

# 남자 고등학생들의 심폐체력 수준과 비만지표, 대사증후군 위험인자와 Homeostasis Model Assessment-Insulin Resistance 및 High Sensitivity C-Reactive Protein의 상관성에 관한 연구

김수연<sup>1</sup>, 김은성<sup>2</sup>, 조정호<sup>1</sup>

<sup>1</sup>숙명여자대학교 일반대학원 체육학과 스포츠의학실, <sup>2</sup>연세대학교 교육과학대학 스포츠레저학과

## The Correlations between Cardiorespiratory Fitness Levels and Body Mass Index, Metabolic Syndrome Risk Factors, Homeostasis Model Assessment-Insulin Resistance and High Sensitivity C-Reactive Protein in Male High School Students

Soo-Youn Kim<sup>1</sup>, Eun-Sung Kim<sup>2</sup>, Jung-Ho Cho<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Division of Arts & Physical Education, Department of Sports Medicine, Sookmyung Women's University,

<sup>2</sup>Department of Sports and Leisure Studies, Yonsei University College of Sciences in Education, Seoul, Korea

**Background:** The purpose of this study was to analyze the relationships between cardiorespiratory fitness and body mass index (BMI), metabolic syndrome risk factors, homeostasis model assessment-insulin resistance (HOMA-IR), and high sensitivity C-reactive protein (hsCRP) in male high school students in Korea. Furthermore, the effects of the cardiorespiratory fitness levels on these four factors were examined.

**Methods:** The level of cardiorespiratory fitness, BMI, percent body fat, waist circumference (WC), systolic blood pressure, glucose, triglycerides (TG), high-density lipoprotein-cholesterol (HDL-C), HOMA-IR, and hsCRP of 227 male high school students were measured. Analyses of multiple correlation and simple regression were applied.

**Results:** The results showed that the level of cardiorespiratory fitness correlated negatively with BMI, percent body fat, WC, TG, and HDL-C, in addition to HOMA-IR and hsCRP, and strongly influenced BMI, percent body fat, WC, TG, HDL-C, HOMA-IR, and hsCRP. Comparative analysis of our subjects showed that higher cardiorespiratory fitness levels had positive effects on BMI, metabolic syndrome risk factors, HOMA-IR, and hsCRP.

**Conclusions:** This study found that there are close correlations between cardiorespiratory fitness and BMI, metabolic syndrome risk factors, HOMA-IR, and hsCRP. It also showed that, compared to lower levels of cardiorespiratory fitness, higher levels had beneficial effects on BMI, metabolic syndrome risk factors, diabetes, and cardiovascular disease risk factors.

**Korean J Health Promot 2011;11(4):227-233**

**Keywords:** Body mass index, Cardiovascular disease, Insulin, Physical fitness, Adolescents

## 서론

유전적인 요인과 더불어 규칙적인 신체활동과 같은 생활습관에 의해 결정되는 심폐체력은 신체구성, 근력 및 유연성과 더불어 건강관련체력의 평가 항목으로서 신체활동의 지속적 수행능력에 대한 생리학적 지표로 활용된다. 뿐

■ Received : March 11, 2011      ■ Accepted : December 2, 2011

■ Corresponding author : Jung-Ho Cho, PhD

Division of Arts & Physical Education, Department of Sports Medicine, Sookmyung Women's University, 100 Cheongpa-ro 47-gil, Yongsan-gu, Seoul 140-742, Korea

Tel: +82-2-710-9442, Fax: +82-2-710-9444

E-mail: jhcho@sm.ac.kr

만 아니라, 최근 심폐체력의 수준은 기초대사량과 제지방을 감소시키는 반면, 중성지방과 체지방의 증가를 촉진시키고, 나아가 비만과 더불어 대사성증후군, 만성질환의 발병률을 가중시키는 요인으로 작용한다는 연구결과들이 제시되고 있어,<sup>1)</sup> 심폐체력과 대사증후군, 만성질환과의 관계성에 관한 연구들이 다양한 측면에서 시도되고 있다.

실제로 심폐체력과 대사성증후군에 관한 선행연구들을 살펴보면, 심폐체력의 저하는 비만,<sup>2)</sup> 인슐린 저항성,<sup>3)</sup> 고지혈증,<sup>2)</sup> 고혈압<sup>4)</sup> 등을 동반하는 대사성증후군은 물론 심혈관질환의 유병률과 이에 따른 사망률을 증가시키는 요인으로 작용하는 반면,<sup>5)</sup> 높은 심폐체력이 다양한 질병에 의한 조기사망을 예방하고,<sup>6)</sup> 심혈관계 질환, 제2형 당뇨병, 대사증후군의 위험을 감소시킬 뿐만 아니라 대사증후군을 가지고 있는 사람에게서 발전될 수 있는 심혈관 질환을 감소시키는 효과들이 보고되고 있어 심폐체력의 수준은 남, 여 모두에게 있어 대사증후군의 강한 예측인자로 활용된다.<sup>1,7)</sup>

더욱이 Kumagai 등<sup>8)</sup>의 연구에서 낮은 심폐체력은 복부비만과의 부적 상관관계가 유의하게 나타난다고 보고하였다. 또한 높은 심혈관위험인자를 가진 집단과 낮은 심혈관위험인자를 가진 집단을 대상으로 수행한 Wong 등<sup>9)</sup>의 연구에서도, 체질량지수의 수준에 상관없이 심폐체력이 우수한 남성이 저조한 남성에 비해 총복부내 체지방, 복부내 장지방 그리고 복부피하지방이 유의하게 적은 것으로 나타나 심폐체력의 수준은 비만이나 비만에 의해 야기되는 대사성증후군이나 당뇨병, 심혈관계 질환에 직접적인 영향을 미칠 뿐만 아니라, 비만의 여부와 상관없이 대사성증후군이나 만성질환을 감소하는 유용한 효과가 있는 것으로 생각한다.

특히 청소년기는 유아기와 성인기 사이의 중요한 발육 발달기로서 신생아기 및 유아기 다음으로 체력의 여러 요소가 최대 수준에 도달하는 중요한 시기임에 반하여, 국내의 청소년들은 대학입시로 인한 학업 스트레스와 신체활동 부족으로 인해 신체적 건강과 체력의 수준이 저하되고 있는 실정이며, 7차 교육과정 개편으로 인해 신체활동 참여 기회의 감소와 신체활동의 중요성을 반감시켜 자칫 청소년기의 체력 수준 저하와 청소년 비만을 증가시킬 가능성을 초래하고 있다.<sup>10)</sup> 이러한 관점에서 2000년도와 2005년도의 청소년 체력 수준변화를 연구한 보고에서도 2000년도에 비해 2005년도에 심폐체력을 포함한 체력적 수준이 현저히 감소하는 것으로 나타났으며,<sup>11)</sup> 2004년도 국민체력실태조사에서도 한국의 청소년들이 중국과 일본의 청소년에 비해 상대적으로 체력이 떨어지는 것으로 조사되었다.<sup>12)</sup> 더욱이 2007년 질병관리본부의 발표에 따르면, 소아 및 청소년의 비만율이 6.8% 수준인 1998년에 비해

2005년에는 12.0%로 두 배 가까이 증가하고 있으며, 여자에 비해 남자가 35% 이상 높은 것으로 나타나고 있다.<sup>13)</sup> 뿐만 아니라, 소아나 청소년기의 비만은 장기적으로 성인비만으로 이어지고<sup>14)</sup> 청소년기에도 당뇨병, 고지혈증, 지방간, 심혈관질환 등 각종 대사성 질환들과 높은 연관성이 있다는 점을 고려해 볼 때,<sup>15)</sup> 청소년들의 심폐체력과 대사증후군 및 만성질환과의 연관성에 대한 연구가 조속히 필요한 시점이라 생각한다.

그러나 심폐체력과 비만, 또는 대사증후군과의 상관성을 살펴본 국내의 연구는 초등학교, 대학생,<sup>16)</sup> 그리고 중년층을 대상으로 검증한 연구가 수행되어 왔으나, 고등학생을 대상으로 수행된 연구는 미비한 실정이다.

따라서 본 연구는 남자고등학생들을 대상으로 심폐체력과 body mass index (BMI), 체지방률 그리고 waist circumference (WC), 혈압, 혈당, 중성지방, high-density lipoprotein-cholesterol (HDL-C)과 같은 대사증후군 위험인자와 당뇨병과 심혈관계 질환의 예측인자인 homeostasis model assessment-insulin resistance (HOMA-IR), high sensitivity C-reactive protein (hsCRP)과의 상관관계를 살펴보고, 나아가 심폐체력 수준이 이들 변인에 미치는 영향을 검증하고자 한다.

## 방 법

### 1. 연구 대상

본 연구는 의학적 소견이 없고 최근 6개월 동안 약물을 복용하지 않은 신체적으로 건강한 경기도 D 남자고등학교에 건강교실의 일환으로 재학 중인 학생 227명을 대상으로 하였다. 실험 전 모든 피험자들에게 실험의 내용과 목적을 충분히 설명 후 동의서를 얻었으며 본 실험에 참여토록 하였다. 피험자의 신체적 특성은 표 1과 같다.

### 2. 분석항목 및 방법

#### 1) 대사증후군 위험인자 및 기준

대사증후군 위험인자 및 기준으로 복부비만은 허리둘레가 남자의 경우 90 cm 이상, 여자의 경우 80 cm 이상이며,

**Table 1.** Physical characteristics of study participants (n=227)

Items	Mean±SD
Height, cm	172.14±5.58
Weight, kg	66.33±12.00
BMI, kg/m <sup>2</sup>	22.36±3.80
Percent body fat, %	22.36±3.80

Abbreviation: BMI, body mass index.

고혈압은 수축기혈압이 130 mmHg 이상 또는 이완기 혈압이 80 mmHg 이상일 때이다. 내당능 장애는 공복 시 혈당이 110 mg/dL 이상일 때이며, 고지혈증은 중성지방이 150 mg/dL 이상일 때이다. 낮은 HDL-C 수준은 고밀도 지단백이 남자의 경우 40 mg/dL 미만, 여자의 경우 50 mg/dL 미만일 때이다.<sup>17)</sup>

## 2) 신체구성 및 혈압측정

신장 및 체중은 최대한 간편한 복장을 최대한 간편한 복장을 착용한 후 Jenix사의 신장체중계(DS-102, Dong Sahn Jenix, Seoul, Korea)를 이용하여 측정하였다. 본 연구에서 사용된 비만 지표인 BMI와 체지방률의 측정은 임피던스법을 이용한 체성분 분석기(InBody 720, Biospace, Seoul, Korea)를 사용하여 측정하였다. 또한 허리 둘레는 장골 능선과 12번 갈비뼈 사이 중간지점의 12번 갈비뼈 경계선 사이의 둘레를 팔을 편안히 내리고 정상호기에 측정하였으며, 엉덩이 둘레는 엉덩이 뒤쪽의 가장 돌출된 부위와 치골결합부 및 대전자의 위의 연결하는 부위를 엉덩이에 힘을 뺀 후 측정하였다. 혈압의 측정은 안정을 취하게 한 뒤 수은 혈압계(HICO, Tokyo, Japan)를 이용하여 최고혈압과 최저혈압을 측정하였다.

## 3) 혈액변인 및 분석

모든 혈액은 10시간 이상 공복 후 오전 8시부터 채혈하였다. 상완정맥에서 채혈된 혈액은 헤파린 처리된 튜브에 담아 3000 rpm으로 10분간 원심분리한 후 상층액인 혈청을 분리하여 분석 시까지 -80℃에서 냉동 보관하였다. 공복 혈당, HDL-C, triglycerides (TG), hsCRP는 비색법(colorimetry)을 이용한 ADIVA 1650 전자동 임상화학분석기(Bayer, Terrytown, NY, USA)를 이용하여 분석하였고, 공복 인슐린은 전기화학발광면역분석(chemiluminescence immunoassay)을 이용한 Elecsys 2010 (Roche, Indianapolis, IN, USA)을 이용하여 분석하였으며, HOMA-IR 측정은 Haffner 등<sup>18)</sup>이 제공한 (공복 혈청 인슐린 농도[μU/mL]×공복혈당[mmol/L]/22.5)를 이용하여 계측하였다.

## 4) VO<sub>2</sub>max 측정

본 연구의 심폐체력은 운동생리학 전공 석사 이상의 연구원과 별도의 훈련을 받은 체육교사에 의해 실시되었다. 최대산소섭취량(maximal oxygen consumption, VO<sub>2</sub>max)을 추정하기 위해 1,600 m 달리기를 측정하였고 1,600 m 달리기를 이용한 VO<sub>2</sub>max 측정 공식은 1-mile run의 측정 결과와 나이, 성별, 체질량지수를 이용하여 제시한 방정식을 적용하였으며, VO<sub>2</sub>max 측정 공식은 Cureton 등<sup>19)</sup>의 연구에서 제시한 [VO<sub>2</sub>max=0.21 {나이×성별(남자=1, 여자=

0)} -0.84(BMI)-8.41(time)+0.34(time<sup>2</sup>)+108.94]의 공식을 인용하였다. 또한 공식을 이용하여 추정된 VO<sub>2</sub>max의 타당도를 검증하기 위해 연구대상 227명 중 45명을 무선배정하여 VO<sub>2</sub>max를 측정하였으며(Metamax 3B, Corpex Inc., Leipzig, Germany), 측정된 VO<sub>2</sub>max와 추정된 VO<sub>2</sub>max 간의 상관관계는 매우 높은 것으로 나타났다(r=0.77, P<0.001).

## 3. 자료처리

본 연구의 모든 자료에 대한 통계처리는 SPSS-PC program 17.0 version을 이용하여 측정항목의 평균과 표준편차를 산출하였고, 실험결과로 얻은 raw-data의 모집단 분포가 정상분포임을 Kolmogrove-Smirnov (goodness of fit) 검증으로 확인하였다. 구체적인 통계기법으로는 VO<sub>2</sub>max를 독립변인으로 하여, 다중상관분석을 실시하였으며, 대사증후군 위험인자와 HOMA-IR, hsCRP를 종속변인으로 한 단순회귀분석을 실시하였다. 또한 측정된 VO<sub>2</sub>max를 근거로 하위 25분위 수에 속하는 집단(low)과 중간은 75분위 수에 속하는 집단(middle) 그리고 상위 100분위 수에 속하는 집단(high)으로 분류하여 심폐체력 수준별 비만 지표, 대사증후군 위험인자와 HOMA-IR과 hsCRP의 차이를 one-way analysis of variance 검정법을 이용하여 분석하였으며 유의한 차이가 발견될 경우 Tukey를 이용한 사후검정을 실시하였다. 모든 통계적 유의수준은 α=0.05로 하였다.

## 결 과

본 연구는 고등학교 1학년에 재학 중인 남자 고등학생들을 대상으로 심폐체력과 비만지표, 대사증후군 위험인자와 당뇨병과 심혈관계 질환의 예측인자와의 상관성에 대해 살펴보고, 나아가 심폐체력 수준이 이들 변인에 미치는 영향을 검증하기 위해 실험한 결과 다음과 같은 결과를 얻었다.

### 1. 심폐체력과 비만 지표, 대사증후군 지표, HOMA-IR, hsCRP 간의 상관성 분석

심폐체력과 비만 지표, 대사증후군 지표, HOMA-IR, hsCRP에 대한 피어슨 상관관계분석 결과는 표 2와 같이 나타났다. 이에 대한 결과를 구체적으로 살펴보면, 심폐체력은 비만 지표인 BMI와 체지방률과 더불어, 대사증후군 위험인자 중 허리둘레, TG와 HDL-C에서 부적인 상관성이 있는 것으로 나타났다. 또한 심폐체력은 HOMA-IR, hsCRP에서 부적 상관성이 있는 것으로 나타났다.

## 2. 심폐체력과 비만 지표, 대사증후군 지표, HOMA-IR, hsCRP 간의 단순회귀분석

표 3은 심폐체력 변인이 비만지표와 대사증후군 지표 그리고 HOMA-IR과 hsCRP에 미치는 영향을 나타낸 결과로 심폐체력이 BMI에 대한 설명력은 70.0% ( $R^2=0.700$ )으로 통계적으로 유의한( $t=-22.909$ ,  $P=0.001$ ) 것으로 나타났으며, 체지방률의 설명력은 61.2% ( $R^2=0.612$ )으로 역시 통계적으로 유의한( $t=-18.820$ ,  $P=0.001$ ) 것으로 나타났다.

**Table 2.** Correlations between cardiorespiratory fitness and BMI, metabolic syndrome indices, HOMA-IR and hsCRP

	VO <sub>2</sub> max, mL/kg/min
BMI, kg/m <sup>2</sup>	-0.837 <sup>a</sup>
Body fat, %	-0.782 <sup>a</sup>
WC, cm	-0.791 <sup>a</sup>
SBP, mmHg	-0.018
Fasting glucose, mg/dL	-0.072
TG, mg/dL	-0.332 <sup>a</sup>
HDL-C, mg/dL	0.138 <sup>b</sup>
HOMA-IR	-0.419 <sup>a</sup>
hsCRP, mg/dL	-0.265 <sup>a</sup>

Abbreviations: BMI, body mass index; HOMA-IR, homeostasis model assessment-insulin resistance; hsCRP, high sensitive C-reactive protein; VO<sub>2</sub>max, maximal oxygen consumption; WC, waist circumference; SBP, systolic blood pressure; TG, triglycerides; HDL-C, high-density lipoprotein-cholesterol.

<sup>a</sup> $P<0.01$ .

<sup>b</sup> $P<0.05$ .

또한 심폐체력이 WC에 대한 설명력은 62.6% ( $R^2=0.626$ )으로 통계적으로 유의한( $t=-19.393$ ,  $P=0.001$ ) 것으로 나타났으며, systolic blood pressure (SBP)의 설명력은 낮게 나타나 통계적으로 유의한( $t=-0.277$ ,  $P=0.782$ ) 차이가 없는 것으로 나타났다. 또한 심폐체력이 혈당에 대한 설명력은 0.5% ( $R^2=0.005$ )로 통계적으로 유의한( $t=-1.080$ ,  $P=0.281$ ) 차이가 없는 것으로 나타난 반면 TG (설명력 11.0% [ $R^2=0.110$ ])와 HDL-C (설명력 1.9% [ $R^2=0.019$ ])는 유의한 차이( $t=-5.271$ ,  $P=0.001$ / $t=2.089$ ,  $P=0.038$ )를 나타냈다.

심폐체력이 HOMA-IR에 대한 설명력은 17.5% ( $R^2=0.175$ )로 통계적으로 유의한( $t=-6.913$ ,  $P=0.001$ ) 것으로 나타났으며, hsCRP의 설명력은 7% ( $R^2=0.070$ )으로 통계적으로 유의한( $t=-4.117$ ,  $P=0.001$ ) 차이를 나타냈다.

## 3. 심폐체력 수준에 따른 비만 지표, 대사증후군 지표, HOMA-IR과 hsCRP의 차이

심폐체력 수준에 따른 비만 지표와 대사증후군 지표 그리고 HOMA-IR과 hsCRP의 차이를 표 4에서 살펴보면, BMI와 체지방률 모두 집단 간 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다( $F=163.928$ ,  $P=0.001$ ;  $F=136.407$ ,  $P=0.001$ ). 이에 대해 Tukey를 이용한 사후검증을 실시한 결과 심폐체력 상위 집단, 중위 집단, 하위 집단 모두에서 유의한 차이를 나타냈다.

또한 심폐체력 수준에 따른 대사증후군 지표의 차이는

**Table 3.** Relations between cardiorespiratory fitness and BMI, body fat, metabolic syndrome indices, HOMA-IR and hsCRP

Factors	B	std. error	R <sup>2</sup>	$\beta$	<i>t</i>	<i>P</i> <sup>a</sup>
Constant	51.214	1.267			40.430	<0.001
BMI	-0.590	0.026	0.700	-0.837	-22.909	0.001
Constant	69.480	2.584			26.891	<0.001
Body fat	-0.989	0.053	0.612	-0.782	-18.820	0.001
Constant	142.620	3.407			41.857	<0.001
WC	-1.344	0.069	0.626	-0.791	-19.393	0.001
Constant	120.198	7.201			16.691	<0.001
SBP	-4.05E-02	0.146	0.001	-0.018	-0.277	0.782
Constant	77.099	4.040			19.084	<0.001
Fasting glucose	-8.87E-02	0.082	0.005	-0.072	-1.080	0.281
Constant	219.560	24.952			8.799	<0.001
TG	-2.675	0.507	0.110	-0.332	-5.271	0.001
Constant	33.648	5.009			6.718	<0.001
HDL-C	0.213	0.102	0.019	0.138	2.089	0.038
Constant	3.660	0.371			9.870	<0.001
HOMA-IR	-5.21E-02	0.008	0.175	-0.419	-6.913	0.001
Constant	0.417	0.085			4.894	<0.001
hsCRP	-7.14E-03	0.002	0.070	-0.265	-4.117	0.001

Abbreviations: BMI, body mass index; HOMA-IR, homeostasis model assessment-insulin resistance; hsCRP, high sensitive C-reactive protein; std. Error, standard error; WC, waist circumference; SBP, systolic blood pressure; TG, triglycerides; HDL-C, high-density lipoprotein-cholesterol.

<sup>a</sup>Calculated by simple linear regression analysis.

**Table 4.** Differences in obesity index, metabolic syndrome indices, HOMA-IR and hsCRP according to cardiorespiratory fitness levels

Items	Group <sup>a</sup>	Mean±SD	SS	df	MS	F	P <sup>b</sup>
BMI	Low <sup>c</sup> (n=57)	27.22±3.06	1948.274	2	974.137	163.928	0.001
	Middle <sup>d</sup> (n=114)	21.41±2.35	1331.113	224	5.942		
	High <sup>e</sup> (n=56)	19.38±1.80					
Body fat	Low (n=57)	29.50±5.60	5787.398	2	2893.699	136.407	0.001
	Middle (n=114)	19.49±4.39	4751.863				
	High (n=56)	15.98±3.84					
WC	Low (n=57)	88.32±6.98	10432.543	2	5216.271	136.046	0.001
	Middle (n=114)	74.39±6.31	8588.594	224	38.342		
	High (n=56)	70.52±4.94					
SBP	Low (n=57)	118.316±16.16	22.829	2	11.415	0.080	0.923
	Middle (n=114)	117.93±10.41	31789.594	224	141.918		
	High (n=56)	118.69±9.43					
Fasting glucose	Low (n=57)	73.35±6.95	29.981	2	14.991	0.335	0.716
	Middle (n=114)	72.67±6.71	10031.173	224	44.782		
	High (n=56)	72.36±6.35					
HOMA-IR	Low (n=57)	1.59±0.81	18.626	2	9.313	24.947	0.001
	Middle (n=114)	1.00±0.55	83.624	224	0.373		
	High (n=56)	0.84±0.45					
hsCRP	Low (n=57)	0.12±0.20	0.268	2	0.134	6.628	0.002
	Middle (n=114)	0.05±0.13	4.526	224	0.020		
	High (n=56)	0.04±0.07					

Abbreviations: HOMA-IR, homeostasis model assessment-insulin resistance; hsCRP, high sensitive C-reactive protein; SD, standard deviation; SS, sum of squares; df, degrees of freedom; MS, mean square; BMI, body mass index; WC, waist circumference; SBP, systolic blood pressure.

<sup>a</sup>Group indicates groups according to cardiorespiratory fitness levels.

<sup>b</sup>Calculated by analysis of variance.

<sup>c</sup>Low indicates group with lower 25% of cardiorespiratory fitness level.

<sup>d</sup>Middle indicates group with mid 50% of cardiorespiratory fitness level.

<sup>e</sup>High indicates group with upper 25% of cardiorespiratory fitness level.

WC와 TG에서 집단 간 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다( $F=136.046$ ,  $P=0.001$ ;  $F=7.846$ ,  $P=0.001$ ). 이에 대해 Tukey를 이용한 사후검증을 실시한 결과 WC와 TG 모두 상위 집단과 중위 집단, 하위 집단에서 유의한 차이를 나타냈다.

심폐체력 수준에 따른 HOMA-IR, hsCRP의 차이를 살펴보면, HOMA-IR, hsCRP은 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다( $F=24.947$ ,  $P=0.001$ ;  $F=6.628$ ,  $P=0.002$ ). 이에 대해 Tukey를 이용한 사후검증을 실시한 결과 심폐체력 상위집단과 중위집단, 하위집단에서 유의한 차이를 나타냈다.

## 고 찰

폐와 심장 그리고 혈관계의 협력작용으로 골격근에 산소를 전달하는 유산소 능력인 심폐체력은 과거에는 단순한 체력의 지표로서 활용되었다. 그러나 심폐체력 저하는 일차적으로 신체활동의 감소를 초래하고, 에너지 소비량의 감소와 더불어 지방조직과 근 조직에서 중성지방의 누적을 촉진시킴으로써 비만을 유도하고,<sup>2,16)</sup> 인슐린의 기능 저하,<sup>3)</sup> 고지혈증,<sup>2)</sup> 혈압상승<sup>20)</sup> 등과 같은 대사증후군은 물

론 심혈관 질환의 유병률과 사망률에 밀접한 관련이 보고됨<sup>9)</sup>에 따라 심폐체력이 대사증후군 지표에 미치는 영향력이 부각되고 있다.<sup>1)</sup>

이에 많은 연구들이 다양한 집단을 대상으로 심폐체력과 대사증후군 및 여러 성인병과의 상관성에 관한 연구를 수행하고 있으며, 과열 입시경쟁의 여파로 학교 체육수업이 감소됨으로써 신체활동의 기회와 중요성이 반감되어<sup>21)</sup> 최근 급격한 체력의 감소를 보이는 청소년을 대상으로 심폐체력과 대사증후군에 관한 연구는 매우 중요한 의미를 갖는다고 생각한다.

이러한 측면에서 본 연구는 청소년기에 해당되는 남자 고등학생 227명을 대상으로 심폐체력과 비만 지표 및 대사증후군 위험인자 그리고 HOMA-IR과 hsCRP와의 상관성을 살펴보고 나아가 심폐체력 수준에 따른 비만지표와 대사증후군 위험인자 그리고 인슐린 저항성 예측인자인 HOMA-IR 및 심혈관계 질환과 관련된 hsCRP의 수준을 살펴본 결과, 심폐체력은 비만지표와 부적 상관관계를 나타내고 있으며, 대사증후군 위험인자 중 WC와 TG와도 부적 상관관계를 보이는 반면, HDL-C와는 정적 상관관계를 보이며 HOMA-IR과 hsCRP와는 부적 상관관계를 보

이는 것으로 나타났다. 이와 함께 각각의 변인에 대한 영향력을 검증하는 회귀분석에서도 비만지표인 BMI와 체지방률 및 대사증후군 위험요인 중 WC와 HDL-C 그리고 HOMA-IR과 hsCRP에도 심폐체력이 높은 영향력을 미치는 것으로 나타났으며, WC, systolic blood pressure, Glucose, TG 그리고 HDL-C와 같은 인자 중 세 가지가 기준점을 초과할 경우 대사증후군으로 판정된다는 점을 고려해 볼 때,<sup>22)</sup> 생리적 활성이 최고치에 달하는 청소년기에도 중장년기와 더불어 심폐체력이 대사증후군 및 당뇨병이나 심혈관계 질환에 많은 영향을 미치는 것으로 예측할 수 있다.

뿐만 아니라, 심폐체력 수준에 따른 비만 지표와 대사증후군 위험인자의 차이를 살펴본 결과 심폐체력의 수준이 낮은 집단일수록 BMI와 체지방률이 비만의 판정기준치를 상회하고, 허리둘레와 TG의 수준이 높은 것으로 나타나고 있어 심폐체력 수준이 비만이나 대사증후군과 같은 병리적 질환에 밀접한 영향을 미칠 수 있는 것으로 생각한다. 이러한 사실은 12-19세의 청소년 1561명을 대상으로 심폐체력과 대사증후군을 조사한 결과 높은 심폐체력을 소유한 피검자에 비해 낮은 심폐체력을 소유한 피검자들이 대사증후군에 많이 노출되어 있다고 보고한 Janssen과 Cramp<sup>23)</sup>의 연구와 심폐체력과 대사증후군과의 관계성을 살펴본 Jurca 등<sup>3)</sup>의 연구에서도 심폐체력 수준이 높은 피검자들이 대사증후군 요인과 부적 상관관계를 나타내고 있어 본 연구의 결과와 유사한 것으로 나타났다.

더욱이 정상인에 비해 비만과 더불어 대사성 증후군을 가진 환자가 관상동맥질환, 심근경색증, 뇌졸중과 같은 심혈관질환의 위험도가 매우 높고 그로 인한 사망률이 급격히 증가할 수 있다고 보고한 Isomaa 등<sup>24)</sup>의 연구는 대사증후군의 임상적 중요성을 대변하고 있으며, 신체활동의 감소와 이에 따른 심폐체력의 저하는 지방의 과잉 축적을 유도하고 지방조직에서 발현되는 아디포사이토카인(adipocytokines)은 인슐린 민감성을 감소시키는 반면 인슐린 저항성을 증가시키는 등 인슐린의 기능 저하를 유도함으로써 궁극적으로 제2형 당뇨병을 일으키는 원인으로 작용한다는 Lago 등<sup>25)</sup>의 연구와 심폐체력 수준이 낮은 피검자들이 심폐체력 수준이 높은 피검자들에 비해 심혈관계 질환의 위험 인자를 더 많이 보유하고 있다고 보고한 Wessel 등<sup>5)</sup>의 연구는 심폐체력 수준이 당뇨병이나 심혈관계 질환과 매우 밀접한 관련성을 시사하고 있다. 본 연구의 결과에서도 높은 심폐체력을 소유한 집단에서 HOMA-IR과 hsCRP 수준이 심폐체력이 낮은 집단에 비해 유의하게 낮게 나타나 심폐체력이 높을수록 비만과 대사증후군 그리고 당뇨병이나 심혈관계 질환을 예방하는데 유의한 역할을 수행할 수 있을 것으로 생각한다.

이와 더불어, 본 연구에서 활용한 1600 m 달리기 테스트는 청소년들의 심폐체력의 평가 지표에 널리 활용되고 있으며, 많은 연구에서 그 신뢰성이 검증되고 있다.<sup>26,27)</sup> 특히 Cureton 등<sup>19)</sup>은 8-11세(남: 200, 여: 106), 12-17세(남: 99, 여: 45), 18-25세(남: 22, 여: 23)를 대상으로 1600 m 달리기 결과를 이용해  $VO_{2max}$ 의 추정식을 구하였으며, 이에 따른 상관성을 검증한 결과 1600 m 달리기와 심폐체력과 높은 상관성을 보이는 것으로 나타났다. 더욱이 국내의 연구인 Kim 등<sup>10)</sup>의 연구에서도 Cureton 등<sup>19)</sup>의 연구에서 제시한 공식을 이용하여 추정된  $VO_{2max}$ 와 측정된  $VO_{2max}$  간의 높은 상관관계를 보이고 있어, 1600 m 달리기 테스트는 심폐체력을 대변할 수 있는 자료로 활용성이 높은 것으로 생각한다.

이상을 종합해 보면, 생리적 활성이 왕성한 청소년기에도 심폐체력은 비만과 더불어 대사증후군 그리고 당뇨병과 심혈관계 질환의 예측인자에 높은 영향을 미치는 것으로 나타났으며, 청소년기의 건강을 증진시키기 위해서는 우선적으로 심폐체력의 향상에 많은 관심을 기울여야 할 것으로 생각되며, 청소년들이 신체활동에 참여할 수 있는 사회적인 여건 조성 및 학교체육의 활성을 통해 신체활동의 참여 기회를 증가시켜야 할 것으로 생각한다.

## 요 약

**연구배경:** 본 연구는 남고등학생들의 심폐체력 수준과 비만지표, 대사증후군 위험인자와 homeostasis model assessment-insulin resistance (HOMA-IR) 및 high sensitivity C-reactive protein (hsCRP)와의 상관관계를 분석하고 나아가 심폐체력 수준이 비만지표, 대사증후군 위험인자와 HOMA-IR 및 hsCRP에 미치는 영향을 분석하고자 수행하였다.

**방법:** 남고등학생 227명을 대상으로 심폐체력과 비만 지표인 body mass index (BMI), 체지방률, 대사증후군 위험인자인 waist circumference (WC), systolic blood pressure, glucose, triglycerides (TG), high-density lipoprotein-cholesterol (HDL-C), 그리고 HOMA-IR과 hsCRP를 분석하였다. 얻어진 자료를 이용해 다중상관분석과 단순회귀분석을 실시하였다.

**결과:** 심폐체력은 BMI, 체지방률과 부적 상관관계를 나타냈으며, 대사증후군 위험인자 중 WC, TG와 HDL-C에서 부적인 상관성이 있는 것으로 나타났다. 또한 심폐체력은 HOMA-IR, hsCRP에서 부적 상관성이 있는 것으로 나타났다. BMI, 체지방률, WC, TG, HDL-C, HOMA-IR, hsCRP에 높은 영향력이 있는 것으로 나타났다. 또한 연구대상자들을 심폐체력 수준에 따라 세 집단(하위 25%, 중

위 50%, 상위 25%)으로 분류한 뒤 집단에 따른 비만지표, 대사증후군 위험인자, HOMA-IR, hsCRP를 비교 분석한 결과, 높은 심폐체력일수록 비만지표, 대사증후군 위험인자, HOMA-IR, hsCRP 수준에 긍정적인 결과를 나타내고 있다.

**결론:** 이러한 결과는 심폐체력은 비만지표 및 대사증후군 위험인자와 HOMA-IR 및 hsCRP와 밀접한 상관성이 있으며, 낮은 수준의 심폐체력에 비해 심폐체력의 수준이 높을수록 비만 지표, 대사증후군 그리고 당뇨병과 심혈관계 질환의 위험인자에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 확인되었다.

**중심단어:** 체질량 지수, 심혈관질환, 인슐린, 신체건강, 청소년

## REFERENCES

- LaMonte MJ, Barlow CE, Jurca R, Kampert JB, Church TS, Blair SN. Cardiorespiratory fitness is inversely associated with the incidence of metabolic syndrome: a prospective study of men and women. *Circulation* 2005;112(4):505-12.
- Bertoli A, Di Daniele N, Ceccobelli M, Ficara A, Girasoli C, De Lorenzo A. Lipid profile, BMI, body fat distribution, and aerobic fitness in men with metabolic syndrome. *Acta Diabetol* 2003;40 Suppl:S130-3.
- Jurca R, Lamonte MJ, Church TS, Earnest CP, Fitzgerald SJ, Barlow CE, et al. Associations of muscle strength and fitness with metabolic syndrome in men. *Med Sci Sports Exerc* 2004;36(8):1301-7.
- Barlow CE, LaMonte MJ, Fitzgerald SJ, Kampert JB, Perrin JL, Blair SN. Cardiorespiratory fitness is an independent predictor of hypertension incidence among initially normotensive healthy women. *Am J Epidemiol* 2006;163(2):142-50.
- Wessel TR, Arant CB, Olson MB, Johnson BD, Reis SE, Sharaf BL, et al. Relationship of physical fitness vs body mass index with coronary artery disease and cardiovascular events in women. *JAMA* 2004;292(10):1179-87.
- Lee CD, Blair SN, Jackson AS. Cardiorespiratory fitness, body composition, and all-cause and cardiovascular disease mortality in men. *Am J Clin Nutr* 1999;69(3):373-80.
- Duncan GE. Exercise, fitness, and cardiovascular disease risk in type 2 diabetes and the metabolic syndrome. *Curr Diab Rep* 2006;6(1):29-35.
- Kumagai S, Kai Y, Nagano M, Zou B, Kishimoto H, Sasaki H. Relative contributions of cardiorespiratory fitness and visceral fat to metabolic syndrome in patients with diabetes mellitus. *Metab Syndr Relat Disord* 2005;3(3):213-20.
- Wong SL, Katzmarzyk PT, Nichaman MZ, Church TS, Blair SN, Ross R. Cardiorespiratory fitness is associated with lower abdominal fat independent of body mass index. *Med Sci Sports Exerc* 2004;36(2):286-91.
- Kim ES, Jekal YS, Jeon YY. The effect of change in level of obesity and cardio-respiratory fitness on the risk factors of chronic disease among male high school students. *Korean J Phys Educ* 2009;48(4):525-33.
- Jung HJ. An Analysis of Physical Fitness Following 7th Physical Education Curriculum in Female High School Students [dissertation]. Seoul:Sogang University;2006. Korean.
- Ministry of Culture, Sports, and Tourism of Korea. 2004 National Fitness Survey. 2004. [http://www.sports.re.kr/research/resData.jsp?bbsType=view&type\\_cd=05&brd\\_id=966&page\\_size=&cond=&keyword=&sub\\_cd=03&pageNum3=3&pageNum4=0](http://www.sports.re.kr/research/resData.jsp?bbsType=view&type_cd=05&brd_id=966&page_size=&cond=&keyword=&sub_cd=03&pageNum3=3&pageNum4=0). Accessed March 10, 2011.
- Korea Centers for Disease Control and Prevention. In-Depth Analyses of the Third National Health and Nutrition Examination Survey. Cheongwon:Korea Centers for Disease and Prevention; 2007.
- Sinha R, Fisch G, Teaque B, Tamborlane WV, Banyas B, Allen K, et al. Prevalence of impaired glucose tolerance among children and adolescents with marked obesity. *N Engl J Med* 2002;346(11):802-10.
- Whitaker RC, Wright JA, Pepe MS, Seidel KD, Dietz WH. Predicting obesity in young adulthood from childhood and parental obesity. *N Engl J Med* 1997;337(25):869-73.
- Lee JY, Shin SA, Kim DH, Lee JH, Lee YW, Kang HS. Correlative comparison of obesity indices and cardiopulmonary fitness for metabolic syndrome. *Korean J Exerc Nutr* 2005;9(1):49-56.
- Korea Centers for Disease and Prevention. The Third Korea National Health and Nutrition Examination Survey (KNHANES III), 2005 - Health Examination. 2006. [http://oralhealth.hp.go.kr/data/data6\\_view.jsp?seq=314](http://oralhealth.hp.go.kr/data/data6_view.jsp?seq=314) Accessed March 10, 2011.
- Haffner SM, Miettinen H, Stern MP. The homeostasis model in the San Antonio heart study. *Am Diabetes Assoc* 1997;20(7):1087-92.
- Cureton KJ, Sloniger MA, O'Bannon JP, Black DM, McCormack WP. A generalized equation for prediction of VO2 peak from 1-mile run/walk performance. *Med Sci Sports Exerc* 1995;27(3):445-51.
- Dwyer T, Gibbons LE. The Australian schools health and fitness survey. Physical fitness related to blood pressure but not lipoproteins. *Circulation* 1994;89(4):1539-44.
- Koo JC, Park MH. The correlation between body composition and basic physical strength of high school students by bioelectrical impedance analysis. *J Learner-Cent Curriculum Instr* 2010;10(2):35-48.
- Park HS, O SU, Kang JH, Park YU, Choe JM, Kim YS, et al. Prevalence and associated factors with metabolic syndrome in South Korea - From the Korean national health and nutrition examination survey, 1998. *Korean J Obes* 2003;12(1):1-14.
- Janssen I, Cramp WC. Cardiorespiratory fitness is strongly related to the metabolic syndrome in adolescents. *Diabetes Care* 2007;30(8):2143-4.
- Isomaa B, Almgren P, Tuomi T, Forsén B, Lahti K, Nissén M, et al. Cardiovascular morbidity and mortality associated with the metabolic syndrome. *Diabetes Care* 2001;24(4):683-9.
- Lago F, Dieguez C, Gómez-Reino J, Gualillo O. Adipokines as emerging mediators of immune response and inflammation. *Nat Clin Pract Rheumatol* 2007;3(12):716-24.
- McSwegin, Pat. Physical Best: the AAHPERD Guide to Physical Fitness, Education, and Assessment. Reston, VA:AAHPERD;1989. p.1-32.
- Franks, BD. YMCA Youth Fitness Test Manual. Champaign, IL:Human Kinetics Publishers;1989. p.1-59.