대한산업의학회지 제 16 권 제 4 호 (2004년 12월)
Korean J Occup Environ Med, 2004;16(4):459-466

일부 지역 주민에서 심박동수 변이와 대사증후군의 상관관계

서울대학교 보건대학원 산업의학교실, 이화여자대학교 의과대학 예방의학교실[1],
한림대학교 한강성심병원 산업의학과[2]

민경복 · 민진영 · 정최경희[1] · 전형준[2] · 조성일 · 백도명

— **Abstract** —

The Relationship between Heart Rate Variability and Metabolic Syndrome at a Rural Area

Kyoung-Bok Min, Jin-Young Min, Kyung-Hee Jung-Choi[1],
Hyung-Joon Jhun[2], Sung-Il Cho, Domyung Paek

School of Public Health and Institute of Health and Environment, Seoul National University, Seoul, Republic of Korea,
Department of Preventive Medicine, Ewha Womans University, Medical College Seoul, Republic of Korea[1],
Department of Occupational and Environmental Medicine, Hangang Sacred Heart Hospital, Hallym University[2]

Objectives: The purpose of the present study was to estimate the prevalence of metabolic syndrome and to investigate the relation between metabolic syndrome and heart rate variability in a community population.

Methods: The study design was cross-sectional, and 1028 subjects, aged 20~87 years, were recruited. Heart rate variability was measured in the sitting position for five minutes. The recorded data were assessed by time-domain (standard deviation of RR interval) and frequency-domain analysis. All subjects were examined for five components of metabolic syndrome.

Results: The prevalence of metabolic syndrome in male and female subjects was 25.9% and 27.7%, respectively. The mean value of heart rate variability of the subjects was significantly different between healthy subjects and those with metabolic syndrome. The regression model showed that metabolic syndrome was negatively correlated with heart rate variability.

Conclusions: The results demonstrate that metabolic syndrome has potentially negative effects on the cardiovascular system, and that these effects could be detected by heart rate variability. Follow-up studies able to control the cohort effect are necessary to evaluate the relation between metabolic syndrome and heart rate variability.

Key Words: Heart rate variability, Community-based, Metabolic syndrome, Cardiovascular system

<접수일: 2004년 11월 2일, 채택일: 2004년 11월 5일>

교신저자: 민 경 복 (Tel: 02-740-8854) E-mail: mink1999@snu.ac.kr

서 론

한국사회의 빠른 경제 발전은 서구화된 생활습관의 확산을 가져왔으며, 그 결과 우리나라에서의 심혈관계 질환 발생률과 유병률은 급증하고 있다. 중요한 국민건강문제로 심혈관계 질환이 대두되고 있는 가운데, 사망 통계에서도 뇌혈관질환 및 심장질환에 의한 사망은 남, 녀 모두에서 2, 3위를 차지하고 있다(통계청, 2003). 심혈관계 질환의 관리는 국민 보건에 지대한 영향을 미치며, 허혈성 심질환으로 인한 사망자는 해마다 큰 폭으로 늘고 있는 추세이다.

비만, 고혈압, 당뇨, 지질대사 이상 등 심혈관계 질환은 임상적으로 흔히 동반되어 이환되며, 허혈성 심질환 등 치명적인 질병을 초래할 수 있는 위험인자들로 중요성을 가지고 있다(Isomaa 등, 2001). 이에 주목한 임상의학 연구자들이 이 질환군의 동반발생 현상을 다양한 측면에서 연구되어 왔다(Reaven, 1988). 이후 연구에서 이러한 동반발생 증후군에 인슐린 저항성이 중요한 역할을 하는 것으로 알려져 일반적으로 인슐린 저항성 증후군과 혼용되어 불려지고 있었다. WHO에서는 이러한 일련의 질환군의 모든 인자들이 인슐린 저항은 아니라는 판단 하에 대사증후군으로 재정의하였으며, 그 구성인자로 고혈압, 지질대사 이상, 비만, 단백뇨증, 당뇨 등을 포함하는 기준을 제시하였다(Alberti 과 Zimmer, 1998).

NCEP-ATPIII (The Third report of the National Cholesterol Education Program Expert panel on detection, evaluation and treatment of high blood cholesterol in adults)에서는 대사증후군에 대한 치료의 중요성을 언급하면서 구성인자와 기준치를 보다 분명히 제시하여 미국의 NHANES III (The Third National Health and Nutritional Examination)에 적용시켰다. 이 조사에서 대사증후군 유병율은 23.7%로 보고되어 국민 보건에서 심혈관계 질환의 비중이 매우 높음을 다시 한번 각인시켰다(Ford 등, 2002).

심혈관계 질환의 위험인자의 하나로 최근 자율신경계의 불균형이 제기되고 있다. 이러한 자율신경계의 불균형을 진단하기 위한 방법으로 심박동수 변이가 사용되고 있으며, 임상적으로는 급성심근경색의 발생후 환자들의 사망위험을 평가하는데 이용되고 있다(Odemuyiwa 등, 1991). 대사증후군과 심박동수 변이의 저하가 관련이 있다는 주장은 최근 여러 연구에서 제시되고있다. 비만과 심박동수 변이 감소와의 관련성(Laaksonen 등, 2003), 스트레스 호르몬 분비와 심박동수 변이 감소의 관련성(Brunner 등, 2002), 혈압의 변동과 심박동수 감소의 관련성(Tank 등, 1995), 악성 고혈압이 있는 가계에서 대사증후군과 심박동수 변이의 관련성(Lopes 등, 2001)에 관한 연구가 행해졌다.

최근 심박동수 변이에 관한 연구는 환경 의학적인 측면과 산업의학적인 측면에서 행해지고 있다. 오존, 일산화탄소, 이산화질소, 이산화황의 농도증가가 심박동수 변이의 감소와 관련이 있다는 보고가 있었으며(Liao 등, 2004), 특히 $PM_{2.5}$의 농도와 심박동수 변이의 관계에 관하여 연구가 수행되고 있다(Pope 등, 2004; Riediker 등, 2004; Holguin 등, 2003). 그리고 심박동수 변이는 스트레스, 교대작업 등 직업적 요인과도 관련이 있는 것으로 알려지고 있으며(장세진 등, 2003, 하미나 등, 2001), 중금속, 이황화탄소 등 작업장에서의 유해물질과의 관련성에 관한 연구결과가 제시되고 있다(Magari 등, 2002; 전형준 등, 2004).

직무 스트레스와 관련된 심혈관계의 영향과 관련하여 대사증후군과 심박동수 변이의 관계에 대한 연구는 기존에 행해진 바 있으나(장세진 등, 2003), 남자 근로자로 대상이 한정되어 있었다. 본 연구는 기존 연구성과를 바탕으로 지역사회의 일반 인구를 대상으로 심혈관질환의 예측지표로서 심박동수 변이가 대사증후군 발생과 관련성 여부를 고찰함으로써 심박동변이가 대사증후군의 지역사회 건강수준 진단 수단으로서 유용한지에 대한 평가를 하고자 하였다.

대상 및 방법

1. 연구대상

모 지역에서 2003년 12월 27일부터 2004년 1월 17일 까지 해당 지역 거주민 1,350 명을 대상으로 실시하였다. 검사전 설문을 통하여 성별, 연령, 음주, 흡연, 질병력, 직업력 등에 대한 정보를 수집하였고, 주민 각자에게 서면으로 동의서를 받았다. 검사대상자는 조사 전날 금주를 하도록 사전에 홍보하였으며, 검사 당일 1시간 전에는 흡연, 카페인 음료

의 섭취를 하지 않도록 하였다.

2. 변수 측정

1) 심박동수 변이

측정은 BMF-5000(Medi-core, Seoul, Korea)를 이용하였고, 참여자가 의자에 앉은 뒤 좌 · 우측 손목과 좌측 발목 부분에 전극을 부착시켜 안정상태를 확인한 뒤 5분간 측정하였다. 시간영역 분석(Time domain analysis)으로는 전체 RR 간격의 표준편차인 SDNN (Standard Deviation of RR interval)을 사용하였다.

심박동수 변이의 주파수 영역 분석으로는 일반적으로 사용되는 세가지 주파수 대역을 사용하였다. HF (High Frequency)는 0.15~0.4 Hz, LF (Low Frequency)는 0.04~0.15 Hz, VLF (Very Low Frequency)는 0.0033~0.04의 주파수 대역을 가지며, 이 연구에서는 전체 심박동수 변동을 알 수 있는 심박동수 변이의 지표로서 HF, LF, VLF를 포함한 전체 대역성분으로서 Tp (Total Power)도 분석에 이용하였다.

2) 대사증후군(Metabolic syndrome)

NCEP-ATPIII에서 제시한 기준에 따라 다음의 기준을 적용하였다.

(1) 복부비만: 남자≥102 cm, 여자≥88 cm
(2) 중성지방: ≥ 150 mg/dL
(3) HDL 콜레스테롤: 남자<40 mg/dL, 여자<50 mg/dL
(4) 혈압: 수축기 혈압≥130 mmHg 혹은 이완기 혈압≥85 mmHg
(5) 공복혈당≥110 mg/dL

다만 아시아-태평양 비만치료지침의 기준에 준하여 1)의 기준을 남자≥90 cm, 여자≥80 cm로 조정하였다. 이중 3가지 이상에 해당할 때 대사증후군으로 판정하였다.

3) 혈압 측정 및 신체계측

혈압 측정 및 신체 계측은 일정 교육 및 훈련을 받은 조사자들에 의해 시행되었다. 피검자의 혈압은 5분이상의 휴식을 취한다음 팔 둘레에 따른 적절한 혈압대의 크기를 골라 수은혈압계로 측정하였으며, Korotkov 음 중 Phase I을 수축기 혈압으로 Phase V를 이완기 혈압으로 판정하였다.

허리둘레는 피조사자가 숨을 편안히 내쉰 상태에서 줄자를 이용하여 바닥과 평면이 되면서 피부에 압력이 가해지지 않도록 하여 늑골 하단과 장골릉 사이의 중간 가는 부위를 측정하였다.

3. 통계분석

기존 연구(NHANES III)에서와 마찬가지로 20세 이상의 성인을 대상으로 분석하였으며, 이중 채혈이 되지 않거나 대사증후군의 다섯 가지 검사 항목 중 한 가지 이상이 누락된 피검자를 제외하고 1,028명을 분석하였다.

심박동수 변이를 나타내는 주요 지표들 간의 상관관계를 보았다. 대사증후군 이환군과 정상군의 차이를 보기위하여 두 군간에 심박동 주요변수를 대상으로 t 검정을 시행하였다. 주파수 범위의 지표들(LF, HF, VLF)은 양의 방향으로 치우치는 비대칭 분포를 보였으므로 로그변환하여 분석하였다. 연령, 성별을 보정하여 다중회귀 분석을 시행하였다. 수집된 자료는 SAS 8.0 통계프로그램을 이용하여 통계분석을 하였다.

결 과

연구 대상자 1,028명의 평균 연령과 신체 계측치, 혈압, 혈중 콜레스테롤 농도, 심박동수 변이 주요변수의 평균치는 Table 1과 같았다. 성별 분포는 여성이 59.24%로 남성의 40.76%보다 많았으며, 연구 대상자의 연령분포는 20세 이상 87세까지로 평균연령은 53.3세 였다. 신장과 체중은 각각 160 cm와 62 kg이었고, 체질량 계수는 24.1 kg/m^{2}으로 측정되었다. 총 콜레스테롤, HDL 콜레스테롤, LDL 콜레스테롤과 중성지방은 각각 186.3, 48.7, 107.1 그리고 161.8 mg/dl로 측정되었다. 대사증후군을 판정하는데 기준이 되는 변수별 성별 분포는 Table 2와 같았다. 대사증후군의 유병율은 남성과 여성 각각 25.6%와 27.7%로 나타났다. Table 3은 심박동수 변이에서 주요변수 (SDNN, Tp, LF, HF, VLF)들의 연령 분포를 제시하였다.

대사증후군을 가진 집단과 정상집단의 심박동수

변이의 주요변수를 t-test로 비교하였다(Table 4). 심한 우측 편이를 보인 주파수 범위의 지표들은 로그 변환한 값을 적용하였다. t-test에서는 주요변수들이 모두 유의한 차이를 보였으나, 성별 · 연령별로 혼란변수를 통제하지 않은 상태이므로 이를 보정한 결과를 보기 위해 다중회귀분석을 시행하였다.

심박동수 변이 지표를 종속변수로 하고 피검자의 성, 연령, 흡연, 음주, 대사증후군 이환여부를 독립변수로 한 다중회귀분석 결과 대사증후군의 이환이 심박동수 변이에 유의한 영향을 주는 것을 확인할 수 있었다(Table 5).

고 찰

본 연구의 목적은 한 지역사회의 20세 이상 일반 인구에서 심박동수 변이와 대사증후군과의 연관성을 분석하기 위한 것이다. 이를 위하여 2001년도 재정

Table 1. General characteristics of subjects and risk factors of cardiovascular system

	Mean	SD
Age	53.3	15.4
Height, cm	160.0	9.0
Weight, cm	62.0	11.3
Waist, cm	83.0	9.3
BMI*, kg/m2	24.1	3.4
Systolic blood pressure, mmHg	130.2	21.6
Diastolic blood pressure, mmHg	82.9	11.0
Total cholesterol, mg/dl	186.3	37.7
HDL cholesterol, mg/dl	48.7	9.9
LDL cholesterol, mg/dl	107.1	32.7
Triglyceride, mg/dl	161.8	114.8
Glucose, mg/dl	102.9	27.6
SDNN†	34.2	21.0
log (TP)‡	6.4	1.1
log (LF)§	4.9	1.2
log (HF)‖	4.6	1.3
log (VLF)¶	5.6	1.1

*BMI; Body mass index, †SDNN; Standard deviation of all RR interval,
‡TP; Total power, §LF; Low frequency,
‖HF; High frequency, ¶VLF; Very low frequency

Table 2. Prevalence of metabolic syndrome among adults (age standardized rate).

Component	Male (n=419), %	Female (n=609), %
BP*≥130/85 mmHg	61.58	55.99
FBG†≥110 mg/dL	31.98	25.78
TG‡≥150 mg/dL	43.91	36.12
Low HDL cholesterol	21.72	52.05
Abdominal obesity	31.98	49.43
Metabolic syndrome (≥3 components)	25.9	27.7

*BP; Blood pressure, †FBG; Fasting blood glucose, ‡TG; Triglyceride

의 된 대사증후군 진단기준(NCEP-ATPIII)을 사용하였으며, 이는 기존의 개념과는 새롭게 각각의 심혈관 위험인자 단독 관리보다는 다른 심혈관 위험인자도 동시에 중재하는 포괄적 관리에 목표를 두고 있다. 새로운 기준은 대사증후군에 대한 그 구성인자와 기준치를 WHO보다 간결하고 엄격히 제시하였다(NIH, 2001). 또한 허리둘레에 의한 복부비만 항목을 다른 대사증후군 진단기준과 동일한 가중치를 주어 심혈관계 위험인자로서 비만의 중요성을 강조하였다.

기존에 심박동수 변이와 대사증후군의 관련을 고찰한 연구가 있었으나, 근로자(장세진 등, 2004), 병원내원환자(이용제 등, 2002)등 연구대상에 대한 제한점이 있었고, 외국의 연구에서도 Liao 등의 연

Table 3. Age distribution of heart rate variability

	SDNN*	Tp†	LF‡	HF§	VLF‖
20~30	44.87	1713.25	521.53	366.44	843.17
31~40	37.82	1081.22	284.35	272.17	611.22
41~50	34.33	1050.39	224.25	189.02	639.63
51~60	29.63	740.10	195.65	161.40	359.22
61~70	31.78	920.98	233.77	175.97	511.24
71~	33.93	1331.09	330.20	220.60	771.61

*SDNN; Standard deviation of all RR interval, †TP; Total power,
‡LF; Low frequency, §HF; High frequency, ‖VLF; Very low frequency

Table 4. Mean value of heart rate variability by metabolic syndrome

Variables	Metabolic syndrome	Normal	p value
SDNN*	30.8 (20.8)	36.1 (20.9)	<0.0001
log (Tp)†	6.1 (1.1)	6.5 (1.0)	<0.0001
log (LF)‡	4.5 (1.2)	5.1 (1.2)	<0.0001
log (HF)§	4.4 (1.3)	4.8 (1.2)	<0.0001
log(VLF)‖	5.4 (1.1)	5.7 (1.1)	<0.0001

* SDNN; Standard deviation of all RR interval,
†TP; Total power, ‡LF; Low frequency, §HF; High frequency,
‖VLF; Very low frequency

Table 5. Multiple regression analysis for the heart rate variability and metabolic syndrome

Dependent variable	β1*	Standard Error	p value	R2
SDNN†	3.72	1.43	0.0096	0.031
log(LF)‡	0.29	0.08	0.0002	0.130
log (HF)§	0.20	0.08	0.0152	0.110
log(VLF)‖	0.22	0.08	0.0043	0.068
log(Tp)¶	0.24	0.07	0.0006	0.100

*[log (Dependent variable)]= α+ β1[Metabolic syndrome]+ β2[age]+ β3[sex]+ β4[alcohol]+ β5[smoking],
†SDNN; Standard deviation of all RR interval,
‡LF; Low frequency, §HF; High frequency,
‖VLF; Very low frequency, ¶Tp: Total power

구가 있었으나, 최근에 발표된 NCEP-ATPIII 기준을 적용하지 못한 제한점이 있었다. 따라서 본 연구는 지역사회에서 새로운 기준을 적용한 연구라는 점에서 기존 연구와 차별성이 있다고 여겨진다.

또한 5분 심박동 변이를 측정방법으로 사용한 이유는 집단검진 방식으로 진행되는 역학조사에서 대규모 인원을 한정된 시간에 조사하려면 5분 심박동 측정이 가장 적합한 방법으로 고려되었기 때문이다.

본 연구에서 제시된 대사증후군의 연령표준화 유병률은 남 25.9%, 여 27.7%로 미국의 남 24.0%, 여 23.4%나 1998년 국민 건강영양조사 당시 조사된 남 20.1%, 여 23.9%에 비하여 전체적으로 다소 높은 양상을 보였으며, 여자가 남자보다 높은 유병률을 보인 것은 심혈관계 위험인자에 의한 남자들의 조기사망에 의한 여자들의 생존효과로 생각된다.

심박동수 변이의 저하는 각종 심혈관계 위험인자의 증가를 반영하는 것으로, 기존에 알려진 것으로 심근경색(Bigger 등, 1992), 당뇨성 신경병증(Freeman 등, 1991), 울혈성 심부전(Mortara 등, 1994)등이 있다. 이러한 사실을 바탕으로 저자는 대사증후군과 심박동수 변이의 관계를 유추해 볼 수 있으며, 기존 연구결과(장세진 등, 2004)에서 이를 부분적으로 확인한 후, 지역사회 주민에게 이를 적용하고자 하였다.

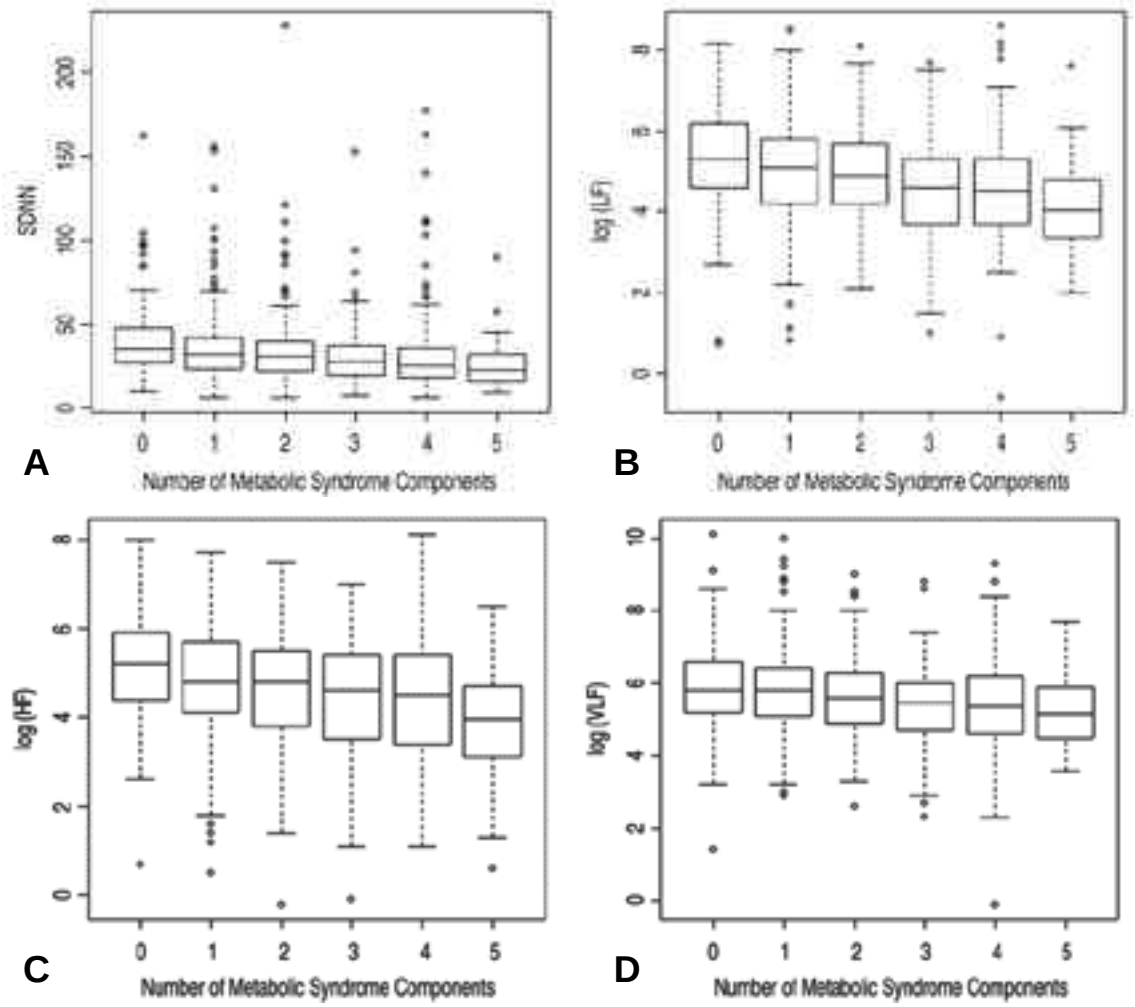

Fig. 1. Box plot of heart rate variability and metabolic syndrome components. (**A**) SDNN (Standard deviation of all RR interval) (**B**) log (LF) (Low frequency) (**C**) log (HF) (High frequency) (**D**) log(VLF) (Very low frequency).

본 연구의 결론으로는 대사증후군의 이환은 심박동수 변이의 저하와 관련이 있으며, 이는 시간 영역 분석(Time domain analysis)와 주파수 영역분석(Frequency domain analysis)에서 모두 나타나는 것으로 보여진다. Fig. 1에서 대사증후군의 진단항목의 적용된 숫자와 심박동수 변이의 주요 변수의 관계를 box plot으로 제시하였다.

심박동수 변이와 대사증후군의 관계는 LF에서 가장 두드러지게 나타나는데(Table 4), 이는 대상지역이 고령인구의 비율이 다소 높은 지역이 이어서 대사증후군의 진단 기준중 하나인 혈압에 대한 해당 인구의 비율이 높았기 때문으로 생각된다. 기존 연구에 LF는 교감신경의 활성도를 반영하며, 이는 고혈압 발생과 관련이 있는 것으로 알려져 있다 (Mariaconsuelo 등, 2001; Diedrich 등, 2003).

본 연구의 의의는 지역사회의 일반인구에서 대사증후군 이환 여부가 심박동수 변이에 유의한 영향을 미치는 사실을 확인한 것이다. 지역사회에서 대사증후군과 심박동수 변이에 대한 관련성에 관한 연구가 행해진바 있지만(Liao 등, 1998), 본 연구에서는 대사증후군에 관한 새로운 기준인 NCEP-ATPIII (2001)에 맞추어 대사증후군과 심박동수 변이에 대한 관련성을 고찰하였다. 기존에 행해진 심박동수 변이에 관한 연구가 피검자 개개인에게 진단적 가치가 있을지는 아직 논쟁의 여지가 있지만, 본 연구의 결과는 심박동수 변이가 지역사회에 대하여 비침습적인 screening 수단으로서 활용될 수도 있음을 나타냈다고 생각된다.

본 연구는 5분 심박동을 측정하였고, 단면 연구로 시행되었다. 이는 결과에 있어서 코호트 효과를 배제할 수 없으며, 일부 시간영역 지표의 분석에 한계가 있음을 뜻하므로, 추적 연구로 보완해야 할 필요가 있다. 또한 반농 · 반어의 지역을 대상으로 하였으므로, 이러한 결과를 일반화하기 위해서는 도시지역의 지역사회에 대한 연구도 보완되어야 할 것이다. 그럼에도 불구하고 지역사회 주민을 대상으로 심박동수 변이와 대사증후군의 연관성을 확인한 것은 본 연구의 성과로 생각된다.

요 약

목적: 우리나라의 심혈관계 질환은 빠른 속도로 증가하고 있으며, 중요한 국민 보건 문제로 대두되고 있다. 본 연구는 일개 지역사회에서 대사증후군의 유병률을 파악하고, 심박동수 변이와 대사증후군의 관계를 조사하는 것이다.

방법: 이 연구는 단면연구로 계획되었으며 20세에서 87세에 이르는 1,028명의 피검자를 검사하였다. 심박동은 앉은 자세로 5분간 측정하였으며, 측정된 자료는 시간영역 분석과 주파수영역 분석의 두가지 방법으로 처리하였다. 모든 피검자들은 대사증후군 진단을 위한 다섯가지 항목을 검사 받았다.

결과: 대사증후군의 유병률은 남녀 각각 25.9%와 27.7% 였다. 심박동수 변이의 평균값은 대사증후군의 이환 집단이 정상 집단에 비해 유의하게 낮았다. 회귀분석 모형에서 대사증후군 이환은 연령 성별을 보정한 상태에서 심박동수 변이를 유의하게 낮추는 영향을 가진 것으로 나타났다.

결론: 본 연구의 결과는 대사증후군이 심혈관계에 부정적인 영향을 미치며, 심박동수 변이를 통하여 이를 진단해낼 수 있음을 보여준다. 대사증후군과 심박동수 변이의 관계를 올바로 평가하기 위해 추적 연구를 통한 보완이 필요하다.

참고문헌

이용제,김문성,김범택,곽태환,심재용,이혜리. 대사증후군과 심박동수 변이와의 관계. 가정의학회지 2002;23(12):1432-9.

장세진, 고상백, 최홍열, 우종민, 차봉석, 박종구, 천용희, 정호근. 직무스트레스, 심박동수 변이 및 대사증후군. 대한산업의학회지 2004;16(1):70-81.

전형준, 임상혁, 백도명. 이황화탄소 중독과 심박동수 변이와의 관련성. 대한산업의학회지 2004;16(1):48-56.

통계청. 2003 사망원인 통계결과. 서울:통계청, 2003.pp5.

하미나, 김재용, 박정선, 정호근. 3교대 근로자에서 교대근무기간과 혈압 및 심박수 변동성. 대한산업의학회지 2001;13(2):180-9.

Alberti KG, Zimmer PZ. Definition, diagnosis and classification of diabetes mellitus and its complication: part I. diagnosis and classification of diabetes mellitus, provisional report of a WHO consultation. Diabetic Med 1998;15:539-53.

Bigger JT Jr, Fleiss JL, Steinman RC, Rolnitzky LM, Kleiger RE, Rottman JN. Frequency domain measures of heart period variability and mortality after myocardial infarction. Circulation

1992;85:164-71.
Brunner EJ, Hemingway H, Walker BR, Page M, Clarke P, Juneja M et al. Adrenocortical, autonomic, and inflammatory causes of the metabolic syndrome: nested case-control study. Circulation 2002;106(21):2659-65.
Diedrich A, Jordan J, Tank J, Shannon JR, Robertson R, Luft FC et al. The sympathetic nervous system in hypertension: assessment by blood pressure variability and ganglionic blockade. J Hypertens. 2003;21(9):1677-86.
Ford ES, Giles WH, Dietz WH. Prevalence of the metabolic syndrome among US adults. JAMA 2002;287:356-9.
Freeman R, Saul JP, Roberts MS, Berger RD, Broadbridge C, Cohen RJ. Spectral analysis of heart rate in diabetic neuropathy. Arch Neurol 1991;48:185-90.
Holguin F, Tellez-Rojo MM, Hernandez M, Cortez M, Chow JC, Watson JG et al. Air pollution and heart rate variability among the elderly in Mexico City. Epidemiology 2003;14(5):521-7.
Isomaa B, Almgren P, Tuomi T, Forsen B, Lahti K, Nissen M, Taskinen MR, Groop L. Cardiovascular morbidity and mortality associated with the metabolic syndrome. Diabetes Care 2001; 24: 683-9.
Laaksonen DE, Laitinen T, Schonberg J, Rissanen A, Niskanen LK. Weight loss and weight maintenance, ambulatory blood pressure and cardiac autonomic tone in obese persons with the metabolic syndrome. J Hypertens 2003;21(2):371-8.
Liao D, Sloan RP, Cascio WE, Folsom AR, Liese AD, Evans GW et al. Multiple metabolic syndrome is associated with lower heart rate variability. The atherosclerosis risk in community study. Diabetes Care 1998;21(12):2116-22.
Liao D, Duan Y, Whitsel EA, Zheng ZJ, Heiss G, Chinchilli VM et al. Association of higher levels of ambient criteria pollutants with impaired cardiac autonomic control: a population-based study. Am J Epidemiol 2004;159(8):768-77.
Lopes HF, Bortolotto LA, Szlejf C, Kamitsuji CS, Krieger EM. Hemodynamic and metabolic profile in offspring of malignant hypertensive parents. Hypertension 2001;38:616-20.
Magari SR, Schwarz J, Williams PL, Hauser R, Smith TJ, Christiani DC. The association of particulate air metal concentrations with heart rate variability. Environ Health Perspect 2002;110(9):875-80.
Mariaconsuelo Valentini, Stevo Julius, Robert D. Brook, John D. Bisognano, Robert L. Bard, Nicola Kaciroti. Relationship of sympathetic tone and beta adrenoreceptor responsiveness to blood pressure and overweight. Am J Hypertens 2001;14(4):224.
Mortara A, La Rovere MT, Signorini MG, Pantaleo P, Pinna G, Martinelli L, Ceconi C, Cerutti S, Tavazzi L. Can power spectral analysis of heart rate variability identify a high risk subgroup of congestive heart failure patients with excessive sympathetic activation? A pilot study before and after heart transplantation. Br Heart J 1994;71:422-30.
NIH, 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(19):2486-97.
Odemuyiwa O, Malik M, Farrell T, Bashir Y, Poloniecki J, Camm J. Comparison of the predictive characteristics of heart rate variability index and left ventricular ejection fraction for all-cause mortality, arrhythmic events and sudden death after acute myocardial infarction. Am J Cardiol 1991;68:434-9.
Pope CA 3rd, Hansen ML, Long RW, Nielsen KR, Eatough NL, Wilson WE et al. Ambient particulate air pollution, heart rate variability, and blood markers of inflammation in a panel of elderly subjects. Environ Health Perspect 2004;112(3):339-45.
Reaven GM. Role of insulin resistance in human disease. Diabetes 1988;37(12):1595-607.
Riediker M, Cascio WE, Griggs TR, Herbst MC, Bromberg PA, Neas L et al. Particulate matter exposure in cars is associated with cardiovascular effects in healthy young men. Am J Respir Crit Care Med 2004;169(8):934-40.
Tank J, Baevsky RM, Weck M. Hemodynamic regulation during postural tilt assessed by heart rate- and blood pressure variability combined with impedance cardiography. Wien Med Wochenschr 1995;145(22):616-25.