

Association between Exercise Capacity and Cardiovascular Risk Factors among Obesity Types in Adult Man

Kyung-A Shin¹, Hye-Young Kim¹, and Nam-Jeong Kim²

¹Department of Clinical Laboratory Science, Shinsung University, Dangjin 343-861, Korea

²Department of Occupational Health Center, Hospital of Ulsan University, Ulsan 682-714, Korea

Increased waist circumference has shown to be more strongly associated with cardiovascular disease risk factors. The purpose of this study is to investigate the association between exercise capacity and cardiovascular risk factors among obese types in adult men. The subjects of this study were a total fifty-four obese persons and obesity criteria is body mass index (BMI) ≥ 25 kg/m². Diagnostic criteria for obesity was defined as a waist circumference of ≥ 90 cm. The BMI in the obese subjects, as judged by the presence or absence of abdominal obesity, were classified into two groups (non-AO: without abdominal obesity group, AO: with abdominal obesity group). AO presented lower total exercise time, metabolic equivalents (METs) than Non-AO. AO showed slow HRR (heart rate recovery) response. HRR was negative correlated with BMI, body fat mass, waist circumference. AO had a high heart rate and a low cardiac output in submaximal exercise stage 1 ~ 2. In conclusion, AO's (with abdominal obesity groups) total exercise time, METs and HRR are lower than Non-AO. HRR is related with BMI, body fat mass and waist circumference.

Keywords: Waist circumference, Obesity, Cardiovascular risk factors, Heart rate recovery

Corresponding author: Kyung-A Shin
 Department of Clinical Science, Shinsung
 University, Dangjin 343-861, Korea
 Tel: 82-41-350-1408
 E-mail: mobitz2@daum.net

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Copyright © 2013 The Korean Society of Clinical Laboratory Science. All rights reserved.

Received: August 29, 2013
 Revised: September 11, 2013
 Accepted: September 11, 2013

서론

비만은 체내의 과다한 지방축적으로 인해 고혈압, 당뇨병, 심혈관계 질환 등의 만성질환을 유발하는 위험요인으로 알려져 있으며 (Must 등, 1999), 최근 신체활동의 감소와 식습관의 변화에 따른 비만인구의 급격한 증가로 인해 세계적으로 심각한 건강상의 문제로 대두되고 있다 (Haslam과 James, 2005).

비만의 예방, 관리 및 치료를 위해서는 비만을 정확하게 판정하고 평가하는 것이 중요하지만, 비만을 평가하는 다양한 지표들 중 어떤 방법이 가장 타당한지에 대해서는 아직까지 논란이 되고 있다 (고와 김, 2007). 비만을 평가하는 지표 중 체질량지수 (body mass index: BMI)가 보편적으로 많이 사용되고 있으나, 체질량지수가 정상이라도 복부비만을 평가하는 허리둘레, 허리둘레-엉덩이둘레 비 (waist-hip ratio: WHR)가 높은 중심성 비만의 경우 인슐린 저항성 및 당뇨병, 심혈관질환, 대사증후군 등의 발병위험이 증가한다는 결과들이 제시되면서 단순한 체중과 체지방량에 의한 비만이외에 지방의 분포 부위, 특히 복부비만에 대한 관심이 높아지고

있다 (Must 등, 1999; Zhu 등, 2002).

또한 비만 유형 중에서 체질량지수에 의한 비만 판정보다 상대적으로 허리둘레가 증가된 복부비만의 경우 고혈압과 당뇨병, 대사증후군, 고콜레스테롤혈증 등의 위험도가 증가하며 (강 등, 2007; 이 등, 2009), 복부지방은 체질량지수보다 좌심실 비대, 좌심실 좌심실 질량과 연관성이 큰 것으로 보고되고 있다 (임 등, 2007). 특히 심폐체력이 높은 사람은 낮은 사람에 비해 복부 지방량, 내장지방량, 피하지방량이 낮게 나타나며, 비만과 호흡 순환기능은 음의 상관관계를 보이는 것으로 알려져 있다 (Wong 등, 2004).

그러나 현재까지 우리나라에서 복부비만과 관련된 연구들은 비만유형에 따른 안압, 지질대사, 신체구성, 운동, 식사 및 생활습관을 비교한 연구가 주를 이루고 있으며, 비만유형에 따른 운동능력과 심혈관 위험요인간의 관련성에 관한 연구는 부족한 실정이다 (김 등, 2003; 고와 김, 2007; 안 등, 2007; 박 등, 2010). 이에 본 연구에서는 체질량지수에 의해 비만으로 평가된 피험자 중 복부비만이 동반되는지의 유무에 따라 운동부하 검사 중 나타나는 운동능력의 지표들과 심혈관 위험요인의 차이를 확인하고 그 관련성을 통해 비만

의 예방과 관리에 도움이 되고자 한다.

재료 및 방법

1. 연구 대상자

이 연구는 경기도 J 종합병원 건강증진센터에서 건강검진을 실시한 비만 남성 54명을 연구대상으로 하였으며, 비만의 진단기준은 WHO 서태평양지역 회의에서 정한 체질량지수 25 kg/m^2 이상으로 정의하였다(WHO, 2000). 복부비만 진단기준은 대한비만학회의 기준에 의한 남성 허리둘레 90 cm 이상으로 정의하였으며(이 등, 2006), 체질량지수에서 비만으로 판정된 피험자를 대상으로 복부비만의 유무에 따라 두 집단으로 분류하였다(non-AO: 복부비만 동반하지 않은 군, AO: 복부비만 동반군).

고혈압, 당뇨병, 심혈관 질환의 과거력이 있는 대상자는 이 연구에서 제외하였으며, 연구 대상자들에게 연구 목적과 방법을 설명하고 동의서를 받고 연구를 진행하였다(IRB no.: D-1207-008-2386).

2. 신체계측 및 체성분 분석

신체계측은 생체전기저항분석법(Bio-electrical impedance analyzer)을 이용한 Inbody 4.0 (Biospace Co., Seoul, Korea)으로 공복상태에서 신장, 체중, 체지방량을 측정하였다. 체질량지수는 체중(kg)/키(m^2)의 공식을 적용하였으며, 허리둘레는 늑골 하단부와 장골능 상부의 중간지점에서 숨을 내쉬 상태에서 직립자세로 양 발을 벌리고 허리가 완전히 노출되게 한 후 측정하였다. 엉덩이 둘레는 엉덩이에서 둘레가 가장 넓은 부분을 측정하였으며, 혈압은 앉은 자세에서 10분간 안정을 취한 뒤 수은 혈압계로 측정하였다.

3. 혈액검사

비만 유형에 따른 심혈관 위험요인을 알아보기 위한 혈액검사는 8시간 이상 공복 상태에서 아침에 상완정맥(antecubital vein)에서 채혈을 실시하였다. TBA-200FR NEO (Toshiba, Japan)를 이용하여 호모시스테인, hs-CRP (high sensitive C-reactive protein), HDL콜레스테롤, LDL콜레스테롤, 총콜레스테롤, 중성지방(triglyceride), 공복혈당(glucose), 요산(uric acid)을 측정하였으며, Apolipoprotein A1, Apolipoprotein B는 Immunoturbidimetric 법(KAMIYA, U.S.A)에 의한 혈청분석 방법으로 측정하였다. 당화혈색소(hemoglobin A1c) 검사는 Variant II (Bio Rad, U.S.A)를 이용하여 고성능액체크로마토그래피(high performance liquid chromatography, HPLC)법으로 측정하였다. NT-proBNP (B-type natriuretic peptide)는 Cobas E601 analyzer (Roche Diagnostics, Germany) 장비를 이용하여 전기화학적발광면역분석법(ECLIA)

으로 측정하였다. 인슐린은 Modular analytics E-170 (Roche, U.S.A)으로 측정하였으며, 인슐린 저항성을 나타내는 Homeostasis Model Assessment of Insulin Resistance index (HOMA-IR)는 $[\text{fasting insulin } (\mu\text{U/mL}) \times \text{fasting plasma glucose (mmol/L)}] / 22.5$ 로 계산하였다.

4. 말초혈관 동맥경화도 검사

말초혈관 동맥경화도의 평가를 위해 좌우측 발목상완지수(ankle-brachial index, ABI)와 좌우측 동맥혈관벽 탄력도 지표(cardio-ankle vascular index, CAVI)를 VaSera VS-1000 (Fukuda Denshi, Japan)을 이용하여 측정하였다. 측정방법은 환자를 앙와위에서 15분간 안정시킨 후 sensor를 가진 측정 커피를 좌우측 상완과 발목에 감고 측정하였다. 대상 환자의 우측 ABI와 좌측 ABI는 통계적으로 유의한 차이가 없어서, 우측 발목상완지수를 환자의 발목상완지수로 이용하였다(1.15 ± 0.10 vs 1.15 ± 0.10 , $p=0.923$). 또한 CAVI도 환자의 우측과 좌측에 유의한 차이가 없어서 우측 CAVI를 지표로 사용하였다(7.04 ± 0.96 vs 6.97 ± 0.95 , $p=0.056$).

5. 점증적 운동부하검사

운동부하검사는 트레드밀(Medtrack ST 55, Quinton Instrument Co., U.S.A)을 이용하여 Bruce 프로토콜에 따라 운동 중 3분 간격으로 경사도와 속도를 증가시켰으며, 운동 중 지속적으로 12유도 심전도를 감시하였다. 운동직전과 운동 중 1분 간격으로 심전도를 기록하였으며, 프로토콜 매 단계(3분 간격)마다 심박수와 혈압을 측정하였다. 운동 후 회복기 반응은 30~40초간 경사도를 0%로 하여 가볍게 걷다가 트레드밀이 완전히 멈춘 후 피험자를 침대에 눕히고 1분, 3분, 5분 동안 심전도, 혈압, 심박수를 측정하였다(American College of Sports Medicine, 2009).

심박수 회복(heart rate recovery, HRR)은 운동 중 도달한 최대 심박수에서 운동부하 검사 후 회복기 1분대의 심박수를 뺀 값으로 정의하였으며(Cole 등, 1999), 운동능력을 나타내는 대사당량(metabolic equivalents: METs)은 경사도와 회전속도를 이용해 추정하였다.

심근 산소요구량을 간접적으로 나타내는 지표인 심근부담도(rate pressure product, RPP)는 심박수와 수축기 혈압의 곱으로 나타냈다.

6. 심초음파검사

심초음파 검사는 Sequoia 256 (Acuson, Mountainview, CA, USA)장비를 이용하여 5 MHz 탐촉자를 사용하여 M-mode 심초음파

도를 기록하면서 1회 박출량(stroke volume, SV), 심박출량(cardiac output, CO)을 ASE (American Society Echocardiography)에서 권유하는 방법에 따라 측정하였다.

7. 자료처리방법

본 연구의 모든 자료는 SPSS 12.0 통계 프로그램(SPSS Inc, Chicago, IL, U.S.A)을 이용하여 기술 통계치(mean, SD)를 산출하였으며, 비만 유형에 따른 운동능력 및 심혈관 위험요인의 차이를 검증하기 위하여 일원변량분석(One way ANOVA)을 실시하였다. 또한 운동능력과 심혈관 위험요인간의 관련성을 검증하기 위해 Pearson's correlation analysis를 실시하였으며, 통계적 유의수준은 $p < 0.05$ 로 설정하였다.

결 과

1. 비만 유형에 따른 신체적 특성의 차이

비만 유형에 따른 대상자의 신체적 특성은 Table 1과 같다. 체질량지수에 의해 비만으로 판정된 피험자 중 복부비만을 동반한 군(AO)은 18명, 복부비만을 동반하지 않은 군(Non-AO)은 36명이었 다. 비만 판정자 중 복부비만의 유무(AO vs Non-AO)에 따른 연령, 키, 몸무게는 차이가 없었으나, 체질량지수, 체지방량은 Non-AO 군보다 AO군에서 유의하게 높게 나타났다($p < 0.05$). 또한 허리둘레, 엉덩이 둘레, 허리/엉덩이 둘레비는 Non-AO군보다 AO군에서 유의하게 높았다($p < 0.001$).

2. 비만 유형에 따른 심혈관 위험요인의 차이

비만 유형에 따른 심혈관 위험요인의 차이는 Table 2와 같다. 비만 판정자 중 복부비만의 유무(AO vs Non-AO)에 따른 인슐린, 당

Table 1. Physical characteristics of the subject according to the obesity types

Variable	Non-AO (n=36)	AO (n=18)
Age (years)	48.7±9.7	52.3±9.6
Height (cm)	170.4±6.0	169.2±5.5
Weight (kg)	76.2±9.2	78.8±8.6
BMI (kg/m ²)	26.2±2.1	27.5±1.9*
Body fat mass (kg)	18.4±4.2	21.2±3.4*
Waist circumference (cm)	84.4±3.1	89.8±14.3*
Hip circumference (cm)	94.9±3.6	100.8±4.1 [†]
WHR	0.93±0.03	0.97±0.03 [†]

Obesity was defined as body mass index 25.0 kg/m^2 , abdominal obesity was defined as waist circumference $\geq 90 \text{ cm}$.

Values are Mean±SD.

AO, abdominal obesity; BMI, body mass index; WHR, waist-hip ratio.

* $p < 0.05$, [†] $p < 0.001$.

화혈색소, 혈당, HOMA-IR는 집단간 차이가 없었다. 복부비만을 동반한 비만군(AO)과 복부비만을 동반하지 않은 비만군(Non-AO) 간의 HDL콜레스테롤, LDL콜레스테롤, 총콜레스테롤, 중성지방, 요산, hs-CRP, 호모시스테인은 집단간 차이가 없었다. 또한 Apolipoprotein A1, Apolipoprotein B, NT-pro BNP, CAVI, ABI도 집단간 차이가 없는 것으로 나타났다. 심박출량은 집단간 차이가 없는 반면, 1회 박출량은 Non-AO군에서 유의하게 높게 나타났다($p < 0.05$).

3. 비만 유형에 따른 운동능력의 차이

비만유형에 따른 운동시간은 Non-AO군이 AO군보다 긴 것으로 나타났으며($p < 0.001$) (Table 3), METs도 Non-AO군이 AO군보다 높게 나타났다($p < 0.001$) (Fig 1). 프로토콜 1단계와 2단계에서의 심박수는 Non-AO군보다 AO군에서 높게 나타났으나($p < 0.05$) (Table 3), 안정시 심박수, 안정시 수축기와 이완기 혈압, 안정시 심근부담도는 집단간 차이가 없는 것으로 나타났다. 또한 최대 심박수, 최대 수축기와 이완기 혈압, 최대 심근부담도는 집단 간 차이가 없었으나, 심박수 회복은 AO군보다 Non-AO군이 높게 나타났다($p < 0.05$) (Fig 1).

Table 2. Cardiovascular risk factors of the subject according to the obesity types

Variable	Non-AO (n=36)	AO (n=18)
Insulin (uU/mL)	6.3±4.6	7.1±2.5
HbA1c (%)	5.7±0.5	5.9±0.6
Glucose (mg/dL)	94.9±18.1	99.9±15.5
HOMA-IR	1.5±1.33	1.7±0.59
HDL-cholesterol (mg/dL)	50.4±13.5	48.3±9.5
LDL-cholesterol (mg/dL)	127.7±28.9	127.8±34.3
Total cholesterol (mg/dL)	200.1±31.8	197.7±36.6
Triglyceride (mg/dL)	164.6±100.9	169.2±72.9
Uric acid (mg/dL)	6.2±1.2	5.8±1.1
hs-CRP (mg/dL)	0.34±1.1	0.12±0.10
Homocysteine (umol/L)	15.2±10.4	12.9±3.9
Apolipoprotein A1 (mg/dL)	133.2±19.8	130.6±21.3
Apolipoprotein B (mg/dL)	102.4±19.6	100.3±21.1
NT-pro BNP (pg/mL)	19.8±20.3	10.6±4.5
CAVI	6.88±0.96	7.41±0.91
ABI	1.15±0.11	1.16±0.08
SV (mL)	83.6±13.8	73.8±15.6*
CO (L)	4.9±0.7	4.8±1.1

Values are Mean±SD.

AO, abdominal obesity; BMI, body mass index; SBP, systolic blood pressure; DBP, diastolic blood pressure; HbA1c, hemoglobin A1c; HOMA-IR, homeostasis model assessment of insulin resistance; HDL, high density lipoprotein; LDL, low density lipoprotein; hs-CRP, high sensitive C-reactive protein; BNP, B-type natriuretic peptide; CAVI, cardio-ankle vascular index; ABI, ankle-brachial index; SV, stroke volume; CO, cardiac output.

* $p < 0.05$.

4. 운동능력과 심혈관 위험요인간의 상관관계

운동능력과 심혈관 위험요인간의 관련성에서 운동시간은 체질량지수($r=-0.272, p<0.05$), 허리둘레($r=-0.300, p<0.05$)와 음의 상관관계를 보였으며, METs 역시 허리둘레($r=-0.293, p<0.05$)와 통계적으로 유의한 음의 상관관계를 나타냈다. 심박수 회복은 체질량지수($r=-0.327, p<0.05$), 체지방량($r=-0.365, p<0.05$), 허리

둘레($r=-0.327, p<0.05$)와 통계적으로 유의한 음의 상관관계를 보였다(Table 4).

고찰

2001년 미국 국립 콜레스테롤 교육 프로그램 3차 개정(National Cholesterol Education Program Adult Treatment Panel III, NCEP ATP III)과 2005년 세계당뇨병연맹(International Diabetes Federation: IDF)에서 대사증후군 진단의 필수 항목으로 허리둘레를 복부비만의 진단기준에 포함시켜 그 중요성이 강조되고 있다

Table 3. Exercise capacity of the subject according to the obesity types

Variable	Non-AO (n=36)	AO (n=18)
Total exercise time (min)	10.2±1.2	8.2±1.9 [†]
Resting HR (beats/min)	60.1±8.0	64.0±10.9
Resting SBP (mmHg)	121.1±13.2	120.3±13.8
Resting DBP (mmHg)	76.5±12.8	79.0±10.3
Resting RPP (mmHg·bpm)	7,280.9±1,240.4	7,696.9±1,671.8
Stage 1 HR (beats/min)	100.1±11.8	108.3±12.1*
Stage 2 HR (beats/min)	117.0±14.1	126.9±13.9*
Maximum HR (bpm)	159.9±19.1	154.8±9.6
Maximum SBP (mmHg)	172.3±23.3	164.3±17.2
Maximum DBP (mmHg)	82.4±11.5	82.7±13.2
Maximum RPP (mmHg·bpm)	22,283.9±5,072.7	22,758.4±3,748.0

Values are Mean±SD.

AO, abdominal obesity; HR, heart rate; RPP, rate pressure product; SBP, systolic blood pressure; DBP, diastolic blood pressure.

* $p<0.05$, [†] $p<0.001$.

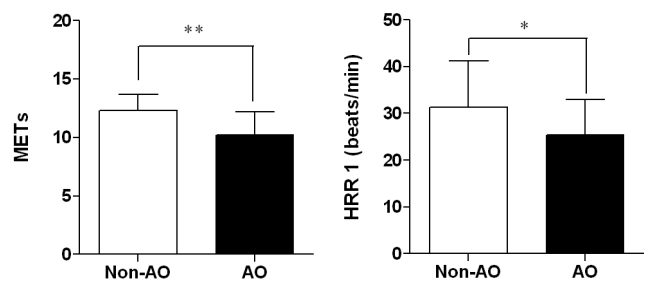


Fig. 1. Difference of the METs, HRR according to the Non-AO and AO in obesity adult man. AO, abdominal obesity; METs, metabolic equivalents; HRR, heart rate recovery. ** $p<0.001$, * $p<0.05$.

Table 4. Correlation between exercise capacity and cardiovascular risk factors

Variable	Exercise capacity							
	Total exercise time		METs		HRR1		Maximum RPP	
	r	p	r	p	r	p	r	p
BMI (kg/m ²)	-.272	.046*	-.261	.057	-.327	.018*	.075	.605
Body fat mass (kg)	-.257	.063	-.239	.084	-.365	.007*	.058	.688
Waist circumference (cm)	-.300	.031*	-.293	.035*	-.327	.018*	.075	.605
Insulin (uU/mL)	.114	.482	-.260	.116	.014	.934	-.260	.116
HbA1c (%)	-.296	.046	-.287	.053	-.229	.126	-.063	.681
Glucose (mg/dL)	-.165	.234	-.150	.278	-.071	.610	-.136	.335
HOMA-IR	.063	.690	.088	.579	.027	.864	-.295	.064
HDL-cholesterol (mg/dL)	.150	.279	.128	.356	.248	.071	-.029	.837
LDL-cholesterol (mg/dL)	.048	.730	.061	.662	.191	.166	.051	.720
Total cholesterol (mg/dL)	.083	.552	.099	.476	.154	.266	.071	.615
Triglyceride (mg/dL)	-.062	.654	-.047	.736	-.310	.022*	.119	.401
Uric acid (mg/dL)	.147	.290	.161	.245	.017	.902	.071	.616
hs-CRP (mg/dL)	.090	.552	.123	.417	-.187	.213	-.301	.047*
Homocysteine (umol/L)	.074	.600	.089	.529	-.297	.032*	.099	.490
Apolipoprotein A1 (mg/dL)	.175	.225	.160	.249	.204	.139	-.124	.379
Apolipoprotein B (mg/dL)	-.007	.960	.014	.919	.041	.769	.046	.745
NT-pro BNP (pg/mL)	.040	.780	.040	.781	.110	.445	-.097	.509
CAVI	-.222	.267	-.247	.213	-.032	.873	.004	.983
ABI	-.091	.653	-.121	.548	.183	.361	-.017	.934

METs, metabolic equivalents; HRR, heart rate recovery; RPP, rate pressure product; BMI, body mass index; HbA1c, hemoglobin A1c; HOMA-IR, homeostasis model assessment of insulin resistance; HDL, high density lipoprotein; LDL, low density lipoprotein; hs-CRP, high sensitive C-reactive protein; BNP, B-Type Natriuretic Peptide; CAVI, cardio-ankle vascular index; ABI, ankle-brachial index.

* $p<0.05$.

(Expert Panel on Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood Cholesterol in Adults, 2001; Alberti 등, 2005). 또한 비만으로 판정되었더라도 허리둘레가 증가된 중심성 복부비만인 경우 고혈압, 당뇨병, 대사증후군, 고콜레스테롤혈증 등의 위험도가 더 높은 것으로 보고된다(강 등, 2007; 이 등, 2009).

본 연구에서는 체질량지수에 의해 비만으로 판정된 성인 남성 피험자 중 복부비만의 동반여부에 따라 운동능력과 심혈관 위험요인의 차이 및 그 관련성을 분석하였다.

비만 판정자 중 복부비만의 동반여부에 따라 체질량지수, 체지방량, 허리둘레, 엉덩이둘레, 허리둘레-엉덩이 둘레비는 뚜렷한 차이를 나타냈으며, 복부비만을 동반한 비만군에서 높게 나타났다. 또한 심혈관 위험요인은 1회 박출량을 제외하고는 복부비만 동반여부에 따른 차이는 없었으며, 1회 박출량은 복부비만을 동반한 비만군에서 낮게 나타났다.

운동능력의 지표인 심폐체력(cardiorespiratory fitness)이 높은 사람은 낮은 사람에 비해 복부지방이 낮은 것으로 나타났으며, 심폐체력과 복부비만은 음의 상관관계를 보이는 것으로 보고된다(Wong 등, 2004).

본 연구에서도 복부비만을 동반한 비만군에서 운동능력을 대표하는 운동시간, 대사당량(metabolic equivalents: METs)이 낮게 나타났으며, 이는 대사능력의 향상을 통한 높은 운동능력이 비만 지표 개선에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 생각된다. 또한 심폐체력의 저하는 심혈관계 질환의 위험을 증가시키며, 운동능력 1 METs의 증가는 생존률을 12% 향상시키는 것으로 보고된다(Myers 등, 2002). 그러므로 비만한 사람이라도 운동을 통해 심폐체력을 증가시키면 심혈관질환의 발생위험이 감소된다는 결과가 보고됨으로써 비만치료에서 심폐체력의 개선이 중요하게 인식되고 있다(Gill과 Malkova, 2006).

심박수는 비관혈적(noninvasive)으로 심혈관계 기능을 알 수 있는 유용한 지표이다(김과 신, 2007). 운동에 의한 자율신경계 반응을 보면 운동강도 증가에 따른 심박수 증가는 부교감신경 활성화 감소와 교감신경의 활성화에 의한 반응이며, 운동직후 1분이나 2분대에 심박수 회복(heart rate recovery: HRR)은 부교감신경의 재활성도를 나타내는 지표로서 심혈관계 사건 발생과 관련이 있다(Arai 등, 1989; Imai 등, 1994). 특히 체중증가는 교감신경의 활성화도는 증가하고 부교감신경 활성화도는 저하되어 느린 심박수 회복반응과 같은 자율신경계 조절능력에 이상반응을 보인다(Zahorska-Markiewicz 등, 1993; Shishehbor 등, 2004).

본 연구에서도 복부비만을 동반한 비만군에서 느린 심박수 회복반응을 보였으며, 심박수 회복은 체질량지수, 체지방량, 허리둘레와 음의 상관관계를 보였다. 이는 대사증후군에서 허리둘레가 증가

할수록 느린 심박수 회복을 보인다는 선행연구와 일치하는 결과이다(신, 2011). 이와 같은 자율신경계 기능 이상은 관상동맥 질환자 뿐만 아니라 일반인에서도 심혈관 질환의 독립적인 위험요인으로 제시되고 있어 복부비만을 동반한 비만군에서 심혈관 질환에 더 취약한 것으로 나타났다(La Rovere 등, 1998; Schwartz, 1998).

심폐체력 또는 지구력이 좋은 사람일수록 운동강도에 따른 심박수는 서서히 증가하는 반면 운동 후에는 빠른 심박수 회복반응을 보이 것이 일반적인 특징이다(Tuttle과 Horvath, 1957).

본 연구에서는 프로토콜 1단계와 2단계의 운동 중 심박수는 복부비만을 동반한 비만군에서 높게 나타났으며, 최대 심박수는 집단 간 차이가 없는 것으로 나타났다. 심박출량은 1회 박출량과 심박수의 곱으로 나타내는데, 복부비만을 동반하지 않은 비만군에 비해 복부비만을 동반한 비만군에서 최대하운동(submaximal exercise)인 1~2단계의 심박수는 높고 1회 박출량은 낮은 상대적으로 비효율적인 운동능력을 보이는 것으로 나타났다. 또한 최대 심박수는 집단 간 차이가 없으면서 운동시간은 복부비만을 동반한 비만군에서 짧게 나타났다는 것 또한 비효율적인 운동능력을 대별해주는 결과라고 할 수 있다.

결론적으로 복부비만을 동반한 비만의 경우 비효율적인 운동능력에 의해 결과적으로 낮은 운동능력을 보였으며, 느린 심박수 회복반응으로 알 수 있는 자율신경계 조절능력의 저하가 나타났다.

본 연구의 제한점으로는 후향적인 연구라는 점이며, 향후 복부비만의 감소가 운동능력 및 심박수 회복의 향상, 심혈관 위험요인을 감소시키는지에 대한 전향적 연구가 필요하리라 사료된다.

참고문헌

- Alberti KG, Zimmet P, Shaw J; IDF Epidemiology Task Force Consensus Group. The metabolic syndrome—a new worldwide definition. *Lancet*. 2005, 366:1059-1062.
- American College of Sports Medicine. ACSM's guidelines for exercise testing and prescription. 8th eds, 2009, p18-39. Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia.
- Arai Y, Saul JP, Albrecht P, Hartley LH, Lilly LS, Cohen RJ, et al. Modulation of cardiac autonomic activity during and immediately after exercise. *Am J Physiol*. 1989, 256:H132-141.
- Cole CR, Blackstone EH, Pashkow FJ, Snader CE, Lauer MS. Heart-rate recovery immediately after exercise as a predictor of mortality. *N Engl J Med*. 1999, 341:1351-1357.
- Expert Panel on Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood Cholesterol in Adults. Executive Summary of The Third Report of The National Cholesterol Education Program (NCEP) Expert Panel on Detection, Evaluation, And Treatment of High Blood Cholesterol In Adults (Adult Treatment Panel III). *JAMA*. 2001, 285: 2486-2497.
- Gill JM, Malkova D. Physical activity, fitness and cardiovascular dis-

- ease risk in adults: interactions with insulin resistance and obesity. *Clin Sci (Lond)*. 2006, 110:409-425.
- Haslam DW, James WP. Obesity. *Lancet*. 2005, 366:1197-1209.
- Imai K, Sato H, Hori M, Kusuoka H, Ozaki H, Yokoyama H, et al. Vagally mediated heart rate recovery after exercise is accelerated in athletes but blunted in patients with chronic heart failure. *J Am Coll Cardiol*. 1994, 24:1529-1535.
- La Rovere MT, Bigger JT Jr, Marcus FI, Mortara A, Schwartz PJ. Baroreflex sensitivity and heart-rate variability in prediction of total cardiac mortality after myocardial infarction. ATRAMI (Autonomic Tone and Reflexes After Myocardial Infarction) Investigators. *Lancet*. 1998, 351:478-484.
- Must A, Spadano J, Coakley EH, Field AE, Colditz G, Dietz WH. The disease burden associated with overweight and obesity. *JAMA*. 1999, 282:1523-1529.
- Myers J, Prakash M, Froelicher V, Do D, Partington S, Atwood JE. Exercise capacity and mortality among men referred for exercise testing. *N Engl J Med*. 2002, 346:793-801.
- Schwartz PJ. The autonomic nervous system and sudden death. *Eur Heart J*. 1998, 19:72-80.
- Shishehbor MH, Hoogwerf BJ, Lauer MS. Association of triglyceride-to-HDL cholesterol ratio with heart rate recovery. *Diabetes Care*. 2004, 27:936-941.
- Tuttle WW, Horvath SM. Comparison of effects of static and dynamic work on blood pressure and heart rate. *J Appl Physiol*. 1957, 10:294-296.
- WHO Western Pacific Region, The Asia-pacific perspective: Redefining obesity and its treatment 2000. International Diabetes Institute, Melbourne.
- Wong SL, Katzmarzyk P, 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, 36:286-291.
- Zahorska-Markiewicz B, Kuagowska E, Kucio C, Klin M. Heart rate variability in obesity. *Int J Obes Relat Metab Disord*. 1993, 17:21-23.
- Zhu S, Wang Z, Heshka S, Heo M, Faith MS, Heymsfield SB. Waist circumference and obesity-associated risk factors among whites in the third National Health and Nutrition Examination Survey: clinical action thresholds. *Am J Clin Nutr*. 2002, 76:743-749.
- 강현식, 한태경, 이신호, 홍혜련, 이상화, 박수현. 허리둘레와 BMI 기준에 따른 비만집단 간 아디포사이토카인 및 대사증후군 지표 비교. *한국운동생리학회*. 2007, 16:95-102.
- 고진호, 김기진. 성인여성의 체지방률, BMI 및 허리둘레로 구분한 비만유형 간 신체구성의 비교. *한국발육발달학회지*. 2007, 15:1-7.
- 김기진, 홍창배, 박주식, 천우광, 안나영, 오경숙 등. 성인 비만유형간 혈중 지질대사 관련 변인의 농도 비교. *한국운동영양학회*. 2003, 7:277-286.
- 김영주, 신영오. 유산소 운동이 관상동맥질환을 동반한 운동유발성 고혈압환자의 심혈관계 요인에 미치는 영향. *한국운동생리학회*. 2007, 16:131-140.
- 박상신, 이은희, 백도명, 조성일. 인압상승의 위험인자로서 체질량지수(BMI)와 허리둘레의 비교. *한국안광학회*. 2010, 15:293-297.
- 안나영, 홍창배, 김기진. 성인의 비만유형에 따른 운동, 식사 및 생활습관 비교. *한국사회체육학회*. 2007, 31:657-672.
- 신경아. 대사증후군에서 운동능력과 심박수회복간의 관련성. *대한의생명과학회*. 2011, 17:273-370.
- 이상엽, 박혜순, 김선미, 권혁상, 김대영, 김대중 등. 한국인의 복부비만 기준을 위한 허리둘레 분별점. *대한비만학회*. 2006, 15:1-9.
- 이율의, 박지은, 황지윤, 김화영. 한국 성인에서 체질량지수와 허리둘레를 기준으로 분류한 비만 유형에 따른 특성 비교: 1998-2005 국민건강영양조사. *한국영양학회*. 2009, 42:631-638.
- 임윤희, 박병현, 김성주, 조정구. 한국인 고혈압 환자에서 체질량지수, 허리둘레가 좌심실 질량에 미치는 영향. *대한당뇨병학회*. 2007, 31:130-135.