

## 기능성 소화불량증에서 위장관 미주신경 활성 평가를 위한 심박변이 지표와 장음지표의 상관성 연구

김소연, 윤상협

경희대학교 한의과대학 비계내과학교실

### Correlation between HRV and Bowel Sound Parameters in the Evaluation of Gastrointestinal Parasympathetic Nerve Activity from Patients with Functional Dyspepsia

So-yeon Kim, Sang-hyub Yoon

3rd Dept. of Internal Medicine, Oriental Medicine, Kyung-hee University

#### ABSTRACT

**Objectives :** The aim of this study was to investigate the evaluation of gastrointestinal parasympathetic nerve activity by comparing between HRV and bowel sound parameters in patients with functional dyspepsia.

**Methods :** 62 patients (male 22, female 40) were enrolled. HRV was measured in all patients, and TP (total power), LF (low frequency density: 0.04~0.15Hz), HF (high frequency density: 0.15~0.4Hz), and LF/HF ratio were analyzed. HF band is a reflection of parasympathetic activity, and the LF-to-HF ratio is considered a marker of sympathovagal balance. Bowel sounds were recorded at the day after, and postprandial %BS was used to indicate the gastric vagal activity after eating. HRV and bowel sound parameters were compared, and correlation between them was analyzed.

**Results :** There was no difference in LF/HF ratio between patient group and healthy group of other report. According to values of %BS, each patient was classified into a normal (>6 %BS) or hypoactivity (<6 %BS) of gastric vagus nerve group. HF component of the hypoactivity group was not significantly higher than that of the normal group. There was no correlation between HRV and bowel sound parameters.

**Conclusions :** Because no correlation was found between HRV and bowel sound parameters in patients with functional dyspepsia, we concluded that it is not proper to evaluate gastric vagus nerve activity by HRV measurement.

**Key words :** HRV, Bowel Sound, Vagus nerve, Functional Dyspepsia.

## 1. 緒論

미주신경은 부교감신경으로 대뇌의 X번 신경 및 천추신경에서 분지되며, 주요 장기에 분포하여 그곳의 생리작용을 조절한다. 위장관에 있어서 미

주신경은 위운동의 고위중추로서 위장관 수축력과 위서파의 활동을 조절한다. 이러한 고위중추의 장애는 위수축력 약화에 의한 위배출 감소를 초래하는데 이것은 기능성 소화불량증에서 위운동성 장애의 근간이 되고 있다<sup>1</sup>.

생체에서의 미주신경 활성 측정은 직접적으로는 불가능하며 현재까지는 심장의 미주신경 활성은 심박변이도(HRV)를, 위장관에서는 압력측정과 장

· 교신저자: 윤상협 서울시 동대문구 회기동 1번지  
경희의료원 한방 3내과  
TEL: 02-958-9142 FAX: 02-958-9136  
E-mail: sandrock58@nate.com

음 분석을 통해 간접적으로 이루어지고 있다. 심박 변이도는 심장박동 사이의 RR간격을 측정하여 분석하는 검사법으로 이것의 주파수영역 분석은 심장에 대한 교감신경과 부교감신경의 영향을 반영한다고 알려져 있다<sup>2,3</sup>. 장음 크기는 Farrar<sup>4</sup> 등의 연구에 의해서 보면 위장관의 수축력 및 부교감신경 활성화와 직접적 연관성이 있으며, 위장관의 미주신경 활성을 평가하는데 있어서 심박변이도 보다는 장기선택성이 비교적 명확하다는 장점이 있다.

한편 현재도 심박변이도는 위전도 및 위배출 검사와 연계되어서 위미주신경기능을 평가하는 수단으로 사용되고 있다. 이것에 대한 평가는 일치되지 않는데, 위미주신경을 유사하게 반영한다는 것과<sup>5,6</sup> 상호 연관성이 부족하다는 견해<sup>7-10</sup>가 공존하고 있다. 이와 유사한 현상이 기능성 위장관질환 환자의 자율신경 반응에서도 관찰되고 있는데 미주신경 활성이 저하되어 있다고 하나<sup>6,11</sup>, 반대로 기저 부교감신경 활성은 증가되어 있으면서 스트레스에 대한 교감신경 반사가 저하되어 있다는 보고<sup>12</sup> 및 자율신경 지수가 정상인보다 높거나<sup>13</sup>, 낮은<sup>14</sup> 등 다양한 결과가 보고되고 있다.

이 연구의 목적은 심박변이도 지표 상에서 부교감신경활성과 장음지표를 비교하여 위미주신경 활성을 평가하여 심장부교감신경 활성을 통해 위미주신경 활성을 평가할 수 있는가를 확인하기 위함이다.

## II. 對象 및 方法

### 1. 대 상

2007년 1월 1일부터 2008년 2월 30일까지 ○○대학교 부속한방병원 소화기내과에 기능성 소화불량증으로 내원한 환자 62명을 대상으로 하였다.

대상자 선정 요건은 첫째, 과거 위내시경 검사에서 별다른 이상 소견이 없었고 둘째, 과민성 대장

증후군이 없으며 셋째, 약물 복용이나 복부 수술의 병력이 없는 경우로 하였다.

### 2. 방 법

1) 심박변이도(Heart Rate Variability, HRV) 측정  
심박변이도 검사는 장음측정 전날 독립된 검사실에서 McPulse(Meridian Co. Ltd. 2002 Korea)를 이용하여 이루어졌다. 심박변이에 영향을 줄 수 있는 커피, 탄산음료, 약물을 섭취하지 않은 상태에서 아침식사 후 오전 10시부터 12시 사이에 앙와위로 5분 이상 안정을 취한 후 측정되었다. 기기에서 출력된 결과물 중 주파수 영역분석인 TP(Total Power), LF(Low Frequency Density 0.04~0.15Hz), HF(High Frequency Density 0.15~0.4Hz), LF/HF ratio 및 자연로그 값인 lnHF, HF의 비율을 의미하는 HFnorm값을 데이터 분석에 이용하였다. Control data로 타연구의 건강대조군을 참조하였다<sup>3</sup>.

### 2) 위장관 미주신경 활성 측정

위장관 미주신경 활성은 장음을 측정한 후, % of Bowel Sound(%BS)를 구하여 평가되었다. 장음의 기록은 조용하고 약간 어두운 방에서 환자의 우측 하복부에 전자청진기 ES-120(Jac Instrument, Van Nuys, CA, USA)을 부착시켜 이루어졌다. 녹음은 앙와위를 취하고 청진기 부착 10분이 지난 다음, 식전 15분과 10분간 표준식사를 섭취한 후 40분 동안 실시되었다. 환자는 8시간 이상 금식한 상태에서, 표준식사는 토스트 2장, 삶은 계란 2개, 오렌지 주스 180ml(480Kcal)로 하였으며, 먹는 시간 외에는 앙와위를 취하였고, motion artifact를 줄이기 위하여 불필요한 움직임, 말하는 것, 과도한 심호흡 및 수면을 취하지 않도록 미리 주의를 받았다.

청진기의 analogue signal은 입체변환장치를 통해 디지털 녹음기(Voice of VTR, Voice it Worldwide, Inc: sampling 8000Hz)로 보내진 후, IBM computer에서 EnteroTach bowel sound analysis software(ver 4.0 Western Researchs, Tuscon, AZ, USA)에 의해 측정된 시간 중에서 식후에 장음이

차지하는 비율(% of bowel sound, %BS)을 구하였다. %BS $\geq$ 6%이면 정상 기능으로, <6%면 위장관 미주신경활성이 저하된 것으로 간주하였다.

3) 통계

data는 평균 $\pm$ 표준편차로 나타났다. 환자군과 건강대조군 사이의 TP, LF, HF, LF/HF ratio 비교는 One-sample T-test를 이용하여 분석하였다. 위장관 미주신경 활성의 정상이나 저하에 따른 lnHF, HFnorm, LF/HF ratio의 유의성 비교는 Man-Whitney가, %BS와의 상관관계 분석에는 Pearson Correlation이 사용되었다.

### III. 結果

1. 일반적 특성

환자의 연령은 17-72세로 평균연령은 39.77 $\pm$ 15.137였으며, 성별 분포는 남성 22(35.5%) 여성 40(64.5%)이었다(Table 1).

Table 1. Age and Sex Distribution in FD Patients

Age	Male	Female	Total
10-19	2	1	3
20-29	6	11	17
30-39	3	12	15
40-49	4	11	15
50-59	1	0	1
Over 60	6	5	11
Total	22	40	62

2. 소화불량환자군과 건강대조군의 심박변이도 지표 비교

본 연구의 소화불량환자군과 타 연구<sup>3</sup>의 건강대조군을 비교한 결과, 절대값에 의한 부교감신경의 활성상태(HF)는 환자군이 건강 대조군보다 높게 나타났지만, 교감 부교감신경 불균형(LF/HF ratio)에는 별다른 차이가 없었다(Table 2). TP의 경우 환자군은 1696.05 $\pm$ 2892.88, 건강 대조군은 799.42 $\pm$ 1091.35로 나타났다.

Table 2. The HRV parameters in FD patients and healthy control group.

HRV parameters	FD patients	Healthy control	P-value
TP(단위)	1696.05 $\pm$ 2892.88	799.42 $\pm$ 1091.35	0.018*
LF	419.40 $\pm$ 870.90	141.42 $\pm$ 147.84	0.015*
HF	409.59 $\pm$ 803.15	125.67 $\pm$ 95.81	0.007**
LF/HF ratio	1.34 $\pm$ 1.38	1.24 $\pm$ 0.87	0.575

\*. p<0.05. One-sample T-test

\*\* . P<0.001

3. 위장관 미주신경 활성화에 따른 심박변이도 부교감 지표 비교

위장관 미주신경 활성 정도를 반영하는 %BS가 6%미만인 활성 저하군에서, 심박변이도의 부교감

신경 활성을 반영하는 lnHF, HFnorm은 높고 LF/HF ratio는 낮아 부교감신경 활성이 높았으나, 통계적 유의성은 없었다(Table 3).

Table 3. Comparison of parasympathetic activity between normal and hypoactivity of gastric vagus nerve group in FD patients.

	Normal activity BS<6%(n=17)	Hypoactivity BS $\geq$ 6%(=45)	P-value*
lnHF	5.51 $\pm$ 0.86	5.26 $\pm$ 1.27	0.435
HFnorm(%)	56.86 $\pm$ 18.77	49.73 $\pm$ 18.46	0.246
LF/HF	0.98 $\pm$ 0.75	1.47 $\pm$ 1.54	0.246

\*. Man-Whitney

4. 장음과 심박변이도 부교감지표 상관성  
 %BS와 부교감신경지표인 HF의 자연로그 값 (lnHF), 부교감신경 비율(HFnorm), 교감부교감신

경 균형(LF/HF ratio)과의 상관분석을 시행했으나 모두 상관성이 없는 것으로 나타났다(Table 4).

Table 4. Correlation analysis between HRV and Bowel sound parameters.

	Correlation Coefficient(P-value)*		
	lnHF	HFnorm	LF/HF ratio
%BS	0.037(0.773)	0.096(0.458)	0.174(0.176)

\*. Pearson Correlation

IV. 考 察

본 연구의 결과는 기능성 소화불량증 환자에서 장음으로 평가한 위장관 미주신경 활성이 HRV의 부교감신경 반영지표 및 자율신경 균형 지표와의 상호 관련성이 없음을 보여주었고 따라서 기능성 소화불량증 환자에서 적어도 위운동성과 관련된 원심성 미주신경 활성을 HRV검사로 평가하는 것은 적절치 않다는 것을 시사하였다.

자율신경은 외부의 변화에 대해 항상성을 유지하기 위한 인체의 조절 시스템으로 혈액순환, 소화, 호흡, 대사, 체온 및 분비선 등 불수의 기능의 대부분이 이를 통해 조절되고 있다<sup>15</sup>. 이 중에서 심장과 위장관은 생명 활동을 유지하는 중요 기관이면서 자율신경의 지배에 따라 활동이 이루어져, 여기에 이상이 있을 경우 심각한 문제를 발생시킬 수 있기 때문에 자율신경과 관련된 연구 및 검사의 주요 목표가 된다. 특히 위장관 운동은 미주신경 활성에 의해 촉진되는데 미주신경 기능의 이상은 위장관 활동 장애를 초래하기 때문에 기능성 위장관 질환에서 중요한 역할을 하게 된다<sup>1</sup>.

기능성 소화불량증에서의 자율신경 이상 패턴에 대한 연구 결과가 일치하지는 않지만, 자율신경 이상을 기능성 위장관 질환 환자의 하위그룹으로 봐야 한다는 연구 결과가 증가하고 있다<sup>1</sup>. 또한 위장관 운동성 질환에서 자율신경 이상을 평가하는 것이 운동 이상을 진단하는데 도움을 주지는 않지만,

이런 환자들에서 자율신경 이상을 동반하는 비율이 높다는 것이 보고되고 있다<sup>16</sup>. 낮은 미주신경 활성은 손상된 위장 조절 및 식사와 관련된 심하부 통증 혹은 불편감, 조기포만감, 오심과 같은 증상들과 관련될 수 있으며<sup>7</sup>, 대체로 미주신경 활성이 저하되어 있는 경우에 위장관 운동성이 저하된다는 것에는 일치된 견해를 보이고 있다<sup>1</sup>. 따라서 다양한 병태생리를 가지는 기능성 소화불량증 환자들을 모두 일괄적인 방법으로 치료하기 보다는 원인을 상세히 밝혀 그에 따라 치료하는 것이 더 적합하며, 따라서 자율신경 이상을 가지는 하위그룹을 구별하는 것이 필요하다.

특히 장음검사는 가장 자연적인 상태에서 위장관의 운동상태를 반영하는 검사로 장음형성과 관련된 운동상태에 대한 다양한 정보를 알 수 있으나 그 분석에는 아직 어려움이 있다. 그러나 본 교실에서는 적어도 DF ratio와 %BS 두 가지 측면에서의 이상여부에 따라 환자를 분류했을 때 치료에 대한 반응성이 다르며 따라서 치료도 달라져야 함을 보고한 적 있다<sup>17</sup>. 특히 %BS는 측정시간 중에서 위장관의 소리가 차지하는 시간을 비율로 나타낸 것으로써 이것에 가장 큰 영향을 미치는 것은 위장관 미주신경 기능인데 %BS는 위장관 미주신경의 활성을 평가할 수 있는 지표가 된다.

사람에서는 단지 간접적인 방법으로만 미주신경 활성을 측정할 수 있다. 가장 흔히 사용되는 것은 심박변이도(HRV)의 파워 스펙트럼 분석 혹은 호

흡성 부정맥으로 심장 미주신경 기능을 측정하는 것이며, 위장관 미주신경의 경우 인슐린으로 유발한 저혈당에 대한 반응으로 위산분비의 증가 혹은 체장 폴리펩티드(PPI) 레벨을 측정하여 알 수 있다<sup>7</sup>. HRV는 심전도에서 RR간격을 구한 후 주파수영역분석을 통해 주파수 구간별 파워스펙트럼을 구할 수 있는데, HF(High Frequency Density; 0.15~0.4Hz)는 순수한 부교감신경 작용으로 보고 있으며 LF(Low Frequency Density; 0.04~0.15Hz)는 대부분 교감신경의 작용이지만 부교감신경도 일부 작용하는 것으로 알려져 있다<sup>2</sup>.

그렇지만 심장의 부교감신경 활성이 위장관 미주신경활성과 항상 일치된다고는 볼 수 없는데, HRV가 위장관의 미주신경을 유사하게 반영한다는 보고가 있는 반면<sup>6</sup>, 상호 연관성이 없다는 결과도 보고되고 있다. 이는 연구마다 HRV 측정 시간 및 스펙트럼 분석 영역 설정에 차이가 있고, 조건에 있어서도 실험 대상이나 자극의 질과 양에 차이가 있기 때문인 것으로 보인다. 보고된 연구들은 크게 생리적 상태인 식사나 물 섭취 전후의 반응성, 스트레스나 알코올음료, 소리, 운동 같은 외부 자극에 대한 반응성, 기능성 위장관 질환 환자들에서의 특징으로 나눌 수 있었다.

먼저 생리적 상태인 음식 섭취가 HRV와 위장 기능에 미치는 영향에 대한 연구를 살펴보면, 식사의 종류에 따라 결과가 다르기는 하지만 표준 고형식의 경우 식후 LF가 증가하고 HF가 감소하거나<sup>9,18</sup> HF만 단독으로 감소하여<sup>8,19</sup> 위전도 상 식후 위장 활성이 높아지는 부교감신경 항진과는 반대로 교감신경 항진 혹은 부교감신경의 저하 상태를 나타내고 있다. 또한 정상인에서 인슐린으로 저혈당을 유발해서 부교감신경을 자극한 후에도, 위배출 및 PPI는 증가하여 위장관 부교감신경은 활성화되나 심장 부교감신경을 반영하는 호흡성 부정맥은 오히려 감소하는 등 위장관과 심장의 자율신경의 반응성이 일치하지 않음을 보여주었다<sup>7</sup>.

이는 기관마다 각각 다른 교감신경 반응을 가지고 있어, 식후 교감신경 활성이 이질적으로 나타나기 때문이다<sup>8</sup>. 식사나 저혈당시에는 음식의 소화를 향상시키기 위해 위장관운동은 활발해져야 하므로 위장관 미주신경은 활성화되지만, 흡수 및 운반을 위해 위장관으로의 혈류량을 증가시키기 위해서<sup>20</sup> 혹은 이로 인한 저혈압을 방지하기 위해<sup>9</sup> 심장 교감신경도 활성화되는 것으로 보인다. 그러나 실험자체가 스트레스를 유발하여 심장의 부교감신경 활성 저하만을 유발할 가능성도 있으며<sup>11</sup>, 인슐린 유발성 저혈당의 경우 위장관 미주신경은 활성화시키지만 저혈당과 인슐린 자체는 아드레날린을 분비시키고 교감신경 활성을 자극하는 것으로 알려져 있다<sup>7</sup>.

반면 외부자극에 대한 연구는 스트레스<sup>19</sup>, 백포도주<sup>21</sup>, 소음<sup>22</sup>은 위장운동에 유해자극이 되어 위장 전기활성을 억제하는 작용을 하며 이 때 HRV 변화는 식사에 따른 LF의 증가나 HF 감소의 폭을 증가시켜 교감신경 항진상태를 나타냈다. 따라서 식사 후 심장의 교감신경 활성 증가가 생리적 반응이기는 하지만, 외부자극에 의해 이것이 과도화된 상태는 위기능 악화와 관련될 수 있다. 그러나 어느 정도를 과도화로 보아야 하는지에 대한 기준은 밝혀진 바가 없다.

또한 기능성 소화불량환자가 정상인에 비해 심장의 부교감신경 활성이 저하되어 있으며 이것이 유문부 운동이상과 관련되어 있다는 것을 보여준 연구 결과가 있으며<sup>6</sup>, 외부 자극에 대해서도 정상인과는 다른 반응성을 보일 것으로 여겨지나 이에 대한 연구는 부족하다. 그밖에 소화불량환자에서 LF, HF가 모두 저하되는 것으로 보고되고 있으나<sup>14</sup> 이는 소화불량 외에도 만성적인 질환의 경우 비슷한 경과를 보여 소화불량 환자만의 특이적인 현상이라고 볼 수는 없으며 LF/HF ratio에서는 건강대조군과 큰 차이가 없었다. 본 연구에서는 오히려 소화불량군에서 LF, HF 수치가 높게 나타났으며 결과에 제시하지는 않았지만 연령표준화를 시켰을

때도 마찬가지로 나타났다. 박<sup>23</sup>의 연구에서도 lnHF, TP항목 외에 정상인과 차이가 없었으며 수치는 오히려 기능성 소화불량증 환자군에서 더 높았다. LF/HF ratio의 경우 마찬가지로 차이가 없어 소화불량군에서의 특징을 발견할 수는 없었다.

기능성 소화불량 환자에서 미주신경 기능이 정상인 경우도 존재하므로 먼저 이를 반영한다고 생각되는 %BS의 이상여부에 따라 HRV에 차이가 있는지 알아보았다. HRV에 대한 기존 연구는 위장 운동상태와의 연관성을 살펴보기 위해 위전도나 위배출검사가 시행되었으며, 장음검사에 대한 연구는 없었는데, 장음검사의 %BS는 보다 직접적으로 위장관 미주신경 작용을 반영한다.

%BS를 정상수치인 6%를 기준으로 하여<sup>24</sup>, 환자들을 위장관 미주신경 활성이 저하되어 있는 경우와 정상인 경우 두 그룹으로 나누어 비교한 결과 %BS가 낮은 저하군에서 LF/HF ratio가 정상군에 비해 높았지만 유의성은 없었으며 ln HF수치에도 차이가 없었다. 또한 %BS와 lnHF, LF/HF ratio와의 상관분석에서도 연관성은 나타나지 않았다.

따라서 정상인에 대한 연구에서 위장관 미주신경과 심장미주신경 활동상태가 일치하지 않았던 것과 마찬가지로 기능성 소화불량 환자에서 심장미주신경 기능상태로 위장 미주신경 기능상태를 평가하기는 어려운 것으로 보인다. 이것은 부교감신경계는 보통 전체적으로 활성화되지 않고 각각의 기관별로 다른 미주신경 활성 작용이 다르기 때문으로 여겨진다<sup>25</sup>. 또한 스펙트럼 분석을 실시하였을 때 심박은 불규칙적인 것이 미주신경 활성이 높으나 위장의 경우 미주신경 활성이 높으면 더욱 규칙성을 띄는 표현의 차이를 보이기 때문에<sup>10</sup>, 같은 미주신경 톤이 존재하더라도 장기 별로 다른 표현으로 나타날 수 있다는데 주의해야 할 것이다.

그러나 당뇨병성 신경병증처럼 전신적인 자율신경 이상으로 위장관 미주신경에 문제가 생기는 경우에는 심장 자율신경병증과 위장관 미주신경 기능이상에 밀접한 연관성을 갖게 된다<sup>5</sup>. 또한 중추

적으로 교감, 부교감 톤이 조정되는 경우에는 심장과 위장미주신경이 동시에 활성화 될 수 있다<sup>26</sup>. 실험적으로 족삼리 전침의 효과와 HRV와의 관계를 밝힌 연구에서는 족삼리 전침이 시상하부의 DMV에 작용한 결과 위장활동성과 HRV의 결과가 일치하는 것으로 보인다고 결론지었다<sup>27</sup>. 따라서 심장미주신경과 위장관미주신경 활동성이 반드시 일치하지는 않지만 중추성으로 미주신경을 흥분시키는 치료에 대한 효과를 검증하는데 HRV가 활용될 수 있을 것이다.

본 연구의 경우 장음검사와 HRV측정이 동시에 이루어지지 못하는 한계를 지니며, 장음 검사의 %BS 또한 위장관 미주신경 활성을 간접적으로 측정하는 방법에 해당하므로 향후 HRV와 위장관 미주신경의 관계를 밝히기 위해 미주신경기능을 직접 측정하는 실험적인 확인이 필요할 것으로 사료된다.

## V. 結 論

기능성 소화불량증 환자에서 HRV 검사와 장음검사를 함께 시행하여 살펴본 결과, 이들간의 상호연관성이 관찰되지 않아서 HRV 검사를 통해서 위장관 미주신경 활성을 평가하는 것은 적절치 않다.

## 參考文獻

1. Tougas G. The autonomic nervous system in functional bowel disorders. Gut. 2000;47(Suppl 4):iv78-80.
2. Kobayashi H, Ishibashi K, Noguchi H. Heart rate variability; an index for monitoring and analyzing human autonomic activities. Appl Human Sci. 1999;18(2):53-9.
3. 남동현, 박영배. 연령별 맥박변이도 표준화에 관한 연구. 대한한의진단학회지. 2001;5(2):331-49.

4. Farrar JT, Ingelfinger FJ. Gastrointestinal motility as revealed by study of abdominal sounds. *Gastroenterology*. 1955;29(5):789-802.
5. Buysschaert M, Donckier J, Dive A, Ketelslegers JM, Lambert AE. Gastric acid and pancreatic polypeptide responses to sham feeding are impaired in diabetic subjects with autonomic neuropathy. *Diabetes*. 1985;34(11):1181-5.
6. Hausken T, Svebak S, Wilhelmsen I, Haug TT, Olafsen K, Pettersson E, et al. Low vagal tone and antral dysmotility in patients with functional dyspepsia. *Psychosom Med*. 1993;55(1):12-22.
7. Hjelland IE, Oveland NP, Leversen K, Berstad A, Hausken T. Insulin-induced hypoglycemia stimulates gastric vagal activity and motor function without increasing cardiac vagal activity. *Digestion*. 2005;72(1):43-8.
8. Lu CL, Zou X, Orr WC, Chen JD. Postprandial changes of sympathovagal balance measured by heart rate variability. *Dig Dis Sci*. 1999;44(4):857-61.
9. Lipsitz LA, Ryan SM, Parker JA, Freeman R, Wei JY, Goldberger AL. Hemodynamic and autonomic nervous system responses to mixed meal ingestion in healthy young and old subjects and dysautonomic patients with postprandial hypotension. *Circulation*. 1993;87(2):391-400.
10. Muth ER, Thayer JF, Stern RM, Friedman BH, Drake C. The effect of autonomic nervous system activity on gastric myoelectrical activity: does the spectral reserve hypothesis hold for the stomach? *Biol Psychol*. 1998;47(3):265-78.
11. Hveem K, Svebak S, Hausken T, Berstad A. Effect of mental stress and cisapride on autonomic nerve functions in functional dyspepsia. *Scand J Gastroenterol*. 1998;33(2):123-7.
12. Jorgensen LS, Christiansen P, Raundahl U, Ostgaard S, Christensen NJ, Fenger M, et al. Autonomic nervous system function in patients with functional abdominal pain. An experimental study. *Scand J Gastroenterol*. 1993;28(1):63-8.
13. 김지은, 이풍렬, 박동일, 현재근, 김영호, 심상근, et al. 기능성 소화불량증 환자에서 자율신경 기능 이상과 위배출시간의 연관성. *대한소화기학회지*. 2000;36(5):573-82.
14. 김상현, 김호진, 이수정, 신철경, 이상희, 김원일. 심박변이도(HRV)에서 기능성 소화불량증과 기질성 소화불량증의 상관성 연구. *대한한방내과학회지*. 2008;29(2):443-55.
15. 여형석, 임재중, 박환태. Sympathectomy 및 Vagotomy에 따른 자율신경계 변화의 관찰을 위한 HRV 스펙트럼 분석. *대한체질인류학회지*. 1999;12(2):289-96.
16. Bharucha AE, Camilleri M, Low PA, Zinsmeister AR. Autonomic dysfunction in gastrointestinal motility disorders. *Gut*. 1993;34(3):397-401.
17. 김유승, 윤상협. 기능성 소화불량증 환자의 위미주신경 활성 및 유문부 기능에 대한 foot三里 전침과 일반 체침 자극의 복합 효능. *대한한방내과학회지*. 2008;29(3):621-8.
18. Friesen CA, Lin Z, Schurman JV, Andre L, Mc Callum RW. Autonomic nervous system response to a solid meal and water loading in healthy children: its relation to gastric myoelectrical activity. *Neurogastroenterol Motil*. 2007;19(5):376-82.
19. Yin J, Levanon D, Chen JD. Inhibitory effects of stress on postprandial gastric myoelectrical activity and vagal tone in healthy subjects. *Neurogastroenterol Motil*. 2004;16(6):737-44.

20. Muller AF, Fullwood L, Hawkins M, Cowley AJ. The integrated response of the cardiovascular system to food. *Digestion*. 1992;52(3-4):184-93.
21. Levanon D, Goss B, Chen JD. Inhibitory effect of white wine on gastric myoelectrical activity and the role of vagal tone. *Dig Dis Sci*. 2002;47(11):2500-5.
22. Chen DD, Xu X, Zhao Q, Yin J, Sallam H, Chen JD. Effects of audio stimulation on gastric myoelectrical activity and sympathovagal balance in healthy adolescents and adults. *J Gastroenterol Hepatol*. 2008;23(1):141-9.
23. 박재우, 윤성우. 기능성 소화불량증과 심박변이도 및 양도락과의 상관성 연구. *대한한의학회지*. 2007;28(2):80-92.
24. 윤상협. 機能性 消化不良症 患者의 食後 心下痞滿과 pyloric valve의 機能障礙 - 장음과 위전도를 중심으로. *대한한방내과학회지*. 2007;28(4):769-78.
25. Chang CH, Huang JL, Ting CT, Chang CS, Chen GH. Atropine-induced HRV alteration is not amended by electroacupuncture on Zusanli. *Am J Chin Med*. 2005;33(2):307-14.
26. Hossdorf T, Wagner M, Hoppe HW. Pancreatic polypeptide (PP) response to food in type I diabetics with and without diabetic autonomic neuropathy. *Hepatogastroenterology*. 1988;35(5):238-41.
27. Imai K, Ariga H, Chen C, Mantyh C, Pappas TN, Takahashi T. Effects of electroacupuncture on gastric motility and heart rate variability in conscious rats. *Auton Neurosci*. 2008;138(1-2):91-8.