한국 성인의 안정 시 심박수와 대사증후군 및 제2형 당뇨병 유병률의 관계: 제5기 국민건강영양조사(2012년)

박현아¹, 이정아¹, 김지영¹, 김동일^{2,3}, 전용관^{1,*}

¹연세대학교 스포츠레저학과, ²하버드 의과대학 재활의학과, ³스폴딩 재활병원 심혈관연구소

The Relationship between Resting Heart Rate and Prevalence of Metabolic Syndrome and Type 2 Diabetes Mellitus in Korean Adults: The Fifth Korea National Health and Nutrition Examination Survey (2012)

Hyuna Park¹, Junga Lee¹, Ji Young Kim¹, Dong-Il Kim^{2,3}, Justin Y. Jeon^{1,*}

¹Department of Sport and Leisure Studies, Yonsei University, Seoul, Korea; ²Department of Physical Medicine and Rehabilitation, Harvard Medical School, Boston, MA, United States; ³Cardiovascular Research Laboratory, Spaulding Rehabilitation Hospital, Boston, MA, United States

Background: The purpose of this study was to examine the association between resting heart rate (RHR), the risk factors and prevalences of metabolic syndrome (MetS) and type 2 diabetes (T2D) in Korean adults.

Methods: A cross sectional analysis was performed on data from the 2012 Korea National Health and Nutrition Examination Survey (KNHANES V) using frequency analysis, analysis of covariance (ANCOVA), and logistic regression. Participants were stratified according to RHR into 5 groups; < 60 bpm, 60-69 bpm, 70-79 bpm, 80-89 bpm, and ≥ 90 bpm.

Results: The results show that risk factors of MetS and T2D increased as RHR increased. Compared to those with a RHR of < 60 bpm, the prevalence of MetS increased in those with RHR of 60-69 bpm, 70-79 bpm, 80-89 bpm and ≥ 90 bpm by 1.46 (95% confidence interval [CI] 1.03-2.08), 2.05 (95% CI, 1.42-2.96), 2.34 (95% CI, 1.57-3.48), and 2.34 (95% CI, 1.23-4.47), respectively. Similarly, compared to those with a RHR of < 60 bpm, the prevalence of T2D increased in those with RHR of 60-69 bpm, 70-79 bpm, 80-89 bpm, and ≥ 90 bpm by 1.01 (95% CI, 0.72-1.41), 1.44 (95% CI, 1.02-2.05), 1.83 (95% CI, 1.25-2.68), and 2.40 (95% CI, 1.30-4.44), respectively.

Conclusion: In conclusion, RHR was significantly associated with risk factors and prevalences of MetS and T2D. This study suggests that RHR is associated with MetS and T2D and can be used to predict such diseases.

Key words: Korean adult, Resting heart rate, Metabolic syndrome, Type 2 diabetes

서론

2012년 질병관리본부 조사에 따르면 한국 성인 대사증후군 유병률은 30세 이상 성인 전체의 28.8%로 조사되었으며, 당뇨병의 유병률은 전체 9.9%로, 남성은 10.7%, 여성은 9.1%로 나타났다.¹ 대사증후군이란 복부비만, 고혈압, 고지혈증, 내당능 장애, 심혈관계 죽상동맥 경화증의 진단기준 중 3가지 이상의 질환이 비정상에 해당되는 경우를

말한다.² 이러한 요인은 인슐린 저항성으로 혈중 농도가 증가되어 발생하는 제2형 당뇨병과 관련이 있다.³ 대사증후군이 제2형 당뇨병에 게 미치는 상대적 위험도는 2.99배로 보고되었고⁴, 대사증후군으로 진단된 사람은 정상인에 비해 제2형 당뇨병에 걸릴 위험도가 3.57배로 나타났다.⁵ 이처럼 대사증후군과 당뇨병은 밀접한 관계를 가지고 있으며,⁶ 비만과 관련된 이러한 대사질환은 서구화된 식습관과 생활습관의 변화로 유병률이 증가함에 따라 대사증후군과 제2형 당뇨병

Corresponding author Justin Y. Jeon <http://orcid.org/0000-0001-7978-4271>
Department of Sport and Leisure Studies, Yonsei University, 50 Yonsei-ro, Seodaemun-gu, Seoul 03722, Korea
Tel +82-2-2123-6197 Fax +82-2-2123-8376 E-mail jjeon@yonsei.ac.kr
Received Jan. 26, 2015 Reviewed Feb. 24, 2015 Accepted May 13, 2015

Copyright © 2015 Korean Society for the Study of Obesity

© 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.

을 임상적으로 진단하는 것은 매우 중요하다.⁸

안정 시 심박수(resting heart rate)는 1분 동안 심장이 수축하여 혈액을 체내로 박출하는 횟수로서⁹, 고혈압이나 심혈관계 질환의 발생을 예측하고 자율신경계의 이상을 파악할 수 있는 중요한 예측 요인이다.¹⁰ 이는 자율신경계의 조절에 의해서 이루어지며 교감신경과 부교감신경의 길항작용이 깨질 경우 몸의 이상반응을 유도한다.¹¹ 교감신경이 자극을 받으면 안정 시 심박수가 증가하고 이로 인하여 혈청 지질 및 혈당의 비율이 증가한다. 또한, 염증에도 영향을 미쳐 고혈압, 이상지혈증 등의 만성질환을 일으킨다고 보고하였다.¹² 선행연구에 따르면 안정 시 심박수가 증가할수록 혈압, 중성지방, 체질량지수, 허리둘레, 피브리노겐(fibrinogen), 고감도 C-반응성단백(Hs-CRP), 인터루킨-6(IL-6)이 증가하였다고 보고하였다.¹³

안정 시 심박수와 대사증후군 및 제2형 당뇨병에 관한 선행연구를 살펴보면, 안정 시 심박수가 높을수록 대사증후군의 발생률이 높게 나타났으며¹⁴, 안정 시 심박수가 60 bpm 미만인 그룹에 비해 80 bpm 이상인 그룹의 대사증후군 발생률은 남자 4.2배, 여자 3.6배로 나타났다.¹⁵ 또한, 안정 시 심박수가 60 bpm 미만인 그룹에 비해 80 bpm 이상인 그룹에서 제2형 당뇨병의 유병률이 5.39배 높게 나타났으며¹⁶, 제2형 당뇨병 환자에게 있어서 안정 시 심박수가 10 bpm 증가할수록 사망 위험도는 1.31배라고 보고하고 있다.¹⁷

이와 같이 안정 시 심박수는 대사증후군, 제2형 당뇨병과 같은 만성질환과 밀접한 연관성이 있는 것으로 나타났다. 하지만, 국내에서는 안정 시 심박수와 대사증후군 및 제2형 당뇨병과의 관계를 규명한 논문은 부족한 실정이며, 선행논문에서 제시된 대사증후군 허리둘레는 서양인의 진단 기준으로 분석이 되었기 때문에 한국 성인에게 적용하기에는 제한이 있다.¹⁸ 또한 대규모 인구집단을 대상으로 안정 시 심박수와 대사증후군 및 제2형 당뇨병의 연관성을 조사한 연구도 부족한 실정이다. 따라서 본 연구는 제5기 국민건강영양조사 자료를 기초로 한국 성인의 안정 시 심박수와 대사증후군 및 제2형 당뇨병의 위험요인이 어떠한 관계가 있는지 조사하고, 안정 시 심박수에 따른 대사증후군과 제2형 당뇨병의 유병률을 규명하는 데 그 목적이 있다.

방 법

1. 연구 대상

본 연구는 2012년도 시행된 국민건강영양조사 제5기(2010-2012년) 2012년도 3차년도 자료를 이용하였다. 연구 대상은 거주지역과 성별, 그리고 연령집단에 근거한 층화 다단계 집락 복합표본 추출법으로 추출되었으며, 총 192개 표본 조사구 3,800가구를 대상으로 건강 설문조사, 영양조사 및 검진조사를 실시하였다. 전체 표본 검진 및 건강 설문조사 대상자 10,069명 중 7,645명이 응답하였고, 응답률은

75.9%를 보였다. 본 연구에서는 20세 이상에서 90세 이하의 성인 자료 중 안정 시 심박수 결측 1,323명을 제외하고 남은 5,870명을 대상으로 분석하였다.

2. 측정항목 및 방법

본 연구에서는 국민건강영양조사 자료인 신체구성 중 체중(kg), 신장(cm), 허리둘레(cm)와 안정 시 심박수(bpm), 혈압(mmHg)을 측정하였으며, 혈액 중 공복혈당(mg/dL), 고밀도지단백 콜레스테롤(mg/dL), 저밀도지단백 콜레스테롤(mg/dL), 총콜레스테롤(mg/dL), 중성지방(mg/dL), 당화혈색소(%)를 이용하였다.¹⁹

1) 신체구성검사

신장과 체중은 신장계(seca 225, seca, Germany)와 체중계(GL-6000-20, G-TECH, Korea)를 이용하여 측정하였으며, 허리둘레는 대상자의 측면에서 마지막 늑골 하단 및 장골능선 상단 두 지점의 정중앙을 줄자(seca 200, seca, Germany)를 이용해 소수점 한 자리(0.1 cm)까지 측정하였다.

2) 안정 시 심박수와 혈압 측정

안정 시 심박수와 혈압은 측정 전 의자에 앉은 상태로 5분 동안의 안정기간을 가진 후 맥박수와 혈압을 측정하였다. 혈압은 5분 간격으로 3회 측정하였고, 2회와 3회에 측정된 혈압의 평균을 사용하였다. 혈압과 심박수는 수은 혈압계(Baumanometer® Desk model 0320, Baum, USA)를 사용하여 측정하였다.

3) 혈액검사

혈액검사는 최소 8시간 이상 금식 후, 자주 사용하지 않는 팔의 혈액을 채취하였다. 혈액 채취 후 응고 촉진제와 혈액이 잘 혼합되도록 가볍게 5회 아래위로 혼합하고 실온에 30분간 세워 둔 후 3,000 rpm으로 15분간 원심분리 후 분석하였다. 혈액검사를 통해 수집된 항목은 공복혈당, 고밀도지단백 콜레스테롤, 저밀도지단백 콜레스테롤, 총콜레스테롤, 중성지방 및 당화혈색소이다.

4) 대사증후군

대사증후군 진단기준은 National Cholesterol Education Program Adults Treatment Panel III (NCEP ATP III, 2001)에서 제시한 가이드라인을 이용하였다.²⁰ 다음의 조건 중 3가지 이상에 해당되는 경우 대사증후군이라고 진단하였다. 이 중, 허리둘레는 한국 성인을 대상으로 복부비만을 정의한 cut-off를 참고하여 정의하였다.²¹

- (1) 허리둘레: 남자 ≥ 90 cm, 여자 ≥ 85 cm
- (2) 혈압: 수축기/이완기 혈압 $\geq 130/85$ mmHg

- (3) 중성지방: 중성지방 ≥ 150 mg/dL
 (4) 고밀도지단백 콜레스테롤: 남자 < 40 mg/dL, 여자 < 50 mg/dL
 (5) 혈당: 공복 시 혈당 ≥ 110 mg/dL

5) 제2형 당뇨병

제2형 당뇨병의 진단기준은 미국당뇨병학회(American Diabetes Association, ADA)에서 제시한 공복혈당 126 mg/dL 이상일 경우 혹은 당화혈색소 6.5% 이상일 경우 당뇨병으로 진단하는 가이드라인을 이용하였다.²²

3. 자료처리방법

본 연구에서의 자료 분석은 SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) 21.0 통계 프로그램을 사용하였으며, 통계 분석 내용은 다음과 같다. 안정 시 심박수는 60초 동안 측정된 값과 30초 동안 측정하여 60초로 변환한 값을 합산하여 분석하였으며, 안정 시 심박수를 10 bpm 단위로 나누어 각각 60 bpm 미만, 60-69 bpm, 70-79 bpm, 80-89 bpm, 90 bpm 이상 총 5 그룹으로 나누었다. 각 그룹의 인구학적 특성과 대사증후군 및 제2형 당뇨병 위험요인의 차이를 살펴보기 위하여 빈도분석과 공분산분석(ANCOVA)을 실시하였다. 또한 안정 시 심박수에 따른 그룹 간에 상대적인 대사증후군과 제2형 당뇨병 유병률을 추정하기 위하여 로지스틱 회귀분석(logistic regression analysis)을 실시하였다. 통계적 유의수준은 $P < 0.05$ 로 설정하였다.

결 과

1. 연구 대상자의 특성

연구 대상자들의 일반적 특징은 Table 1과 같다. 본 연구에 참여한 대상자는 총 5,870명으로, 전체 평균 연령은 52.0 ± 16.6 세였다. 전체 대상자의 신장은 평균 161.7 ± 9.4 cm, 체중은 평균 62.3 ± 11.7 kg, BMI는 평균 23.8 ± 3.42 kg/m², 허리둘레는 평균 81.3 ± 9.8 cm, 수축기 혈압은 평균 119.9 ± 17.2 mmHg, 이완기 혈압은 평균 75.7 ± 10.5 mmHg, 공복혈당은 평균 98.9 ± 21.9 mg/dL, 당화혈색소는 평균 $5.8 \pm 0.8\%$, 총 콜레스테롤은 평균 190.0 ± 36.3 mg/dL, 중성지방은 평균 131.6 ± 102.1 mg/dL, 고밀도지단백 콜레스테롤은 평균 50.3 ± 12.0 mg/dL, 저밀도지단백 콜레스테롤은 평균 120.2 ± 35.0 mg/dL, 안정 시 심박수는 평균 69.3 ± 9.1 bpm으로 나타났다.

2. 안정 시 심박수에 따른 그룹 간의 대사증후군과 제2형 당뇨병 위험요인과의 관계

안정 시 심박수를 10 bpm 단위로 5그룹으로 나누어 연령, 성별, 체중, 신체활동을 보정한 후 대사증후군 및 제2형 당뇨병의 위험요인들

Table 1. Subject characteristics

Variables	Total (N=5,870)	Men (N=2,450)	Women (N=3,420)
Age (year)	52.0 ± 16.6	52.2 ± 16.4	51.9 ± 16.8
Height (cm)	161.7 ± 9.4	169.5 ± 6.6	156.2 ± 6.8
Weight (kg)	62.3 ± 11.7	69.2 ± 11.1	57.4 ± 9.5
BMI (kg/m ²)	23.8 ± 3.42	24.0 ± 3.2	23.5 ± 3.6
WC (cm)	81.3 ± 9.8	84.5 ± 8.8	79.0 ± 9.9
SBP (mmHg)	119.9 ± 17.2	122.0 ± 15.8	118.4 ± 18.0
DBP (mmHg)	75.7 ± 10.5	78.1 ± 10.8	73.9 ± 9.8
Glucose (mg/dL)	98.9 ± 21.9	101.3 ± 22.8	97.1 ± 21.0
HbA1c (%)	5.8 ± 0.8	5.8 ± 0.9	5.8 ± 0.8
TC (mg/dL)	190.0 ± 36.3	187.5 ± 35.9	191.8 ± 36.6
TG (mg/dL)	131.6 ± 102.1	151.1 ± 118.5	117.3 ± 85.3
HDL-C (mg/dL)	50.3 ± 12.0	48.2 ± 11.5	54.2 ± 12.8
LDL-C (mg/dL)	120.2 ± 35.0	117.8 ± 33.9	123.4 ± 36.1
Resting HR (bpm)	69.3 ± 9.1	68.3 ± 9.0	70.0 ± 9.0

Data shown represent mean $\pm$ SD. Statistical analysis was performed by frequency analysis.

BMI, body mass index; WC, waist circumference; SBP, systolic blood pressure; DBP, diastolic blood pressure; HbA1c, hemoglobin A1c; TC, total cholesterol; TG, triglyceride; HDL-C, high density lipoprotein cholesterol; LDL-C, low density lipoprotein cholesterol; HR, heart rate; bpm, beats per minute.

에 미치는 영향을 본 결과는 Table 2와 같다. 안정 시 심박수 그룹에 따라 연령, 체중, 수축기 혈압, 이완기 혈압, 공복혈당, 당화혈색소, 중성지방에서 유의한 차이가 나타났다.

3. 안정 시 심박수에 따른 그룹 간의 대사증후군 유병률

안정 시 심박수를 10 bpm 단위로 나눈 각 그룹 간의 대사증후군 유병률은 Table 3과 같다. 연령, 성별, 체중, 신체활동을 보정한 후 대사증후군 유병률은 안정 시 심박수가 60 bpm 미만인 그룹에 비해 60-69 bpm 그룹은 1.46배, 70-79 bpm 그룹은 2.05배, 80-89 bpm 그룹은 2.34배, 90 bpm 이상인 그룹은 2.34배로 높게 나타났다. 또한, 연령에 따른 안정 시 심박수와 대사증후군 유병률을 파악하고자 노인 연령 65세를 기준으로 층화하여 대사증후군의 유병률을 분석하였다. 그 결과, 65세 미만 그룹에서 60 bpm 미만 그룹에 비해 60-69 bpm 그룹은 1.79배, 70-79 bpm 그룹은 2.81배, 80-89 bpm 그룹은 3.37배로 나타났다. 반면, 65세 이상 그룹에서는 안정 시 심박수가 60 bpm 미만 그룹에 비해 80-89 bpm 그룹은 2.16배, 90 bpm 이상 그룹은 3.89배로 대사증후군의 유병률이 높게 나타났다.

4. 안정 시 심박수에 따른 그룹 간의 제2형 당뇨병 유병률

안정 시 심박수를 10 bpm 단위로 나눈 각 그룹 간의 제2형 당뇨병 유병률은 Table 4와 같다. 연령, 성별, 체중, 신체활동, 빈혈을 보정한 후 제2형 당뇨병 유병률은 안정 시 심박수가 60 bpm 미만인 그룹에 비해 70-79 bpm 그룹은 1.44배, 80-89 bpm 그룹은 1.83배, 90 bpm 이상 그룹은 2.40배로 제2형 당뇨병의 유병률이 높게 나타났다. 또한, 연

Table 2. Clinical characteristics according to resting heart rate

Total (N=5,870)	Resting heart rate (bpm)					P value
	1	2	3	4	5	
	<60	60-69	70-79	80-89	≥90	
No. of participants	461	2,880	1,577	821	131	
Anthropometric						
Age (year)	57.2±13.9	52.5±16.2*	50.7±16.8*†	50.1±17.9*†	49.4±19.2*†	<0.001
Height (cm)	162.5±9.3	161.9±9.4	161.4±9.4	161.7±9.4	160.7±9.3	0.270
Weight (kg)	62.9±10.7	62.7±11.7	61.9±11.7 [†]	61.6±11.9*†	61.5±14.8	0.026
BMI (kg/m ²)	23.8±3.0	23.9±3.3	23.7±3.5	23.5±3.7	23.7±4.6	0.071
WC (cm)	82.2±8.9	81.3±9.6	81.1±9.9	81.0±10.1	80.9±12.5	0.230
Blood pressure						
SBP (mmHg)	123.7±19.2	120.1±17.0	118.8±17.0	118.8±16.5	121.8±18.3 ^{†‡§}	0.035
DBP (mmHg)	74.0±9.8	75.6±10.2*	76.1±10.6*†	77.2±10.8*††	78.1±11.0*††	<0.001
Blood variables						
Glucose (mg/dL)	96.6±15.6	97.7±18.7*	99.6±24.1*†	101.4±28.1*††	105.9±32.6*††§	<0.001
HbA1c (mg/dL)	5.8±0.6	5.8±0.7	5.8±0.9*†	5.8±1.1*†	6.0±1.2*††§	<0.001
TC (mg/dL)	189.5±35.9	189.6±35.4	190.6±36.9	190.3±37.3	191.9±44.4	0.438
TG (mg/dL)	125.8±90.7	128.4±89.7	133.7±117.0*†	141.6±101.3*††	144.0±186.0*†	<0.001
HDL-C (mg/dL)	49.22±11.8	50.1±12.0	50.9±12.0	50.5±12.0	50.6±13.6	0.744
LDL-C (mg/dL)	117.0±35.6	119.8±33.8	123.5±33.8	116.7±38.0	126.5±49.6	0.412
Resting heart rate (bpm)	54.3±3.4	64.6±2.4*	73.7±2.5*†	83.1±2.5*††	92.5±0.7*††§	<0.001
Number of MS components						
0	148 (32.1)	963 (33.4)	483 (30.6)	243 (29.6)	37 (28.2)	
1	115 (24.9)	698 (24.2)	401 (25.4)	191 (23.3)	24 (18.3)	
2	86 (18.7)	458 (15.9)	231 (14.6)	136 (16.6)	25 (19.1)	
3	33 (7.2)	234 (8.1)	156 (9.9)	78 (9.5)	15 (11.5)	
4	6 (1.3)	98 (3.4)	58 (3.7)	33 (4.0)	3 (2.3)	
5	2 (0.4)	7 (0.2)	9 (0.6)	3 (0.4)	2 (1.5)	
Number of participants with MS	41 (8.9)	339 (11.8)	223 (14.1)	114 (13.9)	20 (18.9)	

Statistical analyses were performed by ANCOVA and descriptive statistics after adjusted for age, gender, weight, and physical activity.

Data shown represent mean±SD, number or %.

BMI, body mass index; WC, waist circumference; SBP, systolic blood pressure; DBP, diastolic blood pressure; HbA1c, hemoglobin A1c; TC, total cholesterol; TG, triglyceride; HDL-C, high density lipoprotein cholesterol; LDL-C, low density lipoprotein cholesterol; HR, heart rate; bpm, beats per minute; MS, metabolic syndrome.

*Significantly different from 1; †Significantly different from 2; ‡Significantly different from 3; §Significantly different from 4.

Table 3. Prevalence of the metabolic syndrome according to resting heart rate

Total (N=5,870)	Resting heart rate (bpm)				
	1	2	3	4	5
	<60	60-69	70-79	80-89	≥90
No. of participants	461	2,880	1,577	821	131
Age, gender adjusted OR (95% CI)	1	1.52 (1.09-2.11)	1.94 (1.37-2.73)	2.02 (1.40-2.92)	2.31 (1.32-4.05)
Multi-adjusted OR* (95% CI)	1	1.46 (1.03-2.08)	2.05 (1.42-2.96)	2.34 (1.57-3.48)	2.34 (1.23-4.47)
Age <65 (95% CI)	1	1.79 (1.14-2.85)	2.81 (1.72-4.49)	3.37 (2.02-5.63)	2.2 (0.94-5.18)
Age ≥65 (95% CI)	1	1.27 (0.71-2.26)	1.59 (0.87-2.91)	2.16 (1.13-4.13)	3.89 (1.42-10.65)

Statistical analysis was performed by logistic regression.

OR, odds ratio; CI, confidence interval; bpm, beats per minute.

*Adjusted for age, gender, weight, and physical activity.

령에 따른 안정 시 심박수와 제2형 당뇨병 유병률을 파악하고자 안정 시 심박수를 노인 연령 65세 기준으로 층화하여 제2형 당뇨병의 유병률을 분석하였다. 그 결과, 65세 미만 그룹에서 안정 시 심박수가 60

bpm 미만인 그룹에 비해 70-79 bpm 그룹은 2.24배, 80-89 bpm 그룹은 3.56배, 90 bpm 이상 그룹은 2.93배로 나타났다. 반면, 65세 이상 그룹에서는 안정 시 심박수가 60 bpm 미만인 그룹에 비해 90 bpm 그

Table 4. Prevalence of the type 2 diabetes mellitus according to resting heart rate

Total (N=5,870)	Resting heart rate (bpm)				
	1	2	3	4	5
	<60	60-69	70-79	80-89	≥ 90
No. of participants	461	2,880	1,577	821	131
Age, gender adjusted OR (95% CI)	1	1.09 (0.78-1.51)	1.49 (1.05-2.11)	1.86 (1.28-2.71)	2.50 (1.37-4.55)
Multi-adjusted OR* (95% CI)	1	1.01 (0.72-1.41)	1.44 (1.02-2.05)	1.83 (1.25-2.68)	2.40 (1.30-4.44)
Age <65 (95% CI)	1	1.41 (0.86-2.30)	2.24 (1.35-3.74)	3.56 (2.06-6.17)	2.93 (1.20-7.18)
Age ≥ 65 (95% CI)	1	0.82 (0.51-1.30)	1.04 (0.63-1.71)	1.20 (0.69-2.08)	2.74 (1.11-6.75)

Statistical analysis was performed by logistic regression.

OR, odds ratio; CI, confidence interval; bpm, beats per minute.

*Adjusted for age, gender, weight, physical activity and anemia.

를 이상에서 2.74배로 제2형 당뇨병의 유병률이 높게 나타났다.

고 찰

본 연구의 목적은 안정 시 심박수와 대사증후군 및 제2형 당뇨병의 위험요인이 어떠한 관계가 있는지 조사하고, 안정 시 심박수에 따른 대사증후군과 제2형 당뇨병의 유병률을 규명하는 것이었다. 본 연구에 참여한 대상자 총 5,970명 중 평균 연령은 52.0 ± 16.6 세였으며, 평균 안정 시 심박수는 69.3 ± 9.1 bpm이었다. 안정 시 심박수와 대사증후군 및 제2형 당뇨병의 위험요인 간의 관계에서는 안정 시 심박수 그룹에 따라 대사증후군과 제2형 당뇨병의 위험요인 중 수축기 혈압, 이완기 혈압, 공복혈당, 당화혈색소, 중성지방에서 유의한 차이를 보였고, 안정 시 심박수가 증가함에 따라 대사증후군 및 제2형 당뇨병의 유병률이 높아지는 것을 확인할 수 있었다.

본 연구의 대상자를 안정 시 심박수 10 bpm 단위로 나누어 총 5그룹(60 bpm 미만, 60-69 bpm, 70-79 bpm, 80-89 bpm, 90 bpm 이상)으로 설정한 후, 그룹 간에 대사증후군 위험요인과 제2형 당뇨병 위험요인의 차이를 분석한 결과, 안정 시 심박수에 따라 수축기 혈압, 이완기 혈압, 공복혈당, 당화혈색소, 중성지방에서 그룹 간의 차이가 있는 것으로 나타났다. Lee 등²³의 연구에서도 안정 시 심박수가 증가할수록 체질량지수, 허리둘레, 공복혈당, 중성지방, 혈압, 고밀도지단백 콜레스테롤의 위험수치가 증가하였으며, 성별로 구분하여 분석한 Rogowski 등¹⁵의 연구에서도 남녀 모두에게 대사증후군 진단기준인 5가지 인자(허리둘레, 혈압, 공복혈당, 중성지방, 고밀도지단백 콜레스테롤)가 유의하게 증가하는 것으로 나타났다. 또한 제2형 당뇨병의 위험요인 간의 관계에 대한 연구에서는 안정 시 심박수가 증가함에 따라 공복혈당, 당화혈색소, 중성지방이 현저히 높아지는 것으로 나타났다²³, 제2형 당뇨병과 심혈관계 질환을 가진 환자를 대상으로 실시한 연구에서도 안정 시 심박수가 높을수록 허리둘레, 체질량지수, 공복혈당, 중성지방, 총 콜레스테롤이 유의하게 증가하는 것으로 나

타났다.²⁴ 이러한 선행연구의 결과와 본 연구의 결과를 종합해 볼 때, 안정 시 심박수는 대사증후군 및 제2형 당뇨병의 위험요인과 밀접한 관계가 있다는 것을 알 수 있다.

또한 안정 시 심박수와 대사증후군 및 제2형 당뇨병의 유병률을 분석한 결과, 안정 시 심박수가 증가함에 따라 대사증후군과 제2형 당뇨병의 유병률이 증가하였다. 이러한 결과는 안정 시 심박수가 가장 높은 그룹의 대사증후군 유병률이 가장 낮은 그룹에 비해 2.13배 높다고 보고한 Oda 등¹⁴의 연구와 유사하다. 반면, 안정 시 심박수와 제2형 당뇨병 유병률의 관계에 대한 직접적인 연구는 진행되지 않은 실정이지만, 최근 제2형 당뇨병으로 인해 손상된 신장(kidney)의 기능을 파악할 수 있는 단백뇨(Albuminuria)와 심박수에 대해 보고된 연구에 따르면 안정 시 심박수와 단백뇨의 베타(β)값이 0.131 ($P < 0.001$)로 나타나 두 인자 간의 상관관계를 보였으며, 두 인자 간의 발생률을 분석한 결과, 안정 시 심박수가 가장 높은 그룹은 가장 낮은 그룹에 비해 단백뇨의 발생률이 1.35배 높은 것으로 나타났다.²⁵ 그러나 안정 시 심박수와 제2형 당뇨병 유병률의 직접적인 관계를 이해하기 위해서는 추가적인 연구가 필요할 것으로 보인다.

추가적으로, 본 연구에서는 대사증후군과 제2형 당뇨병의 유병률이 연령에 따라 어떠한 차이를 갖는지 파악하기 위해 노인 연령 65세를 기준으로 층화분석(sub-analysis)을 시행하였다. 그 결과, 대사증후군에서는 65세 미만 그룹에서 안정 시 심박수가 증가할수록 90 bpm 그룹을 제외한 나머지 그룹에서 대사증후군의 유병률이 유의하게 증가하는 것으로 나타났으며, 65세 이상 그룹에서는 안정 시 심박수가 60 bpm 미만인 그룹에 비해 80-89 bpm 그룹은 2.16배, 90 bpm 이상인 그룹은 3.89배로 유병률이 높게 나타났다. 또한, 제2형 당뇨병에서도 65세 미만 그룹에서 안정 시 심박수가 증가할수록 60-69 bpm 그룹을 제외한 나머지 그룹에서 제2형 당뇨병 유병률이 유의하게 증가하는 경향성을 보이며, 65세 이상 그룹에서는 안정 시 심박수가 60 bpm 미만인 그룹에 비해 90 bpm 이상인 그룹에서 2.74배 유병률이 높게 나타났다. 이러한 결과는 50세 이상 성인을 대상으로 안정 시 심

박수가 가장 높은 그룹의 대사증후군 유병률이 가장 낮은 그룹에 비해 1.94배 높은 것으로 보고한 O'Hartaigh 등²⁶의 연구와 유사하다. 이처럼 본 연구의 결과와 선행연구의 결과를 종합해 볼 때, 65세 미만의 그룹과 65세 이상의 그룹에서 안정 시 심박수가 증가함에 따라 대사증후군 및 제2형 당뇨병의 유병률이 증가하는 경향성을 보이는 것은 안정 시 심박수가 65세 미만 대상자의 대사증후군 및 제2형 당뇨병과 관련이 있을 뿐만 아니라, 65세 이상인 노인의 대사증후군 및 제2형 당뇨병에도 관련이 있다는 것을 알 수 있다.

안정 시 심박수가 대사증후군 및 제2형 당뇨병의 유병률과 유의한 관계를 보이는 기전은 명확히 밝혀지지 않았으나, 다양한 상호관계를 통해 이를 예측할 수 있다. 첫째, 안정 시 심박수는 대사증후군 및 제2형 당뇨병에 영향을 미치는 비만과 관계를 갖는다. 비만한 경우 혈관에 내장지방이 과도하게 쌓이면 교감신경의 활성도가 높아지고 부교감신경의 활성도가 낮아짐에 따라 심폐체력이 저하되어 안정 시 심박수가 높게 나타난다.²⁷⁻³⁰ 비만 그룹의 안정 시 심박수는 정상 체중 그룹에 비해 높게 나타났고³¹, 비만 대사 수술(bariatric surgery)로 체중 감량을 한 사람의 경우 수술 전에 비해 안정 시 심박수가 유의하게 낮아졌다고 보고하였다.³² 비만은 내장지방이 과도하게 쌓이면 렵틴(leptin), 종양 괴사 인자 알파(TNF- α), 인터루킨-6(IL-6) 등의 아디포 사이토카인(adipocytokine)의 분비에 이상이 생겨 혈관의 염증에 영향을 미치게 된다.^{33,34} 이때, 지방조직에서 생성되는 유리 지방산(free fatty acids)은 저밀도지단백 콜레스테롤(low-density lipoprotein)의 분비를 증가시키고³⁵, 췌장 베타세포에 과도하게 쌓이게 되면 인슐린 분비가 정상적으로 일어나지 않고, 인슐린 저항성으로 인해 혈중 농도가 증가되어 제2형 당뇨병까지 유발하기도 한다.³⁶ 이처럼, 안정 시 심박수는 대사증후군 및 제2형 당뇨병과 관련된 비만에 간접적인 영향을 미치는 것으로 생각되어진다.

둘째, 안정 시 심박수는 체력과 관계가 있으며, 체력은 비만, 대사증후군, 제2형 당뇨병 유병률과 음의 상관관계를 갖는다. 안정 시 심박수와 체력에 대해서는 이미 많은 연구가 진행되었다.^{37,38} 16년간 2,798명의 성인 남성을 추적한 연구에서는 안정 시 심박수가 낮을수록 최대 산소섭취량은 높게 나타났으며³⁹, 반대로 청소년을 대상으로 조사한 연구에서는 최대 산소섭취량이 높은 그룹이 낮은 그룹에 비해 남녀 모두 안정 시 심박수가 유의하게 낮게 나타났다.⁴⁰ 또한 성인 남성에서 안정 시 심박수 80 bpm 이상인 그룹의 최대 산소섭취량(VO_{2peak})은 안정 시 심박수 60 bpm 미만인 그룹의 최대 산소섭취량에 비해 $4.6 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ (95% CI, 2.8 to 6.3) 낮게 나타났다.⁴¹ 지속적인 유산소 운동은 심근이 발달됨에 따라 심장활동의 능력이 증대하여 심폐체력이 향상됨으로써 안정 시 심박수에 영향을 미치는 것으로 생각되는데, 이러한 체력은 비만, 대사증후군, 제2형 당뇨병 유병률과 관계를 갖는다는 연구 결과가 보고되었다.^{42,43} 성인 1,007명을 대상으로 심폐체력

과 대사증후군의 관계에 대해 조사한 연구에 따르면, 심폐체력이 낮은 그룹은 높은 그룹에 비해 대사증후군에 걸릴 유병률이 남성은 2.40배, 여성은 1.99배로 나타났다.⁴⁴ 또한 제2형 당뇨병 환자를 대상으로 최대 산소섭취량과 심박수 회복반응(heart rate recovery)을 조사한 결과, 당뇨병 환자의 최대 산소섭취량과 심박수 회복반응은 건강한 사람에 비해 유의하게 낮게 나타났다.⁴⁵ 이처럼 안정 시 심박수는 자율신경계의 활성도를 강화시키면서⁴⁶, 그중 교감신경의 활성도를 낮추는 체력의 향상과 관련이 있으며⁴⁷, 이는 비만, 대사증후군, 제2형 당뇨병의 유병률에 간접적인 영향을 미치는 것을 알 수 있다.

이와 같이, 안정 시 심박수는 대사 지표와 염증 반응 등 다양한 요인들과 상호작용을 하는 중요한 요인이다. 안정 시 심박수는 의사의 처방 없이 누구나 손쉽게 측정할 수 있는 측정법이다.⁹ 이러한 간편한 측정결과가 대사증후군 및 제2형 당뇨병 등 고위험군의 질환을 예측할 수 있다면, 보다 효율적으로 질병을 예방하고, 생활습관을 개선하는 것에 동기부여가 될 수 있을 것이라 생각된다.

본 연구의 제한점은 다음과 같다. 첫째, 본 연구에서 사용된 안정 시 심박수는 60초 동안 측정된 값과 30초 동안 측정하여 60초로 변환한 값을 분석하였기 때문에 변환과정에서 안정 시 심박수의 오차가 발생하였을 가능성을 가지고 있다. 둘째, 본 연구에서는 심장 기능(cardiac function)과 관련된 폐 기능(pulmonary function) 변인을 보정하고자 하였으나, 폐 기능을 측정한 연구 대상자는 전체 대상자 중 43.1%로서 본 연구의 분석에서는 심장 기능과 관련된 변인을 보정하지 못한 제한점을 가지고 있다. 셋째, 본 연구는 안정 시 심박수가 대사증후군 및 제2형 당뇨병과 같은 심혈관 질환의 위험 인자에 대한 독립적 원인 인자(independent causative factor)인지 혹은 부수적 인자(epiphenomenon)인지 명확히 구분할 수 없는 디자인으로서, 안정 시 심박수와 대사증후군 및 제2형 당뇨병 간의 연관성은 규명하였지만, 인과 관계는 밝힐 수 없었다. 하지만 본 연구는 제5기 국민건강영양조사의 대규모 인구집단을 이용하여 한국 성인의 안정 시 심박수와 대사증후군 및 제2형 당뇨병 유병률의 관계를 규명한 연구로서 그 의의를 가진다.

이상의 연구 결과를 종합해보면 한국 성인의 안정 시 심박수가 높을수록 대사증후군 및 제2형 당뇨병의 위험인자인 허리둘레, 이완기 혈압, 공복혈당, 당화혈색소, 중성지방의 위험수치가 유의하게 증가하였으며, 대사증후군 및 제2형 당뇨병의 유병률이 높게 나타났다. 따라서, 본 연구에서는 안정 시 심박수가 대사증후군 및 제2형 당뇨병의 유병률을 예견할 수 있는 예측인자라는 것을 확인할 수 있었다. 추후 대사증후군의 유병 연령대가 낮아지고 있는 만큼 성인뿐만 아니라 청소년에 따른 안정 시 심박수와 대사증후군 등 질병 간의 위험관계를 규명하는 연구가 추가적으로 진행되어야 할 것이며, 안정 시 심박수와 대사증후군 및 제2형 당뇨병 등 만성질환 간의 관계를 규명하는

연구가 추가적으로 필요할 것으로 생각된다.

요약

배경: 본 연구 목적은 한국 성인들을 대상으로 안정 시 심박수와 대사증후군 및 제2형 당뇨병 위험요인이 어떠한 관계가 있는지 조사하고, 안정 시 심박수에 따른 대사증후군과 제2형 당뇨병의 유병률을 규명하는 것이다.

방법: 본 연구는 제5기 국민건강영양조사를 실시한 20세 이상에서 90세 이하의 성인 5,870명을 대상으로 안정 시 심박수, 신체구성, 혈압, 혈액을 분석하였다. 분석 방법은 안정 시 심박수를 10 bpm 단위로 분류하여 총 5그룹으로 나누었으며, 그룹 간 대사증후군 및 제2형 당뇨병 위험인자와 유병률 차이를 살펴보기 위하여 빈도분석, 공분산 분석, 로지스틱 회귀분석을 실시하였다.

결과: 안정 시 심박수 그룹에 따라 대사증후군 및 제2형 당뇨병의 위험인자인 수축기 혈압, 이완기 혈압, 공복혈당, 당화혈색소, 중성지방에서 그룹 간의 유의한 차이를 보였다. 또한, 안정 시 심박수와 대사증후군 및 제2형 당뇨병의 유병률에 영향을 미칠 수 있는 변인을 보정한 결과, 대사증후군 유병률은 안정 시 심박수가 60 bpm 미만인 그룹에 비해 60-69 bpm은 1.46배(95% CI, 1.03-2.08), 70-79 bpm은 2.05배(95% CI, 1.42-2.96), 80-89 bpm은 2.34배(95% CI, 1.57-3.48), 90 bpm 이상은 2.34배(95% CI, 1.23-4.47)로 높게 나타났다. 제2형 당뇨병의 유병률은 60 bpm 미만인 그룹에 비해 70-79 bpm은 1.44배(95% CI, 1.02-2.05), 80-89 bpm은 1.83배(95% CI, 1.25-2.68), 90 bpm 이상은 2.40배(95% CI, 1.30-4.44)로 높게 나타났다.

결론: 안정 시 심박수는 대사증후군 및 제2형 당뇨병 위험인자와 밀접한 관계를 가지며, 대사증후군과 제2형 당뇨병의 유병률을 예측할 수 있는 지표로 활용될 수 있을 것이다.

중심단어: 한국 성인, 안정 시 심박수, 대사증후군, 제2형 당뇨병

Conflicts of Interest

The authors have no conflicts of interest to declare.

References

1. Korea Centers for Disease Control and Prevention. Korea Health Statistics 2012: Korea National Health and Nutrition Examination Survey (KNHANES V-1). Available from: URL: <http://knhanes.cdc.go.kr/2012>
2. Torpy JM, Lynm C, Glass RM. JAMA patient page. The metabolic syndrome. JAMA 2006;295:850.
3. Hanson RL, Imperatore G, Bennett PH, Knowler WC. Components of the "metabolic syndrome" and incidence of type 2 diabetes. Diabetes 2002;51:3120-7.
4. Ford ES. Risks for all-cause mortality, cardiovascular disease, and diabetes associated with the metabolic syndrome: a summary of the evidence. Diabetes Care 2005;28:1769-78.
5. Wannamethee SG, Shaper AG, Lennon L, Morris RW. Metabolic syndrome vs Framingham Risk Score for prediction of coronary heart disease, stroke, and type 2 diabetes mellitus. Arch Intern Med 2005;165:2644-50.
6. Lorenzo C, Okoloise M, Williams K, Stern MP, Haffner SM; San Antonio Heart Study. The metabolic syndrome as predictor of type 2 diabetes: the San Antonio heart study. Diabetes Care 2003;26:3153-9.
7. Aballay LR, Eynard AR, Díaz Mdel P, Navarro A, Muñoz SE. Overweight and obesity: a review of their relationship to metabolic syndrome, cardiovascular disease, and cancer in South America. Nutr Rev 2013;71:168-79.
8. Samson SL, Garber AJ. Metabolic syndrome. Endocrinol Metab Clin North Am 2014;43:1-23.
9. Diaz A, Bourassa MG, Guertin MC, Tardif JC. Long-term prognostic value of resting heart rate in patients with suspected or proven coronary artery disease. Eur Heart J 2005;26:967-74.
10. Palatini P, Julius S. Elevated heart rate: a major risk factor for cardiovascular disease. Clin Exp Hypertens 2004;26:637-44.
11. Thayer JF, Yamamoto SS, Brosschot JF. The relationship of autonomic imbalance, heart rate variability and cardiovascular disease risk factors. Int J Cardiol 2010;141:122-31.
12. Cryer PE. Diverse causes of hypoglycemia-associated autonomic failure in diabetes. N Engl J Med 2004;350:2272-9.
13. Whelton SP, Narla V, Blaha MJ, Nasir K, Blumenthal RS, Jenny NS, et al. Association between resting heart rate and inflammatory biomarkers (high-sensitivity C-reactive protein, interleukin-6, and fibrinogen) (from the Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis). Am J Cardiol 2014;113:644-9.
14. Oda E, Aizawa Y. Resting heart rate predicts metabolic syndrome in apparently healthy non-obese Japanese men. Acta Diabetol 2014; 51:85-90.
15. Rogowski O, Steinvil A, Berliner S, Cohen M, Saar N, Ben-Bassat OK, et al. Elevated resting heart rate is associated with the meta-

- bolic syndrome. *Cardiovasc Diabetol* 2009;8:55.
16. Shigetoh Y, Adachi H, Yamagishi S, Enomoto M, Fukami A, Otsuka M, et al. Higher heart rate may predispose to obesity and diabetes mellitus: 20-year prospective study in a general population. *Am J Hypertens* 2009;22:151-5.
 17. Stettler C, Bearth A, Allemann S, Zwahlen M, Zanchin L, Deplazes M, et al. QTc interval and resting heart rate as long-term predictors of mortality in type 1 and type 2 diabetes mellitus: a 23-year follow-up. *Diabetologia* 2007;50:186-94.
 18. Misra A, Wasir JS, Vikram NK. Waist circumference criteria for the diagnosis of abdominal obesity are not applicable uniformly to all populations and ethnic groups. *Nutrition* 2005;21:969-76.
 19. Korea Centers for Disease Control and Prevention. Korea Health Statistics 2010: Korea National Health and National Health and Nutrition Examination Guideline. Available from: URL: <http://knhanes.cdc.go.kr>
 20. 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;285:2486-97.
 21. Oh SW. Obesity and metabolic syndrome in Korea. *Diabetes Metab J* 2011;35:561-6.
 22. American Diabetes Association. Standards of Medical Care in Diabetes-2015. *Diabetes care* 2015;38 Suppl 1:S1-94.
 23. Lee C, Lee J, Jeon JY. The relationship between resting heart rate and risk factors of metabolic syndrome in Korean adults. *Korean J Obes* 2013;22:222-30.
 24. Rana JS, Hardison RM, Pop-Busui R, Brooks MM, Jones TL, Nesto RW, et al. Resting heart rate and metabolic syndrome in patients with diabetes and coronary artery disease in bypass angioplasty revascularization investigation 2 diabetes (BARI 2D) trial. *Prev Cardiol* 2010;13:112-6.
 25. Hillis GS, Hata J, Woodward M, Perkovic V, Arima H, Chow CK, et al. Resting heart rate and the risk of microvascular complications in patients with type 2 diabetes mellitus. *J Am Heart Assoc* 2012;1:e002832.
 26. O'Hartaigh B, Jiang CQ, Bosch JA, Zhang WS, Cheng KK, Lam TH, et al. Influence of heart rate at rest for predicting the metabolic syndrome in older Chinese adults. *Acta Diabetol* 2013;50:325-31.
 27. Karason K, Mølgaard H, Wikstrand J, Sjöström L. Heart rate variability in obesity and the effect of weight loss. *Am J Cardiol* 1999;83:1242-7.
 28. Rissanen P, Franssila-Kallunki A, Rissanen A. Cardiac parasympathetic activity is increased by weight loss in healthy obese women. *Obes Res* 2001;9:637-43.
 29. Wei M, Kampert JB, Barlow CE, Nichaman MZ, Gibbons LW, Paffenbarger RS Jr, et al. Relationship between low cardiorespiratory fitness and mortality in normal-weight, overweight, and obese men. *JAMA* 1999;282:1547-53.
 30. Jekal Y, Lee MK, Park S, Lee SH, Kim JY, Kang JU, et al. Association between obesity and physical fitness, and hemoglobin A1c level and metabolic syndrome in Korean adults. *Korean Diabetes J* 2010;34:182-90.
 31. Kim BR, Kang SJ, Lee DK. The cardiopulmonary function and heart rate recovery response of obese adolescent after graded maximal exercise. *Exercise Science* 2010;19:89-96.
 32. Nault I, Nadreau E, Paquet C, Brassard P, Marceau P, Marceau S, et al. Impact of bariatric surgery--induced weight loss on heart rate variability. *Metabolism* 2007;56:1425-30.
 33. Cinti S, Mitchell G, Barbatelli G, Murano I, Ceresi E, Faloia E, et al. Adipocyte death defines macrophage localization and function in adipose tissue of obese mice and humans. *J Lipid Res* 2005;46:2347-55.
 34. Oda E. Metabolic syndrome: its history, mechanisms, and limitations. *Acta Diabetol* 2012;49:89-95.
 35. Kim MK, Park JH. Metabolic syndrome. *J Korean Med Assoc* 2012;55:1005-13.
 36. Weyer C, Funahashi T, Tanaka S, Hotta K, Matsuzawa Y, Pratley RE, et al. Hypoadiponectinemia in obesity and type 2 diabetes: close association with insulin resistance and hyperinsulinemia. *J Clin Endocrinol Metab* 2001;86:1930-5.
 37. De Meersman RE. Heart rate variability and aerobic fitness. *Am Heart J* 1993;125:726-31.
 38. Stein PK, Ehsani AA, Domitrovich PP, Kleiger RE, Rottman JN. Effect of exercise training on heart rate variability in healthy older adults. *Am Heart J* 1999;138:567-76.
 39. Jensen MT, Suadicani P, Hein HO, Gyntelberg F. Elevated resting heart rate, physical fitness and all-cause mortality: a 16-year follow-up in the Copenhagen Male Study. *Heart* 2013;99:882-7.
 40. Tell GS, Vellar OD. Physical fitness, physical activity, and cardio-

- vascular disease risk factors in adolescents: the Oslo Youth Study. *Prev Med* 1988;17:12-24.
41. Nauman J, Aspenes ST, Nilsen TI, Vatten LJ, Wisløff U. A prospective population study of resting heart rate and peak oxygen uptake (the HUNT Study, Norway). *PLoS One* 2012;7:e45021.
42. Kim DI, Kim JY, Lee MK, Lee HD, Lee JW, Jeon JY. The relationship between fitness, BMI and risk factors of metabolic syndrome among university students in Korea. *Korean J Obes* 2012;21:99-107.
43. An KY, Kim ES, Jekal Y, Jeon JY. Association of muscular endurance and cardiopulmonary fitness to insulin resistance and the risk factors of CVD among male high school students. *J Korean Soc Living Environ Sys* 2010;17:477-86.
44. Hong S, Lee J, Park J, Lee M, Kim JY, Kim KC, et al. Association between cardiorespiratory fitness and the prevalence of metabolic syndrome among Korean adults: a cross sectional study. *BMC Public Health* 2014;14:481.
45. Cataldo A, Cerasola D, Zangla D, Russo G, Presti RL, Traina M. Relationship between heart rate recovery after exercise and maximal oxygen uptake in sedentary patients with type 2 diabetes. *Exp Clin Cardiol* 2014;20:2113-21.
46. Nagai N, Moritani T. Effect of physical activity on autonomic nervous system function in lean and obese children. *Int J Obes Relat Metab Disord* 2004;28:27-33.
47. Goldsmith RL, Bloomfield DM, Rosenwinkel ET. Exercise and autonomic function. *Coron Artery Dis* 2000;11:129-35.