

기능성 위장관 질환에서 핵의학 검사의 역할

고려대학교 의과대학 핵의학교실

최재걸

Scintigraphic Evaluation of Gastrointestinal Motility Disorders

Jae-Gol Choe, M.D., Ph.D.

Department of Nuclear Medicine, Korea University, College of Medicine, Seoul, Korea

Abstract

Current scintigraphic tests of gastrointestinal motor function provides relevant pathophysiologic information, but their clinical utility is controversial. Many scintigraphic methods are developed to investigate gastrointestinal motility from oral cavity to colon. These are esophageal transit scintigraphy, oropharyngeal transit study, gastric emptying test, small bowel transit time measurement, colon transit study and gastroesophageal reflux scintigraphy. Scintigraphy of gastrointestinal tract is the most physiologic and noninvasive method to evaluate gastrointestinal motility disorders. Stomach emptying test is regarded as a gold standard in motility study. Gastrointestinal transit scintigraphy also has a certain role in assessment of drug effect to GI motility and changes after therapy of motility disorders. Scintigraphy provides noninvasive and quantitative assessment of physiological transit throughout the gastrointestinal tract, and it is extremely useful for diagnosing gastrointestinal motor dysfunction. This article reviews the current procedures, indications, significance and guidelines for gastrointestinal motility measurements by scintigraphy. (Korean J Nucl Med 2001;35:1-11)

Key word: Gastrointestinal motility disorders, Transit study

서 론

기능성 위장관 질환에 대한 치료법의 발달로 인하여 위장관운동질환의 진단, 병태생리의 이해, 치료의 성공 또는 실패를 감지할 수 있는 방법으로 기능적 영상법에 대한 필요성과 관심이 고조되고

있다.¹⁾

감마선을 방출하는 동위원소를 이용한 신티그라피는 위장관의 전체에 걸쳐서 해부학적 영상으로는 정보를 얻기가 어려운 생리적인 통과 양상을 정량적으로 평가하는데 이상적인 비침습적인 수단이다. 이러한 방법은 위장관 기능 이상이 의심되는 환자의 평가뿐만 아니라 정상적인 운동기능을 이해하는데도 유용하다. 여러 보고에 의하면 동위원소 위장관 기능검사는 정상과 질병 상태의 병태생리 기전을 밝히고 치료 후 치료효과의 판정에도 유용하게 쓰일 수 있는 검사법임이 알려졌다.²⁻⁵⁾

현재 모든 위장관의 전체에 걸쳐서 통과양상을 관찰할 수 있는 여러가지 신티그라피 검사법이 개발되어 있다. 여기에는 (1) 식도 통과검사, (2) 구강

Received Feb. 12, 2001; accepted Feb. 12, 2001
Corresponding Author: Jae-Gol, Choe, M.D., Ph.D.
Department of Nuclear Medicine, Korea University College of Medicine, 126-1 Anam-dong 5 Ga, Seongbuk-Gu, Seoul 136-705, Korea
82-2-920-5557 (Voice), 82-2-921-2971 (Fax)
E-mail: choejg@kumc.or.kr

인두 배출검사, (3) 위배출 검사, (4) 위식도역류검사, (5) 소장 및 대장 통과검사, (6) 소장위 역류검사 (7) 담도 기능검사 및 (8) 진소화관 통과검사 등이 있다(Table 1).

위장관 신티그라피는 비교적 오래전부터 개발이 되었음에도 불구하고 임상적 활용도는 그리 활발하지 못하다. 그 이유는 식도통과 검사를 제외하고는 검사시간이 비교적 길고, 식이의 다양성, 검사실간 표준화의 어려움 같은 문제 때문이다. 그러나 위배출검사는 위 운동검사 중 표준금본위 (gold standard)으로 간주되고 있을 정도로 생리적인 기능을 평가하는데는 핵의학 검사가 가장 적절하다. 최근 적용범위를 넓혀가고 있는 동위원소를 이용한 기능적 위장관 운동검사의 의의와 방법 및 문제점에 대하여 고찰해 보고자 한다.

1. 식도통과 신티그라피 (Esophageal Transit Scintigraphy)

식도운동질환이란 식도의 기질적인 병변이 없이 상하부 식도괄약근의 이완부전과 식도체부의 연동운동의 이상이 있을 때 발생하며 이로 인해 연하곤란, 흉통, 역류 그리고 가슴쓰림 (heartburn) 등 식도증상을 초래하게 된다. 식도 체부와 하부식도괄약근의 1차성 식도운동질환에는 아칼라지아, 미만성 식도경련증, 호두까기식도, 고압성 하부식도괄약근 그리고 비특이성 식도운동질환이 등이 있으며 2차성 식도운동질환에는 진행성 전신성 경화증(progressive systemic sclerosis), 당뇨 그리고 전신성 아밀로이드증 등이 원인이 된다.⁶⁾

Table 1. Scintigraphic Tests of Gastrointestinal Motility

Esophageal transit
Gastroesophageal reflux scintigraphy
Gastric emptying
Gall bladder evacuation
Enterogastric reflux
Small bowel transit time
Colon transit
Whole gut transit time

식도통과 신티그라피는 식도의 음식물 통과에 관한 정량적인 분석을 통하여 식도운동이상을 진단하고 식도 내압검사와의 비교를 통해 식도 연하운동의 기전을 밝히고 식도운동질환의 병태생리를 이해하는 데에도 도움이 될 수 있다.⁷⁻¹¹⁾ 또한 식도운동질환으로 진단을 받은 환자에서 운동성 저하의 정도를 객관적으로 평가하여 치료 후 변화를 추적검사에서 객관적으로 비교하는 데 유용하다.^{1,12,13)}

식도통과 신티그라피는 동위원소가 포함된 액체상 또는 고형상의 음식물을 삼키게 하고 그것이 통과하는 양상을 감마카메라로 촬영하여 영상을 분석하고 시간방사능곡선을 얻어서 식도통과시간, 잔류량 등을 수치화하여 정량적으로 비교하여 식도의 운동기능을 평가한다. 이는 비침습적이고 생리적인 검사법이기때문에 환자가 신속하고 편하게 검사 받을 수 있고 비디오 투시검사에 비하여 방사능 피폭도 상대적으로 적다.

식도통과 신티그라피는 Kazem¹⁴⁾이 1972년 처음으로 보고한 이래 20년이 넘게 시행되어 오면서 각종 식도운동질환에서 좋은 진단율을 보인다고 알려져 있다. 식도내압검사를 기준으로 하였을 때 동위원소 식도통과 신티그라피로 이상을 찾아낼 예민도는 44% 에서 92%까지 보고하고 있으며 특이도는 71% 에서 97%로 보고하고 있다.^{7-10,15)}

검사 방법

식도통과 신티그라피는 보고자에 따라서 여러 가지 방법으로 시행되고 있다. 음식물의 종류, 검사시의 자세, 연하의 방법 및 회수, 정량적 분석방법, 영상을 관찰하는 방법에 약간씩의 차이가 있다. 음식물의 종류에는 유동식, 반고형식 또는 고형식을 단독으로 또는 같이 사용한다. 유동식 음식물(liquid bolus)은 준비가 쉽기 때문에 널리 이용되고 있으나 사람이 평소 섭취하는 주된 음식물의 형태가 고형식이고 유동식보다는 중력의 영향을 덜 받으며 증상 유발과 밀접한 관계를 보이기 때문에 고형식을 이용한 검사의 필요성이 강조되고 있다. 정상인의 경우에도 음식물의 점도가 높아짐에 따라 통과시간이 점점 느려지며 젤라틴같은 반고형식(semisolid

bolus)을 사용하였을 때 식도통과 이상을 더 많이 찾아낼 수 있다.^{7,16,17)} 고행식의 문제점으로는 조성과 조리법을 일관되게 유지하여 재현성 있는 점도의 음식물을 준비하는 문제, 검사실마다 사용하는 고행식이 다른 경우 검사실 간의 비교 문제이다.

지금까지 보고된 고행식 방법으로는 아이스크림, 식용 젤라틴, 유아용 이유식, 계란찜, 닭간 등이 사용되었다.^{7,16-20)} 우리나라에는 밥을 주식으로 하므로 밥을 잘 저작한 후 삼키기 직전의 점도를 가진 반고형식이 검사식으로 적당하다고 생각된다.¹⁵⁾

식도를 음식물이 통과하는 과정에서 몇가지 정량적지표를 추출하여 검사간에 비교를 할 수 있다. (1) 식도의 관심영역을 셋으로 구분하여 각 영역의 시간방사능 곡선을 분석하는 방법,²¹⁾ (2) 1회 또는 2회 이상 연하 후 식도에 남아있는 방사능 계수치를 최고 계수치에 대한 퍼센트를 잔류율로 정하고 각 시간대별(또는 연하 횟수별)로 잔류율을 표시하는 방법,²²⁾ (3) 특정한 수준이하로 방사능계수치가 떨어질 때까지의 시간 즉, 통과시간을 구하는 방법,^{8,16,18)} (4) 시간방사능곡선을 급속감소기(rapid component)와 완만감소기(slow component)로 분리하여 급속감소기 곡선 부분의 면적을 구하여 평균 통과시간을 구하는 방법 등이 있다.²³⁾

정량분석과 더불어 음식물의 식도통과 양상을 알기 위하여는 영상을 관찰하는 것이 도움이 된다. 전체 영상을 시간 순서대로 나타내거나 영화모드 또는 축합영상(condensed image)을 전시하여 음식물의 통과양상을 관찰한다.^{18,19,23)}

각 검사실의 여건에 따라 사용할 수 있는 장비의 종류, 가용할 수 있는 소프트웨어의 차이가 있으므로 각 검사실에 가장 적당한 방법으로 변형시킬 수가 있는데 이 경우 각 검사실에서의 정상치를 확립하고 항상 같은 방법으로 검사하는 것이 필요하다. 그러나 각 검사실에서 많은 수의 정상대조군으로부터 정상치를 확립하기 어려운 경우도 있으므로 몇 개 기관에서 같은 protocol 하에서 시행하고 여기에서 나온 정상치를 기준으로 하는 방법도 있겠다.

식도 운동질환에서의 식도통과 신티그래피 소견

정상인에서는 유동식이나 고행식으로 측정된 식

도통과 시간은 매우 짧아서 첫 번째의 연하 운동에 의하여 대부분의 음식물이 식도를 빠져나간다. 정상인에서 첫 번째 연하 후의 식도 통과율은 70-90% 이상이다.^{15,22)}

식도 운동장애는 간헐적으로 증상이 나타나는 특징이 있으므로 식도 내압검사에서는 이상이 있지만 식도통과 신티그래피에서 정상으로 나오는 경우, 반대로 식도내압검사에서 이상이 없어도 식도통과 신티그래피에서 이상소견을 보이는 경우가 있을 수 있다. 식도통과 신티그래피로 식도운동질환을 발견할 예민도는 44%에서 92%로 다양한데, 이는 연구 대상 환자군에 포함된 식도운동질환의 종류에 따라 달라지고 정상 연동운동이 유지되어 있는 식도운동질환이 포함되어 있는 지에 따라 다를 수 있다. 특히 비특이성 식도운동질환 등과 같이 식도 운동이상은 항상 일정하게 나타나는 것이 아니라 간헐적으로 출현할 수도 있으므로 식도내압검사에서 이상이 있어도 통과검사를 시행할 당시에 정상 연동운동이 있으면 정상 소견을 보일 것이다.^{9,10)}

아칼라지아(식도이완불능증)에서는 수회의 연하 후에도 식도의 내용물이 위로 배출이 거의 되지 않는 것이 특징적인 소견이다. 이러한 소견은 유동식 및 고행식에서 모두 관찰이 되며 선 자세에서 시행할 때에도 변화가 없다. 식도통과 신티그래피를 풍선확장술이나 약물치료 전후에 검사하여 식도통과의 개선 여부를 객관적으로 평가할 수 있다.^{8,11)}

미만성 식도경련증에서는 식도내압검사에서 비연동성(비진행성) 동시 수축과가 간헐적으로 출현한다. 식도의 중하부에서 경도 내지 중등도의 방사능 저류가 있으며 조화되지 않은(disorganized) 음식물의 이동과 간헐적인 계단모양의 배출 양상을 관찰할 수 있다.^{10,21)}

진행성 전신성 경화증(Progressive systemic sclerosis)의 경우에는 양와위에서 검사하면 아칼라지아와 비슷한 소견을 보인다. 그러나 아칼라지아 때보다는 저류의 정도가 약간 덜하고 선 자세에서 검사를 하면 양와위에서 관찰된 음식물의 저류가 중력의 영향에 의하여 내려가는 것으로 아칼라지아와 감별할 수 있다.¹⁰⁾

식도통과 신틸그라피와 식도내압검사와의 관계

식도통과지연을 야기하는 중요한 요인은 동시 수축과 또는 비진행성 수축과등 무연동 수축과의 출현이다. 또한 연동운동의 진폭이 낮을수록 식도통과시간이 지연되고 속도가 빠를 수록 통과시간이 단축되는 것으로 보인다.^{6,10,21,24)}

식도통과 신틸그라피가 식도운동질환의 병태생리를 이해하는데 중요한 역할을 할 수 있다. 일례로 송 등¹¹⁾은 비특이성 식도운동장애 (Nonspecific esophageal motility disades) 환자에서 다양한 식도내압검사소견을 관찰하였는데 이들 중 연동운동의 장애를 보였던 군에서는 주로 식도통과시간의 지연이 보였으나 연동운동의 장애가 없었던 군에서는 식도통과시간의 지연이 보이지 않아서 비특이성 식도운동장애는 여러 가지 이질적 질환의 집단일 것이라는 가설을 제시하였다. 이처럼 식도운동질환의 병태생리를 이해하고 그에 따른 진단, 치료방침의 결정, 치료후 평가에 이르기까지 식도통과 신틸그라피는 임상적 이용도는 다양하다.

2. 구강인두통과 신틸그라피 (Oropharyngeal Transit Scintigraphy)

연하작용은 크게 구강기, 인두기 식도기로 구분할 수 있으며 각단계는 상호연관성을 보이며 진행하게 된다. 구강인두성 연하장애는 50세 이상의 노인의 16-22%에서 보고되고 있으며 뇌졸중, 파킨슨병, 뇌손상 환자인 경우 20-40%에서 동반된다.²⁵⁻²⁷⁾ 구강인두성 연하장애의 연구에는 구강인두 연하작용이 1-3초 이내의 '눈깜짝할 사이'에 일어나는 복잡한 반응이기 때문에 어려운점이 있다.

구강인두성 연하기능 평가에 사용되는 방법으로 비디오영화투시검사, 비내시경, 내압검사(manometry), 그리고 방사성동위원소 구강인두통과 신틸그라피 (radionuclide oropharyngeal transit scintigraphy) 등이 있으며, 이들 방법은 상호 보완적으로 구강인두 연하기능 평가에 이용되고 있다. 이들 중 동위원소 통과검사는 수초 내로 끝나버리는 매우 빠른 구강인두 연하 과정을 정량적으로 분석할 수 있는 방법이다.

구강인두통과 신틸그라피에 사용되는 음식물은 물에 동위원소를 섞은 유동식과 요구르트 같은 반고형식에 동위원소를 섞어서 사용할 수 있다. 연하시 자료획득은 프레임 간격을 매우 짧게 기록하여 분석한다. 주로 측면상을 얻어서 구강과 인두부위와 식도를 구별하여 관심영역을 그려서 각각의 시간방사능 곡선을 얻고, 구강인두통과시간, 인두청소시간 및 연하후 인두강내 동위원소 잔류율 등을 정량적으로 분석한다.²⁸⁻³⁰⁾

Taillefer 등³¹⁾은 15명의 안인두 근육이영양증 (oculopharyngeal muscular dystrophy) 환자에서 구인두부의 음식물의 배출양상을 관찰하고 운상인두근절제술 후 현저히 통과 양상이 개선되는 것을 관찰하였다고 하였다. 파킨슨병 환자에서 병의 진행에 따라 연하장애가 오는 것으로 알려져 있으며, 증상이 없는 파킨슨병 환자에서도 연하장애를 조기에 진단할 수 있다. 구강인두검사는 또한 치료전후의 비교를 통하여 치료효과를 판정하는 데에도 유용하게 적용할 수 있다.³⁰⁻³²⁾

3. 위식도역류 신틸그라피

위내용물이나 십이지장의 내용물이 위식도 연결부를 통과하여 역류되는 경우 식도의 점막이 염증을 일으키고 가슴쓰림, 그리고 역류 등의 증상이 나타나게 된다. 위식도 역류의 원인은 다양한데, 허부식도괄약근의 기능이상이 중요한 결정요인이라고 알려져 있다. 위식도역류를 평가하는 방법에는 바륨 영화촬영, 식도 점막 생검, 식도 내압검사, Bernstein 산 관류 검사, 산 청소율 검사, 그리고 산 역류 검사(24시간 식도 pH검사) 등이 있다. 이러한 검사들은 모두 역류의 정량적 분석이 불가능하다는 단점이 있다.

위식도 역류 신틸그라피는 1976년 Fisher 등³³⁾에 의해 안전하고 비침습적이고 예민한 정량적 검사로 처음 소개되었으며 위식도 역류를 진단하는데 예민도가 88-90%라고 보고하고 있다.

24시간 식도 pH검사법은 간헐적인 역류 사건을 지속적으로 찾아내어 증상과 역류 사건을 연관짓는 좋은 방법이다. 신틸그라피는 검사를 시행하고 있는 짧은 시간동안에 발생하는 경우만을 찾아낼 수

있다.^{33,34)} 그러나 식도 pH검사는 산역류가 일어나서 식도의 pH가 4이하로 떨어져야만 발견될 수 있다는 것도 고려해야만 한다. 알칼리성 소장액이 위와 식도로 역류하는 경우 (enterogastric reflux) 위 식도역류 신티그라피는 식도내의 pH에 상관없이 역류사건을 검출할 수 있다.³⁵⁾

위식도역류 신티그라피의 임상적 이용도는 아칼라지아 환자에서 근절제술이나 확장술로 치료한 후 연하곤란이 재발한 경우, 연하곤란이 아칼라지아의 재발로 인한 것인지, 아니면 역류에 의한 협착인지를 감별하는 데 위식도역류 스캔이 도움이 된다. 소아 환자의 만성적인 폐흡인이 있는 경우, 소아환자의 만성폐질환, 재발성 구토, 식도염, 성장장애 그리고 영아급사증후군(SID)과 위식도역류가 관련이 있는지 규명하는 데 도움을 줄 수 있다.^{36,37)}

위식도역류 신티그라피의 방법

위식도역류 신티그라피도 역류를 일으키기 위하여 인공적인 유발 수기를 사용하여 검사할 수 있는데 여기에는 환자의 복부를 압박하는 방법, 발살바 수기를 이용하는 방법이 있다. 이론적으로 이러한 수기들은 복압을 LES압 이상으로 높임으로서 역류를 일으키는 것으로 보인다.³⁴⁾

^{99m}Tc-교질을 섞은 오렌지 주스와 같은 부피의 0.1 N HCl을 섞은 유동식을 환자에게 먹게하고 검사한다. 검사식의 양은 300 mL 정도가 적당하다. 피검자를 양와위에 눕히고 복대를 감고 위와 식도가 포함되는 전면상이 나오게 감마카메라의 위치를 잡는다. 피검자가 카메라 아래에 눕는 즉시 위의 방사능을 확인하고 영상을 얻기 시작한다. 이상 상태에서 식도내에 방사능이 보이면 자발성 위식도 역류로 진단할 수 있다. 복압을 100 mmHg 에 도달할 때까지 20 mmHg 씩 차례로 높이면서 영상을 각 압력 단계에서 계속 얻는다. 위식도 역류가 있는 경우에는 식도에 방사능이 출현하는 것으로 진단한다. 역류 계수(GE reflux index)로서 역류의 정량적 분석을 할 수 있는데 이는 식도로 역류하는 위내용물의 최초의 위 내용물에 대한 백분율로 계산할 수 있다.³³⁾ 영유아에서는 ^{99m}Tc 황교질을 우유에 섞어서 먹이고 검사한다. 소아에서는 매우 짧은 순간 작

은 양의 역류가 있을 수 있으므로 프레임당 시간을 5초 정도로 짧게 하는 것이 발견율을 높일 수 있다.³⁷⁾

4. 위배출 신티그라피 (Gastric Emptying Scintigraphy)

방사성동위원소를 이용한 위배출시간의 측정은 1966년 ⁵¹Cr-Chromate를 이용한 Griffith 등³⁸⁾의 연구로부터 시작되었으며 1976년 Meyer 등³⁹⁾이 닭간에 ^{99m}Tc-교질을 표지하는 방법을 개발하여 고형식 배출을 생리적인 상태에서 측정하는 방법을 고안하였다. 위배출 신티그라피는 생리적인 식이의 사용, 정량화의 쉬움, 정확도 및 비침습적인 방법이 환자와 의사 모두에게 불편이 적고 쉽게 받아들일 수 있는 장점이 있다. 위배출을 정량적으로 검사하고 위마비(gastroparesis)를 진단하는 표준 금본위(gold standard) 방법이며, 위장관 운동이상 의심될 때 확진할 수 있는 일차검사로 인정받고 있다.^{5,40,41)} 위배출 신티그라피의 주된 적응증을 보면 표 2와 같다(Table 2).

위배출검사의 방법

^{99m}Tc-황교질로는 고형식을 표지하고 ¹¹¹In-DTPA로는 유동식을 표지하는 방법이 가장 자주 사용된다. 일반적으로 고형식 배출 검사가 위기능 이상을 좀더 일찍 예민하게 발견할 수 있다. 그러나

Table 2. Uses of Gastric Emptying Scintigraphy

Evaluation of	Functional (nonulcer) dyspepsia
	Symptoms suggesting gastroparesis
	Postgastroectomy syndromes, dumping or stasis syndrome
Evaluation of diffuse gastrointestinal dysmotility	Symptoms of chronic intestinal pseudoobstruction
	Preceding colon resection for colonic inertia
	Considering surgery for GERD
Evaluate responses to prokinetic drug	in patients with persistent symptoms
Evaluate normal gastric physiology	

고형식을 견디지 못하는 환자에서 위배출을 측정해야 할 필요가 있을 때, 위절제술을 받은 환자에서 dumping syndrome이 의심될 때에는 유동식 검사가 더 좋다.^{40,42)}

고형식 배출검사의 표준은 닭날개 정맥에 ^{99m}Tc-교질을 주사한 후 적출한 닭간으로 조리한 고형식이 안정성이 높고 이상적이다. 그러나 이 방법은 과정이 매우 번거롭고 병원에서 쉽게 사용할 수 없기 때문에 많은 병원에서 계란에 ^{99m}Tc-교질을 표지하는 방법을 사용하고 있다.

위배출 신티그라피가 임상적으로 활용되는데 가장 큰 문제점은 서로 다른 검사실 간의 검사결과를 직접적으로 비교할 수 없다는 표준화에 대한 것이다. 위배출검사의 정상 수치는 음식물의 열량과 무게, 동위원소를 고형식에 부착하는 방법, 자료의 획득과 분석에 사용되는 방법의 차이에 따라서 달라지게 된다. 특히 서로 음식이 다르다면 다른 검사실에서 얻은 결과간에는 비교할 수 없는 경우가 생긴다. 그러므로 각각의 핵의학 검사실에서는 그 검사실에 표준적인 정상수치를 정해 놓아야만 한다.

그동안 검사법의 표준화에 대한 꾸준한 연구가 이루어져 왔으나 실제 여러 병원의 여건상 표준화된 검사법을 일률적으로 적용시키기가 어렵다. 우리나라에서는 여러 기관에서 위배출검사의 표준화를 위하여 토의한 바 있으며,⁴³⁾ 확정적인 표준화방법은 제시하지 못하였으나 계란에 동위원소를 표지하는 방법이 간편하고 안정성 있는 방법으로 인정받고 있다.^{44,46)}

영상획득시 전면상 또는 후면상의 한쪽면만 측정하면 깊이 보정이 되지 않아서 배출시간을 정확히 반영하지 못하므로 전후면상의 기하평균을 얻어서 보정하는 것이 필요하다.⁴⁷⁾

위배출 신티그라피는 90분 내외의 영상을 얻어서 위가 포함되는 관심영역의 시간방사능 곡선을 얻어서 반감시간($T_{1/2}$)을 구하거나 2.4시간 검사가 끝난 후 남은 위내용물의 분획을 측정하여 분석한다.^{41,48,49)}

유동식의 위배출은 일차지수함수적으로 표시할 수 있다. $y=e^{-kt}$ 로 표시할 수 있으며 $y(t)$ 는 시간 t 에서의 위내 음식물의 정체된 분획으로 정의할 수

있으며, k 는 배출율을 나타낸다. k 로부터 위배출의 반감기를 구할 수 있는데 $T_{1/2} = \ln 2/k$ 로 정의된다. 고형식의 위배출은 S자 모양으로 나타난다. 초기에는 배출이 조금밖에 일어나지 않는 정체기(lag phase)와 직선적인 배출곡선을 보이는 직선기, 그리고 마지막으로 천천히 빠져나가는 지연기로 나눌 수 있다.⁴⁰⁾

정체기(lag phase)는 정량적으로 뿐만아니라 정성적으로 고형식이 위저부로부터 위동부에 음식물이 최대한으로 축적되는데 걸리는 시간이라고 정의할 수 있다. 당뇨병환자에서 lag period가 지연되는 사실이 보고된 바 있다.⁵⁰⁾ Roux-en-Y 시술 같은 위부분절제술을 시행받은 환자에서는 위동부의 분쇄작용과 유문의 체작용(sieving) 기능이 소실되어 유동식과 고형식 모두의 배출지연 소견을 보인다. 이 경우 유동식도 고형식과 비슷한 배출양상을 보이고 lag phase가 없어진다.^{5,40)}

초음파검사, 바륨 검사, MRI, ¹³C 호기 검사, 파라세타몰 섭취 검사 등 다른 방법의 위배출 검사가 있다. 그러나 아직은 신티그라피에 비하여 임상적 유용성이 확립되기 위하여는 더욱 연구가 필요하다.

5. 소장통과 신티그라피 (Small Bowel Transit Scintigraphy)

소장운동이상으로 인한 증상이 위마비(gastroparesis) 때와 비슷하기 때문에 위마비 환자에서 위배출이 정상이면 소장배출검사를 고려할 수 있다. 소장배출검사는 미만성 장관운동이상 또는 국한성 소장운동이상을 찾는 데 유용하다. 만성 성장관폐쇄(chronic intestinal pseudoobstruction)에서 위배출과 소장 통과시간이 동시에 느려질 수 있다. 과민성 장증후군에서 소장배출이 달라지는데 이는 이 질환에서 대장 뿐만아니라 소장도 관여한다는 것을 의미한다. 설사를 주증상으로 하는 과민성 장증후군 환자에서 소장과 대장으로의 음식물 통과는 정상보다 빠르지만 변비를 주증상으로 하는 경우에는 정상보다 늦다.^{51,52)}

계란에 ^{99m}Tc-교질을 표지한 고형식과 ¹¹¹In-DTPA를 물에 섞은 유동식을 동시에 투여하는 이

중등위원소법을 사용하면 위배출과 소장 배출을 연속검사로 얻을 수 있다. 위배출이 일어난 후 동위원소 표지된 chyme이 대장에 도달할 때까지가 소장 통과시간으로 간주된다. 정상인에서 유동식과 고형 식간의 소장통과시간은 차이가 없다. 또한 만성 장관 가폐쇄증(chronic intestinal pseudoobstruction)에서도 통과시간의 지연은 액체나 고형식이나 모두에서 같은 정도로 일어난다. 그러므로 고형식이나 유동식의 구별은 소장통과검사에서는 중요하지 않다.⁵³⁻⁵⁵⁾

소장통과시간을 측정하는 가장 간단한 방법은 구강맹장시간, 즉 경구투여한 방사능표지자가 맹장에 첫 출현하는 시간을 측정하는 것이다. 이는 음식물의 첫머리가 도달하는 시간을 측정하는 호기검사와 비슷하다. 대체로 신티그라피가 수소호기검사에 비하여 시간이 빨리 나타나는 데 이는 수소를 검출하기 위해서는 박테리아에 의해 대사되는 시간이 필요하기 때문이다.⁵⁵⁾

경구투여된 음식물의 동위원소의 소장으로의 전달은 위배출에 좌우되기 때문에 소장통과시간의 측정은 용이하지 않다. 매우 심한 위마비 환자를 제외하고는 방사능 표지된 유동식은 lag phase 없이 비교적 위를 빨리 통과하므로 위배출에 별로 영향받지 않고 소장통과시간을 측정할 수 있다. 구강맹장시간의 측정은 소장통과시간 측정의 실제적인 방법으로 생각된다.⁵³⁾

몇 가지 소장통과 신티그라피의 방법이 보고되어 있다. 첫번째로 10% 대장충만시간(t10%)에서 10% 위배출시간(t10%)을 빼는 것이 간단하고 편리한 방법이다.⁵⁶⁾ 이방법으로 소장통과시간과 chyme의 앞부분의 구강맹장 통과시간을 짚 수 있다. 그러나 이 방법은 구강맹장시간을 측정하는 호기 검사처럼 chyme의 첫머리가 도달하는 시간에 대한 정보만을 줄 수 있다. 두번째로 정상화된(normalized) 전체 복부의 방사능에서 위배출곡선과 대장충만곡선을 뺀으로써 소장통과곡선을 도출하여 위배출의 효과를 보정할 수 있다. 맹장 도달시간은 전체 복부방사능의 10%가 맹장과 상행결장에 모이는 시간으로 정의한다. 이방법으로 측정한 소장통과시간은 4.0 ± 1.4 시간이었고, 평균 맹장도달시간은 2.8 ± 1.5시

간이었다.⁵⁷⁾ 소장의 운동성을 측정하는 또 하나의 방법에는 상부와 하부의 소장을 나누어서 분석하는 방법이 있다. 십이지장과 공장에서 대부분 빠른 배출이 이루어지고 회장에서의 통과는 느리다. 회장에서 비교적 늦게까지 정체하게 되어 대장을 채우기 전의 저장소와 같은 역할을 한다. 이러한 관찰에 근거하여 하부소장에 동위원소의 축적 정도를 소장 운동성의 지표로 간주하기도 한다.^{57,58)} 이 방법은 몇 가지 장점이 있는데 하부 회장은 영상으로 잘 구별이 되어 관심영역을 그리기가 용이하고, 3-4 시간의 영상으로도 충분하기 때문이다.

신티그라피 외에 소장 통과시간을 측정하는 방법에는 수소 또는 ¹⁴C 호기검사, 소장내압검사가 있다. 호기검사는 음식물의 첫머리가 맹장에 도달하는 시간을 측정할수 있을 뿐 음식물 대부분의 전반적인 통과시간은 제시하지 못하며, lactulose 자체가 소장의 운동성을 촉진시키는 작용이 있다. 전체인구의 25%에서는 lactulose를 분해하는 박테리아가 결핍되어 있으므로 수소를 검출할 수 없으며, 박테리아가 과잉증식된 환경에서는 빠른 정점을 보여서 통과시간도 빠른 것으로 오해할 수 있다. 수소호기 검사에 대한 신티그라피의 장점은 구강맹장 시간을 변화시킬 수도 있는 위배출의 차이에 대해서 보정을 할 수 있다는 것이다.⁵³⁾

6. 대장통과 신티그라피 (Colon Transit Scintigraphy)

변비는 대장운동이상에 가장 흔히 동반되는 증상이다. 대장통과검사는 방사능비투과성 표지자(Sitz mark)를 사용한 통과검사 또는 방사성약제를 사용

Table 3. Uses of Colon-Transit scintigraphy

Clinical evaluation of
• Constipation
Suspected pseudoobstruction
Irritable bowel syndrome
Evaluate putative therapeutic agents
Laxatives
Prokinetic agents
Smooth muscle relaxants
Study normal colonic physiology

하는 신티그라피방법이 심한 만성변비를 호소하는 환자의 평가에 유용하다(Table 3).⁵³⁾

방사성비투과성 표시자(Sitz mark)를 음식과 함께 먹고 주기적으로 복부 단층 촬영을 하여 표시자의 개수를 계산하는 방법은 비교적 간단하고 비용이 저렴하며 어디에서나 쉽게 시행할 수 있다. 그러나 이 검사는 소화되지 않는 단단한 물체를 사용하므로 생리적이지 않고 자연스러운 음식물에 비하여 같은 양태로 대장을 통과하지 않을 가능성이 있다. 더군다나 소장과 대장은 단순 복부사진에서 겹쳐지므로 표시자의 위치를 결정하기 어렵다. 대장 내압 검사는 침습적이고 진척치가 필요하며 대장청소를 할 경우 운동성이 변화할 수 있는 단점이 있다. 대장 신티그라피는 대장통과 시간을 전체적으로 그리고 대장의 분절을 국소적으로 평가할 수 있고 방사능 노출을 더 늘리지 않고도 계속적으로 영상을 할 수 있다.^{53,59-61)}

대장통과 신티그라피의 방법

대장통과 신티그라피를 시행할 때 가장 핵심은 대장에 국한하여 동위원소를 전달하거나 대장에 존재하는 방사능을 다른 부위와 명확하게 구별하는 방법이다. 최초의 대장 신티그라피는 구강을 통하여 맹장까지 튜브를 삽입하여 시행하였다.⁵⁹⁾ Mayo Clinic에서는 ¹¹¹In-DTPA를 레진 pellet에 섞어서 약제용 캡슐에 넣고 회장의 pH(pH=7.4)에서 분해되는 methacrylate polymer를 피복하여 경구투여하는 방법을 사용한다. 95%에서 방사능이 회맹부에서 방출되는 것으로 확인되었다.^{61,62)} 또 다른 방법은 Temple 대학에서 시행하고 있는 방법으로 진소화관 통과검사의 일환으로 액상의 ¹¹¹In-DTPA를 경구투여하는 방법이다.⁵⁸⁾ 경구투여 방법은 맹장삼관법에 비하여 기하평균방법으로 측정하였을 때 별 차이가 없다.⁵³⁾ ¹¹¹In-DTPA는 장관에서 흡수되지 않고 비교적 긴 반감기를 가지고 있으므로 대장 통과 검사를 하는데 이상적인 방사성의약품이다.

Krevsky 등⁵⁹⁾은 대장을 통과하는 음식물의 이동 양태를 설명하기 위하여 기하학적 중심(Geometric center)이라는 개념을 정하였다. 기하학적 중심을 구하기 위해서 대장을 7개의 부분(1-맹장 및 상행

결장, 2-간만곡, 3-횡결장, 4-비장만곡, 5-하행결장, 6-직장-S상결장, 7-대변)으로 나누고, 각부위에서의 방사능계수치의 평균에 구역번호의 기중치를 곱하여 계산하였다. 숫자가 낮으면 상부 결장에, 숫자가 높으면 하부 결장에 방사능이 있다는 표시가 된다.

검사시간은 72 시간에서 96 시간까지의 지연영상이 필요하다. 정상인 경우 72시간에는 모든 방사능이 대장으로부터 빠져나가야 한다. 기능적 직장-S상결장 폐쇄와 정상 결장 배출과의 감별진단은 72 시간에서 96 시간의 지연영상을 얻어야 가능하다. 영상시간이 짧은 경우(48시간 이내) 정상 결장배출과 기능적 직장S상결장폐쇄로 인한 변비는 구별할 수 없다.^{60,63)}

신티그라피는 대장 배출 지연을 진단할 수 있고(변비의 확진) 그리고 이상소견이 미만성인지 또는 국소적으로 특정부위에 국한된 것인지 구별할 수 있다. 변비환자에서 몇가지 특징적인 통과형태가 관찰되는데 첫 째 대장무력증(colonic inertia)은 전체 대장 특히 상부 대장에서 통과 지연이 있는 경우 의심할 수 있다. 두 번째로 기능적 직장-S상결장 폐쇄는 상부 대장에서의 배출은 정상이지만 하행결장과 직장-S상결장 그리고 항문괄약근의 상부에 방사능이 축적되는 소견을 보인다. 세 번째 정상 결장 배출 소견이 있는데 이는 변비증상이 있는 환자에서도 있을 수 있다.^{60,61,63)}

참 고 문 헌

- 1) Parkman HP, Miller MA, Fisher RS. Role of nuclear medicine in evaluating patients with suspected gastrointestinal motility disorders. *Seminars Nucl Med* 1995;25:289-305
- 2) Frier M, Perkins AC. Radiopharmaceuticals and the gastrointestinal tract. *Eur J Nucl Med* 1994; 21:1234-42
- 3) Song CW, Chun HJ, Kim CD, Ryu HS, Choe JG, Hyun JH. Effect of levosulpiride in patients with functional dyspepsia accompanied by delayed gastric emptying. *Korean J Med* 1998;13: 15-21 .
- 4) Rasmussen L, Oster-Jorgensen E, Qvist N, Pedersen SA. The effects of omeprazole on intra-

- gastric pH, intestinal motility, and gastric emptying rate. *Scand J Gastroenterol* 1999;34: 671-5
- 5) van der Mijle HC, Kleibeuker JH, Limburg AJ, Bleichrodt RP, Beekhuis H, van Schilfgaarde R. Manometric and scintigraphic studies of the relation between motility disturbances in the Roux limb and the Roux-en-Y syndrome. *Am J Surg* 1993;166:11-7
 - 6) Russell COH, Gannan R, Coatsworth J, Neilsen R, Allen F, Hill LD, et al. Relationship among esophageal dysfunction, diabetic gastroenteropathy, and peripheral neuropathy. *Dig Dis Sci* 1983;28:289
 - 7) Tatsch K, Schroettle W, Kirsch C. A multiple swallow test for the quantitative and qualitative evaluation of esophageal motility disorders. *J Nucl Med* 1991;32:1365-70
 - 8) 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* 1983;84: 771
 - 9) Mughal MM, Marples M, Bancewicz J. Scintigraphic assessment of esophageal transit motility: what does it show and how reliable is it? *Gut* 1986;27:946-53
 - 10) Taillefer R, Jadliwalla M, Pellerin E, Lafontaine E, Duranceau A. Radionuclide esophageal transit study in detection of esophageal motor dysfunction: Comparison with motility studies (manometry). *J Nucl Med* 1990;31:1921-6
 - 11) Song CW, Hyun JH. Clinical evaluation of radionuclide esophageal transit study in patients with nonspecific esophageal motility disorders. *Korean J Int Med* 1997;52:191-8 (Korean)
 - 12) Bunker C. Esophageal disorders and scintigraphy: One clinician's perspective. *J Nucl Med* 1992;33: 1301-3
 - 13) Song CW, Um SH, Kim CD, Ryu HS, Hyun JH, Choe JG. Double-blind placebo-controlled study of Cisapride in patients with nonspecific esophageal motility disorder accompanied by delayed esophageal transit. *Scand J Gastroenterol* 1997;32:541-6
 - 14) Kazem I. A new scintigraphic technique for the study of the esophagus. *AJR* 1972;115:681
 - 15) Choe JG, Lee MJ, Suh WH, Song CW, Hyun JH. Clinical evaluation of radionuclide transit studies using liquid and solid food. *Korean J Nucl Med* 1995;29:61-72 (Korean)
 - 16) Kjellen G, Svedberg JB, Tibbing L. Solid bolus transit by esophageal scintigraphy in patients with dysphagia and normal manometry and radiology. *Dig Dis Sci* 1984;29:1
 - 17) Kim CH, Hsu JJ, O'Connor MK, Weaver AL, Brown ML, Zinsmeister AR. Effect of viscosity on oropharyngeal and esophageal emptying in man. *Dig Dis Sci* 1994;39:189-92
 - 18) O'Connor MK, Byrnie PJ, Keeling P, Hennessy TP. Esophageal scintigraphy: Applications and limitations in the study of esophageal disorders. *Eur J Nucl Med* 1988;14:131
 - 19) Eriksen CA, Holdsworth RJ, Kennedy DSN, Cuschieri A. The solid bolus oesophageal egg transit test: Its manometric interpretation and usefulness as a screening test. *Br J Surg* 1987;74:1130-3
 - 20) Fisher RS, Malmud LS, Applegate G, Rock E, Lorber SH. Effect of bolus composition on esophageal transit: Concise communication. *J Nucl Med* 1982;23:878-82
 - 21) Russel COH, Hill LD, Holmes ER, III, Hull DA, Cannon RM, Pope CE. Radionuclide transit: A sensitive screening test for esophageal dysfunction. *Gastroenterology* 1981;80:887-92
 - 22) Tolin RD, Malmud LS, Reilley J, Fisher RS. Esophageal scintigraphy to quantitate esophageal transit (Quantitation of esophageal transit). *Gastroenterology* 1979;76:1402
 - 23) Klein HA, Wald A. Normal variation in radionuclide esophageal transit studies. *Eur J Nucl Med* 1987;13:115-20
 - 24) Oh JJ, Song CW, Hyun JH. Relationship between esophageal manometry and esophageal Transit Study. *Korean J Int Med* 1994;47:618-28
 - 25) Bloem BR, Lagaay AM, van Beek W, Han J, Roos RAC, Wintzen AR. Prevalence of subjective dysphagia in community residents aged over 87. *Br Med J* 1990;300:721-2
 - 26) Barer DH. The natural history and functional consequence of dysphagia after hemisphere stroke. *J Neurosurg Psychiat* 1989;52:236-41
 - 27) Winstein CJ. Neurologic dysphagia: frequency, progression and outcome in adults following head injury. *Phy Ther* 1981;63:1992-7
 - 28) Cook IJ, Weltman MD, Wallace K, Shaw DW, McKay E, Smart RC, et al. Influence of aging on oral-pharyngeal bolus transit and clearance

- during swallowing: scintigraphic study. *Am J Physiol* 1994;266:G972-7
- 29) Holt S, Miron SD, Diaz MC, Shields R, Ingraham D, Bellon EM. Scintigraphic measurement of oropharyngeal transit in man. *Dig Dis Sci* 1990;35:1198-204
- 30) Park SG, Hyun JK, Lee SJ. Quantitative evaluation of dysphagia using scintigraphy. *Korean J Nucl Med* 1998;32:276-89
- 31) Taillefer R, Duranceau AC. Manometric and radionuclide assessment of pharyngeal emptying before and after cricopharyngeal myotomy in patients with oculopharyngeal muscular dystrophy. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1988;95: 868-75
- 32) Kim BJ, Park KW, Koh SB, Song CW, Choe JG, Lee DH. Oropharyngeal dysphagia on Parkinsons disease. *Korean J Neurology* 1995; 13:899-912
- 33) Fisher RS Malmud LS Roberts GS Lobis IF. Gastroesophageal(GE) scintiscanning to detect and quantitate GE reflux *Gastroenterology* 1976; 70:301-8
- 34) Velasco N, Pope CE, Gannan RM, Roberts P, Hill LD. Measurement of esophageal reflux by scintigraphy. *Dig Dis Sci* 1984;29:977-82
- 35) Shay SS, Egli D, Johnson LF. Simultaneous esophageal pH monitoring and scintigraphy during the postprandial period in patients with severe reflux esophagitis. *Dig Dis Sci* 1991;36: 558-64
- 36) Parkman HP, Ogorek CP, Harris AD, Cohen S. Nonoperative management of esophageal strictures following esophagomyotomy for achalasia. *Dig Dis Sci* 1994;39:2102-8
- 37) Heyman S, Kirkpatrick JA, Winter HS, Treves J. An improved method for the diagnosis of esophageal reflux and aspiration in children (milk scan). *Radiology* 1979;131:479-82
- 38) Griffith GH, Dwen GM, Kirkman S, Shields R. Measurement of rate of gastric emptying using chromium-51. *Lancet* 1966;1:1244-5
- 39) Meyer JH, MacGregor IL, Gueller R, Martin P, Cavalieri R. 99mTc tagged chicken liver as a marker of solid food in the human stomach. *Am J Dig Dis* 1976;21:296-304
- 40) Urbain L-LC, Charkes ND. Recent advances in gastric emptying scintigraphy. *Seminar Nucl Med* 1995;25:318-25
- 41) Camilleri M, Hasler WL, Parkman HP, Quigley EM, Soffer E. Measurement of gastrointestinal motility in the GI laboratory. *Gastroenterology* 1998;115:747-62
- 42) Chaudhuri TK, Fink S. Gastric emptying in human disease states. *Am J Gastroenterol* 1991; 86:533-8
- 43) 김병태. 위배출신티그라피(Gastric Emptying Scintigraphy)의 문제점. *대한소화관운동학회지* 1997;3:14 (초록)
- 44) Choi SC, Kim TH, Yoo KH, Kim YS, Lee CH, Nah YH. Studies for technical factors and measurements of gastric emptying rates. *Kor J Gastrointestinal Motility* 1998;4:95-104
- 45) Park SG, Choi MG, Park SH, Choo KY, Choi H, Kim JK et al. Inexpensive and Accurate Scintigraphic Test for Measuring Gastric Emptying. *Korean J Gastroenterol* 2000;36: 283-92
- 46) Park HC, Song CW, Ryu HS, Choe JG, Hyun JH. The effect and mechanics of the resin on gastric emptying scintigraphy. *Korean J Gastroenterol* 1998;31:577-87
- 47) Tothill P, McLoughlin GP, Heading RC. Techniques and errors in scintigraphic measurements of gastric emptying. *J Nucl Med* 1978;19:256-61
- 48) Camilleri M, Zinsmeister AR, Greydanus MP, Brown ML, Proano M. Towards a less costly but accurate test of gastric emptying and small bowel transit. *Dig Dis Sci* 1991;36:609-15
- 49) Thomforde GM, Camilleri M, Phillips SF, Forstrom LA. Evaluation of an inexpensive screening scintigraphic test of gastric emptying. *J Nucl Med* 1995;36:93-6
- 50) Urbain J-LC, Siegel GA, Charkes ND, Maurer AH, Malmud LS, Fisher RS. The two-component stomach: Effects of meal particle size on fundal and antral emptying. *Eur J Nucl Med* 1989; 15:254-9
- 51) Camilleri M, Brown ML, Malagelada J-R. Impaired transit of chyme in chronic intestinal pseudoobstruction: Correction by cisapride. *Gastroenterology* 1986;91:619-26
- 52) Cann PA, Real NW, Brown C, Hobson N, Holdsworth CD. Irritable bowel syndrome: Relationship of disorders in the transit of a single solid meal to symptom patterns. *Gut* 1983;24:405-11
- 53) Maurer AH, Krevsky B. Whole-gut transit scintigraphy in the evaluation of small-bowel and colon transit disorders. *Semin Nucl Med* 1995;25:

- 326-38
- 54) Malagelada J, Robertson JS, Brown ML, Remington M, Duenes JA, Thomforde GM et al. Intestinal transit of solid and liquid components of a meal in health. *Gastroenterology* 1984;87:1255-63
 - 55) Read NW, Miles CA, Fisher D, Holgate AM, Kime ND, Mitchell MA et al. Transit of a meal through the stomach, small intestine, and colon in normal subjects and its role in the pathogenesis of diarrhea. *Gastroenterology* 1980;79:1276-82
 - 56) Greydanus MP, Camilleri M, Colemont LJ, Phillips SF, Brown ML, Thomforde GM. Ileocolonic transfer of solid chyme in small intestinal neuropathies and myopathies. *Gastroenterology* 1990;99:158-64
 - 57) Read NW, Al-Janabi MN, Holgate AM, Barber DC, Edwards CA. Simultaneous measurement of gastric emptying, Small bowel residence and colonic filling of a solid meal by the use of the gamma camera. *Gut* 1986;27:300-8
 - 58) Krevsky B, Maurer AH, Niewiarowski T, Cohen S. Effect of verapamil on human intestinal transit. *Dig Dis Sci* 1992;37:919-24
 - 59) Krevsky B, Malmud LS, D'Ercole F, Maurer AH, Fisher RS. Colonic transit scintigraphy. A physiologic approach to the quantitative measurement of colonic transit in humans. *Gastroenterology* 1986;91:1102-12
 - 60) Roberts JP, Newell MS, Deeks JJ, Waldron DW, Garvie NW, Williams NS. Oral [¹¹¹In]DTPA scintigraphic assessment of colonic transit in constipated subjects. *Dig Dis Sci* 1993;38:1032-9
 - 61) Stivland T, Camilleri M, Vassallo M, Proano M, Rath D, Brown M et al. Scintigraphic measurement of regional gut transit in idiopathic constipation. *Gastroenterology* 1991;101:107-15
 - 62) Proano M, Camilleri M, Phillips SF, Brown ML, Thomforde GM. Transit of solids through the human colon: regional quantification in the unprepared bowel. *Am J Physiol* 1990;258:G856-62
 - 63) Krevsky B, Maurer AH, Fisher RS. Patterns of colonic transit in chronic idiopathic constipation. *Am J Gastroenterol* 1989;84:127-32