

胃電圖에 영향을 미치는 요인에 대한 考察

김선혁 · 박영배 · 박영재 · 오환섭*

경희대학교 학과간협동과정 한방인체정보의학과, *경희대학교 기계공학과

Abstract

A Review on factors that influence Electrogastrography

Sun-Hyeok Kim, Young-Bae Park, Young-Jae Park, Hwan-Sup Oh*

Dept. of Human Informatics of Oriental Medicine, Interdisciplinary Programs, Kyung Hee University

**Dept. of Mechanical Engineering, Kyung Hee University*

Objectives :

To review to determine difference in the effect of age, gender, location of electrode, test meal and period of recording that influence Electrogastrography (EGG) parameters and to study its oriental medical application.

Methods :

We investigate the research results through internet search engines, Pub Med, Karger, Mary Ann Libert and Pro Quest.

Results :

Age and gender influence postprandial Dominant Frequency Instability Coefficient (DFIC). Body mass index (BMI) influence fasting and postprandial EGG parameters. Menstrual cycle phase influence fasting Dominant Frequency (DF). Test meal volume and composition influence postprandial EGG parameters. But reduced-calorie test meal have no effect on EGG parameters.

Conclusions :

Because the amplitude of surface-recorded SW(slow wave) is very weak, EGG is influenced by many factors. Age, gender, BMI, menstrual cycle phase, test meal volume and test meal composition influence EGG parameters. but reduced-calorie test meal have no effect on EGG parameters.

Key Words : EGG, Test Meal, Age, Gender

I. 서 론

위전도는 1921년 Alvarez¹⁾가 중년여성의 복벽에서 위전도 파형을 처음으로 검출한 후, 1980년대부터 기술의 발전과 더불어 많은 연구가 이루어지고 있다. 위전도는 카할 간질세포(Interstitial Cells of Cajal, ICC)에서 발생한다고 알려져 있는 위의 서파(slow wave, SW)를 측정 대상으로 하여 위 근전기의 활동성(gastric myoelectrical activity)을 측정하여서 위 운동성(gastric motility)의 비정상성을 검사하는 방법이다.

위전도는 비 침습적으로 위 운동성을 검사할 수 있는 유일한 방법이며 사용방법이 비교적 편리하여 최근의 위 운동성의 연구나 임상에서 그 사용이 많아지고 있는 검사방법이다. 한의학에서는 한방 辨證의 분류에 대한 연구, 韓藥의 治療效果에 대한 연구, 鍼灸의 효능에 대한 연구, 小兒 환자에 대한 연구, 推拿療法의 효능에 관한 연구, 또 韓醫 四診에 대한 연관성 연구 등에 사용되고 있으며 또 상당한 유의성이 있음도 확인되었다. 위전도의 활용은 한방 변증에 의거하여 위전도 지표의 변화를 관찰하여, 한방의 진단 및 치료의 결과를 서양 과학적인 확인방법의 하나로 위전도가 사용되고 있다. 위전도를 한의학적으로 사용하기 위해서는 지표의 의미에 대한 연구가 더 진행되어야 할 필요는 있지만, 한의학적인 진단 및 치료 효과의 검증에서 유의성 있는 지표로 활용될 수 있을 것이다.

이러한 여러 가지 장점에도 불구하고 위전도의 측정 대상인 위 서파는 신호의 기록이 힘들며 여러 artifacts로 인한 잘못된 신호 때문에 그 결과의 정확성과 재현성에 대한 논쟁이 있기도 하다.

위전도의 주요 지표는 주 주파수와 주 파워이며, 식전과 식후의 지표의 차이를 비교하여 결과를 분석한다. 일반적으로 식전의 지표와 비교하여 식후의 주 주파수와 주 파워가 증가한다고 알려져 있다.²⁾ 식후 주

파워 값을 식전 주 파워 값으로 나눈 것을 파워 비(power ratio, PR)라고 하며 1보다 작거나 같으면 비정상적으로 인정한다. Camilleri 등³⁾은 파워 비가 1보다 작거나 같게 나타나면 테스트 밀에 대한 반응 운동(motor response)이 부족하거나 적절하지 않은 테스트 밀을 사용하여 파워 비가 감소한 것이라고 하였다. 결국 테스트 밀에 따라서 예상치 못한 결과가 나올 수 있으며 또 테스트 밀의 구성에 따라 위전도 지표가 달라질 수 있다는 것을 의미한다. 테스트 밀 뿐만 아니라 성별과 나이, 체질량 지수(BMI), 생리기간 등도 위전도에 미치는 영향이 다를 수 있다.

본 연구에서는 위전도에 영향을 미치는 요인에 대해 선행 연구들을 조사하여 정리함으로써 앞으로 위전도를 이용하여 시행될 연구에 있어서 좀 더 정확한 기록을 얻는데 도움이 되고자 한다.

II. 연구방법

의학논문 검색엔진인 Pub Med, Karger, Mary Ann Libert, Pro Quest를 통해서 1991년부터 현재까지, 검색어 'Electrogastrography'와 'Gastric Myoelectrical Activity' 로 검색된 논문을 중심으로 연구하였다.

III. 본 론

위전도(Electrogastrography, EGG)는 위의 전기적 활동성을 기록하기 위한 민을 만한 기술로 인정되고 있으며, 근래에 들어서 많은 위의 운동성에 관한 연구와 임상에서 활용이 되고 있는 검사 방법이다. 인체를 대상으로 처음 시행된 위전도는 일찍이 80년 전에 Alvarez에 의해서 기록되었으나, 불행히도 위전

도의 임상적인 진보는 비슷한 측정방법을 사용하는 심전도가 이룩한 주목할 만한 성공에 비해 매우 늦었다. 위전도가 상대적으로 발전이 늦었던 이유는 위에서 발생하는 서파의 전압은 심장의 근 전기에 비해 매우 약하고 또한 여러 가지의 artifacts 즉 동작이나 호흡, 심음 등의 다른 장기의 신호들의 방해 때문에, 약한 진폭의 신호를 기록하고 잡음들을 분석하여 배제할 수 있는 전기적 장비의 발전이 되고서야 비로소 주목을 받게 되었기 때문에 최근 20년 사이에 다양한 연구 및 임상에서의 활용이 이루어졌다.

위전도는 복부의 표면에 위치시킨 전극을 통해서 위에서 발생하는 분당 3회 (3 c.p.m.)의 주파수와 50~500 μ V의 전압을 갖는 위 서파를 측정 대상으로 하기 때문에 신호를 검출하고 증폭하는 과정을 거치고 나서야 분석이 가능하다.^{4,5)} 또한 여러 잡음에서 정상 신호를 구별하기 위해서는 얻어진 신호를 변환하고 나서야 그 측정된 신호를 이용할 수 있다. 위전도의 중요한 지표는 주 주파수(dominant frequency, DF)와 주 파워(dominant power, DP)인데, 위의 전정부에서 일어나는 수축작용의 반응으로 나타난다고 생각되는 주 파워를 정량화하기 위해서는 식전과 식후의 값을 비교하는 것이 효율적이어서 위전도의 검사 과정에서 식전과 식후의 지표를 비교하는 것이 중요한 판단 기준이 된다. 때문에 테스트 밀의 구성된 내용물에 따른 지표에 영향을 미치는 차이를 구별하는 것이 정확한 검사 결과를 얻는데 필요하다고 본다. 또한 위전도에 영향을 줄 수 있는 요인으로 성별과 나이, 체질량지수, 생리기간 등의 요소와 전극의 위치, 지표의 정상 값 등에 대한 선행 연구를 정리하였다.

1. 나이와 성별에 따른 위전도 지표

위전도의 실험 대상자의 나이가 위전도 지표에

미치는 영향에 대한 선행연구에서 미성숙 유아는 정상 리듬의 백분율이 매우 적었으나, 시간이 지나면서 비정상 리듬은 줄어들면서 정상 리듬은 늘어나는 것을 보였다. 자세히 알아보면 정상 리듬은 출생 시에는 없다가 생후 2~4개월에 이르러 나타나고, 정상 리듬의 백분비는 4-11세에 이르러 정상 값에 도달하게 된다.⁶⁻⁷⁾

Pfaffenbach 등⁸⁾은 28세에서 60세에 이르는 남자 실험대상자와 25세에서 69세에 이르는 여자 실험대상자에게 위전도를 시행하여 실험 대상자의 성별과 나이가 전기적 주파수와 파워에 영향을 미치지 않는으나, 나이든 여자의 경우에는 식후의 불안정계수(dominant frequency instability coefficient, DFIC)의 수치가 식전보다 낮아지게 영향을 미친다는 연구 결과를 발표했다.

또 Riezzo 등⁹⁾은 6-12세인 114명의 건강한 어린이를 대상으로 한 실험에서 성별과 나이가 위장의 전기적 리듬이나 비율 그리고 위장의 파워에는 영향을 미치지 않았으나, 9세 이상의 여아의 그룹은 9세 미만의 여아와 9세 이상의 남아의 그룹에 비해서 불안정계수에 영향을 미쳤다고 보고하였다. 그리고 Thor 등¹⁰⁾은 20에서 71세에 이르는 84명의 실험자를 대상으로 나이가 자율신경계에 미치는 영향에 대한 실험을 하여 아주 어리거나 아주 나이든 실험자에게서 위 서파에서 부정맥이 증가하는 변화를 관찰하여 보고하였다. Chen 등¹¹⁾은 나이에 따른 위의 근전기의 활동성 변화를 관찰하기 위해 신생아에서 성인에 이르는 실험대상자를 연령대별로 나눈 실험 군에 대한 위전도를 시행하여 2세에 이르러서야 정상적인 위 서파 즉 3 c.p.m.의 비율이 70%에 이르는 것을 발견하고 보고하였다.

Tolj 등¹²⁾은 120명의 실험자를 대상으로 한 나이, 성별, 체중지수, 생리주기가 위 근전기의 활동성에

미치는 효과에 대한 연구를 하여, 나이는 식전 DFNR (dominant frequency within normal range, %)와 CVDF(coefficient of variation for dominant frequency)에는 영향을 미치지 않지만 식후에는 영향을 미치지 못했고, 성별은 식전의 주 주파수, CVDF, DS (dominant strength) 그리고 위 서맥 (bradygastria)과 식후 주 주파수, CVDF, PPIIDS (postprandial increase intensity in dominant strength), 그리고 위 빈맥 (tachygastria)에 영향을 주고, 체중지수는 식전 위 빈맥과 부정맥, 식후 주 주파수, CVDF, 그리고 부정맥에 영향을 미치며, 또 생리주기는 식전 주 주파수에는 영향을 주나 식후의 위전도 지표에는 영향을 주지 않음을 관찰하였다.

기존 연구를 정리해 보면, 성별과 나이는 식후 주 주파수와 주 파워에는 변화를 주지 않았고 식후 불안정계수를 낮추는 영향을 주었으며, 체질량 지수는 식전 위 서맥과 부정맥, 그리고 식후의 위전도 지표에 영향을 미쳤다. 그리고 생리주기는 식전 주 주파수에 영향을 미쳤음을 알 수 있었다.

2. 테스트 밀에 의한 위전도 지표

위전도는 식전과 식후에 나타나는 지표의 차이를 이용하여 위 근전기의 이상을 측정하는 장비이다. 식후의 주 파워 값은 식전에 비해서 높아지는 것을 정상으로 보기 때문에 검사에 있어서 테스트 밀의 역할이 상당히 중요하다. 이전의 연구에서 위의 운동성과 근전기의 활동성에 대한 테스트 밀의 구성물에 따른 효과에 대한 연구가 이루어 졌다.

Sun 등¹³⁾은 테스트 밀의 온도에 따른 위의 운동성과 근전기적 활동성에 대한 연구에서 차거나 더운 음료는 주파수의 증가를 가져온다고 보고 하였다. 지방과 우유도 위전도를 사용하여 측정된 위의 근전기적

활동성에 미치는 영향에 대한 연구가 있었다.¹⁴⁻¹⁵⁾ 또 Friesen 등¹⁶⁾은 어린이를 대상으로 한 고체의 테스트 밀과 물을 섭취함으로써 나타나는 자율신경계의 반응을 비교 관찰을 하여서 고체의 테스트 밀을 섭취해서 실험한 대상자에게서는 위전도 주 파워와 주 주파수 그리고 정상 서파가 나타나는 비율의 증가를 관찰하였지만 물을 테스트 밀로 섭취하여 실험한 대상자에게서는 주 파워만 높아지는 것을 관찰하였다.

Daniela 등¹⁷⁾은 낮은 칼로리의 테스트 밀을 투여 후의 식후 위전도 지표를 관찰하였으나 의미 있는 변화를 보이지 못했고, fiber의 양을 늘려 사용된 테스트 밀을 사용한 경우는 주 파워가 증가함이 있었으며, 양을 줄여서 사용한 테스트 밀의 경우에는 역시 식후 주 파워의 증가가 있었다. 결과적으로 낮은 칼로리의 테스트 밀은 실험에 사용하기에 적당하지 않으며, 부피를 줄여서 사용한 테스트 밀은 증상이 나타나는 환자에게 사용할 만하다고 결론 내렸다. Gonlachanvit 등¹⁸⁾은 칼로리가 다른 테스트 밀을 이용한 실험에서 칼로리가 높은 테스트 밀을 사용한 실험 대상에서 파워 비가 높게 나타났다고 보고하고 있다. 또한 Chen 등¹⁹⁾에 의하면 고체의 테스트 밀은 주 파워와 주 주파수를 모두 증가시키지만 순수한 물을 마시는 것은 위의 수축에는 영향이 없으나 주 주파수는 감소되고 주 파워는 증가했고, 대조적으로 우유를 마시면 주 파워가 감소하는 경향을 보였다고 보고하고 있다.²⁰⁾

연구들의 결과를 종합하면 테스트 밀의 구성에 따른 위전도 지표에 미치는 영향을 정리해 보면 고체의 경우 식후 주 주파수와 식후 주 파워에 영향을 주었지만 칼로리를 줄인 테스트 밀의 경우는 영향을 주지 못했으며 순수한 물의 경우는 식후 주 주파수의 감소와 주 파워의 증가를 우유의 경우는 주 파워의 감소를 나타냈다(Table 1).

Table 1. Changes of postprandial EGG parameters by content of the different meals.

시험식 성상	구분	식후지표 변화
고체	일반식	일반적인 경우는 DP, DF 모두 증가
	칼로리	칼로리 감소에서는 DP, DF의 의미있는 변화가 없음
	섬유질	섬유질 양을 늘린 경우 DP 증가
	식사양	식사량을 줄일 경우 DP 증가
액체	물	DP 증가 (DF감소가 동반하는 경우 있음)
	우유	DP 감소

3. 전극의 위치에 따른 위전도 지표

위의 전정부가 위의 다양한 부분 중에서 가장 큰 서파의 진폭을 가지고 있기 때문에, 연구자들은 최고의 신호를 얻기 위해서 피부 전극을 위장의 종축을 따라 가능한 가까이 전정부에 접근하도록 위치시키는 것을 추천하였다. 위전도에서 사용되고 있는 표면 전극은 단극 또는 양극의 측정전극이 모두 서파를 기록하는데 사용되고 있다. 단극의 경우는 신속하게 전위의 변화를 보여주는 장점이 있고, 반면에 일반적으로 많이 사용되는 양극의 경우에 이것의 이점은 높은 신호 대 잡음의 비율 즉 정상 신호에 대한 다른 몸의 움직임, 호흡 그리고 다른 생리적인 신호들의 방해가 적다는 것이다.²¹⁻²³⁾

선행된 연구의 결과를 종합하면 위전도의 전극의 위치는 양극의 기록방법을 사용하여 위의 종축을 따라 위치시켜서 사용하는 것이 보편적인 방법이라고 볼 수 있다.

4. 측정시간에 따른 위전도 지표

위전도의 측정시간은 연구자에 따라서 다양하게 사용되고 있었으나, 일반적으로 가장 보편적으로 사용되는 식전의 기록시간은 30분이고 간혹 60분이

사용되었고, 식후 기록을 위해서는 30분, 1시간, 90분, 2시간에서 3시간까지 다양하며 심지어 12시간을 휴대용 위전도를 사용하여 기록하기도 하였다.^{24,26)} 하지만 실험 대상자의 신체적 행동으로 인한 잡음을 막기 위한 안정된 자세의 유지를 위해서는 30~60분 정도의 식후 검사시간이 권장되고 있었다.²⁷⁾

Levanon 등²⁸⁾의 연구에서는 다음과 같이 보고하고 있다. 15분간의 짧은 기록에서는 주 주파수에서 61%와 주 파위에서 38%의 에러가 나타남을 관찰하고서 30~60분간의 기록이 신뢰성 있는 결과를 얻기 위하여 유용하게 사용할 수 있다고 제안하였다.

선행 연구에 의하여 측정시간을 정하면 식후의 기록시간은 30~60분간이 가장 적당한 시간이 될 것 같다. 또 가장 보편적으로 사용되는 식전 기록 시간은 30분을 사용하고 있었다.

5. 위전도 지표의 정상범위

위전도에서 많이 이용되는 지표로는 주 주파수, 주 파위, 위 서맥(Bradygastria, BG), 위 빈맥(Tachygastria, TG), 파워비(power ratio, PR), 정상 서파의 백분비, 그리고 불안정계수 등이 있다.

위전도는 처음에 얻어진 데이터를 STFT(short-time Fourier transform)를 이용하여 주파수 영역에서

잡음으로부터 위장 신호를 분리하고 이것을 정량화한 것이다. 위전도에서 사용되는 지표인 주 주파수는 스펙트럼 중에서 최고 파워 값(진폭)이 나타나는 주파수로 정의되고, 주 파워는 주 주파수에서 나타나는 진폭을 의미하며 이 두 가지 지표 즉 주 주파수와 주 파워는 위전도의 주요 지표로 인정되고 있다. 주 주파수의 정상 값은 이전의 다양한 연구에서 보면

2-4 c.p.m.을 정상 주 주파수 값으로 보아야 한다는 경우가 많았다. 또한 위에서 자연적으로 발생하는 서파의 리듬과 비슷한 대략적으로 3 c.p.m.을 정상 값으로 인정하고 있다. 위 서맥 은 주 주파수의 정상 값보다 적은 것으로 정의되고 있으며, 위 빈맥은 주 주파수의 정상 값보다 많은 것으로 정의 된다. 선행된 여러 연구들에서는 위전도 지표의 정상

Table 2. Defined ranges of slow wave frequency in various electrogastrographic recordings.

parameter	normal value
Normal range (c.p.m.)	2-4
	2.4-5
	2.4-3.6
	2.4-3.7
	2.5-4
Bradygastria (c.p.m.)	0-2.5
	0.5-2
	1-2
	0.5-2.4
	1-2.4
	<2.4
	0.5-2.5
	1-2.5
	0-3
Tachygastria (c.p.m.)	3.6-9.9
	3.6-10
	>3.6
	3.7-9
	3.7-10
	3.7-11
	3.75-10
	3.9-9.9
	4-9
	4.5-9

값이 다양하게 논의되고 있었다²⁷⁾(Table 2). 위전도 지표의 정상 값을 규정하는 것이 필요하다고 보여진다.

IV. 고찰 및 결론

위전도는 1921년 Alvarez가 중년여성의 복벽에서 위전도 파형을 처음으로 검출한 후, 1980년대부터 기술의 발전과 더불어 많은 연구가 이루어지고 있다. 현재까지 위전도는 비 침습적으로 위 근전기의 활동성을 측정하여 위 운동성의 이상을 검사하는 유일한 방법으로 알려져 있다. 또한 사용법이 비교적 간단하여 연구나 임상에서 많이 사용되고 있다. 하지만 위전도가 대상으로 하는 위 서파가 미약하여 검사장비의 기술적인 발전이 이루어지고 나서야 그 활용이 많아졌다. 더불어 심전도와 유사한 방식의 검사법이지만 심전도와 비교하면 그 발전이 무척 늦게 이루어졌다. 더구나 신호가 미약하여 신호의 기록이나 artifacts의 영향으로 나타나는 잘못된 신호로 인한 어려움 때문에 정확성과 재현성에 있어서의 논쟁의 여지가 있기도 하다. 위전도의 검사과정을 보면 위에서 발생하는 서파를 복부의 피부에 위치한 전극을 통해서 검사하여 증폭 및 분석을 거쳐서 사용하게 된다. 위전도에서 가장 중요한 검사 지표는 주 주파수와 주 파위가 있다. 주 주파수는 진폭이 가장 높은 즉 주 파위에 나타나는 주파수를 의미하고 주 파위는 주 주파수가 나타나는 진폭을 말한다. 진폭은 주로 식전과 식후의 차이를 관찰하여 그 차이를 비교하여 이상 여부를 결정하게 된다. 이런 과정을 거치는 위전도는 여러 가지 요인에 의해서 그 결과에 영향을 미칠 수 있을 것이라고 생각된다. 위전도에 영향을 미치는 요인을 보면 성별, 나이, 테스트 밀, 기록시간, 전극의 위치 등이 있을 수 있다. 위전도에 영향을

미치는 여러 요인에 대한 몇몇의 선행 연구가 이루어졌고 그것을 정리해 보면 다음과 같다. 성별과 나이에 대한 연구에서는 식후 주 주파수와 주 파위에는 변화를 주지 않았고 식후 불안정계수를 낮추는 영향을 주었음을 보고하고 있다. 체중지수와 생리도 위전도 지표에 영향을 미친다는 것을 알 수 있었다. 테스트 밀에 대한 연구를 정리하면 고체의 테스트 밀을 사용하였을 경우는 식후 주 주파수와 주 파위의 변화가 있었으나 테스트 밀의 칼로리를 줄여서 사용할 경우는 의미 있는 식후 지표 변화가 없었음이 관찰되었다. 또한 액체의 테스트 밀을 사용 시는 순수한 물을 마시는 것은 위의 수축에는 영향이 없으나 주 주파수는 감소되고 주 파위는 증가했고, 대조적으로 우유를 마시면 주 파위가 감소하는 경향을 보였다고 보고하고 있다. 전극의 위치는 양극의 전극을 사용하는 것이 단극의 전극을 사용하는 경우 보다는 신호에 영향을 줄 수 있는 잡음을 제거하는데 편리하므로 사용이 권장되고 있었고, 검사시간에 대한 연구에서는 15분이하의 짧은 시간의 검사는 어려움이 나타남을 지적하여 식전은 30분 식후는 30-60분 정도가 추천되었다. 이는 환자를 안정 상태로 유지시킬 수 있는 시간을 고려하여 결정되었다. 또한 각 지표의 정상 값이 연구자에 따라 다양하게 주장되고 있었으며 정상 값의 표준화도 시급한 문제로 할 수 있겠다.

위전도는 검사의 편리성과 안정성에 있어서 임상적 활용 범위가 넓어지고 있음에도 불구하고 여러 가지의 영향을 줄 수 있는 요인과 검사 방법이 비교적 편리하다고는 하나 검사 시간이 상대적으로 길고 검사 지표의 불명확함이 위전도의 발전에 방해를 줄 수 있다. 향후에 위전도에 영향을 미치는 요인에 대한 연구, 검사 시간의 단축을 위한 연구 그리고 한방적인 진찰에 유용한 지표의 연구가 필요하다고 생각한다.

참 고 문 헌

1. Alvarez WC. The electrogastrogram and what it shows. JAMA 1992; 78 : 1116~1118
2. Smout AJPM, Jebbink HJA, Samson JM. Acquisition and analysis of electrogastrographic data, the Dutch experience. In: Chen JZ, McCallum RW, eds. Electrogastrography, Principles and Application. New York: Raven Press, 1994; 3-30.
3. Camilleri M, Hasler WI, Parkman HP, Quigley EMM, Soffer E. Measurement of gastrointestinal motility in GI laboratory. Gastroenterology. 1998; 115:747-62.
4. Cheung B, Vaitkus P. Perspectives of electrogastrography and motion sickness. Brain Res. 1998; 47: 421-31.
5. Kock KL, Stern RM. Electrogastrographic data acquisition and analysis, the Penn State experience. In: Chen JZ, McCallum RW, eds. Electrogastrography, Principles and Applications. New York: Raven Press, 1994; 31-44.
6. Chen JDZ, Co E, Liang J *et al.* Patterns of gastric myoelectrical activity in human subjects with different ages. Am J. Physiol. 1997; 272: G1022-7.
7. Liang J, Co E, Zhang M, Pineda J, Chen JDZ. Development of gastric slow waves in preterm infants measured by electrogastrography. Am. J. Physiol. 1998; 274: G503-8.
8. Pfaffenbach B., Adamek RJ., Khun K., Wegener M. Electrogastrography in healthy subjects. Evaluation of normal values, influence of age and gender. Dig. Dis. Sci. 1995; 40(7): 1445-50.
9. Riezzo G., Chiloiro M., Guerra V. Electrogastrography in healthy children: evaluation of normal values, influence of age, gender, and obesity. Dig. Dis. Sci. 1998; 43(8): 1646 -51.
10. Thor PJ, Kolasińska-Klock W, Pitara A, Kopp B, Sibiga W. The influence of aging on autonomic nervous system activity and gastric myoelectric activity in humans. Folia Med Cracov 40(3-4) 1999; 53-62.
11. Chen JD., Co E., Liang J., Pan J., Sutphen J., Torres-Pinedo RB., Orr WC. Patterns of gastric myoelectrical activity in human subjects of different ages. Am J Physiol. 1997; 272: G1022-7.
12. Tolj N, Luetić K., Schwarz D., Bilić A. Jurčić D., Gabrić M. The impact of age, sex, body mass index and menstrual cycle phase on gastric myoelectrical activity characteristics in Croatian population. Coll Antropol. 2007; 31(4); 955-62.
13. Sun WM., Penagini R., Hebbard G et al. Effect of drink temperature on antropyloroduodenal motility and gastric electrical activity in humans. Gut 1995; 37: 329 - 34.
14. Chen JDZ., Davenport K., Mc Callum R.W. Effect of fat preload on gastric myoelectrical activity in normal humans(Abstract). J. Gastrointest. Motil. 1993; 5: 281.
15. Chen, JDZ., and RW McCallum. Effect of milk on myoelectrical activity in normal human stomach-an electrogastrographic study. Med. Biol. Eng. Comput. 1992; 30: 564-67.
16. 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): 376-382.
17. Daniela L., Ming Z., Williams C. ORR, and Chen J. D. Z. Effects of meal volume and composition on gastric myoelectrical activity. *The American Physiological Society.* 1998: G430-G434.
 18. Gonlachanvit S., Chey WD., Goodman KJ, Parkman HP. Effect of meal size and test duration on gastric emptying and gastric myoelectrical activity as determined with simultaneous [13C] octanoate breath test and electrogastrography in normal subjects using a muffin meal. *Dig Dis Sci.* 2001; 46(12): 2643-50.
 19. Chen J., McCallum RW. Response of the electric activity in the human stomach to water and solid meal. *Med. Biol. Comput.* 1991; 29: 351-7.
 20. Chen JDZ, McCallum RW. Effect of milk on myoelectrical activity in normal human stomach: an electrogastrographic study. *Med. Biol. Eng. Comput.* 1992; 30: 1324-36.
 21. Smout AJPM, Jebbink HJA, Samson JM. Acquisition and analysis of electrogastrographic data, the Dutch experience. In; Chen JZ, McCallum RW, eds. *Electrogastrography, Principles and Applications.* New York; Raven Press, 1994; 3-30.
 22. Levanon D, Chen JDZ. Electrogastrography; its role in managing gastric disorders. *J Pediatr. gastroenterol. Nutr.* 1998; 27: 431-43.
 23. Cheung B, Vaitkus P. Perspectives of electrogastrography and motion sickness. *Brain Res.* 1998; 47: 421-31.
 24. Verhagen MATA, Samson M, Smout AJPM. Gastric myoelectrical and antroduodenal motor activity in patients with achalasia. *Neurogastroenterol. Motil.* 1998; 10: 211-18.
 25. Liang J, Cheung JY, Chen JD. Detection and detection of motion artifacts in electrogastrogram using feature and neural networks. *Ann. Biomed. Eng.* 1997; 25: 850-7.
 26. Leahy A, besherdas K, Clayman C, Mason I, Epstein O. Abnormalities of the electrogastrogram in functional gastrointestinal disorders. *Am. J. Gastroenterol.* 1999; 94: 1023-8.
 27. Full-young Chang. *Electrogastrography: Basis knowledge, recording, processing and its clinical applications.* *J. Gastroenterology and Hepatology.* 2005; 20: 502-16.
 28. Levanon D., Zhang M., Chen JDZ. Efficiency and efficacy of the electrogastrogram. *Dig. Dis. Sci.* 1998; 43: 1023-30.