

## 유동식 및 고형식을 이용한 동위원소 식도통과검사의 임상적 의의에 대한 연구

고려대학교 의과대학 진단방사선과학교실

최 재 걸 · 이 민 재 · 서 원 혁

내과학교실

송 치 욱 · 현 진 해

= Abstract =

### Clinical Evaluation of Radionuclide Esophageal Transit Studies using Liquid and Solid Foods

Jae Gol Choe, M.D., Min Jae Lee, M.D., Chi Wook Song, M.D.\*  
Jin Hai Hyun, M.D.\* and Won Hyuck Suh, M.D.

*Department of Diagnostic Radiology and Internal Medicine\*, Korea University College of Medicine*

The author performed radionuclide esophageal transit studies(RETS) with liquid and solid boluses using the same day protocol in 90 normal controls and 164 patients with various primary esophageal motility disorders who were diagnosed by manometric criteria and clinical courses. The authors calculated mean esophageal transit time(MTT) and mean residual retention(MRR) in each of the liquid and solid studies, and classified time-activity curve(TAC) patterns.

The normal criteria of RETS with liquid bolus were  $MTT < 24$  sec,  $MRR < 9\%$ , and the TAC pattern that showed rapid declining slope and flat low residual(Type 1). The normal criteria of RETS with solid bolus were  $MTT < 35$  sec,  $MRR < 9\%$  and TAC of type 1. With these normal criteria, the sensitivity and the specificity of the liquid study were 62.2% and 97.8%, respectively. The sensitivity increased to 75.4% with the solid study. The author also found that the RETS was highly reproducible.

The achalasia typically showed no effective emptying of both liquid and solid boluses during the whole study period, and was well differentiated by its extremely long transit time and high retention from the other motility disorders. The diffuse esophageal spasm(DES) and nonspecific esophageal motility disorder(NEMD) showed intermediate delay in transit time and increased retention. In the groups of hypertensive lower esophageal sphincter(LES), hypotensive LES and nutcracker, there noted no significant difference with the normal control group in terms of MTT and MRR. The DES and NEMD could be more easily identified by solid studies that showed more marked delay in MTT and increased MRR as compared with the liquid study.

In conclusion, esophageal scintigraphy is a safe, noninvasive and physiologic method for the evaluation of esophageal emptying.

**Key Words:** Esophagus; Esophagus, motility test; Esophagus, transit study

## 서 론

## 대상 및 방법

동위원소를 이용한 식도 통과검사(radionuclide esophageal transit study, RETS)는 동위원소가 포함된 음식물을 삼키게 하고 영상 및 히스토그램을 얻어서 분석하는 방법으로 신속하고 비관혈적이고 생리적인 검사가 가능하여 식도 내압검사와는 다른 관점에서 보완적으로 식도 운동을 평가할 수 있으며 식도 운동 질환의 병태생리를 파악하는 데 유용하다<sup>1-3)</sup>.

동위원소 식도 통과검사는 비관혈적이고 생리적인 검사이지만 1972년 Kazem<sup>4)</sup> 이 처음 보고한 이래 20여년 동안 별로 임상적인 응용이 널리 보급되지 못하였고 아직도 이 검사의 유용성에 대한 논란이 많다. 그 이유는 각 연구자마다 검사방법이 다양하고 표준화가 되지 않아서 비교가 곤란하며, 주로 질환의 발견에만 관심을 두었고 특정한 식도 운동 이상을 감별진단하는 데는 충분한 연구보고가 없었기 때문이다<sup>5)</sup>. 동위원소 식도 통과검사의 방법은 보고자에 따라 차이가 있으나 준비의 용이성 때문에 유동식 연하물(liquid bolus)을 사용하는 방법이 주로 이용되고 있으며 고형식 연하물(solid bolus)에 대한 연구는 잘 알려져 있지 않다<sup>6)</sup>. 따라서 유동식과 고형식의 검사방법을 동시에 사용하였을 때 각각의 식도 운동 질환에 따른 운동 양태의 차이는 연구가 부족한 실정이다. 식도 통과검사에 고형식을 사용하는 이유는 사람이 평상시 섭취하는 주된 음식물의 형태가 고형식이고 식도 운동 질환이 있을 때 유동식보다 증상 유발이 심한 점 때문이다<sup>7)</sup>. 국내에서의 위장관 운동 생리검사는 아직 초보적인 단계로 광범위한 기능적 변화를 반영하는 운동검사가 잘 시행되지 않는 실정으므로 다양한 식도 운동 질환에서 식도 통과검사의 유용성 및 유동식과 고형식검사를 비교 분석한 보고는 부족한 실정이다.

앞으로의 식도 운동검사는 비관혈적이면서 생리적인 변수를 반영할 수 있는 방법을 개발하는 것이 요구되는 추세이므로 이같은 장점을 가진 동위원소 식도 통과검사가 널리 이용되리라 보고 사료된다. 이에 저자는 식도 통과검사에 동위원소를 표지한 유동식 및 고형식을 이용하여 통과 양태를 정성적 및 정량적으로 분석하고, 예민도 및 특이도의 향상과 각 식도 운동 질환의 감별 진단의 가능성 등을 규명하고자 본 연구를 시행하였다.

### 1. 대 상

#### 1) 정상대조군

1993년 3월부터 1994년 6월까지 식도와 관계된 증상이 없고 식도운동 기능에 영향을 줄 수 있는 전신 질환이 없는 19명의 건강한 검사자원과 병원에 내원한 환자중 식도와 관계된 특별한 증상이 없고, 중추신경계 통질환, 말초신경증, 당뇨병, 또는 식도의 운동 이상을 초래할 수 있는 전신 질환이 없으면서, 식도 내압검사상 정상소견을 보인 71명 등 총 90명을 정상 대조군으로 하였다. 정상대조군 90 명의 남녀비는 50 : 40이었고, 평균연령은 44.1±14.2 세이었다. 정상 대조군에서 유동식 검사는 90회, 고형식 검사는 25회 시행하였다.

#### 2) 환자군

식도 운동 환자군은 연하곤란, 흉통, 흉골하 작열감, 흉부 이물감 및 역류 등 식도 증상이 있으면서 종양이나 염증성 협착등 기질적 폐쇄가 없고, 심장질환 및 기타 식도 내압검사에 영향을 주는 전신 질환이 없으면서 식도 운동검사상 식도 운동 질환이 있다고 진단된 164명을 대상으로 하였다. 식도 운동 질환의 구성은 식도 이완불능증(achalasia) 18예, 미만성 식도 경련증(diffuse esophageal spasm) 13예, 비특이성 식도 운동장애(nonspecific esophageal motility disorder) 71예, 호두가키식도(nutcracker) 13예, 고압성 하부식도 괄약근(hypertensive lower esophageal sphincter, 이하 고압성 LES) 24예, 그리고 저압성 하부식도 괄약근(hypotensive lower esophageal sphincter, 이하 저압성 LES) 25예이었다(Table 1). 식도 통과검사는 식도 내압검사를 받은 때를 중심으로 24-48시간의 기간내에 시행하였으며 유동식 검사는 전례에서, 고형식 검사는 57예에서 시행하였다.

식도 통과검사의 재현성을 분석하기 위하여 정상 대조군 20예와 환자군 28예 등 총 48예에서는 유동식으로 2회 반복검사를 하였고, 환자군 9예에서는 고형식으로 2회 반복 검사를 하였다.

### 2. 실험방법

#### 1) 식도 내압검사

식도 내압검사는 정상대조군 90예중 71예와 환자군

**Table 1. Distribution of Primary Esophageal Motility Disorders(N=164)**

Disease	Number	Age (mean±SD)	M : F
Achalasia	18	44.3±14.5	6 : 12
DES	13	57.5±11.5	3 : 10
MEMD	91	43.2±12.7	28 : 43
Nutcracker	13	51.7±12.1	7 : 6
Hypertensive LES	24	45.5±12.8	4 : 20
Hypotensive LES	25	49.8±10.7	13 : 12
Total	164	46.9±12.8	61 : 103

DES : Diffuse esophageal spasm, NEMD : Non-specific esophageal motility disorder  
 LES : Lower esophageal sphincter, SD : Standard deviation

164 예의 전례에서 실시하였다. 검사전처치로서 식도운동에 영향을 줄 수도 있는 흡연, 음주, 약물 등은 검사 하루 전부터 금하였으며 검사전 8시간 이상 금식시킨 뒤 오전에 실시하였다. 식도 내압검사는 측정관을 식도에 삽입하여 하부식도 괄약근압, 식도 수축파의 진폭(amplitude), 수축파의 기간(duration), 수축파의 전파속도(velocity), 연동운동의 발생율(prevalence of peristalsis), 및 이상수축파(abnormal contraction) 등을 기록하였다. 각 식도 운동질환에 대한 식도 내압검사상 기준은 Katz<sup>8)</sup>와 송 등<sup>9,10)</sup>의 자료를 토대로 하였다.

**2) 동위원소 식도 통과검사**

**(1) 유동식에 의한 식도 통과검사**

4시간이상 금식 및 금연시킨 후 피검자를 앙와위로 눕히고 저에너지 범용 조준기가 부착된 감마카메라를 사용하여 전면상으로 구강, 식도 및 위의 일부가 시야에 포함되도록 자세를 잡았다. 윤상 연골 옆에 방사능 표식자를 부착하고 <sup>99m</sup>Tc 주석 교질 500 μCi(18.5 MBq)를 물 10ml에 섞어서 주사기에 담아 준비하였다. 피검자에게 동위원소가 포함된 물을 입안에 머금게 한 뒤 지시에 의해서 삼키도록 하였다. 처음 물을 삼키고 난 다음, 30초마다 마른 침을 삼키게 하여 3분간 총 6회의 연하를 하도록 하였다.

**(2) 고형식에 의한 식도 통과검사**

유동식에 의한 식도 통과검사가 끝난후 2시간 이상 안정을 취하며 식도 안의 방사능이 씻겨 내려가도록 물을 자주 먹도록 하였다. 고형식은 식품용 젤

리인 Jell-O(General Food Co., White Plains, NY) 1.5g과 곡분(rice cereal) 0.5g에 물 5ml와 <sup>99m</sup>Tc 주석교질 500μci(18.5 MBq)를 섞어서 잘 저은 후 검사 시작전 냉장고에 보관하여 굳어지게 한 다음 사용하였다. 고형식의 굳기는 밥을 충분히 저작한 후의 삼키기 직전의 굳기 정도가 되도록 하였다. 피검자를 감마카메라 밑에 앙와위로 눕힌 후 고형식을 입안에 머금게 한 다음 씹지 않고 단번에 삼키도록 하였다. 이후 유동식검사와 동일하게 30초마다 마른 침을 삼키게 하였다.

**(3) 자료의 수록과 처리**

단일 검출기 감마카메라(Apex-SP6, Elscint Ltd., Haifa, Israel)를 사용하여 64×64 Matrix byte mode로 최초 연하의 직전부터 자료의 수록을 시작하여 0.5초마다 동적인 자료를 총 3분간 얻었다. 자료의 수록이 끝난 후 전체 식도가 포함되게 관심영역을 그리고, 관심영역에 대한 시간-방사능 곡선을 얻었다. 자료의 수록 및 처리는 유동식검사와 고형식검사 모두 같은 방법으로 하였다. 식도 통과 검사의 정량적 분석을 위하여 다음과 같은 통과 검사의 지표를 설정하고 이를 계산하였다.

식도에 잔류하는 방사능의 양을 정량화하기 위해 평균잔류율(mean residual retention, 이하 MRR)을 구하였다. 평균잔류율은 150초와 180초 사이의 30초 동안의 평균 계수치를 구하고 이것을 최고 계수치에 대한 백분율로 환산하였다.

식도통과시간은 방사능의 제거율을 반영할 수 있는 지표로 평균 식도통과시간(mean transit time, 이하 MTT)을 구하였다. 평균 식도통과시간은 Jorgensen<sup>11)</sup>의 방법대로 Zierler's formula로 구하였다.

$$MTT = \frac{\int_{t=0}^{180} C(t)dt}{C_{max}}$$

여기에서 MTT는 평균통과시간, C는 시간 t에서의 초당 계수치(cps), C<sub>max</sub>는 최고 계수치를 나타낸다.

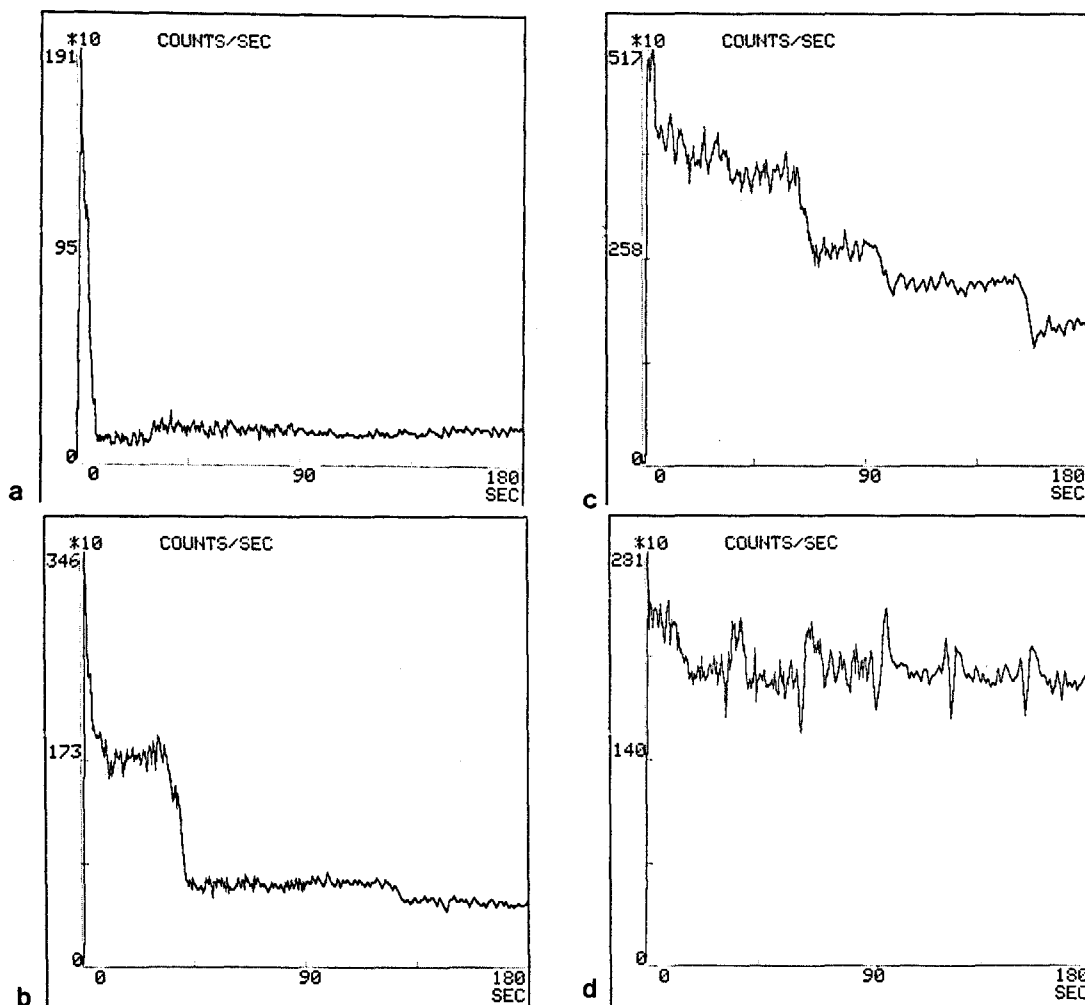
**3) 시간-방사능 곡선의 분석**

전체 식도의 관심영역으로부터 얻어진 180초까지의 연속적인 다중연하에 의한 시간-방사능곡선을 방사능의 초기 감소 양상(slope pattern, half time)과 후기 잔류형태(residual retention)에 따라 4가지로 분류하였다(Table 2, Fig. 1).

**Table 2. Classification of Type of Time-Activity Curve**

	Slope pattern(Half time)	Residual Retention(MRR)
Type 1	Rapid(<10 sec)	Minimal(≤10%)
Type 2	Mildly delayed(10~30 sec)	Mild(10~25%)
Type 3	Moderately or markedly delayed(>30 sec)	Moderate(25~50%)
Type 4	Severely delayed(>180 sec)	Severe(>50%)

MRR=Mean residual retention



**Fig. 1.** Time-activity curve types according to the initial downward slope and residual retention. a : Type 1, b : Type 2, c : Type 3, d : Type 4.

### 3. 분석 방법 및 통계 처리

(1) 정상대조군에서 MTT 및 MRR 등은 가우스 분포를 보이지 않으므로 비모수적 분석(nonparamet-

ric analysis)을 하여 중앙값(median), 범위(range), 및 95 백분위수(95 percentile)를 구하고 이로부터 기준치(cutoff value)를 정한 후 예민도 및 특이도를 구하였다<sup>11)</sup>.

**Table 3. Double Measurement of Esophageal Transit Studies, Liquid and Solid Studies**

	Liquid			Solid		
	p	CV(%)	r	p	CV(%)	r
MTT	0.48	19.2	0.97	0.54	18.9	0.96
MRR	0.76	12.5	0.99	0.80	32.0	0.93

Number of studies with 1) liquid bolus : n=48, 96 studies; 2) solid boluses : n=9, 18 studies.  
CV=Coefficient of variation, r=Correlation coefficient

**Table 4. Results of Esophageal Transit Study in the Control Group**

	Mean±SD	Median	95 Percentile
Liquid(n=90)			
MTT(sec)	15.5±5.1	15.1	5.8-23.2
MRR(%)	5.2±1.9	5	1.4- 8.2
Solid(n=25)			
MTT(sec)	16.6±8.6	14.2	7.7-34.7
MRR(%)	4.4±2.1	3.6	1.6- 8.5

(2) 검사의 재현성을 보기 위하여 48예에서는 유동식을 가지고 2회 반복측정을 하였고 9예에서는 고형식으로 반복측정을 하였다. 반복측정시의 재현성은 분산분석을 이용하여 각각의 측정치 사이에 차이가 있는지 보았으며, p-값과 변이계수(CV)를 검토하였고 상관분석을 이용하여 상관계수를 구하였다.

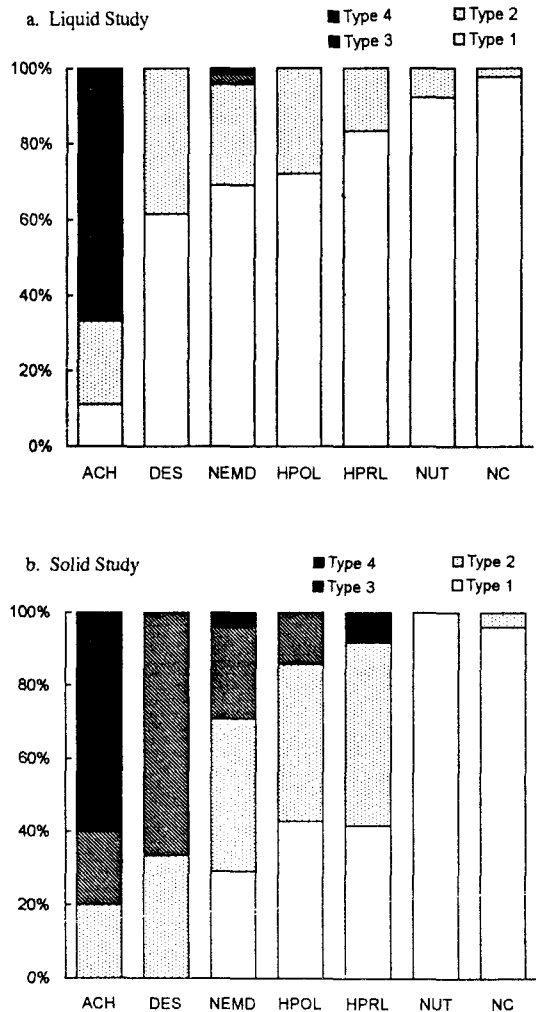
(3) 정상 대조군과 각각의 질병군 사이에 평균 통과시간과 잔류율 등 각 통과검사의 검사성적의 차이를 비교하기 위하여 분산분석을 하였다.

통계처리는 개인용 컴퓨터에서 SAS 통계프로그램을 사용하였으며 유의확률 p<0.05의 수준에서 통계적 유의성의 검정을 하였다.

## 결 과

### 1. 반복 측정에서의 재현성 검토

유동식으로 2회 반복측정(n=48)을 한 결과 변이계수는 12.5%-19.2% 이었고, 상관계수 r은 0.97-0.99로 매우 밀접한 상관관계를 보였다. 고형식을 이용한 2회 반복검사(n=9, 18회 검사)에서의 변이계수는 18.9-32.0% 이었고 상관계수 r은 0.93-0.96이었다. p값은 모두 5% 이상의 결과를 보여서 두 검사간에



**Fig. 2.** Distribution of types of time-activity curves with liquid study(a) and solid study(b). ACH = achalasia, DES = diffuse esophageal spasm, NEMD = nonspecific esophageal motility disorder, HPOL = hypotensive lower esophageal sphincter, HPRL = hypertensive lower esophageal sphincter, NUT = nutcracker esophagus, NC = normal control.

차이가 없다는 것을 알 수 있었다(Table 3).

### 2. 정상 대조군에서의 각 통과검사 결과의 분석 및 정상치

정상 대조군 90예에서 유동식으로 검사한 식도통과검사의 MTT 및 MRR의 중앙값은 각각 15.1 sec 및 5% 이었고, 95 백분위수는 5.8-23.2 sec 및 1.4-8.2% 이었다. 정상대조군중 고형식으로 검사한 25예에서의

**Table 5. Distribution of Time-Activity Curve Type, Liquid Study**

	Type 1	Type 2	Type 3	Type 4	Total
Achalasia	2	4	0	12	18
DES	8	5	0	0	13
NEMD	49	19	2	1	71
Hypotensive LES	18	7	0	0	25
Hypertensive LES	20	4	0	0	24
Nutcracker	12	1	0	0	13
Normal controls	88	2	0	0	90
<b>Total</b>	<b>197</b>	<b>42</b>	<b>2</b>	<b>13</b>	<b>254</b>

DES = Diffuse esophageal spasm, NEMD = Non-specific esophageal motility disorder  
LES = Lower esophageal sphincter

**Table 6. Distribution of Time-Activity Curve Type, Solid Study**

	Type 1	Type 2	Type 3	Type 4	Total
Achalasia	0	1	1	3	5
DES	0	1	2	0	3
NEMD	7	10	6	1	24
Hypotensive LES	3	3	1	0	7
Hypertensive LES	5	6	0	1	12
Nutcracker	6	0	0	0	6
Normal controls	24	1	0	0	25
<b>Total</b>	<b>45</b>	<b>22</b>	<b>10</b>	<b>5</b>	<b>82</b>

DES = Diffuse esophageal spasm, NEMD = Non-specific esophageal motility disorder  
LES = Lower esophageal sphincter

**Table 7. Sensitivity and Specificity of Radionuclide Esophageal Transit Study**

Disease group	Liquid			Solid		
	Normal criteria	Abnormal criteria	Total	Normal criteria	Abnormal criteria	Total
Achalasia	0	18	18	0	5	5
DES	4	9	13	0	3	3
NEMD	25	46	71	6	18	24
Hypertensive LES	13	11	24	4	8	12
Hypotensive LES	11	14	25	2	5	7
Nutcracker	9	4	13	2	4	8
Subtotal	62	102	164	14	43	57
Normal control	88	2	90	24	1	25
<b>Total</b>	<b>150</b>	<b>104</b>	<b>254</b>	<b>38</b>	<b>44</b>	<b>82</b>

Sensitivity of liquid study = 62.2%, Specificity of liquid study = 97.8%  
Sensitivity of solid study = 75.4%, Specificity of solid study = 96%

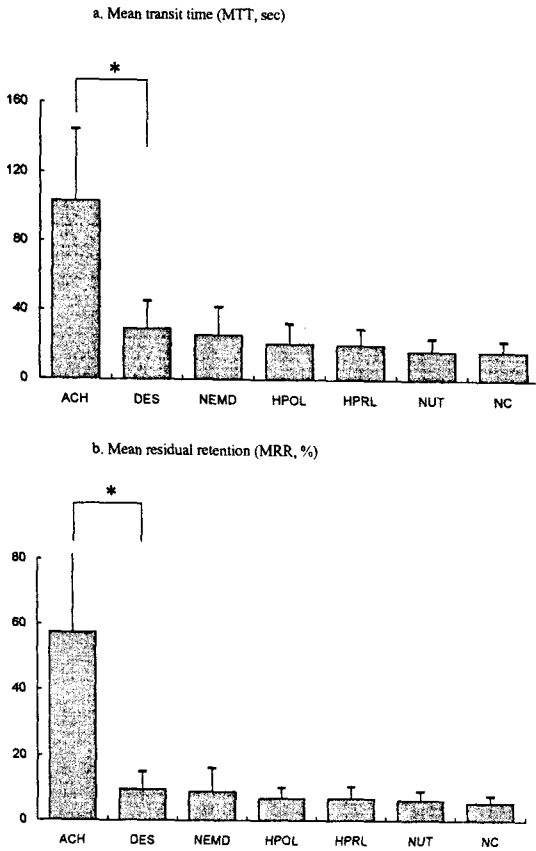
MTT 및 MRR의 중앙값은 각각 14.2 sec 및 3.6% 이었고 95 백분위수는 각각 7.7-34.7 sec 및 1.6-8.5% 이었다(Table 4). 시간-방사능곡선의 형태에 따른 분포는 유동식검사에서는 type 1 이 전체의 97.8%를 차지하였고(Table 5, Fig. 2), 고형식검사에서는 type 1이 전체의 96%를 차지하였다(Table 6, Fig. 2).

이상의 결과로 유동식검사에서는 정상치를 MTT < 24 sec, MRR < 9%로 정하였고, 정상 시간-방사능곡선의 형태의 기준은 type 1으로 하였다. 고형식검사의 정상치는 MTT < 35 sec, MRR < 9%로 하였고, 정

상 시간-방사능곡선은 type 1으로 하였다.

### 3. 유동식 및 고형식 검사에서의 예민도와 특이도

정상대조군 90예와 식도 운동질환군 164예 등 총 254예의 유동식검사에서는 기준치에 대하여 분석한 결과 예민도는 62.2%, 특이도는 97.8% 이었다. 정상대조군 25예와 식도 운동질환군 57예 등 82예의 고형식 검사에서 기준치에 대하여 분석한 결과 예민도는 75.4%, 특이도는 96%로서 예민도가 증가하였다. 진단의 정확도(Diagnostic accuracy)는 유동식검사에서는 74.8%, 고형식검사에서는 81.7% 이었다. 임상적으로

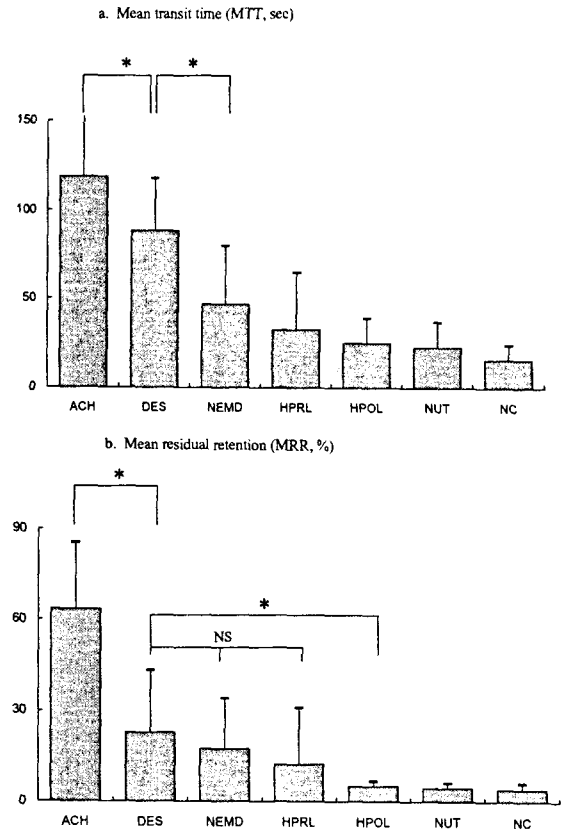


**Fig. 3.** Comparison of mean transit time(a), and mean residual retention(b) with liquid bolus in the subjects with disease and normal control group. ACH=achalasia, DES=diffuse esophageal spasm, NEMD = nonspecific esophageal motility disorder, HPOL=hypotensive LES, HPRL=hypertensive LES, NUT=nutcracker esophagus, NC=normal control. \*p<0.05

중요한 운동질환인 이완불능증, 미만성 식도 경련증, 비특이성 식도 운동장애증 만을 고려하였을 때 예민도는 유동식검사서 71.6%, 고형식검사서 81.3% 이었으며 진단의 정확도는 유동식검사서 83.9%, 고형식검사서 87.7% 으로 고형식 검사가 보다 정확도가 높았다(Table 7).

#### 4. 환자군 및 정상대조군에서 식도 통과검사 결과의 분산분석

(1) 유동식 식도 통과검사 MTT의 분석 결과 이완불능증군은 다른 질환군에 비해 MTT가 길어지는 소



**Fig. 4.** Comparison of mean transit time(a), and mean residual retention(b) with solid bolus in the with disease and normal control group. ACH=achalasia, DES=diffuse esophageal spasm, NEMD=nonspecific esophageal motility disorder, HPOL=hypotensive LES, HPRL=hypertensive LES, NUT=nutcracker esophagus, NC=normal control. \*p<0.05, NS=not significant.

견을 보였다. 미만성 식도 경련증과 비특이성 식도 운동장애증군에서는 MTT가 정상대조군보다는 길어지는 소견을 보였으나 이들 질환군과 고압성 LES, 저압성 LES 및 호두가키식도군사이에는 유의한 차이가 없었다(Fig. 3a). MRR은 식도 이완불능증군에서만 통계적으로 유의하게 증가하였다(Fig. 3b).

이상의 소견을 종합하면 유동식검사에서는 MTT나 MRR은 이완불능증을 제외하고는 다른 운동질환의 감별에는 도움이 되지 않았다.

(2) 고형식 식도 통과검사

MTT의 분석 결과 이완불능증군에서 통과시간이 가

장 늦고, 미만성 식도 경련증, 비특이성 식도 운동장애증군의 순서로 MTT가 빨라지는 경향을 보였다. 그러나 호두까기식도증, 저압성 LES증, 고압성 LES증 및 정상대조군 사이에는 통계적으로 유의한 차이가 없었다(Fig. 4a).

MRR은 이완불능증군에서 가장 높았고, 미만성 식도 경련증 비특이성 식도 운동장애증군의 순서로 잔류율이 감소하는 양상을 보였다. 그러나 호두까기식도증, 저압성 LES증, 고압성 LES증 및 정상대조군 사이에는 통계적으로 유의한 차이를 발견할 수 없었다(Fig. 4b). 이상의 소견을 종합하면 고형식 식도 통과검사에서는 이완불능증, 미만성 식도 경련증 및 비특이성 식도 운동장애증간의 감별을 하는데 MTT 및 MRR 모두가 유용하였다. 그러나 고형식검사를 하여도 고압성 LES증, 저압성 LES증 및 호두까기식도증을 감별하는 데는 도움이 되지 않았다.

## 고 찰

임상적으로 식도운동의 생리와 식도 운동질환의 병태생리를 평가하기 위해서 여러가지 검사방법이 개발되어 사용되고 있는 바, 여기에는 식도운동검사, pH 검사, 내시경검사 등이 있다. 이러한 모든 검사들은 식도의 해부학적 정보와 약간의 식도기능에 대한 정보를 제공해주지만 식도 전체의 운동기능을 관찰하기에는 한계점이 있다. 바륨조영 식도 영화투시검사는 식도와 식도괄약근의 해부학적 이상을 밝혀준다는 면에 있어서는 좋은 검사이나 무시할 수 없는 방사선 피폭 때문에 장시간의 식도 운동의 관찰은 힘들다. 황산바륨의 점도와 밀도가 달라짐에 따라 식도를 통과할 때 그 통과양태가 변화한다는 보고가 있으나 식도 운동기능에 대해서는 주관적 판단에 의존하게 된다<sup>12)</sup>. 식도 내압검사는 비록 식도 운동질환의 진단에 이상적 표준으로 간주되고 있기는 하지만 검사를 위하여 삼관을 해야하고 이 삼관 자체로도 식도에 비정상적 자극을 유발할 수 있다.

실용적인 동위원소의 개발 및 발달된 컴퓨터를 이용한 데이터의 분석으로 핵의학 검사는 생리적인 인자를 반영하는 기능검사로써 중요한 위치를 차지하고 있다. 동위원소 식도 통과검사는 식도운동기능을 관찰하는데 중요한 기준들을 충족시키고 있다. 즉, 이는 안전하고,

비관혈적이며, 손쉽게 시행할 수 있고, 피검자가 편하게 검사를 받을 수 있고, 방사선 피폭도 상대적으로 적으며, 대부분의 동위원소 검사실에서 저렴한 비용으로 시행할 수 있다<sup>6,13,14)</sup>.

식도 통과검사는 일정한 양의 방사능표지된 유동식이나 고형식을 삼키게 하면서 여기에서 얻어진 자료를 영상으로 보거나 시간-방사능곡선을 얻어서 분석한다<sup>1,15)</sup>. 이제까지의 보고들은 대부분 유동식에 의한 통과양상을 보는 것이었으나<sup>13,15-21)</sup>, 고형식을 사용하여 식도 통과검사를 시행하는 것이 좀더 생리적인 식도운동의 상황을 반영하는 것이라고 생각되고 있다. 왜냐하면 유동식의 경우에는 중력의 영향을 받기 쉽고, 식도 운동 이상을 가진 환자들의 대부분 유동식보다는 고형식에 더 심한 증상을 호소하며, 정상적인 일상 생활에서 주로 영양소를 섭취하는 형태가 고형식이기 때문이다<sup>20,22)</sup>.

고형식을 사용할 때의 문제점으로는 첫째, 반복적인 재현성 있는 음식물의 상태, 즉 점도를 유지하기 위한 조리법의 문제, 둘째, 조리방법이나 과정에 따라 음식물로부터 동위원소의 해리가 일어날 가능성, 셋째, 다른 여러 식이를 사용하는 다른 연구자들과의 비교문제 등이다<sup>23)</sup>. 지금까지 보고된 고형식 방법으로는 O'Connor 등<sup>19)</sup>의 아이스크림을 이용하는 방법, Kim 등<sup>24)</sup>의 Jell-O 분말법, Tatsch 등<sup>25)</sup>의 유아용 이유식법, Holloway 등<sup>20)</sup>의 계란 프라이 샌드위치법, Eriksen 등<sup>26)</sup>의 계란찜법, Horowitz 등<sup>27)</sup>의 닭간, 또는 연마한 고기를 사용하는 방법, Kjellen 등<sup>2)</sup>의 식용 젤라틴법 등이 있었다. 이들 중 대부분은 반고형식의 형태이고 진정한 고형식이라할 수 있는 닭간이나 연마한 고기는 조리하기가 매우 번거롭다. 계란샌드위치를 쓰는 경우 씹어서 삼킴으로써 씹는 과정이 균일하지 않을 수 있고 모두 삼킨 후에 검사를 시작하므로써 실제 연하물이 식도내에서 운동하는 양태를 알 수 없다는 단점이 있다<sup>7)</sup>.

본 연구에서는 유동식과 고형식을 동시에 검사하였고, 고형식은 한국인이 일상 섭취하는 잘 저작된 밥과 유사한 형태로 된 고형식을 사용하므로써 이전의 여러 보고들과 차이가 있었다. 또한 고형식을 씹지 않고 단번에 삼키게 하였으므로 순수하게 식도의 운동기능만을 관찰할 수 있다는 장점이 있었다. 식도 운동질환에 대한 식도 통과검사의 예민도는 44% 내지 96%까지



다양한 보고가 있었다<sup>6,14,18,21,26,28,29</sup>). Mughal 등<sup>29</sup>)은 유동식을 사용하여 151명의 여러가지 식도 운동질환을 가진 환자에서 예민도 44%, 특이도 71%라고 보고하였고, 비특이성 식도운동장애증의 경우에는 예민도가 낮아진다고 하였다. 본 연구에서는 유동식검사 결과 예민도가 62.2%, 특이도가 97.8%로 예민도가 다른 보고들보다 약간 낮은 소견을 보였으나, 고형식 검사에서는 예민도가 75.4%로, 특이도가 96%로 유동식검사때보다 예민도가 높았다. 진단의 정확도는 유동식이 69.5%, 고형식이 78%로 고형식 검사에서 높았다. 또한 임상적으로 중요한 이완불능증, 미만성 식도 경련증, 비특이성 식도 운동장애증만을 고려할 때 유동식검사에서의 예민도는 71.6% 이었고 고형식 검사에서의 예민도는 81.3%로 증가하여서 고형식 검사의 유용성을 알 수 있었다.

동위원소 식도 통과검사를 이용하여 각 식도 운동질환을 감별진단하는 데에는 여러 보고가 있었다. O'Connor 등<sup>19</sup>)의 보고에 의하면 식도 통과검사는 운동질환의 유무를 찾아내는 데는 도움을 주었고 통과양상으로 각 질환간의 감별진단이 어느정도 가능하였다고 하였다. 식도 통과시간이 늦어지는 것이 어떤 질환에 특이한 것은 아니므로 식도 통과검사의 어느 한 결과만을 가지고 감별진단을 하는 것은 정확성이 떨어진 다. 그러므로 각 식도 운동질환의 감별진단을 위해서는 본 연구에서 처럼 MTT에 더하여 MRR과 시간-방사능곡선의 형태까지 고려하여 감별진단을 해야할 것으로 사료된다.

본 연구에서 이완불능증의 경우에는 앞에서 기술하였듯이 매우 특이한 통과양상을 보여서 쉽게 진단할 수 있었다. 유동식과 고형식의 두 검사 모두에서 다른 질환들보다 매우 증가된 통과시간과 잔류량을 보였으며 연하물의 이동이 거의 없었고, 위장내로의 방사능의 출현이 매우 늦어지는 소견을 보였다. 미만성 식도 경련증의 경우에는 통과시간이 이완불능증과 비특이성 운동질환의 중간 정도로 지연되면서 고형식검사서 초기에는 잔류율이 많았다가 계속적인 연하에 연하물의 배출이 점차 많아지는 소견을 보였다. 비특이성 식도운동장애증은 식도 통과검사서 여러가지 다양한 소견을 보여주었는데, 이는 이 질환이 식도 내압검사서 다양한 연동운동 수축파의 전파양상이나 압력측정치의 결과를 보이는 것과 관련이 있을 것으로 추정

되며 이질적인 병태생리적 기전이 혼재되어 있을 가능성을 시사하였다<sup>8,22</sup>).

Holloway 등<sup>18</sup>)은 유동식을 쓰는 경우 연동운동의 장애때문에 생기는 운동 질환은 잘 발견할 수 있었지만 연동운동 진행의 장애가 없는 질환의 감별진단에는 적당치 않다고 하였다. 본 연구에서도 식도 연동운동 수축파의 전달의 장애를 보이는 이완불능증, 미만성 식도 경련증 및 비특이성 식도운동장애증에서는 통과시간이 길며 잔류율이 많아지는 경향이 있었다. 그러나 호두까기 식도증, 고압성 또는 저압성 하부식도 괄약근증의 경우에는 비교적 잔류율도 낮고 통과시간도 빠른 양상을 보였는데 이는 이들 질환이 연동운동의 진행에는 장애가 없기때문으로 사료된다<sup>3,29</sup>).

동위원소 식도 통과검사는 식도의 해부학적인 구조를 자세하게 보여주지는 못하므로 이러한 오류의 가능성을 감소시키기 위해서는 식도 통과검사 전에 식도 바륨조영투시검사나 내시경검사등의 방법으로 해부학적인 정보를 알고 있는 것이 식도 통과검사의 판독 오류를 방지하기 위해서 절대로 필요하다. 또한 판독시간-방사능곡선뿐만아니라 식도의 영상까지 포함시켜 분석하고, 이중(二重) 연하를 알기 위해서 구강까지 감마 카메라의 시야에 포함시켜야 한다. 위 기저부의 방사능을 제외하기 위해 관심영역에서 좌하방부의 모서리를 제거하거나, 검사전에 바륨 투시검사나 내시경 검사를 하여 식도열공탈장이나 위저부추벽성형술을 증명하여 관심영역에서 제외하여야 한다.

동위원소 식도 통과검사는 식도 내압검사서 얻어진 결과와 밀접하게 연관이 되므로 식도운동 질환의 진단뿐만아니라 식도의 운동기능을 연구하는 데 중요한 역할을 할 수 있는 가능성을 보였다. 동위원소 식도 통과검사는 식도에서의 유동식 또는 고형식의 이동 상황을 밝히는 데 그리고 제한된 시간내의 제거율을 구하는 면에 있어서는 가장 정확한 기능검사의 수단이며<sup>31</sup>), 식도 기능과 환자의 증상의 관계, 질환의 진행 정도와 치료효과의 판정에 있어서 객관적인 평가자료를 제공해 줄 수 있다<sup>24,31-34</sup>). 많은 경우 식도 내압검사서 환자의 증상과의 원인과 식도의 기능을 설명하는데 이용되지만 간혹 동위원소 검사가 기능을 더 잘 설명해 주는 경우도 있다<sup>31</sup>). 여러가지 형태의 음식물을 이용하거나 또는 산과 같은 약품을 첨가하여 여러가지 조건에서 식도의 운동 기능을 파악할 수 있으며 운동

촉진성 약제(pro-motility agent)의 개발과 인체내에서의 효과를 밝히는 기초연구의 수단으로써 사용될 수 있다<sup>17, 22, 31, 35, 36</sup>). 본 연구는 아무런 치료도 하지 않은 상태에서 행한 검사이므로 앞으로 여러가지 치료후 추적검사를 하여 식도 내압검사상 결과의 변화와 연관지어서 식도의 기능과 통과양상의 변화에 대한 연구가 필요하리라 생각된다.

결론적으로 유동식 및 고형식을 사용한 동위원소 식도 통과검사는 쉽게 시행할 수 있고, 생리적이며 비관혈적으로 식도의 기능을 정확하게 평가할 수 있어서 환자의 주관적인 증상을 확인하는 데 유용하였다. 많은 환자에서 동위원소를 이용한 식도 통과검사는 식도 기능을 평가하기 위해서 기술적으로 보다 손쉬운 방법을 제공해주고 정상적이거나 모호한 식도 내압검사 소견을 보이는 경우 정확한 진단을 제시해 줄 수 있다. 여러 병원에서 동위원소를 이용한 식도 통과검사를 시행하여 표준화가 이루어진다면 동위원소 식도 통과검사만 가지고도 손쉽고 정확하게 식도 운동질환을 진단할 수 있으리라 생각된다.

## 결 론

저자는 동위원소가 표지된 유동식과 고형식을 이용하여 식도 통과검사를 시행하고 이들 검사의 임상적 의의를 관찰하고자 정상 대조군 90명과 다양한 원발성 식도 운동질환을 가진 환자 164명을 대상으로 식도 통과검사의 결과를 비교 분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

유동식검사에서의 MTT 및 MRR의 정상치에 대한 비정상군의 예민도는 62.2% 이었고 특이도는 97.8% 이었다. 고형식검사에서, 예민도는 75.4%, 특이도는 96% 이었다. 진단의 정확도는 유동식검사에서 69.5%, 고형식검사에서 78%로서 고형식검사를 했을 때 유동식검사보다 예민도 및 정확도가 증가하였다.

식도 이완불능증처럼 연동 수축과가 전혀 발생하지 않는 질환은 유동식 및 고형식검사에서 배출이 거의 되지 않았고, 미만성 식도 경련증, 비특이성 식도 운동장애증처럼 연동운동 진행에 장애가 있는 질환들은 유동식 및 고형식검사에서 MTT가 길어지면서 MRR이 증가하는 소견을 보였다. 고압성 LES, 저압성 LES 및 호두까기식도의 경우 정상대조군과 유의한 차

이가 관찰되지 않아서 동위원소 식도 통과검사는 주로 수축과외의 전과여부를 반영하는 검사라는 것을 시사하였다.

이상의 결과로 방사성동위원소를 이용한 식도 통과검사는 안전하고, 쉽게 시행할 수 있는 검사 방법이며, 유동식검사에 추가하여 고형식검사를 시행하므로써 식도운동 생리를 더욱 잘 파악할 수 있었고 진단율을 높일 수 있었으며, 식도 운동질환의 감별진단에도 유용하였다.

## REFERENCES

- 1) Russell COH, Hill LD, Holmes ER, III, Hull DA, Gannon R, Pope CE, Jr.: *Radionuclide transit: A sensitive screening test for esophageal dysfunction. Gastroenterology 80:887-892, 1981*
- 2) Kjellen G, Svedberg JB, Tibbling L: *Solid bolus transit by esophageal scintigraphy in patients with dysphagia and normal manometry and radiography. Dig Dis Sci 29:1-5, 1984*
- 3) Richter JE, Blackwell JN, Wu WC, Johns DN, Cowan RJ, Castell DO: *Relationship of radionuclide liquid bolus transport and esophageal manometry. J Lab Clin Med 109:217-224, 1987*
- 4) Kazem I: *A new scintigraphic technique for the study of the esophagus. Am J Roentgenol 115: 681-688, 1972*
- 5) Klein HA: *Improving esophageal transit scintigraphy [editorial;comment]. J Nucl Med 32:1371-1374, 1991*
- 6) Taillefer R, Jadhliwalla M, Pellerin E, Lafontaine E, Duranceau A: *Radionuclide esophageal transit study in detection of esophageal motor dysfunction: Comparison with motility studies (manometry) [see comments]. J Nucl Med 31: 1921-1926, 1990*
- 7) Cranford CA, Jr., Sutton D, Sadek SA, Kennedy N, Cuschieri A: *New physiologic method of evaluating esophageal transit. Br J Surg 74: 411-415, 1987*
- 8) Katz PO: *Disorders of increased esophageal contractility. In: Castell DO, eds. The esophagus. pp 261-273. Boston, Little, Brown and Company 1992*

- 9) 송치욱, 김혜랑, 김광희, 강동훈, 이상우, 김창덕, 유호상, 현진해 : 식도 증상을 호소한 환자에서 식도내압검사 소견(초록). 대한내과학회잡지 45:200, 1993
- 10) 송치욱, 김광희, 최경목, 전훈재, 김창덕, 유호상, 현진해 : 전상 한국인의 식도내압검사(초록). 대한내과학회잡지 45:201, 1993
- 11) Jorgensen F, Hesse B, Tromholt N, Hojgaard L, Stubgaard M: *Esophageal scintigraphy: Reproducibility and normal ranges. J Nucl Med* 33: 2106-2109, 1992
- 12) Sandmark S: *Hiatal incompetence. Acta Radiol Suppl.*:219, 1963
- 13) Klein HA, Wald A: *Computer analysis of radionuclide esophageal transit studies. J Nucl Med* 25:957-964, 1984
- 14) De Caestecker JS, Blackwell JN, Adam RD, Hannan WJ, Brown JOAN, Heading RC: *Clinical value of radionuclide esophageal transit measurement. Gut* 27:659-666, 1986
- 15) Tolin RD, Malmud LS, Reilley J, Fisher RS: *Esophageal scintigraphy to quantitate esophageal transit(Quantitation of esophageal transit). Gastroenterology* 76:1402-1408, 1979
- 16) Malmud LS, Fisher RS: *Radionuclide studies of esophageal transit and gastroesophageal reflux. Semin Nucl Med* 12:104-115, 1982
- 17) Robertson CS, Hardy JG, Atkinson M: *Quantitative assessment of the response to therapy in achalasia of the cardia. Gut* 30:768-773, 1989
- 18) Holloway RH, Lange RC, Plankey MW, McCallum RW: *Detection of esophageal motor disorders by radionuclide transit studies: A reappraisal. Dig Dis Sci* 34:905-912, 1989
- 19) O'Connor MK, Byrne PJ, Keeling P, Hennessy TP: *Esophageal scintigraphy: Applications and limitations in the study of esophageal disorders. Eur J Nucl Med* 14:131-136, 1988
- 20) Holloway RH, Krosin G, Lange RC, Baue AE, McCallum RW: *Radionuclide esophageal emptying of a solid meal to quantitate results of therapy in achalasia. Gastroenterology* 84:771-776, 1983
- 21) Blackwell JN, Hannan WJ, Adam RD, Heading RC: *Radionuclide transit studies in the detection of esophageal dysmotility. Gut* 24: 421-426, 1983
- 22) Lichtenstein GR: *Esophageal scintigraphy in achalasia and achalasia-like disorders [clinical conference]. J Nucl Med* 33:590-594, 1992
- 23) Tatsch K, Schroettle W, Kirsch CM: *Multiple swallow test for the quantitative and qualitative evaluation of esophageal motility disorders. J Nucl Med* 32:1365-1370, 1991
- 24) Kim CH, Cameron AJ, Hsu JJ, Talley NJ, Trastek VF, Pairolero PC, O'Connor MK, Colwell LJ, Zinsmeister AR: *Achalasia: Prospective evaluation of relationship between lower esophageal sphincter pressure, esophageal transit, and esophageal diameter and symptoms in response to pneumatic dilation. Mayo Clin Proc* 68:1067-1073, 1993
- 25) Tatsch K, Voderholzer WA, Weiss MJ, Schroettle W, Klauser AG, Mueller-Lissner SA, Kirsch CM: *Simultaneous assessment of bolus transport and contraction parameters in multiple-swallow investigations. J Nucl Med* 33:1291-1300, 1992
- 26) Eriksen CA, Holdsworth RJ, Sutton D, Kennedy N, Cuschieri A: *The solid bolus esophageal egg transit test: Its manometric interpretation and usefulness as a screening test. Br J Surg* 74:1130-1133, 1987
- 27) Horowitz M, Maddox AF, Wishart JM, Harding PE, Chatterton BE: *Relationships between esophageal transit and solid and liquid gastric emptying in diabetes mellitus. Eur J Nucl Med* 18:229-234, 1991
- 28) Netscher D, Larson GM, Polk HC, Jr.: *Radionuclide esophageal transit: A screening test for esophageal disorders. Arch Surg* 121: 843-848, 1986
- 29) Mughal MM, Marples M, Bancewicz J: *Scintigraphic assessment of esophageal motility: What does it show and how reliable is it?. Gut* 27:946-953, 1986
- 30) 오정진, 송치욱, 현진해 : 식도운동질환에 있어서 동위원소 식도 통과검사와 식도내압검사의 비교연구. 대한내과학회지 47:618-628, 1994
- 31) Bunker C: *Esophageal disorders and scintigraphy: One clinicians perspective. J Nucl Med* 33: 1301-1303, 1992
- 32) Gratz K, Creutzig H, Schalber E, Hundeshagen H: *Relaxation of achalsiatic esophagus due to forceful swallows with liquids: A new diagnostic procedure (Abstract). J Nucl Med* 27:876, 1986

- 33) Moskowitz GW, Schiff RG, Levine M, Dorf B, Bank S: *Dynamic radionuclide scintigraphy in the evaluation of pneumatic dilatation treatment of achalasia. J Nucl Med 27:876-877, 1986*
- 34) Drane WE, Karvelis K, Johnson DA, Curran JJ, Silverman ED: *Scintigraphic detection of metaclopramide esophageal stimulation in progressive systemic sclerosis. J Nucl Med 28:810-815, 1987*
- 35) Mittal RK, Lange RC, McCallum RW: *Identification and mechanism of delayed esophageal acid clearance in subjects with hiatus hernia. Gastroenterology 92:130-135, 1987*
- 36) McLean RG, Smart RC, de Carle D, Lau A: *Large bolus radionuclide esophageal transit may predict response to esophageal dilatation in achalasia [letter; comment]. J Nucl Med 33:205, 1992*
-