

남자흡연대학생의 비만과 심장자율신경조절의 관련성

김춘섭*^{1,2} · 김맹규†^{1,2}

¹경북대학교 대학원 체육학과

²경북대학교 스포츠과학연구소

(2019년 3월 4일 접수: 2019년 3월 19일 수정: 2019년 3월 22일 채택)

The Relationship between Obesity and Cardiac Autonomic Regulation in College-Aged Male Smokers

Choun Sub Kim*^{1,2} · Maeng Kyu Kim†^{1,2}

¹Sports Medicine Lab., Department of Physical Education, Kyungpook National University

²Sports Science Research Institute, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea

(Received March 4, 2019; Revised March 19, 2019; Accepted March 22, 2019)

요약 : 본 연구는 담배흡연자에서 비만과 심장자율신경조절의 관련성 규명을 목적으로 수행되었다. 의료기록 및 외관상 건강한 총 85명의 남자 대학생 흡연자들을 대상으로 자료를 수집하였으며, 모든 참가자들의 안정 시 심장자율신경조절 평가를 위해 단기간 표준프로토콜에 따른 심박변이도(heart rate variability, HRV) 지표들을 산출하였다. 한편 체질량지수, 체지방률, 허리둘레 및 허리/엉덩이 둘레비는 표준 비만지표로서 활용되었다. 연구결과 허리/엉덩이 둘레비를 기준으로 분류된 상위집단은 하위집단에 비해 부교감신경활동을 반영하는 HRV의 rMSSD, pNN50, HF 및 SD1에서 유의하게 낮은 값을 나타내었다. 그러나 HRV의 교감신경활동지수 LF/HF에서는 집단 간 통계적 차이가 없었다. 또한 상관분석 결과 시간, 주파수 및 비선형영역의 HRV 부교감신경 지수들이 체질량지수와 관련하지 않는 반면 허리둘레, 허리/엉덩이 둘레비 및 체지방률과 같은 비만지표들과는 유의한 상관관계를 나타내었다. 특히 허리둘레와 체지방률에 비해 허리/엉덩이 둘레비가 부교감신경활동과 더 밀접하게 관련하는 경향을 나타냈다. 이상의 결과들은 남자 대학생 흡연자들에서 전반적인 비만도를 반영하는 체질량지수와는 독립적으로 중심부 비만이 심장부교감신경 저하와 관련하는 주된 상관 요인임을 뒷받침한다.

주제어 : 담배흡연, 중심부 비만, 자율신경시스템, 심박변이도, 부교감신경활동

Abstract : This study aimed to explore the association between obesity index and heart rate variability (HRV) in college-aged male smokers. A total of 85 male college students (> 10 cigarettes per day for at least 3 years) were participated in this study. According to a standardized protocol, body mass index (BMI), percent body fat (%BF), waist circumference (WC), and waist-to-hip ratio (WHR) were taken as obesity indices. Resting r-r interval was monitored for HRV analysis as an indicator of

†Corresponding author
(E-mail: kimmk@knu.ac.kr)

cardiac autonomic regulation. Compared with low WHR subjects, high WHR subjects had significantly lower values of rMSSD, pNN50, HF, and SD1, suggesting decreased parasympathetic activity. No such differences in LF/HF ratio were found between the WHR-based subgroups. Bivariate correlation analysis showed that obesity indices of WC, WHR, and %BF were significantly associated with rMSSD, pNN50, HF, and SD1, with a tendency for correlation coefficient to be higher with WHR than with WC or %BF. No significant association was found between BMI and HRV parameters indicative of parasympathetic activity. This study suggest that central obesity is significantly associated with decrease in parasympathetic activation, independent of BMI as an indicator of obesity, in male college smokers.

Keywords : Cigarette smoking, Central obesity, Autonomic nervous system, Heart rate variability, Parasympathetic activity

1. 서론

담배흡연 시 니코틴(nicotine) 및 유기물 연소로 발생하는 미세미립자물질(fine particulate matter) 등의 인체 유입은 급성적 또는 만성적으로 미주신경(vagus nerve) 저하를 유도하여 안정 시 심박수(resting heart rate, RHR)를 증가시킨다[1]. 특히 흡연으로 야기되는 교감신경활성화(sympathetic activation) 및 부교감신경저하(parasympathetic withdrawal)는 심장자율신경불균형(cardiac autonomic imbalance)을 유발하며, 심혈관 질환을 포함한 모든 사망원인의 위험증가와 관련한다[2]. 한편 심박변이도(heart rate variability, HRV)는 심전도(electrocardiogram)의 QRS 복합체에서 R wave의 간격 변이를 통해 심장자율신경계(autonomic nervous system)를 평가하는 기법이다. 실제 프레이밍햄 심장연구(Framingham Heart Study)에서 18세 이상 성인남녀 1,882명을 대상으로 12년 간 추적 조사한 결과 HRV는 심혈관 질환 및 조기사망 발생의 강력한 예측지표이며[3], 담배흡연에 의한 급성적·만성적 심장자율신경조절 변화를 관찰하기 위한 임상적 시도에서 널리 이용되어 왔다[4].

비만(obesity) 역시 자율신경계 교란을 야기하는 강력한 요인으로서, 비만자에서 흔히 관찰되는 인슐린 저항성을 수반한 혈장 노르에피네프린(norepinephrine) 방출 증가는 교감신경을 과도하게 흥분시켜 심혈관 질환 및 제2형 당뇨병의 위험을 증가를 초래한다[5]. 특히 비만에 의한 자율신경기능 감소의 검증에서도 HRV 분석이 시도되었으며, 실제 39-60세 연령의 성인남녀를 대상으로

보행용 24시간 심전도기록을 이용해 체질량지수(body mass index, BMI) 31-52 kg/m²의 비만 집단(n=52)과 BMI 17-27 kg/m²의 비비만(non-obese) 집단(n=28)의 HRV를 분석한 결과 전반적 HRV 활성도를 반영하는 SDNN (the standard deviation of normal-to-normal r-r intervals)이 비만집단에서 유의하게 감소된 것으로 나타났다[6].

2016년 건강검진통계연보[7]에 따르면 30대(46.3%) 및 40대(46.5%) 남성에 비해 낮은 수치지만 20대 이하 성인남성의 흡연율은 44.3%에 달하는 것으로 나타났다. 뿐만 아니라 20대 남성의 비만을 역시 35.8%로 전체 비만을 34.9%에 비해 높은 것으로 보고되었다. 2016년 남학생의 대학진학률은 66.3%[8]로 국내 20대 남성 중 대학생의 비율이 높게 차지하고 있으며, 20대 대학생들의 담배흡연은 장래 사회경제적 비용을 초래할 수 있기 때문에 사전·예방적 관리가 중요하다[9].

결과적으로 국내 20대 이하 성인남성에서 담배흡연 및 비만 문제가 대두 되고 있는 점 그리고 담배흡연 뿐 아니라 비만이 심장자율신경조절 감소에 기여하는 공통적 위험요인이라는 측면에서[2], 대학생 흡연자를 위한 담배흡연 및 비만 관련 건강 정보가 필요한 실정이다.

임상적으로 BMI, 허리둘레(waist circumference, WC) 및 허리-엉덩이 비(waist to hip ratio, WHR) 등의 비만지표들은 심혈관 위험과 관련하는 것으로 알려져 있다[10]. 주목되는 점은 전반적 비만도를 반영하는 BMI 및 체중이 담배흡연자에서 오히려 비흡연자에 비해 낮은 경향이 있으며[11] 실제 9,047명(aged 16-74 years)를

대상으로 수행된 Scottish Health Survey의 분석결과 흡연자는 비흡연자에 비해 남녀 모두에서 BMI가 유의하게 낮은 것으로 보고되었다[12].

비록 흡연자가 낮은 BMI를 나타내는 경향이 있지만, 공교롭게도 담배흡연은 복부지방축적을 촉진하여 중심성 비만(central obesity)을 유도한다. 실제 스위스 로잔(Lausanne)에 거주하는 35-75세 연령의 성인남녀 6,123명을 대상으로 수행된 CoLaus 연구에서 흡연자는 비흡연자에 비해 WC, 체지방률(body fat percentage, %BF) 및 BMI가 유의하게 낮았음에도 불구하고 일일 흡연량(cigarettes smoked per day)에 따라 WC 및 %BF가 증가되는 것으로 나타났다[13]. 특히 중심성(복부) 비만은 심장자율신경계조절과 관련한 시상하부-뇌하수체-부신 축[hypothalamic-pituitary-adrenal (HPA) axis]을 자극하여 부교감신경활동 저하를 포함한 자율신경기능 감소에 기여하는 데, 복부 비만의 주요지표인 WHR의 증가는 HPA axis의 조절장애를 야기하는 것으로 알려져 있다[14]. 흥미롭게도 Barrett-Connor와 Khaw[15]의 연구에서 담배흡연량과 WHR의 용량-반응 관계(dose-response relationship)를 분석한 결과, 흡연자는 비흡연자에 비해 다른 체형임에도 불구하고 BMI와 독립적으로 담배흡연량 증가에 따라 WHR이 증가되는 것으로 나타났으며, 실제 25-84세의 건강한 성인남녀 22,059명을 대상으로 수행된 Greek EPIC cohort 연구결과 WHR과 일일 담배흡연량 간의 정적관련성이 나타났다[16]. 즉, 흡연자는 낮은 BMI와 높은 복부 비만이라는 특이 경향의 비만상태를 보이게 되는데, 현재까지 흡연자에서 WHR을 포함한 복부 비만인자와 심장자율신경조절 간에 직접적인 관련성에 관한 정보는 국내 외적으로 상당히 미흡한 실정이다.

따라서 본 연구는 흡연 남성을 대상으로 복부 비만이 심장자율신경조절에 미치는 영향을 살펴보고, WHR을 포함한 각각의 비만지표들과 교감 또는 부교감신경활동을 반영하는 HRV 지표 간 관련성 규명을 목적으로 수행되었다.

2. 연구 방법

2.1. 연구대상 및 표집

본 연구는 2014년 6월 ~ 2015년 6월 간 D광역시 소재 K 대학 홈페이지를 이용해 대상을 모집하였으며, 참여자들은 최소 3년 이상 일일

10개비 이상의 담배흡연을 지속하는 습관성 흡연자들이었다. 이들은 과거 6개월간 정기적 운동트레이닝을 수행하지 않은 좌식생활자들이며, HRV 분석 시 영향을 미칠 수 있는 연령, 성차 및 병리적 요인을 최소화하기 위해 명백한 심혈관 및 대사질환이 없는 20~29세 사이의 남자 대학생으로 한정하였다.

본 연구의 표본 수는 G*Power(version 3.1.9.2, Heinrich Heine University, Dusseldorf, Germany) 프로그램을 이용하여 계산하였다. Cohen의 중간 효과 크기(medium effect size=.3)를 바탕으로 이변량 상관분석(α probability=.05, Power=.8)을 위한 표본 수 산출 결과 총 sample size는 84명이었으며, 최근 비만과 HRV 지표 간 상관관계를 조사한 Yadav 등[17]의 연구에서는 30대 성인 총 59명을 대상으로 WHR과 안정 시 심장부교감신경활동 간 부적 관련성을 보고했다.

이를 바탕으로 본 연구에서는 참여를 희망한 총 90명의 지원자 가운데 고혈압 기준(systolic blood pressure, SBP > 140 mmHg; diastolic blood pressure, DBP > 90 mmHg)을 초과한 5명을 제외하고 최종 85명을 대상으로 자료를 수집하였다. 이외 구체적인 제외기준은 다음과 같다.

- 1) 대사질환 및 심혈관 환자
- 2) 뇌혈관장애를 가진 자
- 3) 간 및 신장 기능장애를 가진 자
- 4) 최근 1년 내 정기적 약물을 복용한 경험이 있는 자
- 5) 그 외 연구자가 부적합하다고 판단되는 자

본 연구는 K 대학 생명윤리위원회(institutional review board)의 승인(2014-0066)을 받아 실험윤리 및 안전지침을 준수하여 시행되었으며, 연구원들은 실험에 관한 내용과 수반되는 위험성을 고지하고 자발적 참가에 관한 동의서에 서명을 받았다.

2.2. 관찰변인 및 측정방법

실험 전 총 흡연 기간과 일일 흡연량을 기록하고, 담배의존도를 평가하기 위해 CDS-12(12-item scale labelled the cigarette dependence scale)를 이용하였다[18, 19]. 신체조성을 포함한 비만지표 측정 및 자율신경모니터링은 최소 48시간 전 격렬한 신체활동을 제한하고 최소 24시간 전 알코올 및 카페인 함유의 음료섭취를 금지한 상태로 진행되었다. 또한 급성적 흡연상태를 확인하기 위해 흡연측정기(piCO+Smokerlyzer, Bedfont

Scientific Ltd., Kent, United Kingdom)를 통해 호기 내 일산화탄소(carbon monoxide, CO) 및 일산화탄소헤모글로빈(carboxyhemoglobin, COHb)의 포화도를 측정하였으며, 생체주기의 변동성을 최소화하기 위해 모든 측정은 오전 9시에 실험실 방문을 통해 측정되었다.

2.2.1. 비만지표 및 혈류역학적 변인

전일 공복 후 신장 0.1 cm 및 체중 0.01 kg까지 평가되는 자동신장측정계(GL-150, G-tech international, Korea)를 사용하여 속옷 착용의 맨발상태로 신장 및 체중을 측정하고, 이를 바탕으로 BMI를 산출하였다. 세계보건기구(World Health Organization, WHO)의 권고사항에 따라 출자를 이용해 배꼽(umbilicus) 수준에서 획득한 WC와 엉덩이의 가장 넓은 부분(the widest portion)에서 측정된 엉덩이둘레(hip circumference)를 이용해 WHR을 계산하였다[20]. %BF은 ACSM(American College of Sports Medicine) 가이드라인을 바탕으로 보정된 아날로그식 피지후계(skinfold caliper, Dynatronic CO., Salt Lake City, USA)를 이용하여 가슴(chest), 복부(abdomen), 대퇴부(thigh)를 각각 측정 후 채택 값을 이용해 Jackson과 Pollock의 공식에 따라 신체 밀도(body density)를 구한 후, Siri 방정식을 통해 %BF를 산출하였다[21].

한편, 12시간 공복 상태로 20분 이상 안정 후 앉은 자세로 자동혈압측정기(UA-772C, A&D, Japan)를 이용해 SBP 및 DBP를 측정하고 이를 바탕으로 평균동맥압[mean arterial pressure, MAP = 1/3(SBP) + 2/3(DBP)]을 산출하였다.

2.2.2. 심박변이도

RHR과 함께 자율신경조절을 평가를 위한 HRV 측정은 생체주기 및 환경적 요인에 따른 변동성을 최소화하기 위해 오전 9-11시 실험실 방문 후 온도 22-24°C와 습도 40-50%로 제어된 조용하고 어두운 실험실 환경에서 앉은 자세로 수행되었다.

무선심박계 Polar RS800CX (Polar Electro Oy, Kempele, Finland)를 이용해 1,000 Hz로 10분간의 mean HR 및 r-r interval을 기록하였으며, 원시 데이터는 Pro-trainer Polar 5 software (version 5.40.171, Polar Electro)에 의해 text file (.hrm)로 추출 후 HRV analysis software Kubios (version 2.1, 2012, Biosignal Analysis And

Medical Imaging Group, University of Kuopio, Finland, MATLAB)에 이입하였다. 시간, 주파수 및 비선형 지수를 산출하기 전 artifact correction을 통해 이소성 beat를 배제하고 단기간 HRV 표준검사(5 min) 프로토콜에 따라 256 points/Hz의 연속적인 IBIs (interbeat intervals)를 선별 후 Smoothness priors ($\lambda/500$) 기법을 이용한 탈 경향화법(detrended method)을 통해 재추출하였다[22].

전 처리가 완료된 IBIs를 이용해 부교감신경 활동을 반영하는 시간영역지수 rMSSD (the square root of the mean squared differences between successive r-r intervals) 및 pNN50 (NN50 divided by the total number of r-r intervals)을 산출하였으며, 고속푸리에 변환(fast Fourier transform)법을 적용한 파워스펙트럼밀도(power spectral density, PSD) 분석을 통해 교감과 부교감 신경 활동의 혼합지표 LF (low frequency power, 0.04-0.15 Hz) 및 부교감신경활성지수 HF (high frequency power, 0.15-0.4 Hz)를 선별하였다. LF와 HF의 비(LF/HF ratio)는 교감신경활성화의 지표로 활용되고 있다[23].

한편 비침습적 생체신호는 비정상성(non-stationary)을 내포하기 때문에 최근 비선형기법의 중요성이 대두되고 있으며, 특히 단기간 HRV 측정(5 min)에 적용 가능한 Poincaré plot 분석이 활용되고 있다. Poincaré plot은 연속적인 r-r intervals 간의 연관성을 도식화하여 가로축-수평축(transverse axis) 변이를 나타내는 SD1과 세로축-종축(longitudinal axis) 변이를 나타내는 SD2를 통해 자율신경조절을 해석하는 기법이다[24]. SD1은 부교감신경의 지표로, SD2는 교감 및 부교감신경의 혼합지표로 각각 알려져 있으며 SD1과 SD2의 비(SD1/SD2 ratio)는 부교감신경활성지수로 이용된다.

2.3. 분석방법

모든 자료 처리는 SPSS (Statistical Package for the Social Sciences, version 22.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA) 프로그램을 사용하여 각 항목별 평균(mean)과 표준오차(standard error of mean, SEM)를 산출하였다. WHR의 중위수(median)를 기준으로 상위 및 하위집단의 HRV 지표간의 차를 평가하기 위해 독립표본 t-검정(independent sample t-test)을 실시하였다. 자료의 정규성 검정을 위해 Shapiro-Wilk test를 실시

하고 WHR을 포함한 비만척도들과 HRV 지표 간 관련성을 확인하기 위해 자료의 정규분포에 따라 피어슨(Pearson's) 또는 스피어만 상관계수(Spearman's correlation coefficient)를 산출하였다. 모든 통계적 유의수준 $\alpha = .05$ 미만으로 설정하였다.

3. 연구결과

3.1. WHR 수준에 따른 연구대상자의 일반적 특성

WHR의 중위수를 기준으로 상위집단(High WHR)과 하위집단(Low WHR)으로 분류했을 때 집단 간 연령에 유의한 차이가 없었음에도 불구하고 체중을 포함한 BMI, WC 및 %BF와 같은 비만 지표들에서 각각 통계적인 차이가 나타났다($p < .001$) (Table 1).

대조적으로 집단 간 RHR을 포함한 SBP, DBP

및 MAP와 같은 혈류역학적 지표 간 유의한 차이는 나타나지 않았다($p > .05$). 또한 일일흡연량, 총 흡연기간 및 흡연의존도와 같은 만성적 흡연상태와 호기 내 일산화탄소 및 일산화탄소해모글로빈 수준과 같은 급성적 흡연상태에서도 집단 간 통계적인 차이는 없었다($p > .05$) (Table 1).

3.2. WHR 수준에 따른 HRV 지표 간 차이

시간영역분석의 부교감신경활성지수 rMSSD 및 pNN50에서 WHR의 수준에 따라 하위집단이 상위집단에 비해 각각 유의하게 높은 값을 나타내었다($p < .05$) (Fig. 1A, 1B).

스펙트럼분석에서 부교감신경활동을 반영하는 고주파 성분 HF는 WHR의 수준에 따라 하위집단이 상위집단에 비해 통계적으로 높은 값을 나타내었다($p < .05$) (Fig. 1C).

그러나 교감신경활성지수 LF/HF ratio는 집단 간 유의한 차이가 나타나지 않았다($p > .05$) (Fig. 1D).

Table 1. The difference between Low- and High groups in clinical information and smoking status followed by WHR value (n=85, median=0.86)

Variables	Low WHR (n=45)	High WHR (n=40)	p
<i>Clinical information</i>			
Age (years)	22.8 ± 0.3	23.4 ± 0.3	.194
Height (cm)	174.3 ± 0.8	176.2 ± 0.8	.106
Weight (kg)	66.9 ± 1.2	78.2 ± 1.4	<.001
Body mass index (kg/m ²)	22.02 ± 0.36	25.17 ± 0.41	<.001
Waist circumference (cm)	76.73 ± 0.73	86.97 ± 0.97	<.001
Hip circumference (cm)	92.24 ± 0.75	97.27 ± 0.83	<.001
WHR	0.83 ± 0.01	0.89 ± 0.01	<.001
%BF (%)	15.15 ± 0.74	20.54 ± 0.63	<.001
SBP (mmHg)	114.36 ± 1.35	116.60 ± 1.54	.274
DBP (mmHg)	71.96 ± 1.38	73.30 ± 1.46	.506
MAP (mmHg)	86.09 ± 1.27	87.73 ± 1.30	.370
RHR (beats/min)	63.86 ± 1.06	66.61 ± 1.27	.097
<i>Smoking status</i>			
Cigarette consumption (no./day)	14.02 ± 0.59	14.08 ± 0.73	.955
Duration of smoking (years)	5.27 ± 0.23	5.85 ± 0.37	.173
CDS-12 (score)	35.78 ± 0.91	35.52 ± 1.00	.851
Carbon monoxide (ppm)	7.98 ± 0.61	8.83 ± 0.80	.399
Carboxyhemoglobin (%)	1.92 ± 0.10	2.05 ± 0.13	.413

Values are means ± SE.

WHR, the ratio of the circumference of the waist to that of the hips; %BF, percent body fat; SBP, systolic blood pressure; DBP, diastolic blood pressure; MAP, mean arterial pressure; RHR, resting heart rate; CDS-12, 12-item scale labelled the cigarette dependence scale. p values were calculated by independent-samples *t*-test.

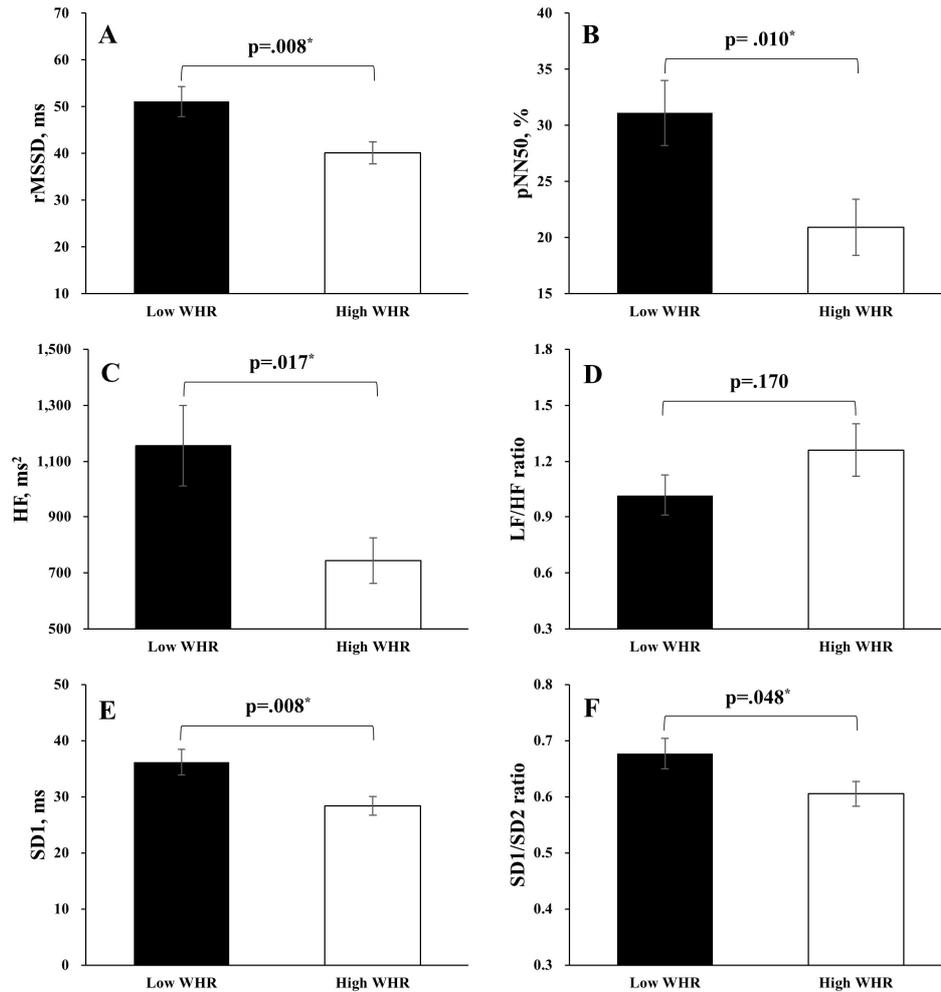


Fig. 1. The differences between Low- and High WHR in HRV indices.

WHR, the ratio of the circumference of the waist to that of the hips; rMSSD, the square root of the mean squared differences between successive r-r intervals; pNN50, NN50 divided by the total number of r-r intervals; HF, high frequency power (0.15–0.4 Hz); LF/HF ratio, the ratio of LF (low frequency power, 0.04–0.15 Hz) to HF; SD1, the standard deviation of the instantaneous beat-to-beat r-r interval variability (minor axis of the ellipse); SD2, the standard deviation of the continuous long-term r-r interval variability (major axis of the ellipse), SD1/SD2 ratio, the ratio of SD1 to SD2.

p values were calculated by independent *t*-test. * $p < .05$.

Poincaré plot의 부교감신경활성지수 SD1 및 SD1/SD2 ratio는 WHR의 수준에 따라 하위집단이 상위집단에 비해 각각 통계적으로 높은 값을 나타내었다($p < .05$) (Fig. 1E, 1F).

3.3. WHR을 포함한 비만척도들과 HRV 지표 간의 상관관계

인체의 전반적 비만도를 반영하는 BMI는 HRV의 시간, 주파수 및 비선형지수들과 관련성이 나타나지 않았다. 대조적으로 WC, WHR 및 %BF는 HRV의 부교감활성지수들과 밀접한 관련성을 나타내었다. 구체적으로 부교감활성도를 반영하는 시간영역 지수 rMSSD는 WHR ($r = -.331, p < .01$), WC ($r = -.311, p < .01$), 및 %BF ($r = -.279, p < .05$) 순으로 각각 음의 상관관계를 나타내었다(Table 2). 또한 pNN50 역시 WHR ($r = -.329, p < .01$), WC ($r = -.306, p < .01$), 및 %BF ($r = -.280, p < .01$) 순으로 각각 음의 상관관계를 나타내었다(Table 2).

HRV 스펙트럼 분석결과, 교감신경활성지수 LF/HF ratio는 WHR을 포함한 비만척도들과 유의한 관련성이 나타나지 않은 반면, 부교감신경활성지수 HF는 WHR ($r = -.255, p < .05$), WC ($r = -.229, p < .01$), 및 %BF ($r = -.230, p < .01$) 순으로 각각 음의 상관관계를 나타내었다(Table 2). 부교감신경활동을 반영하는 Poincaré plot의 SD1 역시 WHR ($r = -.331, p < .01$), WC ($r = -.311, p < .01$), 및 %BF ($r = -.279, p < .05$) 순으로 음의 상

관관계를 나타내었다(Table 2).

4. 논 의

본 연구는 젊고 건강한 흡연남성을 대상으로 비만과 심장자율신경조절과의 관계성을 목적으로 WHR을 포함한 비만척도들과 HRV index간의 관련성을 규명하려는 목적으로 수행되었다.

주된 연구결과는 다음과 같다. 첫째, WHR 수준에 따라 분류된 상위집단과 하위집단 간 일일 흡연량 및 연령에서 통계적 차이는 없었지만, WHR의 상위집단은 하위집단에 비해 안정 시 부교감신경활동수준이 감소된 것으로 나타났다. 둘째, 혈액학적 변인들을 포함한 흡연정도(일일흡연량, 흡연의존도 등)와 WHR 수준 간 유의한 관련성이 없었음에도 불구하고 WHR을 포함한 WC 및 %BF는 HRV의 각 분석영역에서 부교감신경활성지수들과 음의 상관관계를 나타내었다. 대조적으로 전신 비만도를 반영하는 BMI는 안정 시 HRV 지표와 유의한 관련성이 나타나지 않았다.

혈장 노르에피네프린의 증가는 교감신경활성화와 함께 미주신경자극에 대한 심박수의 동적 반응을 약화시켜 부교감신경활동을 저하시키는 데[25] 24-42세 비흡연 성인남녀 82명을 대상으로 마른 체형(lean), 말초형 비만(peripheral obesity, PO) 및 중심부 비만(central obesity, CO) 집단으로 분류했을 때 연령의 차이가 없었음에도 불구하고

Table 2. The correlation between obesity index and indices of HRV (n=85)

Variables	BMI (kg/m ²)		WC (cm)		WHR		%BF (%)	
	r	p	r	p	r	p	r	p
rMSSD (ms)	-.188	.084	-.311	.004	-.331	.002	-.279	.010
pNN50	-.182	.095	-.306	.004	-.329	.002	-.280	.009
HF (ms ²)	-.145	.184	-.229	.035	-.255	.018	-.230	.035
LF/HF ratio	.082	.457	.147	.178	.131	.230	.138	.209
SD1 (ms)	-.188	.084	-.311	.004	-.331	.002	-.279	.010

BMI, body mass index; WHR, the ratio of the circumference of the waist to that of the hips; %BF, percent body fat; rMSSD, the square root of the mean squared differences between successive r-r intervals; pNN50, NN50 divided by the total number of r-r intervals; HF, high frequency power (0.15-0.4 Hz); LF/HF ratio, ratio of LF (low frequency power, 0.04-0.15 Hz) to HF; SD1, the standard deviation of the instantaneous beat-to-beat r-r interval variability (minor axis of the ellipse).

Coefficients (r) and p values were calculated by Spearman's correlation coefficient.

CO는 lean 및 PO에 비해 WHR 수준이 유의하게 높았을 뿐 아니라 혈장 노르에피네프린이 유의하게 높은 수준을 나타내었다[26].

Indumathy 등[27]의 연구에서 18-40세 성인 223명을 대상으로 Control (BMI 18.50-22.99 kg/m²), Pre-obese (BMI 23.00-27.49 kg/m²) 및 Obese (BMI ≥ 27.50 kg/m²)로 분류하여 비교한 결과 WHR에서 집단 간 유의한 차이가 나타났으며, 안정 시 시간영역의 부교감신경활성지수 rMSSD 및 pNN50와 스펙트럼지수 HF nu, LF nu 및 LF/HF ratio에 유의한 차이가 나타났다. 본 연구의 결과에서 WHR의 상위집단은 하위집단에 비해 스펙트럼의 HF 뿐만 아니라 시간영역 및 Poincaré plot의 부교감신경활성지수들이 유의하게 감소하는 것으로 나타났다. 그러나 교감미주신경밸런스(sympathovagal balance)를 반영하는 스펙트럼의 정규화 값 또는 LF/HF ratio에서 집단 간 유의한 차이는 없었다. 결과적으로 WHR의 증가는 미주신경활동 감소시키며, 특히 젊은 흡연자 집단에서는 주로 부교감신경활동의 저하를 유발하여 심장자율신경기능을 감소에 기여하는 것으로 판단된다.

한편 비만은 혈압과 같은 혈액학적 요인과 관련하며[28], 흡연자에서 복부 비만과 흡연정도 간의 유의한 상관관계가 보고되어 있다[15]. 그러나 본 연구에서 연구대상 선정 시 3년 이상 일일 10개비 이상 흡연을 수행하는 정상혈압의 건강하고 젊은 남성으로 한정하였다는 제한점이 있다. 이로 인해 비만척도들의 수준은 혈액학적 변인을 포함해 일일흡연량을 비롯한 총 흡연기간 및 담배의존도와 같은 흡연정도와 유의하게 관련하지 않았다(data not shown). 그러나 BMI를 제외한 WC, WHR 및 %BF의 증가는 자율신경기능 감소와 관련하였다. 심장자율신경의 기능감소는 심혈관 질환으로 인한 사망률을 증가시키는 데 HOPE (Heart Outcomes Prevention Evaluation) 연구에 참가한 8,802명의 심혈관 질환자를 대상으로 4.5년 간 추적 조사한 결과, BMI, WC 및 WHR를 각각 3분위 tertile) 분류의 콕스 회귀모델(Cox regression model)에서 WHR 및 WC와 같은 복부 비만지표의 증가가 총 심혈관 사망의 상대적 위험률을 증가시키는 것으로 나타났다[29].

BMI의 경우 흡연자에서 오히려 비흡연자 보다 낮은 경향을 보이며, 일일흡연량과 같은 흡연정도와 BMI 간의 관련성은 불명확하다[10, 11]. 본 연구의 결과에서도 BMI는 흡연자들의 심장자율신경

조절과 직접적인 관련성이 없는 것으로 나타났다. 대조적으로 %BF 및 중심부 비만지표 WC와 WHR의 증가는 HRV 각 분석영역의 부교감신경활성지수 감소와 관련하였다. Windham 등[30]의 연구에서도 29-96세 연령의 성인남녀 158명을 대상으로 24시간 HRV 분석을 수행한 결과 젊은 층에서 WC의 증가는 시간영역의 부교감신경활성지수 rMSSD의 감소와 관련한 반면 BMI는 모든 연령층에서 심장자율신경조절과 관련성이 나타나지 않았다. 또한 성인남녀 74명(50 women and 24 men)을 대상으로 허혈성 심장질환(ischemic heart disease)의 위험요인과 HRV 간에 관련성을 조사하기 위한 전향연구 결과, 남성에서 WHR 수준은 스펙트럼의 부교감신경 지수 HF와 음의 상관관계를 나타낸 반면 BMI와 HRV 지표 간 유의한 관련성은 나타나지 않았다[31]. 비록 심장자율신경조절과 전반적인 비만도를 평가하는 BMI 간에 관련성은 없었지만, HRV 각 분석영역의 부교감신경활성지표들이 WC 및 WHR과 같은 중심부 비만지표와 밀접하게 관련한다는 점에서 본 연구의 결과는 흡연자의 복부 비만과 부교감신경 간에 직접적인 상관관계가 있음을 시사한다.

본 연구결과는 몇몇의 제한점을 가진다. 3년 이상 일일 10개비 이상의 젊고 건강한 남성흡연자를 대상으로 수행된 결과이므로 연령 및 성차에 따른 차이를 고려하지 않았으며, 흡연경력 또는 습관 등 다양한 흡연 패턴을 반영할 수 없기 때문에 전체 흡연자에서 일반화하기 어렵다. 또한 횡단적 분석을 통해 흡연자에서 비만과 심장자율신경조절 간의 상관관계를 규명하였으나, 인과(cause and effect)관계에 대한 구체적 해석을 제시할 수 없다. 그러나 흡연이 중심성 비만을 촉진시키며 비만이 심혈관 건강의 위험요인임에도 불구하고, 흡연자에서 비만과 심장자율신경조절 간 연관성에 관한 보고는 국내외적으로 미흡하다. 따라서 본 연구의 결과는 대학 연령의 남성 흡연자에서 WC 및 WHR과 같은 중심부 비만지표가 HRV의 부교감신경지표들과 부적 관련성을 나타낸다는 사실을 입증함으로써, 흡연자의 복부 비만지표의 증가가 흡연자의 심장부교감신경 저하를 유도할 수 있을 가능성을 시사한다. 추가적으로 비록 안정 시 HRV의 교감신경활동 지수와 비만지표들 간 유의한 상관관계를 나타내지 않았으나 시간, 주파수 및 비선형 영역의 HRV 부교감활동지표들이 중심부 비만 표지자들과 심장자율신경 조절 간 밀접한 관련성을 반영할 수 있는 유용한 생리학적 마커

라는 새로운 정보를 제시하였다는 점에서 중요한 임상적 의의가 있다.

5. 결론

본 연구는 남자 대학생의 담배흡연이 비만과 관련하며 특히 복부 비만의 증가 및 심장자율신경기능 감소와의 관련성에 기초한다는 점에서 흡연자의 WHR 수준이 심장자율신경계에 미치는 영향을 살펴보고 비만척도와 HRV 분석 지표 간에 직접적인 관련성을 규명하기 위해 수행되었다. 흥미롭게도 흡연자에서 WHR과 같은 비만지표의 증가는 HRV의 부교감신경 지수의 감소와 밀접하게 관련하며, 특히 BMI와는 독립적으로 %BF 및 복부 비만의 증가와 부교감신경활동 저하 간 직접적인 상관관계가 존재한다는 사실을 알 수 있었다. 그러나 본 연구는 남자 흡연 대학생을 대상으로 실시한 연구로서 추후 다양한 스펙트럼의 비만지표의 적용과 함께 연령, 성차 등을 고려할 수 있는 대규모 인구집단을 토대로 관련 사실을 지속적으로 규명해 나가야 할 필요성이 있다.

감사의 글

이 논문(저서)은 2013년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 연구되었음(NRF-2013S1A5A8024009)

This work was supported by the National Research Foundation of Korea Grant funded by the Korean Government(NRF-2013S1A5A8024009)

References

1. H. R. Middlekauff, J. Park, R. S. Moheimani, "Adverse effects of cigarette and noncigarette smoke exposure on the autonomic nervous system: mechanisms and implications for cardiovascular risk", *Journal of the American College of Cardiology*, Vol.64, No.16 pp. 1740-1750, (2014).
2. J. F. Thayer, S. S. Yamamoto, J. F. Brosschot, "The relationship of autonomic imbalance, heart rate variability and cardiovascular disease risk factors", *International journal of cardiology*, Vol.141, No.2 pp. 122-131, (2010).
3. L. R. Wulsin, P. S. Horn, J. L. Perry, J. M. Massaro, R. B. D'agostino, "Autonomic imbalance as a predictor of metabolic risks, cardiovascular disease, diabetes, and mortality", *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, Vol.100, No.6 pp. 2443-2448, (2015).
4. J. Hayano, M. Yamada, Y. Sakakibara, T. Fujinami, K. Yokoyama, Y. Watanabe, K. Takata, "Short- and long-term effects of cigarette smoking on heart rate variability", *The American journal of cardiology*, Vol.65, No.1 pp. 84-88, (1990).
5. M. Schlaich, N. Straznicki, E. Lambert, G. Lambert, "Metabolic syndrome: a sympathetic disease?", *The lancet Diabetes & endocrinology*, Vol.3, No.2 pp. 148-157, (2015).
6. K. Karason, H. Mølggaard, J. Wikstrand, L. Sjostrom, "Heart rate variability in obesity and the effect of weight loss", *The American journal of cardiology*, Vol.83, No.8 pp. 1242-1247, (1999).
7. Korean National Health Insurance Service. *The national health Screening Statistical Yearbook*. Seoul: National Health Insurance Service, (2017).
8. Korean Ministry of Education. *Statistical yearbook of education*. Korea: Korean Educational Development Institute, (2016).
9. Y. B. Kim, "Association with smoking behavior, environmental factors and health promoting lifestyle among Korean university students", *Korean Journal of Health Education and Promotion*, Vol.32, No.2 pp. 15-26, (2015).
10. S. Y. Yoo, M. Kim, S. Kim, S. H. Kim, S. J. Ko, J. W. Beom, J. Y. Kim, J. Jo, Y. U. Kim, D. Heo, J. C. Moon, S. Moon, Y. H. Lim, S. A. Lee, D. H. Lee, D. M.

- Lim, K. Y. Park, B. J. Kim, G. Koh, "Relationship between obesity indices and cardiovascular risk score in Korean type 2 diabetes patients", *The Korean Journal of Obesity*, Vol.22, No.3 pp. 148-154, (2013).
11. D. Albanes, D. Y. Jones, M. S. Micozzi, M. E. Mattson, "Associations between smoking and body weight in the US population: analysis of NHANES II", *American journal of public health*, Vol.77, No.4 pp. 439-444, (1987).
 12. M. Akbartabartoori, M. E. J. Lean, C. R. Hankey, "Relationships between cigarette smoking, body size and body shape", *International journal of obesity*, Vol.29, No.2 pp. 236-243, (2005).
 13. C. Clair, A. Chiolero, D. Faeh, J. Cornuz, P. Marques-Vidal, F. Paccaud, V. Mooser, G. Waeber, P. Vollenweider, "Dose-dependent positive association between cigarette smoking, abdominal obesity and body fat: cross-sectional data from a population-based survey", *BMC public health*, Vol.11, No.1 pp. 23, (2011).
 14. T. Ljung, G. Holm, P. Friberg, B. Andersson, B. A. Bengtsson, J. Svensson, M. Dallman, B. McEwen, P. Bjorntorp, "The activity of the hypothalamic-pituitary-adrenal axis and the sympathetic nervous system in relation to waist/hip circumference ratio in men", *Obesity*, Vol.8, No.7 pp. 487-495, (2000).
 15. E. Barrett-Connor, K. T. Khaw, "Cigarette smoking and increased central adiposity", *Annals of internal medicine*, Vol.111, No.10 pp. 783-787, (1989).
 16. C. Bamia, A. Trichopoulou, D. Lenas, D. Trichopoulos, "Tobacco smoking in relation to body fat mass and distribution in a general population sample", *International journal of obesity*, Vol.28, No.8 pp. 1091-1096, (2004).
 17. R. L. Yadav, P. K. Yadav, L. K. Yadav, K. Agrawal, S. K. Sah, M. N. Islam, "Association between obesity and heart rate variability indices: an intuition toward cardiac autonomic alteration—a risk of CVD", *Diabetes, metabolic syndrome and obesity: targets and therapy*, Vol.10, pp. 57-64, (2017).
 18. M. S. Kim, Y. J. Paek, "Psychometric Tools Related to the Assessment of Nicotine Dependence and Withdrawal Symptoms", *Journal of the Korean Academy of Family Medicine*, Vol.29, No.5 pp. 315-324, (2008).
 19. C. Y. Park, J. H. Ahn, S. Y. Bang, S. W. Choi, "The Reliability and Validity of the Korean Version of the Cigarette Dependence Scale-12(CDS-12)", *Journal of Korean Academy of Addiction Psychiatry*, Vol.14, No.1 pp. 42-48, (2010).
 20. World Health Organization. *Waist circumference and waist-hip ratio: Report of a WHO expert consultatio*. Geneva: World Health Organization, (2011).
 21. American College of Sports Medicine. (Eds). *ACSM's guidelines for exercise testing and prescription (9th ed)*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, (2013).
 22. C. S. Kim, M. K. Kim, H. Y. Jung, M. J. Kim, "Effects of exercise training intensity on cardiac autonomic regulation in habitual smokers", *Annals of Noninvasive Electrocardiology*, Vol.22, No.5, (2017).
 23. M. P. Tarvainen, J. P. Niskanen, J. A. Lipponen, P. O. Ranta-Aho, P. A. Karjalainen, "Kubios HRV-heart rate variability analysis software", *Computer methods and programs in biomedicine*, Vol.113, No.1 pp. 210-220, (2014).
 24. A. Voss, A. Heitmann, R. Schroeder, A. Peters, S. Perz, "Short-term heart rate variability—age dependence in healthy subjects", *Physiological measurement*, Vol.33, No.8 pp. 1289, (2012).
 25. T. Miyamoto, T. Kawada, H. Takaki, M. Inagaki, Y. Yanagiya, Y. Jin, M.

- Sugimachi, K. Sunagawa, "High plasma norepinephrine attenuates the dynamic heart rate response to vagal stimulation", *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*, Vol.284, No.6 pp. H2412-H2418, (2003).
26. G. Grassi, R. Dell'Oro, A. Facchini, F. Q. Trevano, G. B. Bolla, G. Mancia, "Effect of central and peripheral body fat distribution on sympathetic and baroreflex function in obese normotensives", *Journal of hypertension*, Vol.22, No.12 pp. 2363-2369, (2004).
27. J. Indumathy, G. K. Pal, P. Pal, P. H. Ananthanarayanan, S. C. Parija, J. Balachander, T. K. Dutta, "Decreased baroreflex sensitivity is linked to sympathovagal imbalance, body fat mass and altered cardiometabolic profile in pre-obesity and obesity", *Metabolism*, Vol.64, No.12 pp. 1704-1714, (2015).
28. A. Esmailzadeh, P. A. R. V. I. N. Mirmiran, F. Azizi, "Waist-to-hip ratio is a better screening measure for cardiovascular risk factors than other anthropometric indicators in Tehranian adult men", *International journal of obesity*, Vol.28, No.10 pp. 1325-1332, (2004).
29. G. R. Dagenais, Q. Yi, J. F. Mann, J. Bosch, J. Pogue, S. Yusuf, "Prognostic impact of body weight and abdominal obesity in women and men with cardiovascular disease", *American heart journal*, Vol.149, No.1 pp. 54-60, (2005).
30. B. G. Windham, S. Fumagalli, A. Ble, J. J. Sollers, J. F. Thayer, S. S. Najjar, M. E. Griswold, L. Ferrucci, "The relationship between heart rate variability and adiposity differs for central and overall adiposity", *Journal of obesity*, (2012).
31. N. H. Eller, "Total power and high frequency components of heart rate variability and risk factors for atherosclerosis", *Autonomic Neuroscience*, Vol.131, No.1 pp. 123-130, (2007).