

오전과 오후에 측정된 심박동수변이의 변화

가톨릭대학교 의과대학 가정의학교실

최창진 · 최환석 · 김경수[†]

연구배경: 심박동수변이(heart rate variability)의 단기측정은 자율신경계를 평가하는 비침습적인 방법이다. 심박동수변이는 24시간 생체주기와 수면/활동 여부에 따라 하루주기를 보인다. 일차진료영역에서는 단기 심박동수변이 분석을 주로 낮 동안 이용하게 되므로 동일개체에서 오전과 오후에 측정된 심박동수변이에 차이가 있는지와 대상자의 불안이나 우울경향, 수면시간, 피로 정도에 따라 영향을 받는지 조사하고자 하였다.

방법: 20대의 건강한 성인 68명을 대상으로 오전 8시 30분~11시와 익일 오후 1시 30분~4시에 심박동수변이를 측정하였고, 설문을 통해 대상자의 우울, 불안, 피로, 수면시간, 건강상태, 생활습관 등을 조사하였다.

결과: 오전에 비해 오후에는 심박수가 유의하게 상승하였고, SDNN (standard deviation of normal to normal interval), RMSSD (root-mean-square of successive differences), TP (total power), HF (high frequency), VLF (very low frequency)가 유의하게 감소하였다. LF (low frequency), LF/HF는 유의한 변화를 보이지 않았다. 불안경향이 있는 군, 우울경향이 있는 군, 피로군은 정상군에 비해 TP와 RMSSD의 감소 정도가 유의하게 컸다.

결론: 동일한 개체에서 익일 시행된 심박동수변이의 단기 분석결과, 오전에 비해 오후에는 부교감신경과 총변이가 유의하게 감소하였으며 우울이나 피로를 호소하는 경우는 정상군에 비해 심박동수변이의 감소가 더 크게 나타났다. 이는 심박동수변이 단기측정시 일정한 시간대와 음식섭취 여부의 제한의 중요성을 시사한다.

중심 단어: 심박동수변이, 시간, 우울, 불안, 피로

서 론

심박동과 심박동사이의 간격은 안정을 취하고 있을 때에도 항상 변화하는데 이를 심박동수 변이(heart rate variability)라고 한다. 심박동수변이는 중추신경계로부터 동방결절(sinoatrial node)로 연결된 교감신경과 부교감신경이 심혈관계를 조정된 결과로 나타나므로, 자율신경계를 평가하는 믿을만하고 비침습적인 도구로 알려져 있다.¹⁾ 심박동수변이의 주파수 영역 해석에서 HF (high frequency; 0.15~0.4 Hz에 해당하는 주파수 대역)는 부교감신경을 반영하고 LF (low frequency; 0.04~0.15 Hz에 해당하는 주파수 대역)는 교감신경과 부교감신경을 반영한다. TP (total power, VLF, LF, HF를 포함한 전체의 power를 의미)는 심혈관계의 안정도와 자율신경계의 신체에

대한 제어능력에 대한 정보를 제공한다. 심박동수변이의 시간 영역 해석에서는 SDNN (standard deviation of normal to normal interval)은 주파수 영역 해석의 TP에 상응하고 RMSSD (root-mean-square of successive differences)는 주파수 영역 해석의 HF에 상응한다.¹⁾

심박동수변이는 내인성 생리 주기와 수면/활동 주기의 영향으로 일정한 하루 주기를 갖는다. 심박동수변이는 체온이나 콜티졸의 하루 주기와는 달리 내인성 생체시계의 영향은 상대적으로 적고 활동과 수면주기를 주로 따른다. LVE, LF, HF는 밤에 증가하고 깨기 전에 최고치를 보이며, 수면중에는 교감신경활성도가 낮아지고 부교감신경활성도가 높아져 LH/HF는 감소하고 HF/(HF+LF)는 증가한다.¹⁻⁴⁾

심박동수변이의 하루 주기리듬은 관상동맥질환, 우울증, 불면증 등의 질환이 있을 때, 주야교대 근무자에서 장애를 보인다고 보고되고 있다.⁵⁻⁸⁾ 그러나 이러한 연구는 낮과 밤간의 심박동수변이에 초점이 맞추어져 있으며 낮 동안인 오전 오후의 심박동수변이의 변화에 대해서는 결론적인 보고를 하지 않고 있다. 이는 낮동안의 다양한 범위의 활동이 심박동수변이에 복잡한 잡음으로 작용하기 때문으로 생각된다.

접수일: 2006년 8월 8일, 승인일: 2008년 7월 15일

[†]교신저자: 김경수

Tel: 02-590-1627, Fax: 02-590-2968

E-mail: kskim@catholic.ac.kr

본 연구는 보건복지부 보건의료기술 진흥사업의 지원에 의하여 이루어진 것임(A060093).

심박동수변이는 심전도 측정시간에 따라 하루 주기리듬을 포함한 정보를 얻을 수 있는 24시간 데이터를 사용하는 장기분석과 5분 데이터를 이용하는 단기분석으로 나뉜다. 단기분석은 대상자의 순간적인 생리적인 상황을 반영하므로 대상자의 상태와 검사환경을 제어하지 않을 경우 진단에 오류가 발생할 가능성이 있다.⁹⁾ 그러므로 단기분석을 이용하여 자율신경상태를 검사할 때 재현성이 있고 신뢰할만한 자료를 얻기 위해서는 가능한 심박동수변이에 영향을 미치는 여러 요인을 조정하는 것이 중요할 것이다. 심박동수변이는 의료계뿐 아니라 체육학, 심리학, 환경학 등 다양한 분야에서 사용하고 있는 연구도구이다. 실제로 국내학회지의 심박동수변이 관련연구는 의료계 학회지뿐 만아니라 체육학회지, 심리학회지, 침구학회지, 감성과학회지, 생활환경과학회지 등 다양한 분야에 게재되고 있다. 이러한 여러 연구를 검토해보면 검사 시간을 명시한 연구가 매우 드물고, 특히 대상자가 많은 연구에서는 실제로 일정 시간대에 연구를 시행하기 하기는 쉽지 않을 것이다.

본 연구는 일차진료 영역에서 주로 사용하는 단기 분석 방법을 이용하여 주 검사 시간인 낮 동안 동일인에서 익일 오전과 오후에 측정된 심박동수변이가 유의한 변화를 보이는지 연구하고자 하였고, 심리적 요인, 피로감, 수면시간 등이 영향을 미치는지 확인하고자 하였다.

방 법

1. 연구대상

2003년 8월부터 2004년 6월까지 서울지역 일개 대학병원에서 검사에 동의한 건강한 20대의 성인 68명을 대상으로 시행하였다. 갑상선 질환, 당뇨병 등 내분비 질환, 심혈관 질환 등의 신체질환 및 불면증, 우울증, 정신분열증 등의 정신적인 질환의 병력이 있거나 자율신경에 영향을 미치는 약물을 복용하는 경우는 대상자에서 제외하였다.

2. 설문조사

대상자의 사회인구학적 특성, 음주력, 흡연력, 규칙적인 운동 여부, 1일 평균 수면시간, 불안 및 우울 성향, 피로의 정도를 자가 기입식으로 설문 조사하였다. 불안과 우울성향은 Zigmond 등이 개발한 병원 불안-우울 척도를 한국어로 번역 표준화한 설문을 사용하여 각각 8점 이상인 경우를 불안과 우울 경향이 있다고 정의하였다.¹⁰⁾

피로의 정도는 Fatigue severity scale (FSS)를 이용하였다. FSS는 9개의 항목으로 구성되어 있고 각 항목은 1~7점

척도로 답하도록 되어 있고 각 항목의 답변의 평균치를 피로 점수로 하여 3.75점 이상인 군을 피로군으로 정의하였다.¹¹⁾

흡연은 흡연군, 비흡연군, 금연한지 1년 미만인 군을 과거 흡연군으로 정의하였고, 음주는 주 2회 이상 소주 1병 이상 규칙적인 음주를 하는 경우를 음주군으로 정의하였다.

3. 심박동수변이 측정

대상자의 심박동수변이는 오전 8시 30분~11시와 익일 오후 1시 30분~4시에 측정하였다. 검사 2시간 전까지 흡연과 카페인 등 음료를 금하였으며, 의자에 착석한 자세에서 5분간 안정을 취한 후 5분간 측정하였다. 심박동수변이 측정기기는 SA-2000 (Medicore, 한국)을 사용하였다.

4. 자료 분석

오전과 오후에 측정된 심박동수변이의 요소들을 paired test로 검증하였다. 불안성향, 우울성향, 피로, 수면시간에 따라 오전 오후에 측정된 심박동수변이에 유의한 차이가 있는지 확인하기 위하여 성별, 체질량지수, 평균 심박수, 흡연, 음주를 보정한 공분산분석을 시행하였다. 유의수준은 5% 이하를 통계적으로 유의한 것으로 하였고

Table 1. General characteristics of study population (n=68).

Age (year)		26.1±3.5
BMI (kg/m ²)		22.2±3.0
Heart rate (bpm)		72.2±9.7
Sleep time (hour/day)		7.0±0.8
Sex	Male	45 (66.2)
	Female	23 (33.8)
Smoking	No	40 (58.8)
	Ex-smoker	4 (5.9)
	Yes	24 (35.3)
Exercise	No	52 (76.5)
	Yes	16 (23.5)
Anxiety	No	55 (80.9)
	Yes	13 (19.1)
Depression	No	50 (73.5)
	Yes	18 (26.5)
Fatigue	No	46 (67.6)
	Yes	22 (32.4)
Sleep (hour/day)	≥7	40 (60.6)
	<7	26 (39.4)

Data are expressed as mean±standard deviation and numbers (%).

모든 통계는 SAS 8.01을 사용하였다.

결 과

1. 연구 대상자의 특징

본 연구의 대상자는 총 68명으로 평균 연령은 26.1±3.5세이고 여성이 23명(33.8%), 남성이 45명(66.2%)이었다. 평균 체질량지수는 22.2±3.0 kg/m², 평균 심박수는 분당 72.2±9.7회였다. 불안경향이 있는 군은 13명(19.1%), 우울 경향이 있는 군은 18명(26.5%), 피로 군은 22명(32.4%)이었다. 1일 평균 수면시간은 7.0±0.8시간이었고 수면시간이 7시간 미만인 군은 26명(39.4%)이었다(표 1).

2. 오전과 오후의 심박동수 및 심박동수변이의 변화

오전에 비해 오후에 심박동수는 유의한 상승소견을 보였다. 오전에 비해 오후에는 SDNN, RMSSD, TP, HF의 유의한 감소 소견을 보였다. LF, LF/HF는 오전과 오후간에

유의한 변화를 보이지 않았다(표 2).

3. 불안, 우울, 피로, 수면시간에 따른 오전과 오후의 심박동수변이의 차이

오전에 비해 오후의 TP와 RMSSD 감소의 폭은 불안성향이 있는 군이 불안성향이 없는 군에 비해, 우울성향이 있는 군이 우울성향이 없는 군에 비해, 피로 군이 비피로 군에 비해 유의하게 컸다. 수면시간에 따라 오후의 TP와 RMSSD의 변화는 유의한 차이가 없었다(표 3). SDNN, HF, LF, LF/HF는 불안, 우울, 피로, 수면시간에 따라 오전과 오후간에 심박동수변이의 감소 폭은 유의한 차이가 없었다.

고 찰

심박동수변이의 단기분석법은 일차진료영역에서 간단하게 자율신경의 상태를 평가할 수 있는 유용한 도구

Table 2. Heart rate variability in morning, afternoon, and subtracted differences from afternoon to morning (n=68).

Variables	Morning	Afternoon	Difference	P
SDNN (ms)	50.2±14.5	44.2±15.2	-6.0±12.9	<0.001
RMSSD (ms)	41.0±18.2	35.6±16.0	-5.4±13.6	0.002
TP (ms ²)	1,974.5±1,292.7	1,609.1±1,209.1	-365.4±1,078.7	0.007
LF (ms ²)	605.1±465.3	553.0±524.7	-52.1±495.2	0.389
HF (ms ²)	541.6±525.6	414.9±432.3	-126.7±1,078.7	0.008
LF/HF	2.1±2.3	1.8±1.6	-0.2±2.2	0.435
Mean HR (bpm)	69.8±9.8	74.7±10.7	4.9±6.6	<0.001

Data are expressed as mean±standard deviation. P value by paired t-test. dSDNN: difference of the standard deviation of normal to normal interval, dRMSSD: difference of root-mean-square of successive differences, dTP: difference of total power, dLF: difference of lower frequency, dHF: difference of high frequency, dMean HR: difference of mean heart rate.

Table 3. Differences of TP and RMSSD according to anxiety, depression, fatigue and sleep hours (n=68).

		Subtracted difference from afternoon to morning			
		dTP (ms ²)	P	dRMSSD (ms)	P
Anxiety	No	-170.7±146.5	0.007	-3.5±1.8	0.01
	Yes	-1,148.0±311.0		-15.0±3.9	
Depression	No	-197.6±154.2	0.04	-3.5±1.9	0.02
	Yes	-866.4±277.3		-12.7±3.4	
Fatigue	No	-163.6±162.8	0.04	-3.3±2.0	0.05
	Yes	-840.0±266.4		-11.4±3.3	
Sleep (hours/day)	≥7	-249.8±181.4	0.31	-5.6±2.3	0.89
	<7	-556.1±229.9		-6.1±2.9	

Data are expressed as Least Square Mean±Standard error. P by ANCOVA adjusted for sex, body mass index, mean heart rate, smoking, alcohol. dTP: difference of total power, dRMSSD: difference of root-mean-square of successive differences.

이다. 심박동수변이의 감소는 급성심근경색 이후 사망률, 관상동맥질환의 발병과 사망률과 관련되어 있으며, 이러한 관련성은 기존에 알려진 관상동맥질환의 위험요소와 독립적이다.^{12,13)} 그러나 심박동수변이는 건강한 개체내에서 하루 주기를 가지고 변화할 뿐 아니라 측정자세, 심리적 요인, 섭취한 음식, 빛 등 여러 요인들이 영향을 미칠 수 있다. 그러므로 단기분석을 이용하여 자율신경상태를 검사할 때 재현성이 있고 신뢰할만한 자료를 얻기 위해서는 가능한 심박동수변이에 영향을 미치는 여러 요인을 조정하는 것이 중요할 것이다. Sinnerich 등¹⁴⁾은 인구집단에게 하루 일정 시간대에 5분 심박동수변이를 2~3개월 후 반복 측정한 결과 신뢰계수가 0.68~0.82로 나타나 개인의 특성을 수개월간 반영할 수 있는 안정된 지표로 사용할 수 있다고 보고하였다. Dionne 등¹⁵⁾은 공복과 식후 5분 후의 심박동수변이를(14~16분간) 1~2주 후 반복 측정한 결과 인위적으로 호흡을 조절한 경우를 제외하고는 공복과 식후에 각각 유의한 재현성을 보고하였다.

본 연구는 심박동수변이 단기측정이 주로 시행되는 낮 동안인 오전(8시 30분~11시)과 오후(1시 30분~4시)에 심박동수변이를 측정하여 비교하였다. 오전에 비해 오후에는 심박동수가 유의하게 상승하였고 SDNN, RMSSD, TP, HF의 유의한 감소 소견을 보였다. LF와 LF/HF는 오전과 오후간에 유의한 변화를 보이지 않았다. 이러한 결과는 심박동수변이의 수면/활동 주기만으로는 설명할 수 없다. Vandewalle 등¹⁶⁾은 심박동수변이의 하루 주기의 주 영향요소인 수면/활동주기의 영향과 빛의 영향을 실험적으로 차단한 후에도 내인성 생리주기가 유지됨을 보고하였다. 보고된 내인성 생리주기는 습관적인 기상 시간의 후반부에 심박동수변이가 최고점에 달하고 전후로 감소하며, 습관적인 수면 시간이 오후 11시에서 오전 7인 경우 HF, LF, RMSSD, SDNN이 오전 5~7시경에 최고점에 이르고 이 시간대 전후로 대략 대칭적으로 감소하는 소견을 보였다. 습관적인 수면시간에 따라 차이가 있을 수 있지만, 이 내인성 생리주기에 의하면 오전이 오후에 비해 LF, HF, RMSSD, SDDM가 상대적으로 큰 시간대에 해당된다.

오후 심박동수변이의 감소를 설명할 수 있는 다른 요인은 점심 식사이다. 식후에는 심박출량, 심박동수, 동맥압이 증가한다.^{17,18)} 식사로 인한 심박동수변이의 변화의 초기 연구들은 연구자에 따라 약간은 다른 보고들을 하고 있다. 이러한 차이는 섭취한 음식의 열량이나 영양성분, 측정시간에 차이가 있기 때문이다.^{19,20)} 식후 측정시간에 대해서는 Dionne 등¹⁵⁾은 식사 후 15분 이후부터 자율신경에 영향을 준다고 주장하였고 Lu 등²¹⁾은 500 Kcal

식사는 식후 90분간 교감/부교감신경의 비율을 높인다고 보고하였다. 식사후의 심박동수변이에 대한 보고는 식후에는 교감 신경의 증가보다는 부교감신경의 감소로 인해 교감/부교감신경의 균형이 증가한다는^{22,23)} 주장이 주이며, 본 연구에서도 오전에 비해 오후에 HF가 감소한 소견을 보였다.

심리적 요인은 심박동수변이에 영향을 줄 수 있다. 우울증이나 불안증은 부교감신경의 활성도를 억제시키고 교감신경활성도의 증가시켜 심방세동의 위험을 높이며 심장질환의 이환율과 사망을 높인다.^{24,25)} 대상자의 주관적인 피로감도 심박동수변이에 영향을 줄 수 있다고 보고된 바 있다.^{26,27)} 본 연구에서는 불안 경향, 우울 경향, 피로를 호소하는 경우에 오전에 비해 오후의 TP와 RMSSD의 감소 정도가 유의하게 컸다. 이는 생리적인 식후의 자율신경의 적응력이 더 떨어짐을 의미하며 심리적 요인이 식후 심박동수변이에 영향을 미치는 요소라는 Yin 등²³⁾의 보고와 일부 일치하는 결과이다.

본 연구는 불안이나 우울이 확진된 경우가 아니라 경향이 있는 군을 대상으로 하였으므로 관련 요인들의 영향이 희석되었을 가능성이 있고 섭취한 음식의 종류나 양, 식사 후 시간을 통제하지 못하여 오후의 심박동수변이의 감소의 원인을 확인하지 못한 제한점이 있다. 그러나 심박동수변이 단기측정을 이용하여 오전 오후간 개체내 변이가 유의하게 큼을 증명한 최초의 보고이다. 또한 연구대상자를 20대의 건강한 성인으로 한정하였으므로 심박동수변이에 대한 연령이나 질환으로 인한 영향을 최소화하였고 동일한 개체의 익일 오전 오후 검사치를 비교한 것이므로 개체들간에 발생할 수 있는 교란을 최소화 시킬 수 있었다.

심박동수변이의 단기측정시, 오후에는 오전에 비해 총변이와 부교감신경의 활성도가 유의하게 감소되었다. 이는 심박동수변이의 단기 분석연구 시행시 하루중 시간대와 음식섭취의 통제의 중요성을 시사한다. 또한 주관적인 피로나 불안, 우울의 경향은 오후의 심박동수변이의 감소를 심화시킬 수 있음을 고려해야 한다.

ABSTRACTS

The Changes in Heart Rate Variability between Morning and Afternoon

Chang Jin Choi, M.D., Ph.D., Whan-Seok Choi, M.D., Ph.D., Kyung Soo Kim, M.D., Ph.D.

Department of Family Medicine, The Catholic University of Korea College of Medicine, Seoul, Korea

Background: Short-term measurement of heart rate variability is known to be a non-invasive technique to examine autonomic nerve system. Heart rate variability exhibits circadian rhythm according to work/sleep cycle and biological clock. In primary practice, short-term measurement of heart rate variability is usually used during the day. Therefore the aims of this study were to investigate the possibility of differences in heart rate variability between morning and afternoon and also to examine the relationship among associated factors.

Methods: Sixty-eight healthy volunteers underwent short-term measurement of heart rate variability on two occasions: in the morning (08 : 30~11 : 00) and in the afternoon (13 : 30~16 : 00). A structured questionnaire was used to access general characteristics, emotion, fatigue and sleeping hours.

Results: The mean heart rate was significantly increased and SDNN, RMSSD, TP, HF and VLF were significantly decreased in the afternoon compared to the morning. LF and LF/HF were not changed. The anxiety group, the depression group and the fatigue group showed significantly greater reduction in TP and RMDDs than the control group.

Conclusion: In the afternoon, parasympathetic activity and total power were decreased significantly compared to the morning. Short-term heart rate variability should be measured in the same time zone and need to consider food intake effect. Those who complained of anxiety, depression or fatigue were related to much decrease in TP and RMSSD in the afternoon. (J Korean Acad Fam Med 2008;29:579-584)

Key words: heart rate variability, time, depression, anxiety, fatigue

참 고 문 헌

- Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. Heart rate variability: standards of measurement, physiologic interpretation, and clinical use. *Circulation* 1996;93:1043-65.
- Fujiwara S, Shinkai S, Kurokawa Y, Watanabe T. The acute effects of experimental short term evening and night shifts on human circadian rhythm: the oral temperature, heart rate, serum cortisol and urine catecholamines levels. *Int Arch Occup Environ Health* 2000;63:409-18.
- 최병문, 노규정. 심박변이도(heart rate variability, HRV). *정맥마취* 2004;8:45-86.
- Mølgaard H, Sørensen KE, Bjerregaard P. Circadian variation and influence of risk factors on heart rate variability in healthy subjects. *Am J Cardiol* 1991;68:777-84.
- Huikuri HV, Niemelä MJ, Ojala S, Rantala A, Ikäheimo MJ, Airaksinen KE. Circadian rhythms of frequency domain measures of heart rate variability in healthy subjects and patients with coronary artery disease. Effects of arousal and upright posture. *Circulation* 1994;90:121-6.
- Thayer JF, Brosschot JF. Psychosomatics and psychopathology: looking up and down from the brain. *Psychoneuroendocrinology* 2005;30:1050-8.
- Ito H, Nozaki M, Maruyama T, Kaji Y, Tsuda Y. Shift work modifies the circadian patterns of heart rate variability in nurses. *Int J Cardiol* 2001;79:231-6.
- 손미아, 성주현, 염명걸, 공정옥, 이혜은, 김인아 등. 한 자동차공장의 1주연속 12시간주야맞교대근무 노동자들의 심박동수변이. *예방의학회지* 2004;37(2):1822-9.
- 정기삼. HRV 개요. *가정의학회지* 2004;25(11 부록):S528-32.
- 오세만, 민경준, 박두병. 병원 불안-우울 척도에 대한 표준화 연구. *신경정신의학* 1999;38(2):289-95.
- 정규인, 송찬희. 피로와 우울, 불안증 환자에서 fatigue severity scale의 임상적 유용성. *정신신체의학* 2001;9:164-73.
- Tsuji H, Larson MG, Venditti FJ, Manders ES, Evans JC, Feldman CL, et al. Impact of reduced heart rate variability on risk of cardiac events. The Framingham heart study. *Circulation* 1996;94:2850-5.
- Tsuji H Jr, Venditti FJ Jr, Manders ES, Evans JC, Larson MG, Feldman CL, et al. Reduced heart rate variability and mortality risk in an elderly cohort. The Framingham heart study. *Circulation* 1994;90:878-83.
- Sinnerich R, Kark JD, Friedlander Y, Sapoznikow D, Lauria MH. Five minute recording of heart rate variability for population studies: repeatability and age-sex characteristics. *Heart* 1998;80:156-62.
- Dionne LJ, White MD, Tremblay A. The reproducibility of power spectrum analysis of heart rate variability before and after a standardized meal. *Physiol Behav* 2002;75:267-70.
- Vandewalle G, Middleton B, Rajaratnam SM, Stone BM, Thorleifsdottir B, Arendt J, et al. Robust circadian rhythm in heart rate and its variability: influence of exogenous melatonin and photoperiod. *J Sleep Res* 2007;16(2):148-55.
- Fagan TC, Sawyer PR, Gourley LA, Lee JT, Gaffney TE. Postprandial alterations in hemodynamics and blood pressure in normal subjects. *Am J Cardiol* 1986;58:636-41.
- Muller AF, Fullwood L, Hawkins M, Cowley AJ. The integrated response of the cardiovascular system to food.

- Digestion 1992;52:184-93.
19. Jansen RW, Hoefnagels WH. Influence of oral and intravenous glucose loading on blood pressure in normotensive and hypertensive elderly subjects. *J Hypertens* 1987;Suppl 5:501-3.
 20. Tentolouris N, Tsigos C, Perea D, Koukou E, Kyriaki D, Kitsou E, et al. Differential effects of high-fat and high-carbohydrate isoenergetic meals on cardiac autonomic nervous activity in lean and obese women. *Metabolism* 2003;52(11):1426-32.
 21. Lu CL, Zou X, Orr WC, Chen JD. Postprandial changes of sympathovagal balance measured by heart rate variability. *Dig Dis Sci* 1999;44:857-61.
 22. Vaz M, Turner A, Kingwell B, Chin J, Koff E, Cox H, et al. Postprandial sympatho-adrenal activity: its relation to metabolic and cardiovascular events and to changes in meal frequency. *Clin Sci (Lond)* 1995;89:349-57.
 23. Yin J, Levanon D, Chen JD. Inhibitory effect of stress on postprandial gastric myoelectrical activity and vagal tone in healthy subjects. *Neurogastroenterology Motil* 2004;16:737-44.
 24. Gorman JM, Sloan RP. Heart rate variability in depressive and anxiety disorders. *Am heart J* 2000;140(4 Suppl):77-83.
 25. Cohen H, Benjamin J. Power spectrum analysis and cardiovascular morbidity in anxiety disorder. *Auton Neurosci* 2006;128:1-8.
 26. Soetekouw PM, Lenders JW, Bleijenberg G, Thien T, vander Meer JW. Autonomic function in patient with chronic fatigue syndrome. *Clin Auton Res* 1999;9:334-40.
 27. 김정민, 심민주, 이선희, 최환석, 옥선명, 김철민 등. 피로를 주소로 내원한 환자의 피로도에 따른 자율신경 변화-심박동수 변이 검사를 중심으로-. *가정의학회지* 2004;25:52-8.