



대장직장암의 영상의학적 진단

Imaging Diagnosis of Colorectal Cancer

김 아 영 | 울산의대 서울아산병원 영상의학과 | Ah Young Kim, MD

Department of Radiology, University of Ulsan College of Medicine, Asan Medical Center, Seoul, Korea

Corresponding author: Ah Young Kim

E-mail: aykim@amc.seoul.kr

Received May 31, 2010 Accepted June 14, 2010

Abstract

Recently, treatment strategy of rectal cancer has undergone a dramatic change. Application of total mesorectal excision and preoperative chemoradiation therapy (PCRT) has become standard procedure for locoregional and locally advanced rectal cancer, respectively. Functional and morphological radiologic evaluation as well as multidisciplinary approach is both essential for planning patient-specific therapy. In other words, the needs for more accurate T- and N-staging and assessment of circumferential resection margin, both before and after PCRT, are increasing rapidly. Although there is no consensus on the role of diagnostic imaging such as endorectal ultrasonography, computed tomography and magnetic resonance imaging (MRI), in evaluation of rectal cancer patient so far, MRI is emerging as an essential imaging modality with superior tissue contrast and multiplanar approach.

Keywords: Rectal cancer; Magnetic resonance imaging; CT; Endorectal US

핵심용어: 직장암; 자기공명영상; 컴퓨터전산화단층촬영; 경직장초음파

서론

대장직장암은 전세계적으로 세 번째로 흔한 암이며 국내에서도 남자에선 3번째로, 여자에선 4번째로 흔한 암이다(국가암등록통계 2009). 이 중에서도 1/3은 직장에서 발생하며 상대적으로 빈번한 원격전이 및 국소 재발로 인해 예후가 불량하다. 그러므로 수술 후 국소 재발을 줄이고 환자의 예후를 향상시키기 위해서는 정확한 초기 병기 결정 및 이에 따른 적정 치료 방침 결정이 선행되어야 하며 이를 위한 영상의학 검사의 진단적 역할의 중요성은 점차 커지고 있다.

특히 대장암에 비해 직장암은 협소한 해부학적 공간 내에 위치하면서 주변 골반 장기와 인접해 있어 수술 난이도가 높고 원격전이를 빈번히 동반하므로, 근치적 절제를 위해서는 수술 전 진단 및 치료를 위해 보다 정확한 영상의학적 진단이 요구된다. 본 특집에서는 직장암의 영상진단을 중심으로 최신 동향을 간략히 소개하고자 한다.

국소재발률과 전직장간막 절제술

근치적 절제술 후 3~32%에 이르는 직장암의 높은 국소

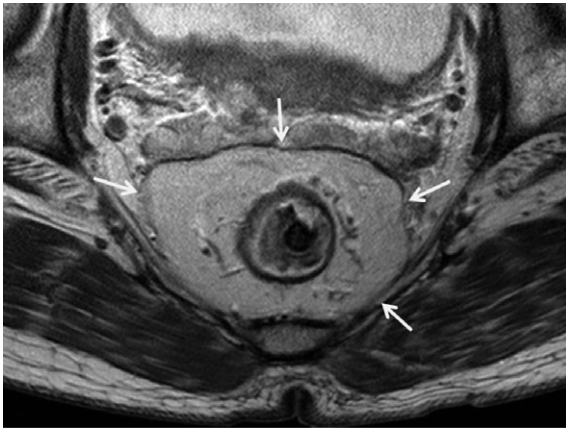


Figure 1. Magnetic resonance imaging (MRI) of rectal cancer. Arrows indicate the mesorectal fascia.

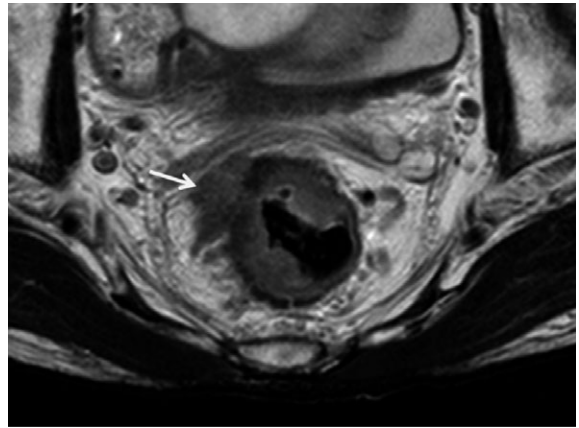


Figure 2. Magnetic resonance imaging (MRI) of rectal cancer. Arrow indicates positive circumferential resection margin by T3 rectal cancer.

재발률은 최근 전직장간막 절제술(total mesorectal excision, TME)의 도입으로 10% 정도까지 낮출 수 있게 되었다[1]. 전직장간막 절제술은 직장암과 주변 직장간막을 일괄 절제하는 방법으로 직장근막을 싸고 있는 직장고유근막을 따라 좁은 골반강내에서 박리가 정확하게 이루어져야 한다. 다시 말해 TME 시술을 성공적으로 시행하기 위해서는 TME 술식으로는 골반에 남아있게 되는 골반 측방림프절 및 측방절제연(circumferential resection margin, CRM)에 해당하는 직장고유근막의 종양 침범이 없어야 한다. 따라서 수술전 측방절제연 및 골반 측방 림프절의 종양 침범 여부 평가가 중요하며 이는 자기공명영상(magnetic resonance imaging, MRI)에서 보다 효과적으로 평가할 수 있다(Figure 1, 2). 직장 MRI 영상에서 종양과 직장간막 사이 간격이 2 mm 이하일 경우 측방절제연의 종양 침범을 시사하며 92% 정확도를 보인다[2, 3].

한편 수술전 화학방사선요법(preoperative chemoradiation therapy, PCRT) 시행 후 수술적 절제술을 시행할 경우 직장암의 국소재발률은 11% 대로 낮출 수 있으며, 궁극적으로 TME 및 PCRT를 함께 시행할 경우 국소재발은 2.4%까지 낮아지게 된다[4, 5]. 그리하여 오늘 날 TME와 PCRT는 직장암의 대표적 치료법으로 자리매김하고 있으며 환자의 T 및 N 병기에 따른 맞춤형 치료를 하기 위한 직장

및 골반강의 해부학적 구조의 구체적인 가시화는 영상진단의 필수적인 요소가 되고 있다. 이런 연유로, 일반적인 대장 직장암 진단 및 병기 결정을 위해서는 주로 컴퓨터전산화단층촬영(computed tomography, CT)이 시행되기 마련이지만 직장암의 보다 면밀한 T 및 N 병기 결정을 위해서는 조직대조도가 높고 다면영상 획득이 가능한 MRI 검사가 주된 진단적 역할을 담당하고 있다.

T 병기(T-staging)

직장암의 경우, 종양의 위치와 병기에 따라 맞춤형 치료 방침이 결정되며, 병기 결정은 TNM 및 AJCC (American Joint of Cancer Committee) 혹은 UICC (International Union Against Cancer) 분류체계를 따른다(Table 1). T3 병기 이상인 경우 국소재발률이 높아지며 TNM 체계와는 별도로 종양침윤이 직장간막에 가까울수록 전직장간막 침범 확률이 높고 이런 경우 환자의 예후가 불량하다.

T 병기 평가를 위해선 경직장초음파(endorectal ultrasound, EUS) 및 MRI 검사가 주로 시행되며 이 중 EUS는 직장 장벽층을 구분하는데 유리하여 T2 이하 조기 직장암을 진단하는데 우수한 진단성적을 보인다. 문헌 보고들에 따르면 EUS의 T 병기 결정의 정확도는 69~97% 사이로 폭

Table 1. TNM Staging Classification of Colon and Rectal Cancer

Stage	Characteristics
Tumor	
T1	Tumor invades submucosa
T2	Tumor invades muscularis propria
T3	Tumor invades through muscularis propria into subserosa or nonperitonealized pericolic or perirectal tissues
T4	Tumor directly invades other organs or structures and/or perforates visceral peritoneum
Regional nodal metastasis	
NX	Regional lymph nodes cannot be assessed
N0	No nodal metastasis
N1	Metastasis in one to three pericolic or perirectal nodes
N2	Metastasis in four to more pericolic or perirectal nodes
N3	Metastasis in any node along course of a named vascular trunk and/or metastasis to apical node
Distant metastasis	
MX	Presence of distant metastasis cannot be assessed
M0	No distant metastasis
M1	Distant metastasis

넓게 보고되고 있는데, 이는 종괴가 크고 고침습성인 경우, 상부 직장암인 경우엔 적정 병기 평가가 어렵고 직장을 물로 팽대시킨 상태에서 평가하므로 과대평가되는 경향이 있어 진행성 직장암이 연구에 많이 포함될수록 낮은 성적을 보이기 때문이다[6~9].

자기공명영상 기법이 발달되기 전 보편적으로 시행되었던 CT는, 비진행성 직장암일 경우 52~74%, 진행성 암일 경우 79~94%의 T 병기 진단성적을 보인다[10~13]. 이러한 EUS나 MRI 진단 성적에 못 미치는 결과는 협소한 골반강내 여러 골반 장기가 인접해 있는 직장암의 경우 CT의 영상해상도가 상기 두 진단기법에 미치지 못하기 때문이다. 보다 진보된 영상기기인 나선형 CT의 진단성적 역시 82%의 정확도로 보고되고 있다[14]. 따라서 수술전 CT의 주된 목표는 인접 장기로의 침범 유무, 국소 림프절증 유무, 원격전이 유무 등을 평가하는데 있다고 할 수 있다.

직장 MRI 검사는 고식적 영상 기법일 경우 59~88%, 경직장 코일을 사용한 경우 71~91%로 큰 폭의 진단성적을 보

이는 것으로 보고되고 있으며 이는 초기 T3 병기와 T2 병기의 구별이 어렵기 때문으로 알려져 있다[15~18]. 즉, 대부분의 진단적 오류는 종양의 결합조직형성 반응(desmoplastic reaction) 특성에 따른 병기 과대 평가 때문으로, 직장주위 지방조직으로의 침상 파급 소견이 보일 때 이런 소견이 섬유화 단독일 경우와 종양 세포 침윤이 동반된 섬유화가 있는 경우 간의 구별이 어렵다.

N-병기 (N-staging)

대장직장암에 있어 림프절 전이 유무는, 종양 파급 정도와 함께 환자의 예후 및 재발을 결정하는데 있어 매우 중요한 예측인자이다. 종양이 점막 또는 점막하층에 국한되고 림프절 전이가 없는 환자의 재발률은 5% 정도이나 종양이 고유근층을 침범한 T2 병기가 되면 10%로 증가하고, 이어 T3, T4 병기로 진행될수록 재발률은 25%, 50%로 급격히 증가한다. 만약 림프절 전이가 있다면 T2 종양에서의 재발률은 33%, T3 및 T4 종양에서는 66%로 더욱 증가된다[19~21].

현재까지 악성 림프절을 평가하는 일반적인 영상 기준은 크기와 형태에 의존하고 있으며 이로 인해 N 병기 진단성적은 매우 저조하다. 일반적으로 5 mm 미만인 림프절은 대부분 전이가 없는 림프절이지만, 다른 한편으로 악성 림프절의 45~50%가 5 mm 이하의 작은 림프절이다[22, 23]. 즉, 정상 크기 림프절에 미세 종양 침윤이 있는 경우와 종양 침윤이 없는 림프절 종대를 감별하기는 매우 어려우며 이 문제는 현재까지 미해결 과제로 남아있다.

CT에서는 림프절이 1 cm 이상이거나, 1 cm 이하라도 3개 이상의 림프절이 무리지어 검출되면 비정상적으로 간주하며, 이러한 크기에만 의존한 악성 림프절 판정은 매우 제한적이어서 22~73% 정도의 낮은 성적을 보인다[24~26]. 림프절 전이에 대한 민감도와 특이도는 각각 30%와 96%로 크기를 기준으로 한 악성 림프절 판정에 있어 민감도와 특이도는 반비례적인 성적을 나타낸다.

EUS에서 정상 림프절은 고에코로 보이므로 종양에 의해 침범된 림프절은 경계가 분명한 저에코 양상을 보인다.

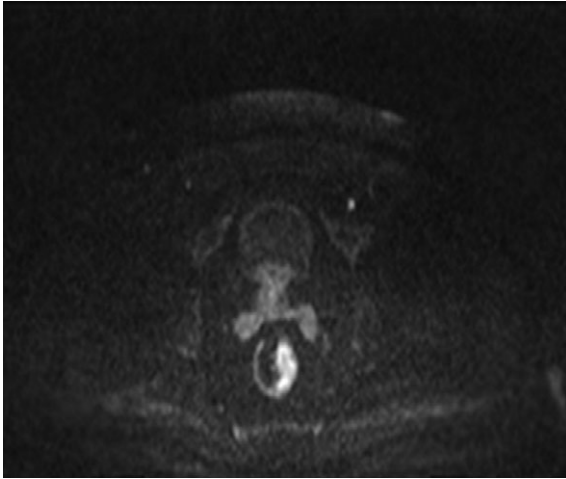


Figure 3. Diffusion-weighted imaging of rectal cancer. Viable cancer shows high signal intensity on diffusion-weighted image of rectal MRI.

EUS의 N 병기 진단 성적은 62~83% 정도로, 초음파 해상력의 한계로 인해 근접한 림프절만 평가가 가능하다는 근원적인 제한점을 가지고 있다.

직장 MRI에서는 단경 5 mm 이상이면 T2 강조영상에서 고신호강도, 침상 경계(spiculated border), 비균질적인 신호강도를 보이면 악성 림프절로 진단한다. 그러나 우수한 연부조직 대조도에도 불구하고 염증성 림프절종대 및 전이성 림프절종대의 구별은 여전히 힘들며 39~95% 진단율, 85% 민감도 및 97% 특이도의 진단 성적을 보인다[27].

최근 개발된 초소형 초상자성 산화철 제제(ultrasmall superparamagnetic iron oxide, USPIO)의 MR 조영제는 두경부 종양이나 악성림프절 진단에 매우 탁월한 진단성적을 보인 바 있어[28, 29] 직장암에서도 N 병기 진단능력 향상에 기여할 수 있을 것으로 기대되고 있다. 이 조영제는 세 망내피계(reticuloendothelial system)의 식세포(phagocytosis) 활동에 의해 정상 림프절에 축적되므로 정상 림프절은 T2* 강조영상에서 매우 낮은 신호강도를 보이는 반면, 전이된 림프절은 상대적으로 고신호 강도를 보이게 되어 크기가 작은 림프절내 미세 전이도 보다 수월하게 진단할 수 있다는 원리이다. 그러나 국내에는 아직 도입되지 않고 있으며 실제 임상에서의 사용 가능성은 아직 불투명하다.

수술전 화학방사선요법 시행 후 병기 재평가

진행성 직장암의 경우 수술전 화학방사선요법(preoperative chemoradiotherapy, PCRT) 시행이 환자의 예후 향상과 재발 방지에 탁월한 효과가 있음이 증명된 후 오늘날 보편적인 치료방법으로 자리매김하고 있다[30, 31].

대개 PCRT 완료 6주 후에 수술적 절제술을 시행하게 되는데 이 때 수술전 병기 재평가를 하여 수술 여부를 결정한다. MRI는 주로 T, N 병기의 재평가를 위해, CT 혹은 양전자방출단층촬영술(positron emission tomography, PET)은 원격전이 여부 평가를 위해 시행한다.

직장 MRI의 T2 강조영상에서 PCRT시행 전 종양은 지방조직(고신호강도)과 근육(저신호강도) 사이 중간정도의 신호강도를 보이지만, 치료후 종양은 섬유화 등으로 인해 종양 신호강도가 일반적으로 감소한다[2]. 그러나 일부 치료후 종양은 치료전보다 신호강도가 높아지는 소견을 보이는데 이는 PCRT로 인한 점액반응으로 설명하고 있다[32, 33]. 즉, 치료후 종양 중 80~90%에서 점액 성분이 관찰되며 이러한 점액 집적은 강한 고신호강도를 보인다[34].

이와 같은 PCRT 후 점액분화 및 염증성 변화 등으로 인해 치료후 병기 재평가시 영상 진단의 정확도가 현저히 떨어지게 되며 대부분의 오류는 과대평가(overstaging) 경향 때문이다[35, 36]. 직장 MRI 검사로도 T 병기 진단율은 47~57%, N 병기 진단율은 64~68% 정도로 치료 전에 비해 진단의 정확도가 급격히 낮아진다[35~38]. 또한 측방절제연의 종양침습여부 판정 역시 치료전 평가 92%의 진단율이 치료후 66%로 떨어진다[37]. EUS나 PET 등 다른 영상 진단법도 마찬가지로 동일한 경향을 보이고 있어 이를 극복할 수 있는 획기적인 새로운 진단기법의 개발이 절실하며 다양한 시도들이 활발히 이루어지고 있다.

확산강조영상

(Diffusion-weighted Imaging, DWI)

확산강조영상(DWI)은 다양한 조직내에서 주어진 환경에 따라 물분자의 확산운동에 변화가 생기며 이런 차이를

영상화하는 자기공명영상 기법이다. 생물 조직내에서 물분자 확산은 세포 밀도 및 세포막 보존상태와 반비례하는 관계에 있으므로, 종양조직과 같은 세포 고밀도 및 온전한 세포막 환경에선 물분자 확산이 제한되며 고신호강도를 나타낸다(Figure 3). 적정 DWI을 얻기 위한 임계값(b value)은 신체부위 및 장기별 차이가 있으며 최근 직장 MRI의 DWI에서는 높은 임계치를 적용하는 추세이다[39].

DWI이 보편적인 진단기법으로 확립된 두정부 질환의 영상검사와 마찬가지로 직장암 평가에 있어서 DWI은 종양 검출 및 종양의 치료반응 평가에 일익을 담당할 것으로 기대되고 있다.

최근 문헌 보고에 따르면 기존 T2 강조영상만으로 진단(민감도 82~84%, 특이도 85~90%, 양성예측치 92~95%, 음성예측치 68~72%)할 때 보다 DWI 및 T2 강조영상을 합하여 진단할 경우 직장암 검출률이 향상된다고 한다(민감도 93~95%, 특이도 95~100%, 양성예측치 97~100%, 음성예측치 86~91%)[40]. 한편, 겔보기확산계수(apparent diffusion coefficient, ADC)를 계측하여 정량적 분석을 할 수 있으며 종양의 치료반응 평가에 이용할 수 있다. 즉, 종양내 괴사가 일어난 부위에서는 빠른 확산이 일어나므로 높은 ADC 값을 보이게 되며 이는 원발 종양이 공격적임을 반영하며 실제로 높은 ADC 값을 보이는 종괴는 PCRT 치료반응 성적이 저조하다[41].

또한 PCRT 기간 중 치료에 따른 종양세포의 사멸이 진행됨에 따라 ADC 값은 감소하는 반면, 치료가 끝난 후엔 간질성 섬유화 증가로 확산이 감소하여 ADC 값은 다시 증가한다. 따라서 기존 종괴내 낮은 ADC 값을 보이는 부위는 종양세포가 괴멸된 부위를 의미하는 반면, 활성 종양세포가 남아있는 부분의 ADC값은 세포고밀도 때문에 치료로 인한 섬유화 영향을 덜 받아 상대적으로 높은 ADC 값을 나타낸다. 결과적으로 ADC 지도화는 초기 방사선치료로 인한 섬유화를 구별할 수 있어 T 병기의 과대평가를 예방할 수 있을 것으로 평가되고 있다[42, 43].

결론

직장암 환자에 있어 수술 후 국소 재발을 줄이고 환자의

예후를 향상시키기 위해서는 정확한 병기 결정과 이에 따른 적정 치료 방침 결정이 중요하다. 다양한 영상 기법이 상호 보완적으로 시행되고 있으나 이중 직장 MRI 검사가 가장 중요한 진단적 역할을 담당하고 있다. 현재 PCRT 시행후 병기 재평가시 MRI 검사의 정확도가 낮아지는 것이 문제점으로 지적되고 있으나 아직까지는 이렇다 할 해법이 없는 실정이다. 특이적 림프절 조영제 개발 및 DWI 등 다양한 부가적 진단방법들이 시도되고 있으나 아직 초기 보고 단계로 실제 임상에서 이용될 수 있기 위해선 보다 체계적이고 광범위한 연구가 필요하다.

REFERENCES

1. Heald RJ, Ryall RD. Recurrence and survival after total mesorectal excision for rectal cancer. *Lancet* 1986; 28: 1479-1482.
2. Barbaro B, Fiorucci C, Tebala C, Valentini V, Gambacorta MA, Vecchio FM, Rizzo G, Coco C, Crucitti A, Ratto C, Bonomo L. Locally Advanced Rectal Cancer: MR Imaging in Prediction of Response after Preoperative Chemotherapy and Radiation Therapy. *Radiology* 2009; 250: 730-739.
3. Brown G, Radcliffe AG, Newcombe RG, Dallimore NS, Bourne MW, Williams GT. Preoperative assessment of prognostic factors in rectal cancer using high-resolution magnetic resonance imaging. *Br J Surg* 2003; 90: 355-364.
4. 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; Dutch Colorectal Cancer Group. Preoperative radiotherapy combined with total mesorectal excision for resectable rectal cancer. *N Engl J Med* 2001; 345: 638-646.
5. Colorectal Cancer Collaborative Group. Adjuvant radiotherapy for rectal cancer: a systematic overview of 8,507 patients from 22 randomised trials. *Lancet* 2001; 358: 1291-1304.
6. Katsura Y, Yamada K, Ishizawa T, Yoshinaka H, Shimazu H. Endorectal ultrasonography for the assessment of wall invasion and lymph node metastasis in rectal cancer. *Dis Colon Rectum* 1992; 35: 362-368.
7. Garcia-Aguilar J, Pollack J, Lee SH, Hernandez de Anda E, Mellgren A, Wong WD, Finne CO, Rothenberger DA, Madoff RD. Accuracy of endorectal ultrasonography in preoperative staging of rectal tumors. *Dis Colon Rectum* 2002; 45: 10-15.
8. Gualdi GF, Casciani E, Guadalajara A, d'Orta C, Poletti E, Pappalardo G. Local staging of rectal cancer with transrectal

- ultrasound and endorectal magnetic resonance imaging: comparison with histologic findings. *Dis Colon Rectum* 2000; 43: 338-345.
9. Akasu T, Kondo H, Moriya Y, Sugihara K, Gotoda T, Fujita S, Muto T, Kakizoe T. Endorectal ultrasonography and treatment of early stage rectal cancer. *World J Surg* 2000; 24: 1061-1068.
 10. Thoeni RF, Moss AA, Schnyder P, Margulis AR. Detection and staging of primary rectal and rectosigmoid cancer by computed tomography. *Radiology* 1981; 141: 135-138.
 11. Hodgman CG, MacCarty RL, Wolff BG, May GR, Berquist TH, Sheedy PF 2nd, Beart RW Jr, Spencer RJ. Preoperative staging of rectal carcinoma by computed tomography and 0.15T magnetic resonance imaging: preliminary report. *Dis Colon Rectum* 1986; 29: 446-450.
 12. Zerhouni EA, Rutter C, Hamilton SR, Balfe DM, Megibow AJ, Francis IR, Moss AA, Heiken JP, Tempany CM, Aisen AM, Weinreb JC, Gatsonis C, McNeil BJ. CT and MR imaging in the staging of colorectal carcinoma: report of the Radiology Diagnostic Oncology Group II. *Radiology* 1996; 200: 443-451.
 13. Thoeni RF. Colorectal cancer: radiologic staging. *Radiol Clin North Am* 1997; 35: 457-485.
 14. Chiesura-Corona M, Muzzio PC, Giust G, Zuliani M, Pucciarelli S, Toppan P. Rectal cancer: CT local staging with histopathologic correlation. *Abdom Imaging* 2001; 26: 134-138.
 15. Hodgman CG, MacCarty RL, Wolff BG, May GR, Berquist TH, Sheedy PF 2nd, Beart RW Jr, Spencer RJ. Preoperative staging of rectal carcinoma by computed tomography and 0.15T magnetic resonance imaging: preliminary report. *Dis Colon Rectum* 1986; 29: 446-450.
 16. Guinet C, Buy JN, Ghossain MA, Sézeur A, Mallet A, Bigot JM, Vadrot D, Ecoiffier J. Comparison of magnetic resonance imaging and computed tomography in the preoperative staging of rectal cancer. *Arch Surg* 1990; 125: 385-388.
 17. Chan TW, Kressel HY, Milestone B, Tomachefski J, Schnall M, Rosato E, Daly J. Rectal carcinoma: staging at MR imaging with endorectal surface coil-work in progress. *Radiology* 1991; 181: 461-467.
 18. Vogl TJ, Pegios W, Mack MG, Hünerbein M, Hintze R, Adler A, Lobbeck H, Hammerstingl R, Wust P, Schlag P, Felix R. Accuracy of staging rectal tumors with contrast-enhanced transrectal MR imaging. *AJR Am J Roentgenol* 1997; 168: 1427-1434.
 19. Andreoni B, Chiappa A, Bertani E, Bellomi M, Orecchia R, Zampino M, Fazio N, Venturino M, Orsi F, Sonzogni A, Pace U, Monfardini L. Surgical outcomes for colon and rectal cancer over a decade: results from a consecutive monocentric experience in 902 unselected patients. *World J Surg Oncol* 2007; 4: 5: 73.
 20. Sagar PM, Pemberton JH. Surgical management of locally recurrent rectal cancer. *Br J Surg* 1996; 83: 293-304.
 21. 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.
 22. Mönig SP, Baldus SE, Zirbes TK, Schröder W, Lindemann DG, Dienes HP, Hölscher AH. Lymph node size and metastatic infiltration in colon cancer. *Ann Surg Oncol* 1999; 6: 579-581.
 23. Andreola S, Leo E, Belli F, Bufalino R, Tomasic G, Lavarino C, Baldini MT, Meroni E. Manual dissection of adenocarcinoma of the lower third of the rectum specimens for detection of lymph node metastases smaller than 5 mm. *Cancer* 1996; 15: 77: 607-612.
 24. 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.
 25. 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.
 26. Holdsworth PJ, Johnston D, Chalmers AG, Chennells P, Dixon MF, Finan PJ, Primrose JN, Quirke P. Endoluminal ultrasound and computed tomography in the staging of rectal cancer. *Br J Surg* 1988; 75: 1019-1022.
 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 highspatial-resolution MR imaging with histopathologic comparison. *Radiology* 2003; 227: 371-377.
 28. Bellin MF, Roy C, Kinkel K, Thoumas D, Zaim S, Vanel D, Tuchmann C, Richard F, Jacquemin D, Delcourt A, Challier E, Lebre T, Cluzel P. Lymph node metastases: safety and effectiveness of MR imaging with ultrasmall superparamagnetic iron oxide particles-initial clinical experience. *Radiology* 1998; 207: 799-808.
 29. Sigal R, Vogl T, Casselman J, Moulin G, Veillon F, Hermans R, Dubrulle F, Viala J, Bosq J, Mack M, Depondt M, Mattelaer C, Petit P, Champsaur P, Riehm S, Dadashitazehozhi Y, de Jaegere T, Marchal G, Chevalier D, Lemaitre L, Kubiak C, Helmberger R, Halimi P. Lymph node metastases from head and neck squamous cell carcinoma: MR imaging with ultrasmall superparamagnetic iron oxide particles (Sinerem MR)-results of a phase-III multicenter clinical trial. *Eur Radiol* 2002; 12: 1104-1113.
 30. Janjan NA, Khoo VS, Abbruzzese J, Pazdur R, Dubrow R, Cleary KR, Allen PK, Lynch PM, Glover G, Wolff R, Rich TA, Skibber J. Tumor downstaging and sphincter preservation with preoperative chemoradiation in locally advanced rectal cancer: the M. D. Anderson Cancer Center experience. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1999; 44: 1027-1038.
 31. Reerink O, Verschueren RC, Szabo BG, Hospers GA, Mulder NH. A favourable pathological stage after neoadjuvant radiochemotherapy in patients with initially irresectable rectal can-

- cer correlates with a favourable prognosis. *Eur J Cancer* 2003; 39: 192-195.
32. Koh DM, Chau I, Tait D, Wotherspoon A, Cunningham D, Brown G. Evaluating mesorectal lymph nodes in rectal cancer before and after neoadjuvant chemoradiation using thin-section T2-weighted magnetic resonance imaging. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2008; 71: 456-461.
 33. Taylor FG, Swift RI, Blomqvist L, Brown G. A systematic approach to the interpretation of preoperative staging MRI for rectal cancer. *AJR Am J Roentgenol* 2008; 191: 1827-1835.
 34. Rullier A, Laurent C, Capdepon M, Vendrely V, Bioulac-Sage P, Rullier E. Impact of tumor response on survival after radio-chemotherapy in locally advanced rectal carcinoma. *Am J Surg Pathol* 2010; 34: 562-568.
 35. Chen CC, Lee RC, Lin JK, Wang LW, Yang SH. How accurate is magnetic resonance imaging in restaging rectal cancer in patients receiving preoperative combined chemoradiotherapy? *Dis Colon Rectum* 2005; 48: 722-728.
 36. Kuo LJ, Chern MC, Tsou MH, Liu MC, Jian JJ, Chen CM, Chung YL, Fang WT. Interpretation of magnetic resonance imaging for locally advanced rectal carcinoma after preoperative chemoradiation therapy. *Dis Colon Rectum* 2005; 48: 23-28.
 37. Vliegen RF, Beets GL, Lammering G, Dresen RC, Rutten HJ, Kessels AG, Oei TK, de Bruïne AP, van Engelshoven JM, Beets-Tan RG. Mesorectal fascia invasion after neoadjuvant chemotherapy and radiation therapy for locally advanced rectal cancer: accuracy of MR imaging for prediction. *Radiology* 2008; 246: 454-462.
 38. Allen SD, Padhani AR, Dzik-Jurasz AS, Glynn-Jones R. Rectal carcinoma: MRI with histologic correlation before and after chemoradiation therapy. *AJR Am J Roentgenol* 2007; 188: 442-451.
 39. Hosonuma T, Tozaki M, Ichiba N, Sakuma T, Hayashi D, Yanaga K, Fukuda K. Clinical usefulness of diffusion-weighted imaging using low and high b-values to detect rectal cancer. *Magn Reson Med Sci* 2006; 5: 173-177.
 40. Rao SX, Zeng MS, Chen CZ, Li RC, Zhang SJ, Xu JM, Hou YY. The value of diffusion-weighted imaging in combination with T2-weighted imaging for rectal cancer detection. *Eur J Radiol* 2008; 65: 299-303.
 41. DeVries AF, Kremser C, Hein PA, Griebel J, Kreczy A, Ofner D, Pfeiffer KP, Lukas P, Judmaier W. Tumor microcirculation and diffusion predict therapy outcome for primary rectal carcinoma. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2003; 56: 958-965.
 42. Hein PA, Kremser C, Judmaier W, Griebel J, Pfeiffer KP, Kreczy A, Hug EB, Lukas P, DeVries AF. Diffusion-weighted magnetic resonance imaging for monitoring diffusion changes in rectal carcinoma during combined, preoperative chemoradiation: preliminary results of a prospective study. *Eur J Radiol* 2003; 45: 214-222.
 43. Dzik-Jurasz A, Domenig C, George M, Wolber J, Padhani A, Brown G, Doran S. Diffusion MRI for prediction of response of rectal cancer to chemoradiation. *Lancet* 2002; 360: 307-308.



Peer Reviewers' Commentary

본 논문은 T 병기, N 병기 평가에 사용되는 경직장초음파, CT, MRI 검사의 영상소견을 소개하고 수술 전 화학방사선요법 시행 후 병기 재평가에 있어서 MRI 검사의 한계점과 확산강조영상의 가능성도 언급하였다. 대장직장암 중 직장암은 협소한 해부학적 공간과 주변 골반 장기와의 인접으로 인해 수술 전 정확한 영상진단이 필요하다. 직장 MRI 검사가 가장 중요한 진단적 역할을 담당하고 있는데, 특이적 림프절 조영제 및 확산강조영상 등 다양한 방법의 추가가 시도되고 있다.

[정리: 편집위원회]