0	36.9±4.8
BF(kg)		26.0±5.7	6.2±3.0	5.1±3.1
%BF		39.4±6.7	15.9±6.0	13.6±6.8
BMI(kg/m ²)		28.3±2.0	17.8±2.0	16.8±1.1
WC(cm)		92.0±11.1	62.3±5.4	57.3±3.5
WHR(%)		.88±.11	.79±.03	.76±.03

M±SD, OG : Obese Group, NG : Normal Group, EG : Exercise Group, BF (kg) : body fat, BF(%) : Percent body fat, BMI : Body mass index, WC : Waist circumference, WHR : waist to hip ratio

였다. WC는 기립자세에서 최하단 부위와 장골사이의 중간 지점에서 측정하였고, 엉덩이 둘레는 피검자의 측면에서 보아 엉덩이 뒷부분 중 가장 돌출된 부분을 수평으로 측정하였다. 모든 측정은 2회의 측정을 원칙으로 하여 측정결과 ±2 % 이상의 오차가 생겼을 경우 3회 측정을 실시하여 평균값으로 결정하였다. WHR는 허리둘레/엉덩이둘레로 하였다.

2) 안정시 심박수

소음이 없는 조용하고 서늘한 실내에서 피검자를 눕힌 후 약 10분 이상 안정을 취하게 한 후 심박수가 일정 수준을 유지한 시점부터 12유도 심전도(M1700A, Hewlett Packard, United States)를 이용하여 숙련된 전문가가 안정시심박수를 측정하였다.

3) 혈압측정

혈압측정은 피험자가 측정 장소에 도착하여 의자에 앉아 약 15분간 휴식을 취한 후 자동혈압측정기(BPBIO320, BIOSPACE, Korea)를 이용하여 좌측 상완에서 측정하였고, 첫 번째 측정은 기록하지 않고 나머지 2회 측정의 평균을 이용하였다.

4) 운동부하검사

운동부하 검사는 Cosmed(Italy)사의 심폐진단시스템을 이용하여 운동검사 방법 중 Bruce(1973)의 방법으로 시행하였다. Bruce protocol은 먼저 treadmill 속도를 1.7 mph(mile per

hour)와 경사 10 %로 3분 운동을 한 후, 매 3분마다 treadmill 경사를 2 % 올리면서 속도를 2.5 mph, 3.4 mph, 4.2 mph 및 5.0 mph로 증가시키는 방법이다. 검사 과정은 다음과 같다. 피검자는 앉은 자세에서 충분히 안정을 취한 후 혈압과 12유도 심전도를 측정하였고, 이후 선 자세에서 다시 혈압과 심전도를 측정하였다. 검사가 시작된 후에는 매 단계 2분 간격으로 혈압과 심박수, 자각인지를 측정하였으며, 동시에 Breath by breath법을 적용한 가스분석기를 이용하여 호기 가스를 분석함으로써 운동 중 산소섭취량을 측정하였다. 운동부하 검사 중 운동중지는 심혈관계 증상이나 피로에 의해 피검자가 스스로 운동중단을 요청하였을 때, all-out 판정기준은 ACSM(2006)에 제시한 운동 강도가 증가하여도 산소섭취량이 2.0 ml/kg/min 이하로 증가할 때, 심박수가 더 이상 증가하지 않을 때, 자각적 운동 강도가 17이상일 때 및 통증 자각도가 7이상일 때, 호흡교환율(respiratory exchange ratio ; RER)이 1.2이상일 때를 기준으로 하며, 이들 중 2가지 이상이 만족될 때 최대운동부하로 하였다. 운동 종료 후 피검자는 30 초간 속도 2.7 mph, 경사도 0 %의 환경에서 가볍게 걷게 하였고, 트레드밀이 완전히 멈춘 후에는 의자에 앉혀서 회복상태를 관찰하였다. 3분 동안 회복 시 변화 상태를 계속적으로 관찰하였으며, 운동부하 검사에 관한 전반적인 절차는 미국 스포츠의학회 지침서를 이용하여 실시하였다 (ACSM, 2006).

5) 혈액분석

혈액 검사는 12시간의 공복상태를 유지한 후 오전 8시 00 분에서 10시 사이에 일회용 주사기를 사용하여 상완정맥 (venae brachiales)에서 숙련된 전문가가 혈액샘플을 채취하였다. 채혈된 혈액은 즉시 혈장과 혈청으로 분리하여 -80 °C

Table 2. Measurement tools and methods

	Measurement tool	Measurement method
T-Cholesterol	ADVIA 1650(Japan)	Enzymatic method
Triglyceride	ADVIA 1650(Japan)	Enzymatic method
HDL-Cholesterol	ADVIA 1650(Japan)	Enzymatic method
LDL-Cholesterol	ADVIA 1650(Japan)	Elimination enzymatic assay
Glucose	ADVIA 1650(Japan)	Enzymatic method
Insulin	E170(Germany)	ECLIA
WBC	XE 2100 D(Japan)	Cell counter
hs-CRP	Hitachi 7180(Japan)	Immunoturbidimetric
IL-6	E max presson(USA)	ELISA
Fibrinogen	Hitachi 7180(Japan)	Clotting

에서 냉동시킨 후, 해파린으로 처리된 튜브에 담아 G의료제단에 의뢰하여 분석하였다. 혈액 분석 방법 및 측정 도구는 (Table 2)와 같다.

6) 인슐린저항성

인슐린 저항성에 대한 측정은 비교적 euglycemic clamp study와 높은 상관관계를 가지고 있는 Homeostasis model assessment of insulin resistance(HOMA-IR)를 이용하여, Matthews 와 그의 동료들이(1985) 제시한 다음과 같은 방법을 사용하였다.

$$HOMA-IR = \frac{\text{fasting glucose}(\text{mmol/L}) \times \text{fasting insulin}(\mu\text{IU/mL})}{22.5}$$

7) 회복시심박수

선행연구에서 제시한 방법으로 회복시심박수를 계산하였다. 운동부하검사 직후 운동 시 도달한 최고 심박수에서 회복시 1분 또는 2분 동안의 심박수를 빼 값으로 정의할 수 있으며(Cole et al., 1999), 본 연구에서는 1분, 2분, 3분 동안 측정된 심박수를 계산하였다.

$$HRR = HR_{\text{peak}} - HR_{\text{Recovery 1min, 2min, 3min}}$$

4. 자료처리 방법

본 연구에서 수집된 자료는 SPSS 17.0 통계처리프로그램을 이용하였으며 모든 변인은 자료정리 과정을 통하여 각 변인들의 정상분포(normal distribution) 경향을 확인하였고, 입력 오류로 판단되는 수치나 극한치는 자료처리에서 생략하였다. 집단의 모든 변수들의 평균(Mean)과 표준편차(SD)를 산출하였으며, 정규분포에서 벗어난 변인은 로그치환(log-transformation)을 한 후 통계처리를 실시하였다.

집단 간 검사 변인의 유의성을 분석하기 위하여 일원분산 분석(one-way ANOVA)을 실시하였고, 사후검증은 Scheffe 방법을 이용하였다. 부교감신경계 활성화도와 여러 변수들 간의 상관관계를 알아보기 위하여 Pearson's correlation을 분석하였으며, 유의하게 확인한 변수에 대하여 다중회귀분석(multiple regression analysis)을 이용한 Stepwise방법으로 영향력을 검증하였다. 모든 통계적 유의수준 α=.05로 설정하였다.

Ⅲ. 연구 결과

1. 집단 간 HRR 및 심혈관계 질환 위험 인자, 염증지표의 비교

세 집단의 부교감신경계 활성지표인 HRR 변화에 대한 분석결과는 (Table 3)에 제시된 바와 같다. HRR1min은 비만집단과 운동집단($p < .001$), 일반집단과 운동집단($p < .05$)에서 유의한 차이를 보였다. HRR2min은 비만집단과 운동집단($p < .001$), 일반집단과 운동집단($p < .01$), 비만집단과 일반집단($p < .05$)에서 모두 유의한 차이를 보였다. HRR3min은 비만집단과 운동집단($p < .001$), 일반집단과 운동집단($p < .01$), 비만집단과 일반집단($p < .05$) 모두 유의한 차이를 보였다. 안정시심박수는 비만집단과 운동집단($p < .001$), 일반집단과 운동집단($p < .001$)에서 유의한 차이를 보였다. $\dot{V}O_{2max}$ 는 비만집단과 운동집단($p < .001$), 일반집단과 운동집단($p < .001$), 비만집단과 일반집단($p < .001$)에서 유의한 차이를 보였다. ET는 비만집단과 운동집단

($p < .001$), 일반집단과 운동집단($p < .001$), 비만집단과 일반집단($p < .001$)에서 유의한 차이를 보였다. SBP는 비만집단과 운동집단($p < .05$), 일반집단과 운동집단($p < .001$)에서 유의한 차이를 보였고, DBP는 비만집단과 운동집단($p < .05$), 비만집단과 일반집단($p < .05$)에서 유의한 차이를 보였다. 혈중 TC 농도는 비만집단과 운동집단($p < .05$)에서 유의한 차이를 보였고, TG 농도는 비만집단과 운동집단($p < .001$), 비만집단과 일반집단($p < .01$)에서 유의한 차이를 보였다. HDL-C 농도는 비만집단과 운동집단($p < .001$), 비만집단과 일반집단($p < .001$)에서 유의한 차이를 보였다. LDL-C 농도는 비만집단과 운동집단($p < .001$), 비만집단과 일반집단($p < .05$)에서 유의한 차이를 보였다. Glucose 농도는 일반집단과 운동집단($p < .01$)에서 유의한 차이를 보였다. 인슐린 농도와 HOMA-IR, IL-6, Fibrinogen, CRP는 정상분포를 보이지 않았으므로 자료를 로그(Log-transformed)로 치환하여 보정한 변수를 이용하여 분석하였다. 인슐린 농도는 비만집단과 운동집단($p < .01$), 비만집단과 일반집단

Table 3. Comparison of HRR and cardiovascular disease risk factors among three groups

	OG(a) (n=21)	NG(b) (n=19)	EG(c) (n=20)	F	post-hoc
HRR1min(bpm)	28.3±5.4	34.5±14.5	44.9±8.7	11.68***	c) a,b
HRR2min(bpm)	49.1±6.4	58.4±14.6	71.0±8.3	19.70***	c) b) a
HRR3min(bpm)	56.7±7.0	65.6±12.8	79.4±8.9	23.28***	c) b) a
RHR(bpm)	87.7±10.5	85.7±7.8	66.4±6.4	33.53***	a, b) c
MHR(bpm)	194.0±4.8	195.5±10.0	198.7±7.4	1.65	ns
$\dot{V}O_{2max}$ (ml/kg/min)	33.4±4.3	47.6±4.9	58.6±4.9	123.46***	c) b) a
ET(min)	5.2±.7	7.5±.7	9.6±.9	128.90***	c) b) a
SBP(mmHg)	120.3±15.3	126.0±12.8	100.8±23.7	9.150***	a, b) c
DBP(mmHg)	76.0±13.1	64.6±13.1	65.2±6.5	5.524**	a) b, c
TC(mg/dl)	186.0±25.4	174.5±24.6	167.1±15.0	3.249*	a) c
TG(mg/dl)	91.4±26.9	61.2±23.0	55.7±15.1	13.466***	a) b, c
HDL-C(mg/dl)	49.9±9.4	65.1±10.2	69.9±12.1	17.681***	b, c) a
LDL-C(mg/dl)	121.5±23.8	102.5±25.7	89.0±13.7	9.928***	a) b, c
Glucose(mg/dl)	91.2±6.3	88.0±4.5	94.8±5.3	7.04**	c) b
+Insulin(μ U/ml)	2.40±.52	1.57±.44	1.77±.48	15.10***	a) b, c
+HOMA-IR	.91±.53	.04±.47	.32±.49	14.89***	a) b, c
WBC($10^3/\mu$ l)	7.5±2.1	7.1±1.8	6.2±1.3	2.31	ns
+IL-6(pg/ml)	1.05±.62	.44±.75	.08±.63	9.69***	a) b, c
+Fibrinogen(mg/dl)	5.73±.32	5.45±.16	5.30±.26	12.74***	a) b, c
+CRP(mg/l)	3.88±1.06	1.56±1.75	.02±1.96	25.89***	a) b) c

* $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$

M±SD, +Date are Log-transformed values, HRR1min : Heart rate recovery after exercise at 1min, HRR2min : Heart rate recovery after exercise at 2min, HRR3min : Heart rate recovery after exercise at 3min, RHR : Resting heart rate, MHR : Maximal heart rate, ET : Exercise time

($p<.001$)에서 유의한 차이를 보였고, HOMA-IR는 비만집단과 운동집단($p<.01$), 비만집단과 일반집단($p<.001$)에서 통계적으로 유의한 차이를 보였다. IL-6은 비만집단과 운동집단($p<.001$), 비만집단과 일반집단($p<.05$)에서 유의한 차이를 보였다. Fibrinogen은 비만집단과 운동집단($p<.001$), 비만집단과 일반집단($p<.01$)에서 유의한 차이를 보였다. CRP는 비만집단과 운동집단($p<.001$), 비만집단과 일반집단($p<.001$), 일반집단과 운동집단($p<.001$)에서 유의한 차이를 보였다.

2. HRR과 심혈관계 질환 위험 인자 및 염증지표와의 관련성

아동의 부교감신경계 활성도와 심혈관계 질환 위험 인자 및 염증지표와의 상관분석 결과는 <Table 4>에 제시된 바와 같다. HRR1min은 MHR, $\dot{V}O_2\max$, ET, HDL-C와 유의한 양의 상관을 보였고, RHR, 체중, BF(kg), BF(%), BMI, WC, WHR, TC, TG, LDL-C, Insulin, HOMA-IR, Fibrinogen, CRP와 유의한 음의 상관을 나타냈다. HRR2min은 MHR, $\dot{V}O_2\max$, ET, HDL-C와 유의한 양의 상관을 보였고, RHR, 체중, BF(kg), BF(%), BMI, WC, WHR, SBP, TC, TG, LDL-C, Insulin, HOMA-IR, Fibrinogen, CRP와 유의한 음의 상관을 나타냈다. HRR3min은 MHR, $\dot{V}O_2\max$, ET, HDL-C와 유의한 양의 상관을 보였고, RHR, 체중, BF(kg), BF(%), BMI, WC, WHR, SBP, TC, TG, LDL-C, Insulin, HOMA-IR, WBC, IL-6, Fibrinogen, CRP와 유의한 음의 상관을 나타냈다.

3. 부교감신경계 활성도에 대한 다중 회귀분석

아동을 대상으로 부교감신경계 활성도를 가장 잘 예측할 수 있는 변수를 알아보기 위해 다중 회귀분석을 실시한 결과는 <Table 5>에 제시된 바와 같다.

$\dot{V}O_2\max$, BMI, 체중, WC, TG, HDL-C, Fibrinogen, Insulin, CRP를 투입하여 다단계 회귀분석을 실시한 결과 <Table 5>에서 보는 바와 같이 투입된 변수 중에 $\dot{V}O_2\max$, Fibrinogen, TG가 HRR1min를 예측할 수 있는 변인으로 각각 나타났다. $\dot{V}O_2\max$, RHR, BMI, BF(kg), WC, SBP, TG, HDL-C, Fibrinogen, Insulin, CRP를 투입하여 다단계 회귀분석을 실시한 결과 투입된 변수 중에 $\dot{V}O_2\max$, Fibrinogen이 HRR2min를 예측할 수 있는 변인으로 각각 나타났다. $\dot{V}O_2\max$, RHR, BMI, BF(kg),

Table 4. The relationship between HRR and cardiovascular disease risk factors, inflammatory markers

	HRR1min	HRR2min	HRR3min
RHR(bpm)	-.383**	-.490**	-.530**
MHR(bpm)	.434**	.404**	.429**
$\dot{V}O_2\max$ (ml/kg/min)	.543**	.652**	.687**
ET(min)	.463**	.617**	.658**
Weight(kg)	-.474**	-.543**	-.519**
BF(kg)	-.441**	-.545**	-.539**
BF(%)	-.409**	-.508**	-.513**
BMI	-.478**	-.565**	-.554**
WC(cm)	-.517**	-.616**	-.592**
WHR(%)	-.286*	-.434**	-.411**
DBP(mmHg)	-.091	-.236	-.242
SBP(mmHg)	-.121	-.335*	-.319*
TC(mg/dl)	-.302*	-.316*	-.311*
TG(mg/dl)	-.470**	-.484**	-.455**
HDL-C(mg/dl)	.397**	.449**	.517**
LDL-C(mg/dl)	-.380**	-.414**	-.453**
+Insulin(μ U/ml)	-.357**	-.377**	-.375**
Glucose(mg/dl)	.112	.181	.224
+HOMA-IR	-.337**	-.348*	-.342*
WBC($10^3/\mu$ l)	-.210	-.256	-.279*
+IL-6(pg/ml)	-.237	-.237	-.321*
+Fibrinogen(mg/dl)	-.452**	-.518**	-.552**
+CRP(mg/l)	-.389**	-.431**	-.507**

* $p<.05$, ** $p<.01$

+Date are Log-transformed values

WC, SBP, TG, HDL-C, LDL-C, Fibrinogen, Insulin, CRP, IL-6를 투입하여 다단계 회귀분석을 실시한 결과 투입된 변수 중에 $\dot{V}O_2\max$, Fibrinogen, CRP가 HRR3min를 예측할 수 있는 변인으로 각각 나타났다.

IV. 논의

1. 집단 간 HRR 및 심혈관계 질환 위험 인자, 염증지표의 비교

신체활동이 부족한 비만아동은 활동적인 아동에 비해 자율신경계 활성도의 약화를 보이며, 이러한 자율신경계 기능의 약화는 대사적 질환과 심혈관 질환의 위험성을 증가시켜 비만아동의 건강을 위협한다고 하였다(Nagai et al., 2003).

Table 5. Stepwise multiple regression analysis for HRR

	Variables	B	Std Error	β	R^2	t	p
HRR1min	Constant	85,277	32,683			2,609	.012*
	$\dot{V}O_2\max$	.511	.228	.474	.407	2,245	.030*
	+Fibrinogen	-12,388	5,288	-.319		-2,343	.024*
	TG	-.138	.063	-.315		-2,181	.034*
<i>F</i> =7.897 sig=.000 data included $\dot{V}O_2\max$, BMI, WC, TG, HDL-C, +Fibrinogen, +Insulin, +CRP							
HRR2min	Constant	93,319	32,583			2,864	.006**
	$\dot{V}O_2\max$	.629	.148	.515	.468	4,248	<.001***
	+Fibrinogen	-11,531	5,225	-.267		-2,207	.032*
<i>F</i> =20.708 sig=.000 data included $\dot{V}O_2\max$, RHR, BMI, BF(kg), WC, SBP, TG, HDL-C, +Fibrinogen, +Insulin, +CRP							
HRR3min	Constant	132,408	32,506			4,073	<.001***
	$\dot{V}O_2\max$	.675	.141	.563	.517	4,788	<.001***
	+Fibrinogen	-16,322	5,418	-.389		-3,013	.004**
	+CRP	4,615	2,337	.276		1,974	.049*
<i>F</i> =13.852 sig=.000 data included data included $\dot{V}O_2\max$, RHR, BMI, BF(kg), WC, SBP, TG, HDL-C, LDL-C, +Fibrinogen, +Insulin, +CRP, +IL-6							

일반적으로 HR을 통해 심혈관 자율신경계 반응을 확인할 수 있는데, 이는 운동시 HR의 증가는 심장과 모든 세포에 분비된 혈관 및 교감신경을 활성화 시키는 반면, 부교감신경은 억제되기 때문이다. 따라서 운동후 1, 2분대 HRR의 변화는 심혈관계 질환의 독립적인 위험인자로 보고되고 있다 (Cole et al., 1999 ; Jonathan et al., 2007).

본 연구에서도 비만집단의 HRR 및 심폐능력이 저조함을 확인할 수 있었다. 이러한 결과는 성인을 대상으로 이루어진 Shishehbor(2004)의 연구에서 비만은 자율신경계 활성도를 저하시키는 요인으로 작용하기 때문에 최대 운동후 심박수회복의 지연현상을 보이게 된다고 보고한 연구와 일치한다. 또한 비만을 근간으로 하는 성인 환자에서도 대조군에 비해 느린 심박수회복이 나타난 것으로 보고한 김영일 (2008), 이준혁(2007) 등의 연구와 일치하는 경향을 보였고, Singh 등(2008)의 연구에서 건강한 청소년을 대상으로 1분대 HRR의 변화를 살펴 본 결과 BMI가 높을수록, 심폐능력이 낮을수록 HRR이 지연되었음을 보고한 결과와도 일치하였다.

본 연구에서 운동후 HRR이 비만집단에서 유의하게 낮게 나타난 것은 비만 경향에서 유발된 항상성 기전 이상이 교감신경계의 활성을 낮추어 과도한 에너지 축적을 유발하고, 이로 인한 체중증가를 막기 위해 부교감신경계의 활성화도 또한 감소시키기 때문이다(Pertson et al., 1988). 따라서 체중을 감소시켜 심박수 회복 반응에 긍정적인 영향을 미치도록 하

는 것이 중요하다고 사료된다. 그러나 아직 비만에서 부교감신경계의 활성화도 변화 기전에 대해서는 정확히 밝혀지고 있지 않아 추후 다각적인 연구가 필요할 것으로 사료된다. 반면, 활동적인 사람은 비활동적인 사람들에 비해 자율신경계 활성화도가 향상되어 있는 것으로 알려져 있는데, 부교감신경계 활성화도는 운동을 하지 않은 사람들에게서 낮은 경향을 보이지만 유산소형태의 운동을 하는 사람들에게서는 높게 나타난다고 보고되고 있다(강서정, 2006 ; 김영일 등, 2009 ; 제세영, 2004 ; Nagashima et al., 2010). 본 연구에서도 운동집단이 비만 및 일반집단보다 HRR 및 심폐능력이 높게 나타난 것은 장기간의 규칙적인 운동이 자율신경계 활성화에도 긍정적인 영향을 주었음을 시사해 준다. 그러나 이현정 (2011), 배수진(2004) 등의 연구에서는 신체활동이 자율신경계 개선에는 영향을 미치지 못하였음을 보고하고 있다. 이는 단기간의 신체활동으로는 HRR의 개선을 기대하기 어려움을 시사하는 내용으로, 자율신경계에 미치는 효과는 처치한 운동형태와 기간 그리고 운동후 체중변화에 따라 다른 결과를 가져 올 수 있음을 시사한다. 추후 비만아동을 대상으로 장기간의 운동프로그램을 통한 체중감소와 심폐체력 향상으로 자율신경계 개선효과를 확인하는 실험연구가 필요할 것으로 사료된다.

반면, 비만은 체내 지방조직의 과다현상을 의미하며, 이러한 지방조직에서 분비되는 여러 가지 사이토카인들의 분

비 이상은 심혈관질환의 병리학적 측면에서 중요한 역할을 하는 것으로 보고되고 있다. 특히 아동과 청소년 비만은 인슐린저항성에 의한 제2형 당뇨병, 이상지질 혈증 및 고혈압 등을 일으켜 죽상경화성 심혈관질환 발생 위험을 높이기 때문에 체중 조절이 필요하다(Artz et al., 2005).

본 연구에서는 비만아동의 혈압, 혈중지질, 인슐린저항성과 같은 심혈관계 위험 인자가 유의하게 높게 나타나 비만이 이러한 요인들에 부정적인 영향을 미침을 확인할 수 있었다. 반면, 운동집단에서 혈중지질의 개선 및 인슐린 저항성 수치가 낮은 것은 장기간의 운동에 의한 긍정적인 영향이라 생각된다. 또한 비만집단이 높은 수축기, 이완기 혈압을 가지고 있는 반면, 장기간 운동집단은 수축기, 이완기혈압이 낮은 수치를 나타내고 있어 장기간의 운동에 의해 혈압을 감소시킬 수 있다는 선행연구와 일치하는 경향을 보였다(Farpour-Lambert et al., 2009). 이와 같이 운동에 의한 혈압 감소는 운동선수의 안정시심박수가 낮게 나타난 결과로 미루어볼 때 혈관수축력 억제 및 교감신경 작용을 낮춘 결과라고 생각된다. 또한 이러한 긍정적인 결과는 비만인을 대상으로 규칙적인 운동을 통해 혈압을 감소시켰다는 연구(Hagberg et al., 2000)와 대사증후군이나 심혈관질환이 있는 사람에게서 운동으로 혈압이 감소하였다는 연구(Laaksonen et al., 2003) 결과로 미루어 볼 때 비만아동에게 있어서도 운동을 통한 체중감량은 혈압에 긍정적인 영향을 미칠 것으로 생각되어진다.

본 연구결과에서 비만집단이 높은 콜레스테롤과 중성지방, LDL-C, 낮은 HDL-C의 수치를 보인 것은 비만이 혈중지질 성분에 부정적인 영향을 미침을 의미한다. 반면 운동집단에서 지질 성분의 낮은 값을 나타낸 것은 운동이 심혈관계의 기능적 능력을 증가시켜 동맥경화 진행 억제, 동맥 탄력도 증가, 말초혈관 저항 등을 감소시킨다는 박명 등(2007)의 연구와 ACSM(2006)의 운동이 당뇨병, 고지혈증과 관련된 당대사와 지질 대사를 활성화시켜 당내인성 증가 및 혈중지질 성분의 긍정적인 변화를 가져온다는 결과와 일치한다. 또한 비만집단이 인슐린 농도와 인슐린 저항성 지표인 HOMA-IR가 높게 나타나, 청소년기의 비만이 인슐린저항성에 의해 제 2형 당뇨병 및 심혈관질환 발생 위험을 높인다는 연구와 일치하며(성은주와 신태수, 2003), 이는 체중 감소를 통해 인슐린 반응성 조직에 포도당 수송을 요구하는 인슐린 작용을 높이도록 하는 것이 중요하다고 생각된다.

본 연구에서 공복시 혈당은 운동집단이 일반집단보다 유의하게 높게 나타나았는데, 이는 채혈 당시 운동집단은 합

숙훈련을 하는 시기로 그 당시 환경적인 변인에 영향을 받아 검사 당시 혈당에 영향을 미친 것으로 사료된다. 그럼에도 불구하고 본 연구에서는 선행연구에서 보고된 것처럼 장기간의 운동은 혈중 고밀도지단백을 증가시키고 이로 인한 인슐린민감도의 향상 및 인슐린저항성의 감소를 초래한 결과와 동일하게 운동집단에서 유의한 고밀도지단백이 높은 것으로 나타났으며, 이러한 결과는 운동이 인슐린저항성감소의 원인으로 작용한 것으로 생각되어진다.

한편, 최근에는 심혈관계 질환의 또 다른 예측인자로 알려진 혈관염증지표인 IL-6, CRP, WBC, Fibrinogen 등이 관상동맥질환과 유의한 상관성이 있는 것으로 보고되고 있다(한국의학연구소, 2002 ; Ridker, 2003). 염증지표들은 지방조직에서 발견되며 비만과 관련성이 있고 규칙적인 신체활동이나 운동은 항염증 효과로 인해 혈관내 염증발현을 억제시키는 역할을 하여 심혈관질환 위험을 감소시킨다(Zhijie et al., 2009). 본 연구에서는 비만이 아동의 혈관염증지표에 부정적인 영향을 미침을 확인할 수 있었다. 이러한 결과는 비만이 관상동맥질환의 강력한 예측인자로 사용되는 혈액 내 급성염증반응물질인 Fibrinogen, CRP의 혈중수치에 부정적인 영향을 미치는 것으로 보여진다. 반면, 운동집단에서 염증지표(IL-6, Fibrinogen, CRP)가 낮게 나타난 것은 신체활동이 혈관염증인자에 긍정적인 요인으로 작용한 것이라 생각된다. 이는 신체활동 수준이 높을수록 염증지표가 감소한다는(Abramson et al., 2002) 연구와 규칙적인 운동 참여는 항염증 효과가 나타나 CRP를 감소시킨다고 보고한(Wannamethee et al., 2002) 연구와도 일치하는 경향을 보였다. 본 연구를 통해 아동에게 있어서 비만 및 신체활동은 혈관염증지표에 영향을 줄 수 있었으며, 염증반응이 심혈관 질환에 간접적인 영향을 미치는 가능성을 고려할 때 아동을 대상으로 심혈관 질환의 위험요인인 혈관염증지표에 대한 심도 있는 연구가 체계적으로 이루어져야 할 것으로 생각된다.

2. HRR과 심혈관계 질환 위험 인자 및 염증지표와의 관련성

높은 HRR은 운동종료 후 심박수가 안정시 수준으로 짧은 시간 동안에 회복되는 것을 의미하며, 미주신경의 재활성도를 나타낸다. HRR은 운동에 의해 향상된다는 의견이 지배적이다(강서정, 2006 ; Pardo et al., 2010). HRR의 향상이 일어나는 메커니즘에 대하여 Toska 등(1994)은 신체활동의 결과로 미주신경의 중재에 의한 중앙 메커니즘이 운동신경 피질로

부터 부교감신경 까지 금지 명령을 내렸기 때문일 것이라 보고하고 있다. HRR은 체력을 대변해 주는 지표로도 제시되기 때문에 본 연구결과에서 1, 2, 3분대 HRR은 RHR, MHR, $\dot{V}O_2\max$, ET와는 상관관계를 나타냈다. 또한 HRR을 가장 잘 예측할 수 있는 관련 변수들을 투입하여 다단계 회귀분석을 실시한 결과 $\dot{V}O_2\max$ 가 각 1, 2, 3분대의 HRR를 예측할 수 있는 변인으로 나타났다. 이러한 결과는 장기간의 운동을 실시한 아동의 HRR이 일반 및 비만 아동보다 높았으며, $\dot{V}O_2\max$ 역시 운동집단이 유의하게 높은 값을 나타내고, 비만집단에서 낮게 나타난 결과로 미루어 볼 때, 장기간의 운동을 통한 심폐체력 향상은 미주신경의 중재를 통해 HRR을 향상시킬 수 있다고 생각된다.

운동후 HRR의 변화는 부교감신경계의 활성화도가 중요한 역할을 하기 때문에, 본 연구에서 HRR과 심폐체력의 관련성을 확인한 것은 신체활동을 통한 심폐능력 향상이 부교감신경계 활성도를 개선시킬 수 있음을 시사하는 것이다. 또한 최근 자율신경장애의 지표로 HRR에 대한 연구가 진행되면서 HRR과 심혈관계 위험 인자와의 상관성에 대한 연구가 이루어지고 있다. Panzer 등(2002)의 최근 연구에서 운동후 HRR은 혈당이나 인슐린저항성과 심혈관계 위험인자와 관련 있다고 제시하였고, Lind 등(2003)은 고령 남자를 대상으로 HRR과 심박변이도 인슐린저항성과 유의한 상관관계를 보고 하였고, HDL-C, WHR와 음의 상관성을 보인다고 하였다.

본 연구결과에서도 1, 2, 3분대 HRR과 심혈관계 위험인자 및 인슐린, HOMA-IR과 상관성을 나타냈다. 또한 TG가 1분대의 HRR를 예측할 수 있는 변인으로 나타났다. 이러한 연구결과는 제세영(2003)의 중년성인을 대상으로 실시한 연구에서 1분대 HRR은 심혈관 위험인자(혈압, TG, LDL-C, HDL-C)과 상관성을 보인다는 연구와 김형돈(2005)의 중년남성을 대상으로 HRR과 심혈관계 위험 요소 관련을 확인한 연구, 이현정(2011)의 비만청소년과 정상청소년을 대상으로 HRR과 심혈관계 위험 인자와 상관성을 확인한 연구와 일치하는 경향을 보인다. 본 연구에서 HRR은 심혈관계 질환의 위험성과 관련이 있음을 확인할 수 있었고, 특히 비만아동의 경우 회복시심박 반응이 낮은 경우가 많았기 때문에 비만으로 인한 높은 심혈관계 질환 위험 인자는 부교감신경계 활성화도와 깊은 관련성이 있음을 시사해 준다. 하지만 본 연구에서 혈당과는 상관관계를 나타내지 않았다. 이는 기존의 제세영(2003), Seshadri 등(2003)이 운동 후 비정상적인 HRR와 혈당 및 당뇨와의 관련성을 제시한 연구와는 일치하지 않았다. 따라서 정확한 연구를 위하여 더 많은 피검자를 확

보하여 이에 대한 후속 연구가 세부적으로 이루어져야 할 것으로 생각된다.

한편, 혈관염증지표(IL-6, CRP, WBC, Fibrinogen)들은 심혈관질환의 위험을 예측하는 중요한 지표가 된다(한국의학연구소, 2002; Ridker, 2003). 본 연구에서도 1, 2분대 HRR은 Fibrinogen, CRP와 상관성을 나타냈고, 3분대 HRR은 Fibrinogen, CRP, WBC, IL-6와 상관성을 보였다. 또한 Fibrinogen이 각 1, 2, 3분대의 운동후 HRR을 예측할 수 있는 변인으로 나타났고, IL-6는 3분대 HRR를 예측할 수 있는 변인으로 나타났다. 특히 Fibrinogen은 1, 2, 3분대 회복시심박수의 높은 상관성을 보이며 영향을 미칠 수 있는 여러 변인들을 보정한 후에도 상관성이 나타나 HRR와 Fibrinogen과의 직접적인 관계가 있을 것이라 사료된다.

본 연구는 이준혁(2007)의 연구에서 중년 성인을 대상으로 이루어진 1분대 HRR와 Fibrinogen은 유의한 음의 상관성을 나타냈다는 연구와 일치하였고, 제세영(2003)의 연구에서 HRR은 염증지표인 백혈구, Fibrinogen의 유의한 관련성을 보고한 연구와도 일치하는 경향을 보였다. 선행연구에서 자율신경장애는 고지혈증, 고혈압, 당뇨, 비만과 대사증후군 등과 관련이 있다고 제시하였고(Vega et al., 2001; Michele et al., 2001), CRP의 경우 BMI, 인슐린 저항성, 비만과 관련이 있기 때문에 본 연구에서 저조한 HRR과 CRP의 상관성은 비만으로 인한 영향으로 사료된다. 이러한 결과는 비만이 심혈관 질환의 위험요인인 염증지표에 부정적인영향을 줄 뿐만 아니라 비만아동이 일반 및 장기간의 운동집단보다 느린 심박수 회복반응을 보인 것으로서 기인한 것으로 사료된다. 부교감신경계 활성화도와 염증지표와의 관계 측면에서 살펴보면, Hong 등(2003)은 미주신경계를 활성화하면 염증반응을 빠르게 줄일 수 있다는 연구 결과를 발표하였다. 또한 Borovikova 등(2000)은 쥐를 대상으로 미주신경을 촉진한 결과 대식세포에서 유리되는 IL-1B, IL-6, TNF-a 등의 분비가 감소하는 현상을 확인하여 부교감신경계 활성화도의 중요성을 강조하였다. 이는 염증을 감소시키는데 부교감신경계 활성화도를 강화하는 치료 전략을 세울 수 있는 가능성을 제시하고 있다. 이러한 선행연구는 미주신경을 활성화시키면 염증반응을 줄일 수 있으며 신체활동을 통하여 회복시심박수가 향상될 수 있음을 시사해 준다.

이상의 논의 과정을 종합해 보면, 아동의 경우 비만집단에서 HRR와 혈관염증지표간의 상관관계는 중요한 의미를 지닌다. 본 연구의 결과에서 확인할 수 있듯이 HRR은 운동부하 검사시 간단한 방법으로 아동의 자율신경장애를 평가

할 수 있는 지표로 활용할 수 있으며, 부교감신경 활성도의 장애를 조기에 발견하여 심혈관계 질환의 위험도를 파악하는데 도움이 될 수 있을 것이다.

V. 결론

본 연구는 초등학교 4-6학년 학생을 대상으로 비만집단(n=21), 일반집단(n=19) 그리고 주 4회, 2년 이상 운동에 참여하고 있는 운동집단(n=20)의 부교감신경계 활성도 및 심혈관계 질환 위험 인자, 염증지표와 비만이 어떠한 관련이 있는지 확인하고, 부교감신경계 활성 지표인 HRR이 아동의 심혈관계 질환 위험 인자 및 염증지표와 어떠한 관련성이 있는지 확인하고자 일원분산분석과 상관분석, 회귀분석을 실시하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 부교감신경계 활성도 비교에서 HRR1min은 비만, 일반 및 운동집단이 유의한 차이를 나타냈고, HRR2min, HRR3min은 비만집단이 일반 및 운동집단보다 유의한 차이를 나타냈다. RHR, $\dot{V}O_2\max$, ET는 비만 및 일반집단이 운동집단보다 유의한 차이를 나타냈고, $\dot{V}O_2\max$, ET는 비만 및 일반집단에서 유의한 차이를 나타냈다. SBP는 비만 및 일반집단이 운동집단보다 유의한 차이를 나타냈고, DBP는 비만집단이 운동 및 일반집단보다 유의한 차이를 나타냈다. 또한 TC, TG, HDL-C, LDL-C는 비만집단이 일반 및 운동집단보다 유의한 차이를 나타냈고, Insulin, HOMA-IR는 비만집단이 운동 및 일반집단보다 유의한 차이가 나타났다. 염증지표 비교에서 IL-6, Fibrinogen, CRP 농도는 비만집단이 운동 및 일반집단과 유의한 차이를 나타냈다.

둘째, 부교감신경 활성도는 심혈관계 질환 위험 인자 및 염증지표와 유의한 상관관계를 나타냈다. 또한 다중회귀분석에서 $\dot{V}O_2\max$, Fibrinogen, TG가 HRR1min를 예측할 수 있는 변인으로 나타났고, $\dot{V}O_2\max$, Fibrinogen이 HRR2min를 예측할 수 있는 변인으로 나타났다. 또한 $\dot{V}O_2\max$, Fibrinogen, IL-6은 HRR3min를 예측할 수 있는 변인으로 나타났다.

이상의 내용을 종합해보면 비만집단은 부교감신경계 활성도가 저조하고 심폐체력이 낮게 나타났으며, 심혈관계 질환 위험인자 및 염증지표가 높게 나타난 것으로 보아 아동에게 있어서 비만이 이러한 요인들에 부정적인 영향을 미친

것으로 판단된다. 또한 본 연구를 통하여 부교감신경계 활성도와 심혈관계 질환 위험 인자 및 염증지표와의 상호관련성이 나타난 것은 부교감신경 활성지표인 HRR이 아동의 심장질환에 대한 위험도를 조기에 발견하기 위한 지표로 활용될 수 있음을 확인 할 수 있었다.

참고문헌

- 강서정(2006). 장기간의 유산소운동이 중년여성의 심박변이도와 염증지표에 미치는 영향. 박사학위논문, 서울대학교대학원 .
- 강설중, 정성립(2009). 여고생의 운동부하검사시 심폐기능과 심박수 회복에 대한 비만의 영향. 한국사회체육학회지, 38 : 781-786.
- 김병로, 강설중, 이동규(2010). 최대 운동 후 비만 청소년의 심폐기능과 심박수 회복 반응. 운동과학, 19(1) : 91-98.
- 김영일(2008). 대사증후군환자에서 저조한 회복기 심박수와 혈청지질 및 운동능력간의 상관관계. 운동과학, 17(3) : 289-299.
- 김형돈, 김덕중(2005). 최대하 운동부하 검사시 심박수 회복 반응과 심혈관계질환(CVD) 위험 요소와의 관계. 한국체육학회지, 44(4) : 299-307.
- 박명, 김병로, 강설중, 이동규(2007). 규칙적인 운동이 성인 남성의 건강관련 체력 심혈관계 질환 위험인자 및 혈관 염증인자에 미치는 효과. 운동학술지, 9(1) : 69-76.
- 배수진(2004). 태권도 수련이 성장기 초등학생의 삼장자율신경계 Balance에 미치는 영향. 박사학위논문, 전북대학교대학원.
- 성은주, 선택수(2003). 한국 청소년비만이 심혈관질환 위험인자에 미치는 영향. 가정의학회지, 24(11) : 1017-1025.
- 이준혁(2007). 중년 비만여성의 혈관염증인자와 최대운동후 심박수 회복반응. 석사학위논문, 창원대학교대학원.
- 이현정(2011). 비만 청소년의 신체활동이 자율신경계 활성도에 미치는 영향. 석사학위논문, 서울시립대학교육대학원.
- 장진하, 김덕희, 김호성, 최인경, 정미영, 김동기(2004). 소아 비만증에서 대사증후군의 유병률. Korean Journal of Pediatrics, 47(11) : 1149-1156.

- 제세영(2003). 부교감 신경계 활성도의 지표로서 운동 후 회복시심박수의 변화와 염증지표와의 관련성. 박사학위논문, 성균관대학교대학원.
- 제세영(2004). 심장재활운동이 관상동맥 질환자의 운동 후 심박수 회복에 미치는 영향. 한국체육학회지, 43(3) : 735-741.
- 질병관리본부(2010). 한국 소아, 청소년 비만과 대사증후군. J. Korean Med. Assoc., 53(2) : 142-152.
- 한국의학연구소(2002). 한국 성인 남성에서 CRP와 비만의 관련성. 대한비만학회지, 11(3) : 303.
- 황정숙, 이승훈, 박혜순(2003). 한국 성인 남성에서 CRP와 비만의 관련성. 가정의학회지, 24 : 58-63.
- Abramson, J. L., & Vaccrino, V. (2002). Relationship between physical activity and inflammation among apparently healthy middle-aged and older US adults. Arch. Inter. Med., 162 : 1286-1292.
- ACSM (2006). Guideline for exercise testing and prescription. Baltimore : William & Wilkins.
- Artz, E., Haqq, A., & Freemerk, M. (2005). Hormonal and metabolic consequences of childhood obesity. Endocrinol. Metab. Clin. North Am., 34 : 643-658.
- Bastard, J. P., Jardel, C., Bruckert, E., Blondy, P., Capeau, J., Laville, M., Vidal, H., & Hainque, B. (2000). Elevated levels of interleukin 6 are reduced in serum and subcutaneous adipose tissue of obese women after weight loss. Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism, 85 : 3338-3342.
- Borovikova, L. V., Ivanova, S., & Zhang, M. (2000). Vagus nerve stimulation attenuates the systemic inflammatory response to endotoxin. Nature, 405 : 458-462.
- Buchheit, M., Simon, C., Viola, A. U., Dotreleau, S., Piquard, F., & Brandenberger, G. (2004). Heart rate variability in sportive elderly : relationship with daily physical activity. Medical and Science in Sports and Exercise, 36(4) : 601-605.
- Cole, C. R., Blackston, E. H., Pashkow, F. J., Snader, C. E., & Lauer, M. S. (1999). Heart rate recovery immediately after exercise as a predictor of mortality. N. Eng. J. Med., 34 : 1351-1357.
- Curtis, B. M., & O'Keefe, J. H. (2002). Autonomic tone as a cardiovascular risk factors : the dangers of chronic fight, Mayo Clin. Proc., 77 : 44-54.
- El-Gendi, S. S. Bakeet, M.Y., El-Hamed, E. A., Ibrahim, F. K., & Ahmed, R. (2008). The value of lipoprotein (a), homocysteine, and Doppler of carotid and femoral arteries in assessment of atherosclerosis in asymptomatic cardiovascular risk patients. J. Cardiol., 5 : 200-211.
- Farpour-Lambert, N. J., Aggoun, Y., Marchand, L. M., Martin, X. E., Hermann, F. R., & Beghetti, M. (2009). Physical activity reduces systemic blood pressure and improves early markers of atherosclerosis in pre-pubertal obese children. Journal of the American College of Cardiology, 54(25) : 2396-2406.
- Froelicher, V. F., Fearon, W., Ferguson, E., Morise, A. P., Heidenreich, P., Wost, J., & Atwood, J. E. (1999). Lessons learned from studies of the standard exercise test, Chest, 116 : 1442-1445.
- Gerritsen, J., Heine, R. J., & Dekker, J. M. (2001). Impaired autonomic function is associated with increased mortality, especially in subjects with diabetes, hypertension, or a history of cardiovascular disease, the hoon study. Diabetes Care, 24 : 1793-1798.
- Goldsmith, R. L., Bloomfeld, D. M., & Rosenwinkel, E. T. (2000). Exercise and autonomic function. Coronary Artery Disease, 11 : 129-135.
- Hagberg, J. M., Park, J. J., & Brown, M. D. (2000). The role of exercise training in the treatment of hypertension : an update. Sports Med., 30(3) : 193-206.
- Hong, W., Man, Y., & Tracey, K. J. (2003). Nicotinic acetylcholine receptor a7 subunit is an essential regulator of inflammation. Nature, 421 : 384-387.
- Jae, S. Y., Heffernan, K. S., Lee, M. K., Fernhall, B., & Park, W. H. (2008). Relation of cardiorespiratory fitness to inflammatory markers, fibrinolytic factors, and lipoprotein(a) in patients with type 2 diabetes mellitus. Am. J. Cardiol., 102 : 700-703.
- Myers, J., Tan, S. Y., Abella, J., Aleti, V., & Froelicher, V. F. (2007). Comparison of the chronotropic response to exercise and heart rate recovery in predicting cardiovascular mortality. European Journal of Cardiovascular Prevention and Rehabilitation, 14(2) : 215-221.

- Karason, K., Mølgaard, H., Wikstrand, J., & Sjöström, L. (1999). Heart rate variability in obesity and the effect of weight loss, *American Journal of Cardiology*, 83(8) : 1242-1247.
- Kato, M., Dote, K., Sasaki, S., Ueda, K., Kono, Y., Naganuma, T., Watanabe, K., Kajikawa, M., Yokoyama, H., & Higashi, A. (2009). Clinical impact of dyslipidemia for coronary plaque vulnerability in acute coronary syndrome without metabolic syndrome. *J. Cardiol.*, 54 : 394-401.
- Laaksonen, D. E., Lakka, H. M., Salonen, J. T., Niskanen, L. K., Rauramaa, R., & Lakka, T. A. (2002). Low levels of leisure-time physical activity and cardiorespiratory fitness predict development of the metabolic syndrome. *Diabetes Care*, 25(9) : 1612-1618.
- Laederach-Hofmann, K., Mussgay, L., & Ruddle, H. (2000). Autonomic cardiovascular regulation in obesity. *J. Endocrinol.*, 164(1) : 59-66.
- Lahiri, M. K., Kannankeril, P. J., & Goldberger, J. J. (2008). Assessment of autonomic function in cardiovascular disease : physiological basis and prognostic implications. *J. Am. Coll. Cardiol.*, 51(18) : 1725-1733.
- Libby P. (2002a). Atherosclerosis : the new view, *Scientific American*, 286(5) : 47-55.
- Libby P. (2002b). Inflammation in atherosclerosis. *Nature*, 420 : 868-874.
- Lin, L. Y., Lin, J. L., Kuo, H. K., Tseng, C. D., Lai, L. P., & Hwang, J. J. (2008). Inverse correlation between heart rate recovery and metabolic risk in healthy children and adolescents. *Diabetes Care*, 31(5) : 1015-1020.
- Lind, L. (2003). Circulating markers of inflammation and atherosclerosis. *Atherosclerosis*, 169(2) : 203-214.
- 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 : 412-419.
- Michele, E., Amalia, G., Elza, M., & Alberto, M. (2001). Hyperinsulinemia and autonomic dysfunction in obesity. *Circulation*, 103 : 513-519.
- 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.
- Nagashima, J., Musha, H., Takada, H., Takagi, K., Mita, T., Mochida, T., Yoshihisa, T., Imagawa, Y., Matsumoto, N., Ishige, N., Fujimaki, R., Nakajima, H., & Murayama, M. (2010). Three-month exercise and weight loss program improve heart rate recovery in obese persons along with cardiopulmonary function. *J. Cardiol.*, 56(1) : 79-84.
- Narkiewicz, K. (2006). Diagnosis and management of hypertension in obesity. *Obes. Rev.*, 7(2) : 155-162.
- Panzer, C., Lauer, M. S., Brieke, A., & Blackstone. (2002). Association of fasting plasma glucose with heart rate recovery in healthy adults : a population-based study. *Diabetes*, 51 : 803-807.
- Pardo, D. M., Silva, A.G., Trombetta, I. C., Ribeiro, M. M., Guazzelli, I. C., Matos, L. N., Santos, M. S., Nicolau, C. M., Negrao, C. E., & Villares, S. M. (2010). Exercise training associated with diet improves heart rate recovery and cardiac autonomic nervous system activity in obese children. *Int. J. Sports Med.*, 31(12) : 860-865.
- Pertson, H. R., Rothschild, M., Weingberg, C. R., Fell, R. D., Mcleish, K. R., & Pfeifer, M. A. (1988). Body fat and the activity of the autonomic nervous system. *N. Engl. J. Med.*, 318 : 1077-1083.
- Ridker, P. M. (2003). Clinical application of C-reactive protein for cardiovascular disease detection and prevention. *Circulation*, 107 : 363-369.
- Shishehbor, M. H., Hoogwerf, B. J., & Lauer, M. S. (2004). Association of triglyceride-to-HDL cholesterol ratio with heart rate recovery. *Diabetes Care*, 27 : 936-941.
- Singh, T. P., Rhodes, J., & Gauvreau, K. (2008). Determinants of heart rate recovery following exercise in children. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 40(4) : 601-605.
- Toska, K., Eriksen, M., & Walloe, L. (1994). Short-term cardiovascular responses to a step decrease in peripheral conductance in humans. *American Journal of Physiology*, 266 : H199-211.
- Tracey, K. J. (2007). Physiology and immunology of the

- cholinergic anti-inflammatory pathway. American Society for Clinical Investigation, 117 : 289-296.
- Vanderlei, I. C., Pastre, C. M., Freitas junior, I. F., & Gody, M. F. (2010). Analysis of cardiac autonomic modulation in obese and eutrophic children. *Clinics*, 65(8) : 789-792.
- Vega, G. L. (2001). Obesity, metabolic syndrome, and cardiovascular disease. *Am. Heart J.*, 42 : 1108-1116.
- Vgontzas, A. N., Bixler, E. O., Papanicolaou, D. A., & Chrousos, G. P. (2000). Chronic systemic inflammation in overweight and obese adults. *JAMA*, 283(17) : 2235-2236
- Wannamethee, S. G., Lowe, G. D. O., Whincup, P. H., Rumley, A. Walker., & Lennon, L. (2002). Physical activity and hemostatic and inflammatory variables in elderly men. *Circulation*, 105 : 1785-1790.
- Wu, J. S., Lu, F. H., Yang, Y. C., Lin, T. S., Huang, Y. H., Wu, C. H., Chen, J. J., & Chang, C. J. (2008). Epidemiological evidence of altered cardiac autonomic function in overweight but not underweight subjects. *Int J. Obes(Lond)*, 2(5) : 788-794.
- Zhijie, Y., Xingwang. Y., Jing. W., Qibin, Q., Oscar H. F., Kirsten, L. R, An, P., Huaixing, L., Yong, L., Frank, B. H., & Xu, L. (2009). Associations of physical activity with inflammatory factors, adipocytokines, and metabolic syndrome in middle-aged and older Chinese people. *Circulation*, 119 : 2969-2977.

K C I

논문투고일 : 2012. 11. 30
 심사일 : 2013. 01. 20
 심사완료일 : 2013. 02. 12