

직장암의 수술 전 영상의학적 병기 진단

Preoperative Radiological Staging of Rectal Cancer

김민주 | 고려의대 영상의학과 | Min Ju Kim, MD

Department of Radiology, Korea University College of Medicine

E-mail : mjkim7@korea.ac.kr

J Korean Med Assoc 2009; 52(5): 509 - 517

Abstract

Rectal cancer is a common malignant disease that continues to have a highly variable outcome, with local recurrence after surgical resection usually leading to an incurable disease. Local recurrence is dependent upon tumor stages and surgical techniques. There is no general consensus on the role of transrectal ultrasonography (TRUS), computed tomography (CT), and magnetic resonance imaging (MRI) in staging of rectal cancer. The role of preoperative imaging is to determine which therapy may be suitable for the patients by surgery alone or with additional treatment. Although the tumor stage is an important prognostic factor, the evaluation of the involvement of the mesorectal fat and mesorectal fascia is even more important. New developments in techniques such as coils, sequences, and gradients in MRI, and evolution of multidetector CT (MDCT) allow better diagnostic options for patients with rectal cancer. High-resolution MRI has proved useful in clarifying the relationship between the tumor and the mesorectal fascia, representing circumferential resection margin at total mesorectal excision. At present, MRI is superior to CT or TRUS for assessing the local staging of rectal cancers. However, nodal staging remains a difficult radiological diagnosis. The role of MDCT has to be set, but for distant metastatic disease it remains to be the first option. This review discusses on the current role of the various imaging modalities in preoperative staging of the rectal cancer.

Keywords: Rectum; Neoplasm; Ultrasound; CT; MRI

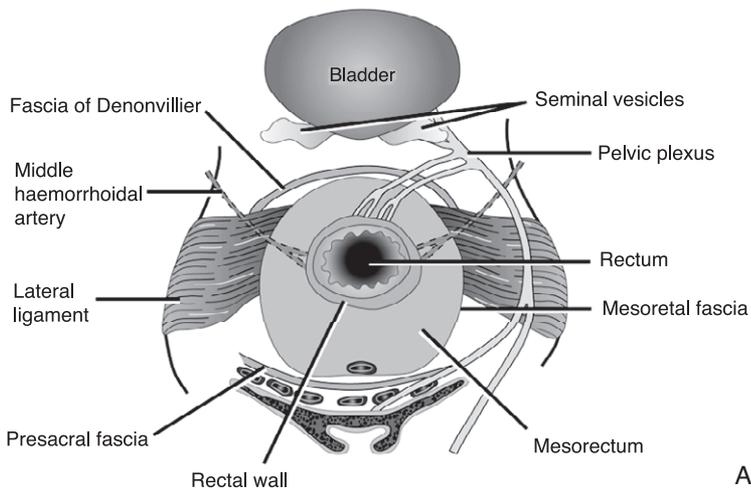
핵심 용어: 직장; 신생물; 초음파; 전산화단층촬영술; 자기공명영상

서론

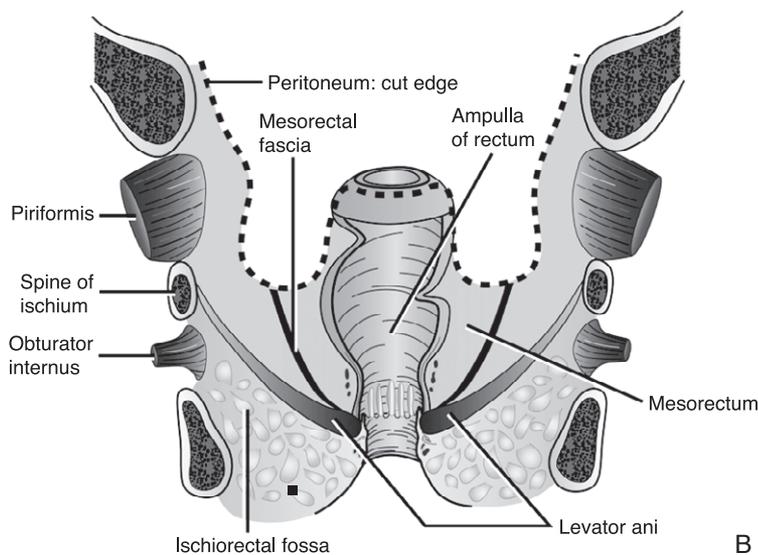
직장암은 소화기계에서 가장 흔한 악성 종양 중 하나로 서양에서는 십만 명 당 40예의 비율로 발생하고 있다(1). 최근 과거 수십 년 동안 많은 아시아국가에서도 직장암의 발생률이 2~4배로 증가되어 그 관심이 증대되고 있다(2). 수술적, 영상의학적, 종양학적 분야에서의 많은 발전들이 이루어졌음에도 불구하고 직장암은 아직도 높은 전이와

국소재발률로 인해 좋지 않은 예후를 보이고 있으며 수술적 치료 후, 직장암의 국소재발률은 3~32%로 다양하게 보고되고 있다(3, 4).

전직장간막 절제술(total mesorectal excision, TME)은 종양과 주변의 직장간막 지방을 한꺼번에 제거하는 수술로 직장암의 가장 좋은 치료 방법으로 알려져 있다. 이는 한 번의 치료 방법으로 재발률을 10% 이하로 낮출 수 있으며(5) 이 수술 방법이 알려짐으로써 직장암 환자의 사망률이 16%



A



B

Figure 1. Diagram of the mesorectum shows the relationship of the rectum to fascial planes in axial (A) and coronal (B) planes. Adopted from (6).

에서 9%로 감소하였다는 보고가 있다(6). 직장간막의 침범이 있는 경우에는 국소재발률이 83%까지 증가할 수 있으므로(3) 이런 환자의 경우 방사선요법을 사용하면 재발률을 낮추는데 도움을 줄 수 있다(5, 7). 적절한 치료 방법을 선택하기 위하여는 정확한 수술 전 병기 결정이 되어야 하는데, 즉, 직장간막으로의 종양침습 정도, 직장간막의 침범 여

부, 림프절 포함 그리고 원격전이 여부를 알아야 한다.

직장암의 영상의학적 검사의 목적은 재발 위험을 예측하기 위한 종양의 정확한 병기 결정을 하기 위해 종양을 평가, 분류하는 것이다. 직장암의 병기 결정에 있어서 현재 다양한 영상기법들이 그 역할을 하고 있으며 새로운 기법들에 대한 이해가 필요하다.

직장암의 수술

1. 전직장간막 절제술과 환상절제연 (Circumferential Resection Margin)

직장간막은 직장, 이를 둘러싸고 있는 림프절, 혈관, 신경과 지방을 모두 포함하며 이는 종양을 구분짓는 경계부위가 된다(Figure 1). 최근의 연구 결과에서 직장암의 위치가 중직장암 이하이면 종양의 원위부에 위치한 직장간막을 모두 제거하는 전직장간막 절제술을 해야 한다고 주장하였고 전직장간막 절제술 후 5년 재발률 3.7%, 5년 무병생존율이 80%로 보고하였다(8, 9). 전직장간막 절제술은 이 이후로 조금씩 개념의 변화와 수정을 거치면서 현재 최적의 수술개념으로 자리 잡게 되었다.

종양 절제연 침윤은 매우 중요하며 보통은 근위부와 원위부 경계를 말한다. 그러나 직장암은 종축의 종양 파급보다는

직장암의 환상 파급 정도(직장벽을 뚫고 골반 측면으로 향하는 직장간막으로의 침윤)가 더 중요하다고 알려져 있다(3). 이러한 개념이 바로 ‘환상 절제연(circumferential resection margin, CRM)’이다. 영상의학적 과제는 바로 수술 전에 직장간막 근층(mesorectal fascia)과 종양의 정확한 식별, 그리고 이들의 정확한 관계를 파악하는 것이다.

Table 1. TNM classification for colorectal cancer

T1	Tumor involves submucosa
T2	Tumor involves muscularis propria
T3	Tumor beyond muscularis propria
T4	Tumor reaches peritoneal surface or invades adjacent organ
N0	No involved nodes
N1	Up to three perirectal/colic nodes
N2	Four or more perirectal/colic nodes
M0	No distant metastasis
M1	Distant metastasis

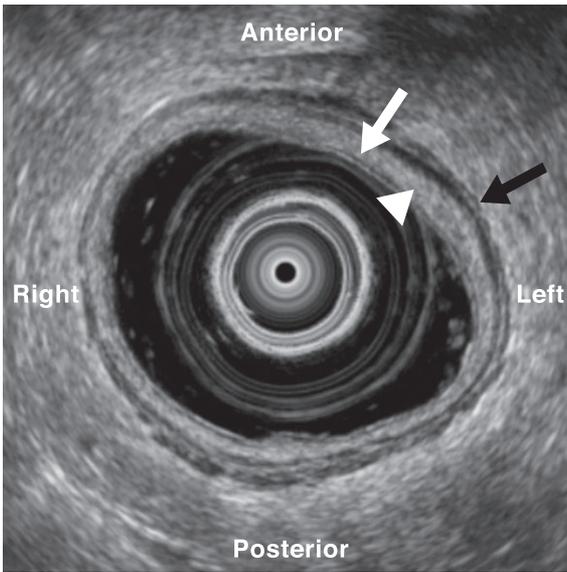


Figure 2. Transrectal ultrasonography image at mid-rectal level shows five sonographic layers; the mucosa and submucosa (white arrowhead) are echogenic, the inner hypoechoic layer corresponds to the muscularis mucosa (white arrow), and the outer hypoechoic layer corresponds to the muscularis propria (black arrow).

2. 보조 요법

보조 요법의 목적은 원발성 종양의 근치적 절제를 용이하게 하고 국소재발을 방지하며 전신성 전이의 위험을 낮추는 데 있다. 방사선요법, 항암요법, 수술 전 혹은 수술 후 치료, 그리고 이 요법들을 같이 병용할 수 있는 여러 가지 방법들이 있다. 유럽에서는 중직장암이나 원위부 직장암의 경우에는 수술 전 방사선치료를 선호하는 데 반해서, 미국에서는 오히려 수술 후 항암요법을 선호한다. 경우에 따라 다르지

만, 보조 요법의 가장 큰 장점은 재발의 위험이 높은 환자들에게 가장 효과적으로 작용할 수 있다는 것이다. 한 예로 Swedish Rectal Cancer Trial은 수술 전 방사선요법을 사용하여 원위부 직장암 환자의 국소 재발률을 27%에서 11%로 낮췄다고 보고한 바 있다(10).

3. 직장암의 영상의학적 병기진단

직장암의 TNM staging은 Table 1에 나와 있으며 현재 가장 널리 쓰이는 영상의학적 기법으로는 경직장 초음파(TRUS), CT, MRI 등으로 경우에 따라 각각의 적응증이 약간씩 다르다.

T stage

수술 전 직장암의 T staging은 정확히 진단하기가 쉽지 않으며 영상의학적 기법 중 TRUS와 MRI가 CT에 비하여 좀 더 유용한 것으로 알려져 있다.

1. CT

CT는 수술 전 과종성 병변의 진단에는 유용하지만 국소 병기진단에는 그 역할이 제한적이며 보고된 정확도가 33~82%로 다양하다(11, 12). 최근에 MDCT의 등장으로 다층면의 기법을 사용함으로써 진단률이 높아졌으나 아직도 다른 영상 기법에 비하여 제한적인 역할을 보인다(13).

2. TRUS

TRUS는 조기 암의 침윤 정도를 진단하는데 그 정확도가 64~96%로 매우 유용한 진단법으로 알려져 있다(14). 초음파에서 가장 바깥에 보이는 저에코층은 고유근(muscularis propria)이며 종양은 저에코성의 병변으로 보이는데 직장벽을 파괴하고 침윤하는 정도에 따라서 국소 병기가 결정된다. T1 종양은 직장벽의 고유근층을 침윤하지 않으면서 고유근층의 안쪽에 위치한 고에코층으로 보이는 점막하층이 보존되어 있는 것을 말한다. T2 종양은 고유근층을 침범하여 종양과 융합되어 보이며, T3 종양은 고유근층을 넘어서 직장주위 지방층까지 침범된 경우이다(Figure 2, 3). 그러

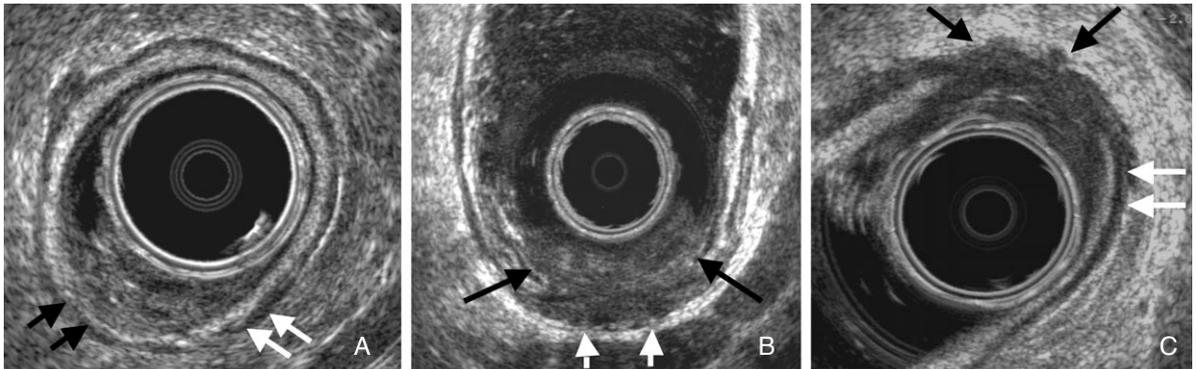


Figure 3. Transrectal ultrasonography images of rectal tumor.

- (A) T1 tumor does not reach the muscularis propria (black arrows) but is confined by a echogenic layer of submucosa (white arrows).
- (B) T2 tumor shows that the muscularis propria has been invaded by tumor (black arrows) but that is no extension beyond the wall (white arrows).
- (C) T3 tumor (black arrows) extends through the muscularis propria (white arrows) into the echogenic mesorectal fat.

나 TRUS는 영상 범위가 작아서 직장간막을 정확히 볼 수 없으므로 수술 전 환상 절제연에 대한 침범 여부를 결정할 수 없는 단점이 있다. TRUS의 다른 제한점은 진단 방법이 검사자에 따른 의존도가 크다는 점과 탐촉자가 폐색부위를 통과하지 못한다는 것이다. 이런 경우에는 종양의 원위부에 대한 정확한 평가가 불가능하게 된다. 이런 이유로 인해 TRUS는 직장암의 수술 전 병기 결정에 있어서 최적의 영상 검사 방법으로 인정받지 못한다.

3. MRI

직장 MR 영상의 기본 protocol은 완전히 정립되어 있지는 않으나 현재 이용되고 있는 두 가지 방법으로는, T2-weighted sequence만을 사용하는 것과, T1과 T2-weighted sequence를 같이 사용하는 것이다. 적절한 MRI 기법은 먼저 골반에서 종양의 위치를 파악하기 위해 pelvic phased-array coil을 이용하여 sagittal T2-weighted turbo spin-echo sequence (thickness 3 mm)를 얻는다. 종양의 위치를 확인하여 scan의 범위를 결정한 후 high-resolution T2-weighted imaging을 시행하게 되는데 종양의 종축을 따라 수직, 수평으로 oblique axial and coronal plane을 획득한다. High-resolution MR imaging을 얻기 위해서는 thin-section (3~4 mm) imaging, small field of view (160~200 mm), high matrix (up to 512×512)를 이용한

다. 골반 전체를 포함하는 axial T1-weighted image는 림프절을 보는 데에 이용될 수 있으며 정맥 내 조영제를 사용하는 것은 진단에 크게 도움이 되지 않는다(15).

현재 영상의학적 병기 결정에 있어서 가장 중요한 점은 종양과 직장간막 근층과의 관계를 정확히 평가하는 것이다 (Figure 4). 초기 MRI는 이와 같은 세밀한 진단에 제한점을 가지고 있었으나, 직장내 코일이 이러한 제한점을 개선하는데 도움을 주었다(16). 또한 phased-array coil과 경사에 코펠스연쇄 (gradient and pulse sequence)의 발달로 진단 정확도가 100%까지 증가되었다(17). Phased-array coil을 사용한 MRI 검사를 이용하여 직장과 직장주위의 구조물에 대한 자세한 해부구조를 알 수 있는데, 가장 안쪽의 고신호 강도층이 점막층과 점막하층이며 중등도의 신호강도를 보이는 층이 고유근층이고 가장 바깥의 고신호강도층이 직장주위의 지방조직이다. 직장간막 근층은 직장간막과 직장주위의 지방층을 둘러싸는 얇고, 저신호강도로 나타나는 조직이다 (Figure 5). 이는 측면과 후면에서는 구분하기가 쉬우나, 전면에서는 Denonvillier fascia와 구분하기가 어렵다.

MRI에서 직장 종양은 지방층의 고신호강도와 고유근층의 저신호강도와와의 사이의 중등도의 신호강도를 나타내게 되는데 점막과 점막하층보다 신호강도가 좀 더 높게 보인다. 조직학적 소견에서 T1 종양은 고유근층은 보존하면서 점막하층까지만 침윤하는 종양으로 구분되는데 phased-

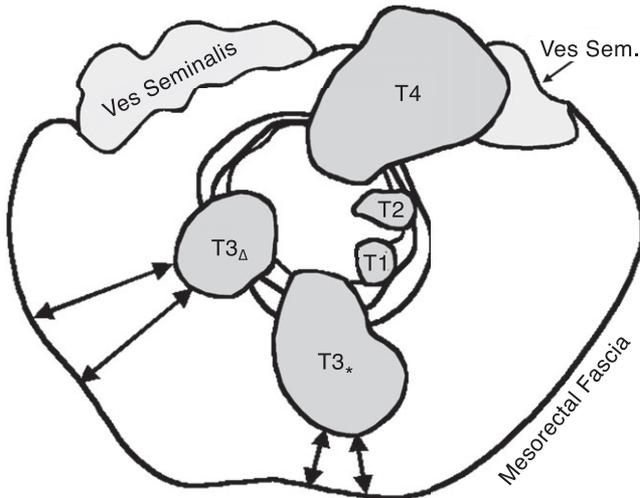


Figure 4. Diagram shows the relationship between the CRM and rectal tumors of various stages. Adopted from (7). The most powerful predictor for local recurrence is the shortest distance from tumor to mesorectal fascia (ie, the CRM) (double-headed arrows). The actual T staging system does not differentiate between tumors with a wide CRM ($T3_{\Delta}$) and those with a narrow CRM ($T3^*$). $T3^*$ poses a higher risk for recurrence. It would be more important to be able to identify on images those bulky tumors that will have a close or involved resection margin than to predict the exact T state of the tumor. T1 = T1-stage tumor, T2 = T2-stage tumor, T4 = T4-stage tumor, Ves Sem. = vesicular seminalis.

array coil을 사용하는 MRI에서 이러한 T1 종양과 T2 종양을 정확히 구분하는 것은 실제로 매우 어렵다. 그러나 T1 종양은 경향문내시경미세절제술(transanal endoscopic microsurgery, TEM)로도 근치적 치료가 가능하므로 그 임상적 진단가치는 높다. T2 종양은 점막하층과 고유근층과의 사이의 접촉면이 소실되면 고유근층을 침범한 것으로 진단할 수 있다(Figure 6). 근육층의 두께가 얇아지더라도 고유근층과 직장주변의 지방층과의 사이의 바깥 경계가 살아 있으면 상관없다. T2와 T3 종양을 구분하는 데 가장 중요한 기준이 되는 직장주위 지방층의 침범에 대한 기준은 고유근층과 직장주위 지방 사이의 접촉면이 소실되어 보이지 않을 때를 말하며 T3 종양에서는 고유근층이 완전히 소실되어 직장주위 지방과 구분이 되지 않는다(Figure 6). T3 종양을 진단할 때 가장 중요한 것은 직장간막 근층과 종양 사이의 최단거리를 측정하는 것이다(Figure 4). 왜냐하면 이 거리가 바로 전직장간막 절제술 이후의 국소 재발률을 예측하게 하는 중요한 근거가 되기 때문이다. MR 영상이 바로 가장

중요한 환상 절제연 침범을 예측할 수 있게 하는 제일 정확하고 신뢰도 높은 영상기법이며, 전직장간막 절제술을 시행해야 하는 환자들에게 수술 전 항암 요법이나 방사선 치료가 필요한 지를 결정할 수 있게 하는 진단 도구 중 대표적인 비침습적인 방법으로 알려져 있다. 우리가 MRI에서 환상 절제연의 침범을 예측할 수 있는 진단적 기준 거리는 종양과 직장간막 근층 사이의 거리가 6 mm일 때를 기준으로 하게 되는데, Beets-Tan 등(18)이 보고한 연구를 참고 하면 MRI에서 직장간막 근층과 종양 사이의 거리가 적어도 5 mm로 유지되어야 조 직학적 조건에서 1 mm의 침범되지 않은 환상 절제연을 97% 신뢰도로 예측할 수 있다고 하였기 때문이다. 그러나 MRI는 환자가 너무 말라서 직장주위 지방의 양이 너무 적거나, 종양의 위치가 직장의 전면부에 위치했을 때는 정확한 직장간막 지방을 확인할 수 없다는 단점이 있다(19). T4 종양은 인접한 기관으로 종양의 신호강도의 침윤이 있을 때를 말하는 것으로 주변의 다른 기관이나 골반 벽, 골수로의 침범은 CT와 비교하여 MRI가 훨씬 더 정확한 영상을 제공한다(Figure 6).

N stage

림프절 전이에 대한 진단은 영상의학과 의사에게 있어서 매우 어려운 문제이다. 오랫동안 림프절 전이에 대한 진단 기준으로는 크기와 모양에 따른 형태학적 기준을 사용해 왔다. 즉, 림프절의 단경이 8 mm 보다 크면 악성일 가능성이 높다고 여겼다(20). 그러나 실제로는 크기가 큰 림프절이 양성일 경우도 있고, 작은 림프절이 종양이 침윤되어 있는 경우도 있어서 크기만을 기준으로 했을 때 그 정확도가 감소하게 된다. 직장암의 경우에서도 전이성 림프절의 절반 이상이 크기가 5 mm 이하이고, 원발성 종양에서 3 cm 이내의 거리에 있다고 알려져 있다(21, 22). 그러나 최근에 전직

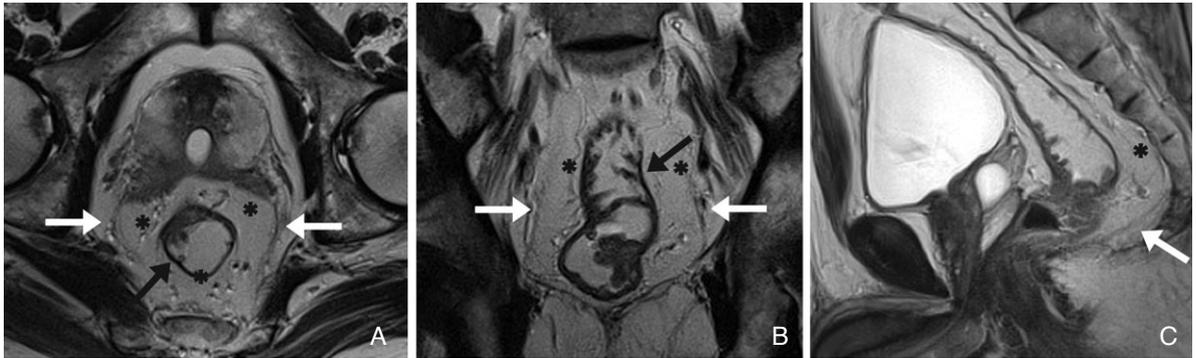


Figure 5. Normal rectal MRI anatomy. The oblique axial (A), oblique coronal (B), and sagittal (C) T2-weighted turbo spin-echo MR images show the muscularis propria as the outermost hypointense rectal layer (black arrow), the intact mesorectal fat (asterisks) and the normal appearance of the mesorectal fascia (white arrows).

장간막 절제술이 가장 최적의 치료 방법으로 알려지면서 림프절 침범과 국소 재발률 사이에 큰 관계가 없다고 생각되어 진단의 중요성이 감소되는 추세다(9, 23, 24).

전이성 림프절 진단에 대한 정확도는 영상 기법마다 매우 다양해서 TRUS (62~87%), CT (22~73%) 그리고 MRI (39~95%)로 보고되어 있다(24~26). TRUS는 영상 범위가 작아서 진단이 제한적이고 CT는 크기로 진단할 수 밖에 없으므로 신뢰도가 떨어지게 된다. Phased-array coil을 사용한 MRI는 영상 범위가 넓은 장점이 있으므로 진단에 도움이 된다. 최근의 연구에서, 불규칙한 경계와 신호강도에 따른 분석을 기반으로, 침상(speculated)이나 불명확한(indistinct) 가장자리를 보이거나 얼룩덜룩한(mottled) 비균질의(heterogeneous) 신호강도 형태를 보일 때 림프절 침윤을 예측하는 데에 도움이 된다고 하였다(Figure 6)(20, 27). 최근에는 림프절 특이 조영 제제의 발달로 정상크기 림프절의 중앙침윤을 알아내는 데에 도움을 받게 되었다(28). 이 조영제는 ultrasmall iron-based particle로 이루어져있는데 이 입자들이 정상 림프절에 있는 그물내피 세포(reticuloendothelial cell)에 선택적으로 붙게되어 proton-density-weighted MR imaging이나 T2-weighted MR imaging에서 낮은 신호강도를 보이게 된다. 그러므로 신호강도가 섞여있거나 증가되면 악성일 가능성이 높으며 그에 반해 T2*-weighted MR imaging에서 림프절 중간에 보이는 신호강도가 낮거나 전체적으로 낮을 때에는 양성림프절의 가능성이 높다.

M stage

직장암 환자에서 원격 전이가 가장 흔한 기관은 간이며 직장결장암 환자에서 평균 40%의 간전이가 발견된다(29). 간은 간동맥과 문정맥에서 동시에 혈액을 공급받는 기관으로 전이에 대해 취약한 기관이다. 일반적으로 직장암에서 오는 전이성 병변의 대부분은 간동맥에서 혈액을 공급받는 저혈관성으로 나타나며 대부분의 혈액을 문정맥에서 공급받는 정상 간 실질과는 다르다. 영상 기법으로 간 실질의 국소 병변을 발견하는 데에는 병변의 크기만 작용하는 것이 아니라 종양의 혈관분포상태에 따른 전이 과정의 생화학적 단계에 따른 다른 요인들이 복합적으로 작용하게 된다(30). 최근에 새롭게 발견되어 임상적으로 가장 많이 사용되는 영상 기법들에는 MDCT, phased-array coil을 이용한 고해상 MRI, 조직 특이 조영제를 사용한 liver MRI나 positron emission tomography (PET)/CT 가 있다.

1. CT

CT는 복부에서 원발성 종양이 발생했을 때에 가장 먼저 사용되는 진단 기법이다. CT를 촬영함으로써 원발성 종양 뿐 아니라, 전이성 병변까지 한 번에 확인할 수 있는 장점이 있다. 그러나 이전에 사용되던 나선식 CT로는 작은 크기의 전이성 간 병변을 정확히 구별하기가 어려웠다. 전이성 병변은 보통 CT에서 간실질보다 낮은 저음영으로 나타나거나

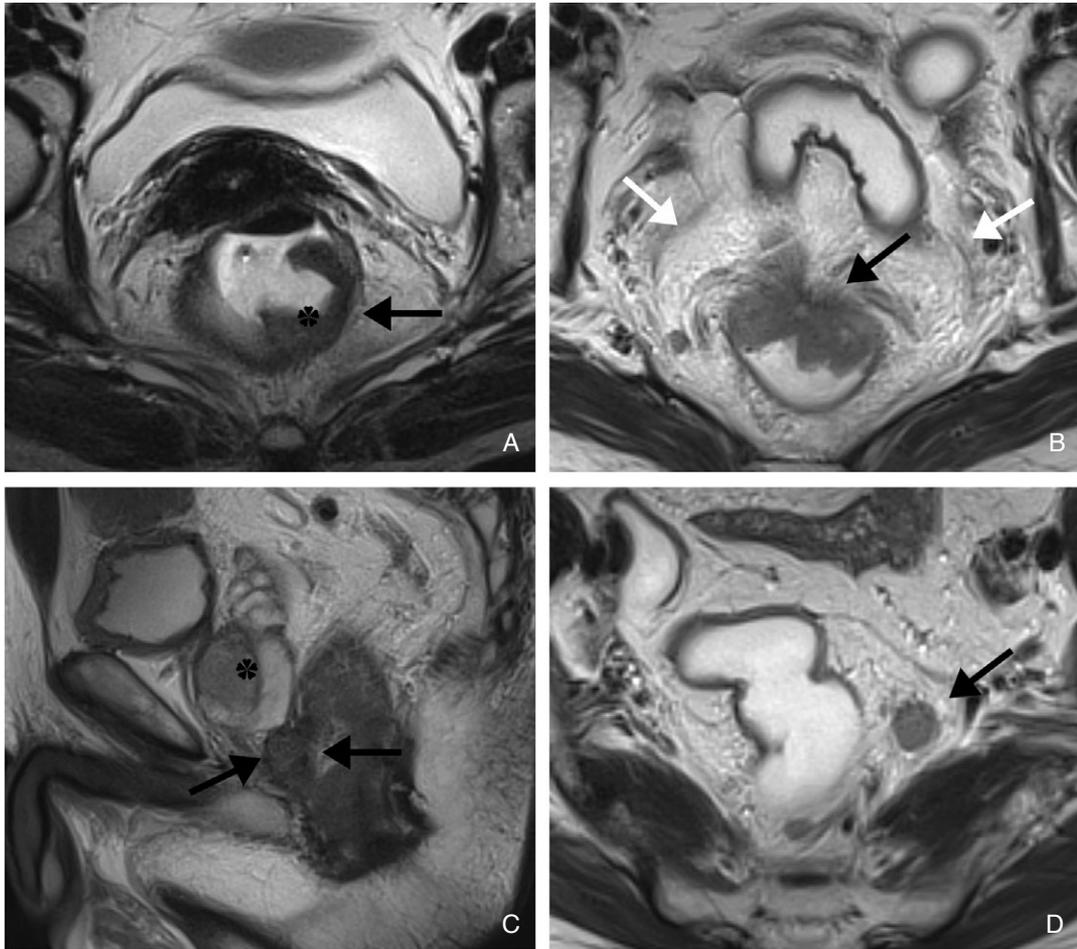


Figure 6. Variable T staging of rectal cancer at MRI.

- (A) Axial turbo spin-echo T2-weighted MR image shows a polypoid mass (*) involving the mucosal, submucosal, and muscular layers presenting T2 rectal cancer. The muscularis layer is visible as a hypointense line, and no spread into the mesorectal fat (arrow).
- (B) Axial T2-weighted MR image shows T3 rectal cancer (black arrow) disrupting the muscular layer and invading surrounding mesorectal fat which does not involve the mesorectal fascia (white arrows).
- (C) Sagittal T2-weighted MR image shows a T4 rectal cancer (arrows) disrupting the mesorectal fascia and infiltrating the prostate (*).
- (D) Axial T2-weighted MR image shows the enlarged lymph node (arrow) within the mesorectal fat, that was confirmed as malignant lymph node.

비슷한 정도로 나타나는데 CT 조영제를 사용하여 다중위상 (multiphase; i.e., arterial and portal phase) 검사를 시행하면 진단률을 조금 더 높일 수 있다.

2. Liver MRI

직장암의 간전이성 병변은 T2-weighted image에서는

중등도의 고신호강도를 보이며 T1-weighted image에서는 저신호강도를 보인다. Gadolinium-based 정맥 조영제를 사용하면 전이성 병변에 대한 발견율을 높일 수 있다. 역동적 조영증강 스캔의 동맥기에는 신호강도가 약간 증가했다가 문맥기에서 신호강도가 감소되지만 일반적으로는 동맥기에서도 저혈관성으로 나타나는 것이 가장 흔한 소견이다.

지연기 영상에서는 신호강도가 약간 증가되는 추세를 보인다. 최근에 16-channel MDCT와 superparamagnetic iron oxide (SPIO)-enhanced MRI를 비교연구한 논문에서는 각각의 sensitivity가 80%, 94.5%로 SPIO-enhanced MRI가 CT보다 좀 더 정확한 것으로 나타났다(31). Diffusion-weighted imaging을 이용하는 경우 악성 병변은 세포충실성(cellularity)의 증가로 확산이 억제되게 된다. 직장암의 전이성 병변의 경우, diffusion-weighted imaging에서 고신호강도 테두리에 둘러싸인 밝은 국소 병변으로 나타나는 것이 특징이다(32).

3. PET/CT

현재 PET/CT의 역할은 간 전이 병변의 발견에만 있어서는 감수성이 아주 높지 않아 제한점이 있으나 간 외 전이에 대한 진단 기법으로는 널리 사용되고 있다(33). 염증성 병변에 대한 위양성 진단이나 크기가 작은 병변에 대한 위음성 진단이 문제가 되기도 하지만 PET/CT는 국소 재발과 전신성 전이에 대한 발견을 위한 영상 기법으로 점점 더 그 이용가치가 높아지고 있다.

결 론

수술 전 항암요법, 방사선치료, 전직장간막 절제술과 같은 직장암의 치료 방법들이 발전하면서, 국소 재발의 위험이 높은 환자를 정확히 선별해 내는 것이 매우 중요해졌다. 침윤 깊이가 얇은 초기 단계의 종양은 수술만으로 치료가 가능하며 이런 경우에는 TRUS로 고유근층에 대한 평가만으로도 충분하다. 그러나 대부분의 직장암 진단에 있어서 MRI가 직장간막 근층과 환상 절제연을 가장 정확히 평가할 수 있으며, 인접 기관에 대한 침습 여부도 CT보다 정확히 평가할 수 있는 것으로 알려져 있다. 림프절에 대한 평가는 방사선학 영역에 있어서 아직도 어려운 과제로 남아있는 문제다. 간전이에 대한 평가는 SPIO 혹은 Gadoliniumenhanced MRI나 조영증강 CT로 95% 이상의 높은 진단율을 얻을 수 있다. MDCT의 역할에는 아직 여러 가지 제한점이 있으나 원격 전이 질환에 대해서는 제일 첫 번째로 사용되는 진단

방법이다. 앞으로는 diffusion, perfusion imaging을 이용한 MRI나, 새로운 조영제를 이용한 전이 림프절 진단 등을 포함한 US, MRI, MDCT 등의 영상 기법의 발전으로 진단 정확도가 나아질 것으로 생각된다.

참고문헌

1. Maier A, Fuchsjager M. Preoperative staging of rectal cancer. Eur J Radiol 2003; 47: 89-97.
2. Sung JJ, Lau JY, Goh KL, Leung WK. Increasing incidence of colorectal cancer in Asia: implications for screening. Lancet Oncol 2005; 6: 871-876.
3. Quirke P, Durdey P, Dixon MF, Williams NS. Local recurrence of rectal adenocarcinoma due to inadequate surgical resection. Histopathological study of lateral tumour spread and surgical excision. Lancet 1986; 2: 996-999.
4. Sagar PM, Pemberton JH. Surgical management of locally recurrent rectal cancer. Br J Surg 1996; 83: 293-304.
5. Kapiteijn E, Marijnen CA, Nagtegaal ID, Putter H, Steup WH, Wiggers T, Rutten HJ, Pahlman L, Glimelius B, van Krieken JH, Leer JW, van de Velde CJ. Preoperative radiotherapy combined with total mesorectal excision for resectable rectal cancer. N Engl J Med 2001; 345: 638-646.
6. Goh V, Halligan S, Bartram CI. Local radiological staging of rectal cancer. Clin Radiol 2004; 59: 215-226.
7. Beets-Tan RG, Beets GL. Rectal cancer: review with emphasis on MR imaging. Radiology 2004; 232: 335-346.
8. Heald RJ, Husband EM, Ryall RD. The mesorectum in rectal cancer surgery-the clue to pelvic recurrence? Br J Surg 1982; 69: 613-616.
9. Heald RJ, Ryall RD. Recurrence and survival after total mesorectal excision for rectal cancer. Lancet 1986; 1: 1479-1482.
10. Improved survival with preoperative radiotherapy in resectable rectal cancer. Swedish Rectal Cancer Trial. N Engl J Med 1997; 336: 980-987.
11. Shank B, Dershaw DD, Caravelli J, Barth J, Enker W. A prospective study of the accuracy of preoperative computed tomographic staging of patients with biopsy-proven rectal carcinoma. Dis Colon Rectum 1990; 33: 285-290.
12. Thompson WM, Halvorsen RA, Foster WL, Jr., Roberts L, Gibbons R. Preoperative and postoperative CT staging of rectosigmoid carcinoma. AJR Am J Roentgenol 1986; 146: 703-710.
13. Filippone A, Ambrosini R, Fuschi M, Marinelli T, Genovesi D, Bonomo L. Preoperative T and N staging of colorectal cancer:

- accuracy of contrast-enhanced multi-detector row CT colonography-initial experience. *Radiology* 2004; 231: 83-90.
14. Hunerbein M. Endorectal ultrasound in rectal cancer. *Colorectal Dis* 2003; 5: 402-405.
 15. Vliegen RF, Beets GL, von Meyenfeldt MF, Kessels AG, Lemaire EE, van Engelsehoven JM, Beets-Tan RG. Rectal cancer: MR imaging in local staging—is gadolinium-based contrast material helpful? *Radiology* 2005; 234: 179-188.
 16. Schnall MD, Furth EE, Rosato EF, Kressel HY. Rectal tumor stage: correlation of endorectal MR imaging and pathologic findings. *Radiology* 1994; 190: 709-714.
 17. Brown G, Richards CJ, Newcombe RG, Dallimore NS, Radcliffe AG, Carey DP, Bourne MW, Williams GT. Rectal carcinoma: thin-section MR imaging for staging in 28 patients. *Radiology* 1999; 211: 215-222.
 18. Beets-Tan RG, Beets GL, Vliegen RF, Kessels AG, Van Boven H, De Bruine A, von Meyenfeldt MF, Baeten CG, van Engelsehoven JM. Accuracy of magnetic resonance imaging in prediction of tumour-free resection margin in rectal cancer surgery. *Lancet* 2001; 357: 497-504.
 19. Iafra F, Laghi A, Paolantonio P, Rengo M, Mercantini P, Ferri M, Ziparo V, Passariello R. Preoperative staging of rectal cancer with MR Imaging: correlation with surgical and histopathologic findings. *Radiographics* 2006; 26: 701-714.
 20. Kim JH, Beets GL, Kim MJ, Kessels AG, Beets-Tan RG. High-resolution MR imaging for nodal staging in rectal cancer: are there any criteria in addition to the size? *Eur J Radiol* 2004; 52: 78-83.
 21. Dworak O. Number and size of lymph nodes and node metastases in rectal carcinomas. *Surg Endosc* 1989; 3: 96-99.
 22. Monig SP, Baldus SE, Zirbes TK, Schroder W, Lindemann DG, Dienes HP, Holscher AH. Lymph node size and metastatic infiltration in colon cancer. *Ann Surg Oncol* 1999; 6: 579-581.
 23. de Haas-Kock DF, Baeten CG, Jager JJ, Langendijk JA, Schouten LJ, Volovics A, Arends JW. Prognostic significance of radial margins of clearance in rectal cancer. *Br J Surg* 1996; 83: 781-785.
 24. Kwok H, Bissett IP, Hill GL. Preoperative staging of rectal cancer. *Int J Colorectal Dis* 2000; 15: 9-20.
 25. Balthazar EJ, Megibow AJ, Hulnick D, Naidich DP. Carcinoma of the colon: detection and preoperative staging by CT. *AJR Am J Roentgenol* 1988; 150: 301-306.
 26. Rifkin MD, Ehrlich SM, Marks G. Staging of rectal carcinoma: prospective comparison of endorectal US and CT. *Radiology* 1989; 170: 319-322.
 27. Brown G, Richards CJ, Bourne MW, Newcombe RG, Radcliffe AG, Dallimore NS, Williams GT. Morphologic predictors of lymph node status in rectal cancer with use of high-spatial-resolution MR imaging with histopathologic comparison. *Radiology* 2003; 227: 371-377.
 28. Koh DM, Brown G, Temple L, Raja A, Toomey P, Bett N, Norman AR, Husband JE. Rectal cancer: mesorectal lymph nodes at MR imaging with USPIO versus histopathologic findings-initial observations. *Radiology* 2004; 231: 91-99.
 29. Schoemaker D, Black R, Giles L, Toouli J. Yearly colonoscopy, liver CT, and chest radiography do not influence 5-year survival of colorectal cancer patients. *Gastroenterology* 1998; 114: 7-14.
 30. Leen E, Angerson WJ, Wotherspoon H, Moule B, Cook TG, McArdle CS. Detection of colorectal liver metastases: comparison of laparotomy, CT, US, and Doppler perfusion index and evaluation of postoperative follow-up results. *Radiology* 1995; 195: 113-116.
 31. Kim YK, Ko SW, Hwang SB, Kim CS, Yu HC. Detection and characterization of liver metastases: 16-slice multidetector computed tomography versus superparamagnetic iron oxide-enhanced magnetic resonance imaging. *Eur Radiol* 2006; 16: 1337-1345.
 32. Karantanas AH, Yarmenitis S, Papanikolaou N, Gourtsoyiannis N. Preoperative imaging staging of rectal cancer. *Dig Dis* 2007; 25: 20-32.
 33. Bipat S, Glas AS, Slors FJ, Zwinderman AH, Bossuyt PM, Stoker J. Rectal cancer: local staging and assessment of lymph node involvement with endoluminal US, CT, and MR imaging—a meta-analysis. *Radiology* 2004; 232: 773-783.



Peer Reviewers' Commentary

직장암에 다병합 치료의 개념이 도입되고 직장암의 병기에 따른 환자 별 맞춤형 통합치료가 보편적인 치료법으로 자리 매김하고 있다. 환자별 맞춤형 통합치료에 있어 수술 전 정확한 병기 결정은 필수적이며 본 논문은 현재 널리 이용되고 있는 방사선학적 검사들의 진단적 역할 및 정확도, 각각의 장단점을 기술하고 있다. 하지만 여러 진단적 영상기법에도 불구하고 림프절 전이 여부의 진단은 아직 미해결 과제로 남아있다. 나아가 수술 전 화학방사선치료 후 병기 재진단 시에는 상기 진단적 영상검사들의 진단 정확도가 현저히 낮아지는 문제점이 지적되고 있음을 주지할 필요가 있다.

[정리: 편집위원회]