

기능성 소화불량증환자에서의 초음파를 이용한 위배출

연세대학교 의과대학 내과학교실, 진단방사선과*

이홍우 · 박효진 · 이상인 · 박인서 · 강병철* · 김기황*

= Abstract =

Ultrasonographic Gastric Emptying in Patients with Functional Dyspepsia

Hong Woo Lee, M.D., Hyo Jin Park, M.D., Sang In Lee, M.D.,
In Suh Park, M.D., Byung Chul Kang, M.D.* and Ki Whang Kim, M.D.*

Department of Internal Medicine and Radiology,
Yonsei University College of Medicine, Seoul, Korea*

Background/Aims: Recently, ultrasonic gastric emptying has been introduced as a more safe and physiologic method to measure the functional abnormalities of the stomach. The present study assesses the ultrasonic gastric emptying of 23 patients with functional dyspepsia (FD) and compares the results with those of 6 healthy volunteers. **Methods:** Ultrasonic gastric emptying of a semi-liquid meal was evaluated via measurements of gastric antral area based on simultaneous epigastric longitudinal scan viewing of both the abdominal aorta and the superior mesenteric vein. The degree of symptom was the summation of the scales according to 7 types of subjective complaints. **Results:** $T_{1/2}$ was 67.2 ± 9.5 minutes of healthy volunteers, 73.6 ± 29.0 minutes of the patients with FD. Eight patients with FD and significant delay of ultrasonographic gastric emptying presented fasting antral area of $322.7 \pm 130.0 \text{ mm}^2$, postprandial maximal antral area of $1,744.4 \pm 363.4 \text{ mm}^2$, the ratio of maximal to fasting, 7.0 ± 4.9 . The score of symptoms for these patients revealed a statistically significant difference compared to the 15 FD subjects without the delay ($p < 0.05$). **Conclusions:** These results suggest that the patients with FD and delayed ultrasonographic gastric emptying may be more frequently correlated with symptoms of motility-like dyspepsia. The ultrasonographic gastric emptying may be used in the evaluation of motility disease of the stomach in place of other available methods. (**Korean J Gastroenterol 1998; 31: 1 - 8**)

Key Words: Functional dyspepsia, Ultrasonographic gastric emptying

접수: 1997년 5월 12일, 승인: 1997년 11월 11일

연락처: 박효진, 서울시 강남구 도곡동 146-92, 연세대학교 의과대학 영동세브란스병원 내과

Tel: 3497-3310, Fax: 3463-3882

* 본 논문의 요지는 1996년 제 48 차 내과학회 추계학술대회에서 발표되었음.

서 론

소화불량증이란 지속적이거나 반복적인 상복부 혹은 심와부의 불편감이라고 알려져 있고 기질적인 원인에 의한 경우와 그렇지 않은 경우로 구분되어 설명되고 있으며, 최근 여러가지 검사방법의 발전과 보편화로 기질적인 원인이 배제된 소화불량증 환자에 대한 관심이 많아지고 있다.^{1,2} 기능성 소화불량증이란 임상가들에 의해서 널리 사용되어지는 복합적인 증상군으로 흔히 식사와 연관되어진 상복부의 통증, 포만감, 오심 및 구토 등의 증상을 호소하면서 아직 병인이 명확하지 못하여 여러가지 아형으로 구분하기도 한다.^{3,4} 가능한 병인들로서 국소적인 프로스타글란딘의 합성장애, 이소성 위유문 조율기와의 관련성, 비록 실험적인 연구이지만 바이러스감염증과의 관련성과 비정상적으로 증가된 소화관의 감각능 등이 보고 되었다.^{5,6} 현재까지 보고된 여러가지 병인중 기능성 소화불량증과 위배출능과의 인과관계는 약 30-80% 정도까지의 관련이 있는 것으로 알려져 있다.⁷

위장관 운동을 측정하는 방법 중 위내용물 배출시간을 측정하기 위한 방법들로는 바륨이나 방사선 동위원소를 이용한 방사선학적 방법, 도관을 위내강에 삽입한후 위내용물을 흡인해보는 삽관법, 혹은 표지자를 이용한 위내용물의 이동상황을 측정하는 방법 등이 있다.^{8,9} 그러나 이들 검사는 침습적이거나 방사선물질을 사용함에 따른 방사선 피폭 및 바륨이나 표지자들의 비생리적인 특성에 대한 거부감 등의 문제점들이 제기되어 왔다. 그리하여 최근 위내용물 배출시간의 측정법에 보다 간편하고 비관혈적인 방법으로서 복부초음파촬영술을 이용한 측정법이 시도되고 있다.^{1,10-16} 이에 저자들은 복부 초음파검사를 이용하여 기능성 소화불량증환자에서 공복시 및 식후 시간별 유문부 단면적, 공복시를 기준으로 최대 확장시의 단면적 확장률과 위배출 시간들을 측정함으로써 정상 대조군과 비교해 보고자 하였다.

대상 및 방법

1. 대 상

1996년 6월부터 1996년 9월까지 영동세브란스 병원에 내원한 환자들 중 구역, 구토, 상복부 통증, 조기 포만감, 식후 팽만감, 복부 팽만 혹은 트림 등의 증상을 호소하면서 과거 병력상 복부의 수술 병력 및 전신적 질환의 병력이 없고 이학적 소견, 말초 혈액검사, 혈청 생화학검사, 복부 초음파검사 및 상부 소화관 검사상 뚜렷한 기질적인 원인을 찾을 수 없었던 기능성 소화불량증 환자 23예(평균나이 40.9±12.5세)와 소화기계 증상이 없는 정상 자원자 6예(평균나이 28.6±1.5세)를 대상으로 하였다.

2. 방 법

1) 초음파를 이용한 위배출검사

대상자들은 검사전 최소 3일간 위장관 운동에 관계된 약물의 복용을 금하도록 하였으며 여자의 경우 월경 전후 일주일에는 피하여 검사일을 정하였다. 검사는 검사전날 자정부터 금식한 상태에서 검사 당일 오전시간에 앓은 상태에서 초음파를 이용하여 위배출을 측정하였다. 위의 횡단면 측정은 위내의 공기에 의한 초음파 영상의 방해로 피하기 위하여 피검자를 의자에 앉힌 자세에서 심와부 종단 주사상 대동맥과 상장간막 정맥이 동시에 보이는 단면을 기준으로 위의 연동운동을 고려하여 최소 1분이상 주사하여 비디오테이프에 녹화하면서 초음파를 이용하여 위의 횡단면을 포착하였다. 이후 녹화된 영상을 면적 측정이 가능한 초음파기(Sonos 2500, Hewlett-Packard Co. Palo Alto, CA, USA)에서 재현하여 최대가 된다고 생각되는 시점의 위의 횡단면을 포착하였다. 이 때 검사시 녹화된 영상의 크기 단위가 다른 경우 이를 환산기구를 이용 보정하여 위의 횡단면에서 내벽을 따라 커서를 이동시켜 면적을 측정하였다. 측정 간격은 공복시 및 식후 처음 한시간은 15분 간격으로 그리고 다음 한시간은 30분 간격으로 위의 횡단면을 측정하였으며, 검사 사이 사이의 시간은 환자들이 앉아서 책을 보거나, 텔레비전을 시청하기도 하고, 병원주변을 산책하는 등의 일상 활동을 하

도록 하였다.

2) 검사식이

검사 식이로는 반유동식으로 두유(연세두유[®]: 연세유업, 서울: 300 칼로리, 단백질 21%, 탄수화물 35%, 지방 45%, 물 442그램) 500 mL를 사용하였으며, 피검자들에서 검사 식이에 대한 특별한 거부감이 있는 경우는 제외시켰으며, 3분 이내에 전량을 먹도록 하였다.

3) 증상의 경중도 평가

증상의 경중도는 각각증상 7가지(구역, 구토, 식후 불쾌감, 조기 포만, 식후 상복부통, 복부 팽만 및 트립)를 기준으로 각각 0점(증상 없음), 1점(가벼운 증상이 간헐적으로 나타남), 2점(환자의 생활에 영향을 줄 정도는 아니나 환자가 자발적으로 증상을 언급하는 경우), 3점(환자의 생활에 심각한 영향을 미칠 정도로 증상이 심하게 나타나는 경우)까지 점수화하여 합으로 표기하였다.

4) 자료분석 및 통계방법

환자군과 정상 대조군 각각의 검사 자료에 대한 통계분석은 개인용 컴퓨터 프로그램인 SPSS/PC+ Window용을 이용하였다. 측정한 결과의 수치는 평균±표준편차로 표기하였으며, 환자군과 정상 대조군 비교는 비모수 검정방법인 Mann-Whitney U test

를 이용하여 통계적 유의성을 알아 보았고, p 값이 0.05미만일 때를 통계적으로 유의한 차이가 있다고 판정하였다.

결 과

1. 환자군과 정상 대조군간의 초음파를 이용한 위배출 비교

공복시 유문부 단면적은 정상 대조군에서 $348.6 \pm 277.7 \text{ mm}^2$, 환자군에서 $305.6 \pm 118.7 \text{ mm}^2$ 으로 통계적으로 유의한 차이가 없었으며, 식후 최대확장시 유문부 단면적은 정상 대조군에서 $1,705.0 \pm 262.0 \text{ mm}^2$, 환자군에서 $1,573.2 \pm 499.4 \text{ mm}^2$ 으로 통계적으로 유의한 차이가 없었다. 체격에 따라서 위장관의 크기가 비례한다는 가정하에 단위 체표면적에 대한 유문부 단면적을 환산하면 공복시에 정상 대조군에서 $184.9 \pm 139.2/\text{BSA mm}^2$, 환자군에서 $203.0 \pm 82.8/\text{BSA mm}^2$ 으로 통계적으로 유의한 차이가 없었으며, 식후 최대확장시 유문부 단면적도 정상 대조군에서 $917.5 \pm 119.6/\text{BSA mm}^2$, 환자군에서 $1,055.8 \pm 352.7/\text{BSA mm}^2$ 으로 유의한 차이가 없었다. 공복시를 기준으로 최대확장시의 단면적 확장률은 정상 대조군에서 7.2 ± 4.8 , 환자군에서 6.2 ± 3.7 이었고, 최대확장까지 걸리는 시간은 각각 27.5 ± 17.5 분, 29.3 ± 17.8 분으로 통계적으로 유의한 차이는 없었다. 유문부 단면적이 식후의 최대확장

Table 1. Comparisons of Ultrasonographic Parameters between Control and Patients with Functional Dyspepsia

	Control	FD*	p value
Number of the patients	6	23	
Fasting antral area (mm ²)	348.6 ± 277.7	305.6 ± 118.7	NS
Maximal antral area (mm ²)	$1,705.0 \pm 262.0$	$1,573.2 \pm 499.4$	NS
Fasting antral area corrected with BSA [†] (mm ²)	184.9 ± 139.2	203.0 ± 82.8	NS
Maximal antral area corrected with BSA (mm ²)	917.5 ± 119.6	$1,055.8 \pm 352.7$	NS
M/F [†]	7.2 ± 4.8	6.2 ± 3.7	NS
T _{1/2} (min)	67.2 ± 9.5	73.6 ± 29.0	NS
Time to peak [§] (min)	27.5 ± 17.5	29.3 ± 17.8	NS

Values are mean±SD; *, functional dyspepsia; †, body surface area (m²)=√height (cm) × √weight (kg) ÷ √3600; ‡, maximal antral area/fasting antral area; §, time to reach the maximal antral area; ||, not significant.

Table 2. Ultrasonographic Parameters in Patients with Functional Dyspepsia according to Gastric Emptying Pattern

	FD*			p value
	Control	Non-delayed	Delayed	
Number of the patients	6	15	8	
Fasting antral area (mm ²)	348.6±277.7	296.5±115.9	322.7±130.0	NS
Maximal antral area (mm ²)	1,705.0±262.0	1,482.0±547.9	1,744.4±363.4	NS
Fasting antral area corrected with BSA [†] (mm ²)	184.9±139.2	197.9±79.3	212.5±93.9	NS
Maximal antral area corrected with BSA (mm ²)	917.5±119.6	1,018.5±413.1	1,125.7±202.6	NS
M/F [‡]	7.2±4.8	5.8±3.0	7.0±4.9	NS
T _{1/2} (min)	67.2±9.5	65.9±17.2	106.9±10.9	0.001
Time to peak [§] (min)	27.5±17.5	24.0±11.1	39.4±24.0	NS

Values are mean±SD; *, functional dyspepsia; †, body surface area (m²)=√height (cm) x √weight (kg) ÷√3600; ‡, maximal antral area/fasting antral area; §, time to reach the maximal antral area; ||, not significant.

시에서 줄어들 때 식전과의 차이에서의 절반으로 줄어드는 시점인 T_{1/2}는 정상 대조군에서 67.2±9.5분, 환자군에서 73.6±29.0분으로 통계적으로 유의한 차이는 없었다(Table 1).

2. 초음파를 이용한 위배출 측정시 지연된 위배출을 보인 기능성 소화불량증환자에서의 관찰

1) 초음파를 이용한 위배출의 지연과 초음파상의 여러 지표들

기능성 소화불량증 환자 23예를 대상으로 초음파를 이용한 위배출 측정시 정상 대조군의 T_{1/2}보다 표준편차의 2배 이상의 T_{1/2}를 보여 지연된 위배출이라고 판정한 예는 8예(34.8%)로서 유문부 단면적은 공복시 322.7±130.0 mm² (212.5±93.9/BSA mm²), 식후 최대확장시 1,744.4±363.4 mm² (1,125.7±202.6/BSA mm²), 공복시를 기준하여 최대확장시의 확장률은 7.0±4.9로서 정상 대조군과 통계적으로 유의한 차이는 없었다(Table 2).

2) 초음파를 이용한 위배출의 지연과 증상점수

기능성 소화불량증 환자 23예를 대상으로 초음파를 이용한 위배출 측정시 지연된 위배출을 보인 8예(34.8%)에서의 증상 점수는 8.5±0.8로 위배출이 지

Fig. 1. Ultrasonographic gastric imaging and measurement of the cross sectional area (B, lumen of the stomach; S, superior mesenteric vein; A, abdominal aorta).

연되지 않은 15명의 기능성 소화불량증 환자들의 5.9±2.0에 비해 통계적으로 유의한 차이를 보였다 (Fig. 2, 3).

고 찰

소화불량증은 위십이지장궤양, 담석증, 만성궤장염 등의 기질적인 원인에 의한 경우와 뚜렷한 기질적인 원인을 찾을 수 없는 경우로 크게 나누어진

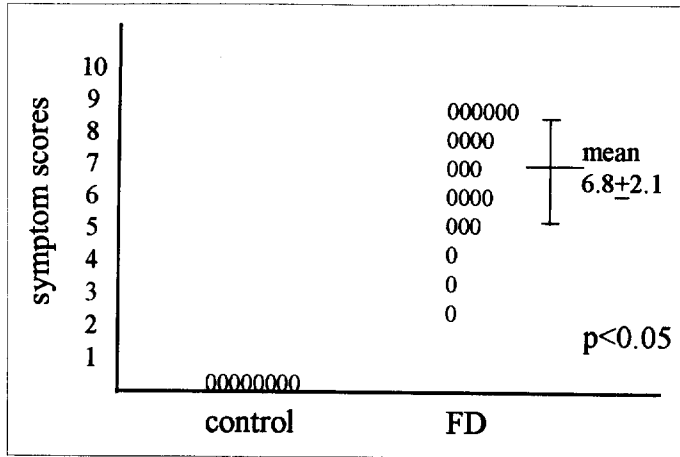


Fig. 2. Comparison of symptom scores in patients with functional dyspepsia (FD) and control.

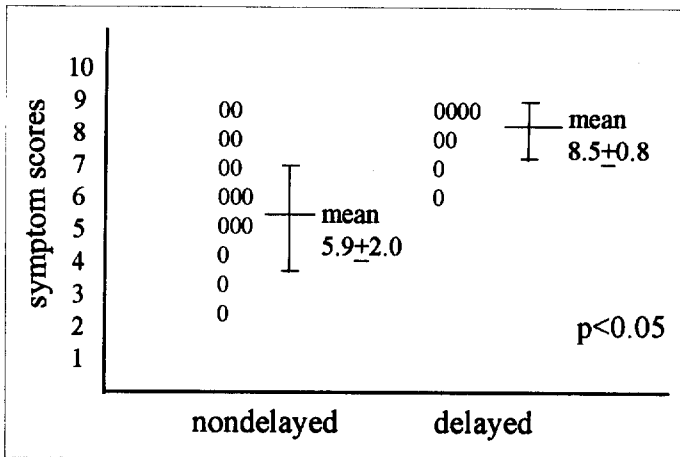


Fig. 3. Comparison of symptom scores according to pattern of ultrasonographic gastric emptying in patients with functional dyspepsia.

다.¹⁷ 최근 여러가지 검사 방법의 발전과 더불어 특히 소화관 내시경검사의 발달과 보편화로 소화불량증 환자에서 기질적인 원인을 배제한 기능성 소화불량증에 대한 관심이 많아지고 있다.¹² 기능성 소화불량증이란 임상가들에 의해서 널리 사용되어지는 복합적인 증상군으로 흔히 식사와 연관되어진 상복부의 통증, 포만감, 트림, 오심 및 구토 등의 증상을 호소하면서 아직 병인이 명확하지 못하여 여러가지 아형으로 구분 한다.^{3,4,17} 가능한 병인들로서 국소적인 프로스타글란딘의 합성장애, 이소성 위운동 조절기

이상, 우울증 및 불안 등의 신경증과의 관련성, 비록 실험적인 연구이지만 바이러스감염증과의 관련성 그리고 비정상적으로 증가된 소화관의 감각능 등이 논의되고 있다.^{5,6} 현재까지 보고된 여러가지 병인중 위배출과 관련된 운동 이상은 기능성 소화불량증 환자의 약 30-80%에서 관련이 있는 것으로 보고되고 있다.⁷

위장관 운동을 측정하는 방법 중 위내용물 배출 시간을 측정하기 위한 방법들로는 바륨이나 방사선 동위원소를 이용한 방사선학적 방법, 도관을 위내강

에 삽입한 후 위내용물을 흡인해보는 삼관법, 그리고 표지자를 이용한 위내용물의 이동상황을 측정하는 방법 등이 있다.^{8,9} 그러나 이들 검사는 침습적이거나 방사선물질을 사용함에 따른 방사선 피폭에 대한 거부감 및 부담이나 표지자들의 비생리적인 특성이 문제점으로 제기되어 왔다. 그리하여 최근 위내용물 배출시간의 측정법으로서 생리적이며 비관혈적인 비교적 거부감이 없는 초음파를 이용한 방법이 시도되고 있다.¹¹⁰⁻¹⁶ 이러한 위내용물의 배출시간 측정을 목적으로 초음파를 이용하여 위를 종단주사하였는데, Bateman 및 Whittingham¹⁰에 의한 방법의 경우 위의 종축을 따라서 1 cm 간격으로 위의 횡단면을 주사하여 개인용 컴퓨터로 용적을 계산해 내었으며, Bolondi 등¹²은 보다 간편하게 위 전정부 용적만의 변화를 관찰함으로써 위 전체 용적으로 계산된 결과와 동일함을 보고하였다. Marzio 등¹⁴에 의한 방법의 경우 시간별로 위각부위를 기준으로 종단주사하여 직경을 측정하였으며, Corazziari 및 Pollotta¹⁵에 의한 방법의 경우 유문부, 상장간막정맥부위 그리고 위각부위 각각에서 위의 횡단면을 주사하고 전후 직경 및 상하 직경을 측정하여 적분 공식에 의해 각기 면적을 구해서 위의 용적을 평가하였다. 하지만 이러한 방법들 모두가 비교적 객관적인 일관성이 미흡하면서도 시간 및 노력을 지나치게 요구하거나, 복잡한 계산이 필요하여 실제로 이용하기에는 어려움이 있을 것으로 생각되었다. Dumitrascu 등¹⁶에 의한 방법은 전자들에 비해 비교적 간편하고, 숙련된 검사자의 경우 한 회에 여러명을 동시에 검사할 수 있으므로 시간을 다소 절약할 수 있으며 이 방법에 의해 산출된 위내용물 배출시간이 동시에 시행한 동위원소로 계산된 위내용물 배출시간들과 차이가 없었으며 유동식의 위배출상이 시간에 따라 선상 상관관계를 보였다. 이에 본 연구에서는 Dumitrascu 등¹⁶에 의한 방법에서와 같이 위의 일정한 부위로서 대동맥과 상장간막 정맥이 동시에 보이는 횡단면을 초음파에 의해 포착 하였으며, 전후 및 상하직경을 측정하여 단면적을 계산하는 대신 녹화한 영상을 기준으로 면적을 잴 수 있는 기기를 이용하여 단면적을 측정하는 보다 실용적인 방법을 선택하였다.

기능성 소화불량증에서의 위운동 이상여부는 방

사선 동위원소를 이용한 위배출 주사를 통하여 이미 알려져 있었으며,^{5,18} 고형식의 경우는 위의 원위부가, 유동식의 경우 위의 근위부가 위배출에 보다 크게 관여하는 것으로 알려져 있는데,^{19,20} 최근의 보고에 의하면 방사선 동위원소를 이용한 위배출 주사 상 식후 유동식의 경우 빠르게 위의 근위부를 지나 위의 원위부로 이동하는 것을 관찰하고 흡연 등에 의해 위의 근위부로 재분포가 일어남을 보고하여 이러한 식이의 재분포가 위운동 장애의 하나로 설명하기도 하였다.²¹ 결론적으로 기능성 소화불량증 환자에서 위의 근위부 혹은 원위부에서의 운동기능 이상과 관련된 식이의 재분포 및 위내용물 배출의 지연이 여러 소화불량증의 증상을 설명할 수 있는 한 병인이라 하겠다.

본 연구 결과에서 기능성 소화불량증 환자군에서의 초음파상에서 측정된 위 유문부 단면적의 최소·최대치, 최대치에 이르는 시간 및 단면적의 변화율 등이 정상 대조군과 비교하여 의미있는 차이를 보이지는 않았지만, 기능성 소화불량증 환자 23명 중 8명(34.8%)에서 초음파를 이용한 위배출 측정에서 반유동식의 위배출이 의미있게 지연된 소견을 보였으며 특히 이러한 환자군에서 보다 운동성 소화불량증의 증상에 대한 중증도가 심했다. 이는 기능성 소화불량증환자들에게서 방사선 동위원소를 이용한 위배출 검사의 결과와 일치한다고 할 수 있다.^{5,18} 특히 비침습적이며, 피검자들로부터 거부감이 적고 검사 중 일상활동이 가능하도록 하여 보다 생리적인 방법으로서의 장점과 공복시 유문부 단면적, 식후 단면적의 변화, 확장률 및 최대확장시까지 걸리는 시간 등 여러 가지 새로운 변수의 창출 가능성을 가지고 있어 향후 위배출의 측정법으로서 널리 이용할 수 있을 것으로 생각된다. 하지만 초음파를 이용한 위배출의 측정은 시간이 많이 걸려 검사실의 이용에 효율성이 적고 검사자의 전문성이 요구되며 검사자에 따른 차이가 변수로 작용할 수 있어 향후 초음파의 발전과 더불어 단점을 보완하는 새로운 검사방법의 개발이 필요할 것으로 생각된다. 최근에 비록 비용이 많이들고 비효율적이어서 실제 임상적인 실용화와는 거리감이 있으나 3차원적 초음파 영상의 출현으로 기존의 이차원적인 위의 횡단면을 이용한 간

접적인 위내용물의 부피 변화 대신에 보다 정확하게 위의 용적을 측정할 수 있으리라고 기대된다.²²

요 약

목적: 위장관 운동의 기능적 이상을 측정하는 보편화된 여러 가지 검사방법들이 다소 침습적이거나 비생리적인 특성에 대한 문제점이 있어 저자들은 보다 생리적이고 비침습적인 방법의 하나인 초음파를 이용하여 측정된 여러지표들을 양군간에 비교해 보고자 하였다. **대상 및 방법:** Functional dyspepsia (FD) 환자 23예(평균 연령 40.95±12.52세)과 정상 자원자 6예를 대상으로 하였다. 위배출의 측정은 8시간의 금식후 초음파를 이용하여 앉은 자세에서 심외부 종단 주사상 대동맥과 상장간막정맥이 동시에 보이는 단면에서 위의 횡단면의 면적을 공복시, 식후 15분 간격에 120분까지 각각 측정하여 평가하였으며, 증상은 자각증상 7가지를 기준으로 각기 0에서 3점까지 점수화하여 그 합으로 표기하였다. **결과:** 공복시 유문부 단면적은 정상 대조군과 환자군에서 유의한 차이가 없었으며, 식후 최대확장시 유문부 단면적은 정상대조군보다 환자군에서 작은 경향을 보였으나 통계적으로 유의한 차이는 없었다($p=0.13$). 공복시를 기준으로 최대확장시의 단면적 확장률, 최대확장까지 걸리는 시간 및 $T_{1/2}$ 는 정상군과 환자군에서 통계적으로 유의한 차이는 없었다. 지연된 위배출을 보인 환자는 8예(34.8%)였으며 공복시 및 식후 최대확장시 유문부 단면적, 공복시를 기준으로 최대확장시의 확장률, 그리고 증상 점수는 위배출이 지연되지 않은 15명의 FD 환자들에 비해 통계적으로 유의한 차이를 보였다($p<0.05$). **결론:** 이상의 결과를 종합하면 FD 환자군에서 위배출의 지연을 보였던 경우에서 증상 점수가 뚜렷하게 증가되어 있음을 관찰할 수 있어, FD 환자에서의 초음파검사를 이용한 위배출 검사는 위의 기능적 이상을 평가하는 방법의 하나로서 이용될 수 있으리라 생각된다.

색인단어: 기능성 소화불량증, 위배출, 초음파

참 고 문 헌

1. 이문성, 김진홍, 조성원, 심찬섭. 복부초음파 촬영술을 이용한 위내용물 배출시간. 대한내과학회잡지 1990; 39:749-757.
2. Misiewicz JJ. Dyspepsia. In: Sleisenger MH, Fordtran JS, eds. Gastrointestinal disease. Volume 1. 5th ed. Philadelphia: WB Saunders, 1993:572-579.
3. Collin-Jones DG, Bloom B, Bodemar G. Management of dyspepsia: report of working party. Lancet 1988;1:576-579.
4. Jones R, Lydeard S. Prevalence of symptoms of dyspepsia in the community. Br Med J 1989;298:30-32.
5. Rees WDW, Miller LJ, Malagelada JR. Dyspepsia, antral motor dysfunction, and gastric stasis of solids. Gastroenterology 1980;78:360-365.
6. Mearin F, Cucala M, Azpiroz FT. The origin of symptoms on the brain-gut axis in functional dyspepsia. Gastroenterology 1991;101:999-1006.
7. Malagelada JR. Gastrointestinal motor disturbance in functional dyspepsia. Scand J Gastroenterol 1991;26: 29-34.
8. Goldstein H, Boyle JD. The saline loading test - a bedside evaluation of gastric retention. Gastroenterology 1965;49:375-379.
9. Feldman M, Smith HJ, Simon TR. Gastric emptying of solid radiopaque markers: studies in healthy subjects and diabetic patients. Gastroenterology 1984; 87:895-899.
10. Bateman DN, Whittingham TA. Measurement of gastric emptying by real-time ultrasound. Gut 1982; 23:524-527.
11. King PM, Adam RD, Pryde A, Mcdiken WN, Heading RC. Relationships of human antroduodenal motility and transpyloric fluid movement: noninvasive observations with real-time ultrasound. Gut 1984;25:1384-1391.
12. Bolondi L, Bortolotti M, Santi V, Calletti T, Gaiani S, Labo G. Measurement of gastric emptying time by real-time ultrasonography. Gastroenterology 1985;

- 4:752-759.
13. Holt S, Cervantes J, Wilkinson A, Wallace JH. Measurement of gastric emptying rate in humans by real-time ultrasound. *Gastroenterology* 1986;90:918-923.
 14. Marzio L, Giacobbe A, Conoscitore P, Fracciorusso D, Frusciante V, Modoni S. Evaluation of the use of ultrasonography in the study of liquid gastric emptying. *Am J Gastroenterol* 1989;84:496-499.
 15. Corazziari E, Pallotta N. Real-time ultrasonography for measurements of gastrointestinal motility. *Motility* 1992;29:13-14.
 16. Dumitrascu DL, Barnert J, Kirschner T, Wienbeck M. Antral emptying of semisolid meal measured by real-time ultrasonography in chronic renal failure. *Dig Dis Sci* 1995;40:636-644.
 17. Talley NJ, Colins-Jones D, Koch KL, Koch M, Nyrén O, Stanghellini V. Functional dyspepsia: a classification with guidelines for diagnosis and management. *Gastroenterol Int* 1991;4:145-149.
 18. Scott AM, Kellow JE, Shuter B, Nolan JM, Höschl R, Jones MP. Intra-gastric distribution and gastric emptying of solids and liquids in functional dyspepsia. *Dig Dis Sci* 1993;38:2247-2254.
 19. Mihami H, McCallum RW. The physiology and pathophysiology of gastric emptying in humans. *Gastroenterology* 1984;86:1592-1610.
 20. Houghton LA, Mangnall YF, Read NW. Effect of incorporating fat into a liquid test meal on the relation between intra-gastric distribution and gastric emptying in human volunteers. *Gut* 1990;31:1226-1229.
 21. Scott AM, Kellow JE, Shuter B, Nolan JM, Höschl R, Jones MP. Effect of cigarette smoking on solid and liquid intra-gastric distribution and gastric emptying. *Gastroenterology* 1993;104:410-416.
 22. Berstad A, Hausken T, Gilja OH, Thune N, Marte K, Odegaard S. Volume measurement of gastric emptying by 3-D ultrasonography and flow measurements through the pylorus by duplex technique. *Dig Dis Sci* 1994;39:97S-100S.