

Original Article

직결장암 조직의 자기공명영상과 초음파 소견에 대한 비교 연구

이황규¹ · 지금난¹ · 홍수진¹ · 고재향²¹단국대학교 의과대학 부속병원 영상의학과²단국대학교 의과대학 부속병원 병리과

목적 : 직결장암 조직의 자기공명영상과 고주파 초음파검사를 시행한 후 종양의 탐지와 침윤 깊이에 대해 각각의 영상 소견과 병리 소견을 비교하여 진단적 정확도를 두 영상 기기 간 비교하고, 자기공명영상의 경우 종양의 침윤 깊이를 주변 정상 조직과 가장 명확히 보여주는 펄스 연쇄 (pulse sequence)에 대해 알아보았다.

대상 및 방법 : 직결장암으로 절제술을 시행한 45명의 환자에서 얻은 45예의 제거된 종양 조직을 수조에 넣고 생리 식염수에 담가서 고주파수 (5-17 MHz)의 선형 탐촉자를 이용하여 초음파영상을 얻었으며 8-channel 두경부 코일에 넣어 자기공명영상을 얻었다. 이 연구에 대하여 기관감사위원회의 공지에 입각한 동의는 면제되었다. 자기공명영상은 정- 및 탈위상 경사에 코 T1 강조영상, 급속스핀에코 T2 강조영상 및 이의 지방억제 영상, fast imaging employing steady-state acquisition (FIESTA)와 이의 지방억제영상, 확산강조영상 등 일곱 가지 펄스 연쇄를 시행하였다. 각 조직의 자기공명영상과 초음파영상 소견을 각각 독립적으로 종양의 탐지와 침윤 깊이에 대하여 두 명의 영상의학과 의사가 합의 하에 평가하였고 각각의 영상 소견을 병리 조직 소견과 비교하여 두 영상 기기 간 진단적 정확도를 비교하였다. 자기공명영상의 일곱 가지 펄스 연쇄 중에 종양의 침윤 깊이를 주변 정상 조직과 구분하여 명확히 보여주는 펄스 연쇄에 대해 알아보았다.

결과 : 직결장암 조직의 종양 탐지와 침윤 깊이를 평가하는데 있어 자기공명영상과 초음파의 진단적 정확도는 각각 91.1%와 86.7%로 높게 나타났다. 초기 직결장암의 경우 초음파 검사의 정확도는 87.5%, 자기공명영상 검사의 정확도는 75.0%로 나왔다. 두 영상 기기 간에 통계적으로 유의한 차이는 없었다 ($p > 0.05$). MR의 펄스 연쇄 중에 종양의 침윤 깊이를 주변 정상 조직과 구분하여 명확하게 보여주는 영상은 직결장암 및 초기 직결장암 모두 급속 스핀에코 T2 강조영상이었다.

결론 : 자기공명영상과 초음파 검사는 직결장암 조직의 종양 탐지와 침윤 깊이를 평가하는데 높은 진단적 정확도를 가지고 있으며, 자기공명영상의 급속스핀에코 T2 강조영상이 직결장암 조직의 종양 침윤 깊이를 평가하는데 가장 우수하였다.

서론

직결장암은 서구 국가들에서 가장 흔한 소화기계의 악성 종양으로 식생활 습관과 환경의 변화로 인해 한국인에게도 점점 발생 빈도가 증가하고 있다. 2009년 통계청 자료에 따르면 직결장암의 발생율은 2000년에 10만 명당 21.8명에서, 2005년에 37.3명, 2008년에 45.8명으로 가파르게 증가하는 추세로 위암 다음으로 발생률이 높았으며, 사망률은

암 중에 4위로 보고되었다 (1).

직결장암은 종양 병기가 치료 방침을 결정하고 예후를 예측하는 중요한 요인으로 이를 결정하는 수술 전 검사로 전산화단층 (Computed tomography) 촬영이 표준화된 방법으로 알려져 왔다 (2-4). 그러나 전이된 림프절의 구별이나 종양의 장벽 침윤 깊이에 대해 여러 가지 한계점이 많았다. 이에 내시경적 초음파나 자기공명영상 검사를 통한 병기 결정에 대한 시도가 계속되었다. 내시경적 초음파의 경우 점막층, 점막하층, 근육층 등에 대한 해상도가 뛰어나 종양 (T) 병기 구분이 용이하고 주변 림프절의 이상을 더 민감하게 판단할 수 있다는 장점이 있으나, 검사를 시행할 때 환자가 불편감을 느끼고 내장을 막거나 크기가 클 경우 검사가 불가능하며 다른 병기에 대한 종합적인 판단이 어렵고 시술자에 따라 진단적 정확도의 차이가 있다는 단점이 있다. 하지만 초기 직결장암의 경우 T 병기의 판단과 함께 치료 방법의 하나인 내시경적 점막절제술을 바로 시행할 수 있으며, 이의 치료 효과는 높은 것으로 보고되고 있다 (5, 6). 자

• Received; November 27, 2012 • Revised; March 13, 2013

• Accepted; March 13, 2013

Corresponding author : Keum Nahn Jee, M.D.

Department of Radiology, Dankook University College of Medicine, Dankook University Hospital, San 16-5, Anseo-dong, Cheonan 330-715, Korea.

Tel. 82-41-550-6921, Fax. 82-41-552-9674

E-mail : jkn1303@dreamwiz.com

자기공명영상의 경우 고속스캔기법과 다중채널 코일의 발달로 TNM 병기에 있어서 비교적 정확한 진단이 가능하게 되었으며, 특히 급속스핀에코 T2 강조영상을 이용한 진단이 부각되고 있으나, 여전히 T1 병기와 T2 병기의 구분은 힘든 것으로 보고되고 있다 (7-8).

이에 본 연구는 절제된 직결장암 조직을 대상으로 여러 펄스 연쇄를 이용한 자기공명영상과 고주파 탐촉자를 이용한 초음파영상을 각각 얻어 종양의 탐지와 침윤 깊이에 대해 분석하고 이를 병리 조직 소견과 직접 비교한 후 각각의 영상 기기에 대한 진단적 정확도를 알아보고자 하였다. 또한 자기공명영상의 경우 종양의 침윤 깊이를 주변 정상 조직과 구분하여 명확히 보여주는 펄스 연쇄에 대해 알아보고자 하였다.

대상 및 연구 방법

1. 대상

2009년 7월부터 2010년 3월까지 내시경적 조직 생검에 의해 병리적으로 직결장의 악성 종양으로 확진된 후 수술을 시행한 45명 환자에서 얻어진 45예의 조직을 대상으로 하였다.

결장암 27예, 직장암 18예로 남녀 비는 32:13이며 평균 연령은 64.6세 (39~83)였다. 종양의 크기는 생리 식염수를 채운 플라스틱 수조 (18 × 23 cm) 안에 떼어낸 조직 전체가 잠길 수 있고 자기공명영상의 두정부 코일로 감쌀 수 있는 크기로 제한되었으며 종양의 장경은 평균 5.7 cm (1.1~12)이었다. 종양은 형태학적으로 용종성 혹은 궤양성 용종 유형 37예, 침윤성 종양 유형 8예로 분류되었으며, 세포의 분화 정도에 따라 분화도가 좋거나 중등도인 경우 39예, 분화도가 나쁜 경우 3예, 점액성인 경우 3예로 나뉘었다.

2. 연구 방법

직결장암의 수술 직후 제거된 조직을 최대한 빠른 시간인 1~2시간 안에 포르말린 고정하기전에 자기공명영상과 고주파 초음파 검사를 시행하였다. 두 영상 검사 간에 우선순위는 없었으며 종양 조직의 절제 후 영상을 시행한 시간까지 절제된 조직은 냉장 보관 하였다. 초음파 검사는 18 × 23 cm 정도 크기의 플라스틱 수조에 생리 식염수를 가득 채운 후 조직이 충분히 잠긴 상태에서 시행하였고 자기공명영상 검사는 조직을 얇은 천으로 감싼 후에 8-channel 두정부 코일 (Quadrature head coil)에 넣어 시행하였다. 영상을 얻기 전에 종양 부위의 위치 및 크기를 육안적으로 확인하고 조직을 펼쳐서 수조 안에 넣거나 코일로 감쌌고, 종양이 육안적으로 분명치 않은 조기 직결장암의 경우 병리의사와 함께 종양의 위치를 확인한 후 영상을 얻었다.

1) 자기공명영상

자기공명영상은 1.5T Signa Excite HD MR기기 (Version 12.0 M5 Release 12.4, GE medical systems, Milwaukee, Wis)에 장경 26 cm의 8-channel 두정부 코일을 사용하여 시행하였다.

자기공명영상의 펄스 연쇄는 경사에코 정위상 T1 강조영상 (in-phase gradient echo T1 weighted image, TR/TE 200/4.2 ms, flip angle 60°, bandwidth 31.25 kHz), 경사에코 탈위상 T1 강조영상 (out-of-phase gradient echo T1 weighted image, TR/TE 200/2.1 ms, flip angle 60°, bandwidth 31.25 kHz), 고속스핀에코 T2 강조영상 (Fast spin echo T2 weighted image, TR/TE 4000/160 ms, bandwidth 50 kHz, echo train length 18)과 지방억제 고속스핀에코 T2 강조영상, FIESTA (Fast imaging employing steady-state acquisition, TR/TE 3.7/1.8 ms, flip angle 70°, bandwidth 83.33 kHz) 영상 및 지방억제 FIESTA 영상, 확산강조영상 (Diffusion Weighted image, TR/TE 4000/70 ms, b-factor 1000 sec/mm²)으로 총 7가지가 포함되었다. 먼저 경사에코 정위상 T1 강조영상으로 조직 표면에 대해 수평 방향의 정찰 영상을 얻은 후, 점막 표면의 종양의 위치를 확인하고 종양의 장경을 따라 수직 방향으로 층을 따라 종단면으로 영상을 얻었다. 이 때 관심영역 (FOV)의 크기는 14 × 14 cm 정도의 정사각형으로 설정하고, matrix 크기는 256 × 256, NEX (number of excitation)는 3으로 하였다. 모든 스캔의 절편 두께는 3 혹은 4 mm로 하였으며 절편 간격은 없었다. 자기공명영상 기기에 넣을 때 조직은 얇은 천으로 감쌌으며 모든 스캔은 정지된 상태에서 시행하였다.

2) 초음파영상

초음파 영상은 IU-22 MATRIX Ultrasound기기 (Phillips Healthcare, Bothell Wash.)와 5-17 MHz의 고주파수 직선형 탐촉자를 이용하여 얻었다.

한 명의 영상의학과 전문의가 절제된 종양 조직을 종양이 충분히 잠길 정도로 생리 식염수를 채운 플라스틱 수조 속에 넣은 후, 수조 속에서 탐촉자를 이동하면서 종양의 침윤 깊이에 대한 종단면으로 초음파 영상을 얻었다. 이 때 탐촉자는 생리 식염수에 넣기 위해 비닐로 감쌌으며, 초음파를 시행할 때 공기 방울에 의한 인공물이 생기지 않도록 탐촉면과 비닐 사이에 충분한 양의 젤리를 채우고 가능한 한 천천히 탐촉자를 이동시키며 검사를 시행하였다. 또한 영상 화면의 깊이는 조직의 크기에 따라 3~6 cm 정도로 조절하였고, 종양이 없는 정상부위의 초음파 영상을 보면서 적절한 gain setting을 설정한 후 종양의 침윤 부위에 대한 영상을 얻었다.

3. 영상분석

각각의 조직에 대해 시행한 자기공명영상과 초음파영상 소견의 분석은 두 명의 영상의학과 전문의가 합의하에 전향적으로 시행하였으며, 두 영상 기기의 영상 소견을 독립적으로 분석하였다. 각각의 영상에서 먼저 종양의 발견과 발견 불가로 크게 구분한 뒤, 종양이 발견되었을 경우 종양의 침윤 깊이를 T 병기의 기준인 점막하층, 근육층, 장막외층 침윤의 세 가지 범주로 분류하였다. 특히 자기공명영상에서 종양의 침윤 깊이는 일곱 개의 펄스 연쇄 중에 세개 이상에서 일관되게 보이는 경우를 진단 기준으로 결정하였다. 이에 결정된 종양의 침윤 깊이를 조직병리 소견과 직접 비교하였고, 일부 종양 조직은 일반적인 방법보다 더 잘게 나누어 각 위치 별로 매치(matching)시켜 종양의 침윤 깊이를 미세 분석 비교하였다. 이런 병리 소견을 기준으로 종양의 침윤 깊이에 따른 T 병기에 대해 두 영상 기기의 진단적 정확도를 산출하였고 병기의 기준은 2002년 American Joint Commission on Cancer (AJCC)를 이용하였다.

일곱 가지 펄스 연쇄에 대한 영상의 분석은 각각에 대해 종양 주변의 정상 조직이 세 개의 층(점막층, 점막하층, 근육층) 이상으로 잘 구분이 되어 종양의 장벽 침윤을 아는 기준으로 이용할 수 있는지, 종양 조직 자체가 정상 조직과 잘 구분되어 보이는지, 종양 조직과 정상 조직이 경계가 잘 그려지는지, 종양이 장벽 내로 침윤된 깊이가 병리 소견과 일치하는지, 네 가지의 조건을 기준으로 시행하였다. 두 명의 영상의학과 의사가 합의하에 이 조건을 만족시키는 영상들을 분류하였고 각 펄스 연쇄 별로 좋은 영상의 비율을 산출하였다. 특히 조기 직결장암의 경우 따로 구분하여 전체 직결장암의 경우와 차이가 있는지 알아보았다.

4. 통계 분석 방법

두 영상 기기에 대한 진단적 정확도에 대해 종양의 T 병기와 조기 직결장암인 T1 병기에 대해 McNemar test를 이용하여 비교 분석하였으며 각 펄스 연쇄에 대해 좋은 영상의 비율을 산출하여 이에 유의한 차이가 있는지 여부는 Bonferroni's multiple comparison test를 이용하여 알아보았다. 유의 확률(p-value)이 0.05미만일 경우 통계적으로 유의하다고 판단하였다.

결 과

1. 진단적 정확도

대상군인 45예의 조직병리검사 소견에서 종양이 점막하층 이내에 국한된 조기 직결장암은 8예였고, 종양이 근육층 이상을 침윤한 직결장암은 37예였다. 이를 다시 종양의 T 병기에 따라 분류를 하면 종양이 점막하층까지 침윤한 T1 병기는 8예, 근육층까지 침윤한 T2 병기는 8예, 장막 밖으로 침윤한 T3 병기 이상은 29예였다. 이들을 종양의 모양을 따라 분류하면 용종형 또는 궤양성 용종형의 형태가 37예였고 불분명한 경계의 침윤하는 형태가 8예였다.

직결장암의 T 병기의 진단적 정확도는 자기공명영상 검사가 91.1% (41/45), 초음파 검사가 86.7% (39/41)로 나타났다. T1 병기 8예 중에 자기공명영상 검사는 75.0% (6/8)를 초음파 검사는 87.5% (7/8)를 정확하게 진단하였고, T2 병기 8예 중에 자기공명영상 검사는 75.0% (6/8)를 초음파 검사는 50.0% (4/8)를 정확히 진단하였다. T3 이상의 병기에 대해서는 자기공명영상 검사가 100% (29/29) 모두를 초음파 검사가 96.6% (28/29)를 정확히 진단하였다 (Table 1). 두 영상 기기는 종양의 침윤 깊이에 따른 T 병기에 대해 각각 91.1%, 86.7%의 높은 진단적 정확도를 보였으며, 두 영상 기기 간에 통계적으로 유의한 차이는 없었다 ($p > 0.05$). 조기 직결장암의 경우 자기공명영상과 초음파 검사에서 모두 정확히 종양의 침윤 깊이를 진단한 경우는 각각 자기공명영상 6예, 초음파 7예였으며 (Fig. 1), 두 영상 기기에 대해 각각 75%, 87.5%의 진단적 정확도를 보여 초음파 검사가 우세해 보였으나 통계적으로 유의한 차이는 없었다 ($p > 0.05$).

자기공명영상 검사에서 T 병기를 잘못 진단했던 경우는 4예였다. 그 중 2예는 침윤형의 조기 직결장암 (장경 1.1 cm 및 1.3 cm)으로 종양 탐지 자체를 하지 못한 경우였다. 다른 2예는 T2 병기를 T3 병기 이상으로 과대 진단한 경우로 고속스핀에코 T2 강조영상, 경사에코 정위상 T1 강조영상 및 FIESTA 기법에서 원래 고신호 강도를 보이는 종양 주변 지방층의 신호가 저신호 강도로 관찰되어 종양 침윤으로 생각한 경우였다. 병리 소견에서는 근육층에만 종양이 국한되어 있었고 종양 주변 장간막에는 이차적인 염증 소견만 관찰되었다.

고주파 탐촉자를 이용한 초음파 검사에서 T 병기를 잘못 진단했던 경우는 6예로 종양 탐지 자체를 하지 못한 경우 1

Table 1. Diagnostic Accuracy for Colorectal Cancer Specimen on MRI and US

	T1	T2	More than T3	Total
MRI	6/8 (75.0%)	6/8 (75.0%)	29/29 (100%)	41/45 (91.1%)
US	7/8 (87.5%)	4/8 (50%)	28/29 (96.6%)	39/45 (86.7%)

예, 과대 진단한 경우 2예, 그리고 과소 진단한 경우 3예였다. 과대 진단한 2예는 T2 병기를 T3 병기 이상으로 진단한 경우로 종양 주변 장간막의 고에코가 이차적 염증에 의해 저에코로 관찰되어 종양 침윤으로 오인한 경우였다. 과소 진단한 3예는 T3 병기를 T2 병기로 진단한 1예와 T2 병기

를 T1 병기로 진단한 2예로, 이 중 T3 병기를 T2 병기로 진단한 1예는 종양의 크기가 12 cm으로 병리 소견 상 국소적으로만 장간막 밖으로 종양 침윤이 있어 검사자가 종양 전체를 자세히 검사하는 데 초음파가 제한적이었던 경우였다. T2 병기를 T1 병기로 진단한 2예는 종양 침윤이 있는 근육

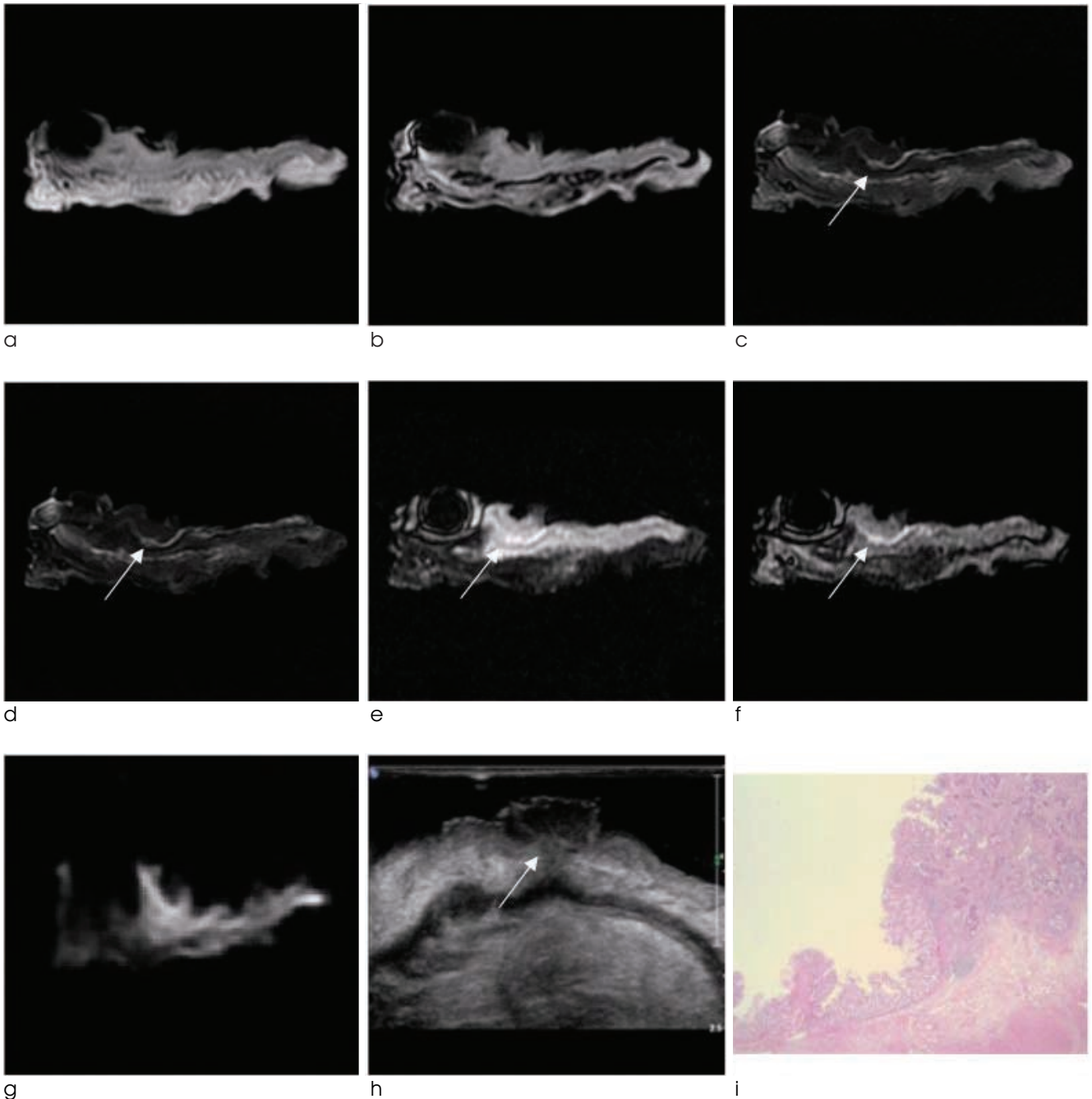


Fig. 1. Rectal cancer (T1, polypoid type).

a-b, g. T1 in- and out-of-phases and DWI don't show exact layer of tumor involvement.

c-f. FSE T2, FSE T2 fat-suppression, FIESTA and FIESTA fat-suppression show tumor involvement of submucosal layer with preserved proper muscle layer (arrows).

h. US shows hypoechoic tumor involvement (arrow) of echogenic submucosa with preserved hypoechoic proper muscle layer.

i. Histopathology of the tumor (H & E, ×10) is confined to submucosa.

층의 저에코가 주변 정상 근육층의 저에코와 에코 차이가 미미해 구분이 힘들었던 경우로 후향적으로 다시 분석해도 정확한 진단이 힘들었다 (Fig. 2).

장막층이나 장막외 지방층까지 종양이 침윤한 T3 이상의 병기 경우 자기공명영상 검사인 경우 용종형 (Fig. 3)이나

침윤형 (Fig. 4) 형태와 상관없이 29예 (100%) 모두에서, 초음파 검사인 경우 위에서 언급한 경우 1예를 제외한 28예 (96.6%) 모두에서 정확하게 진단했다.

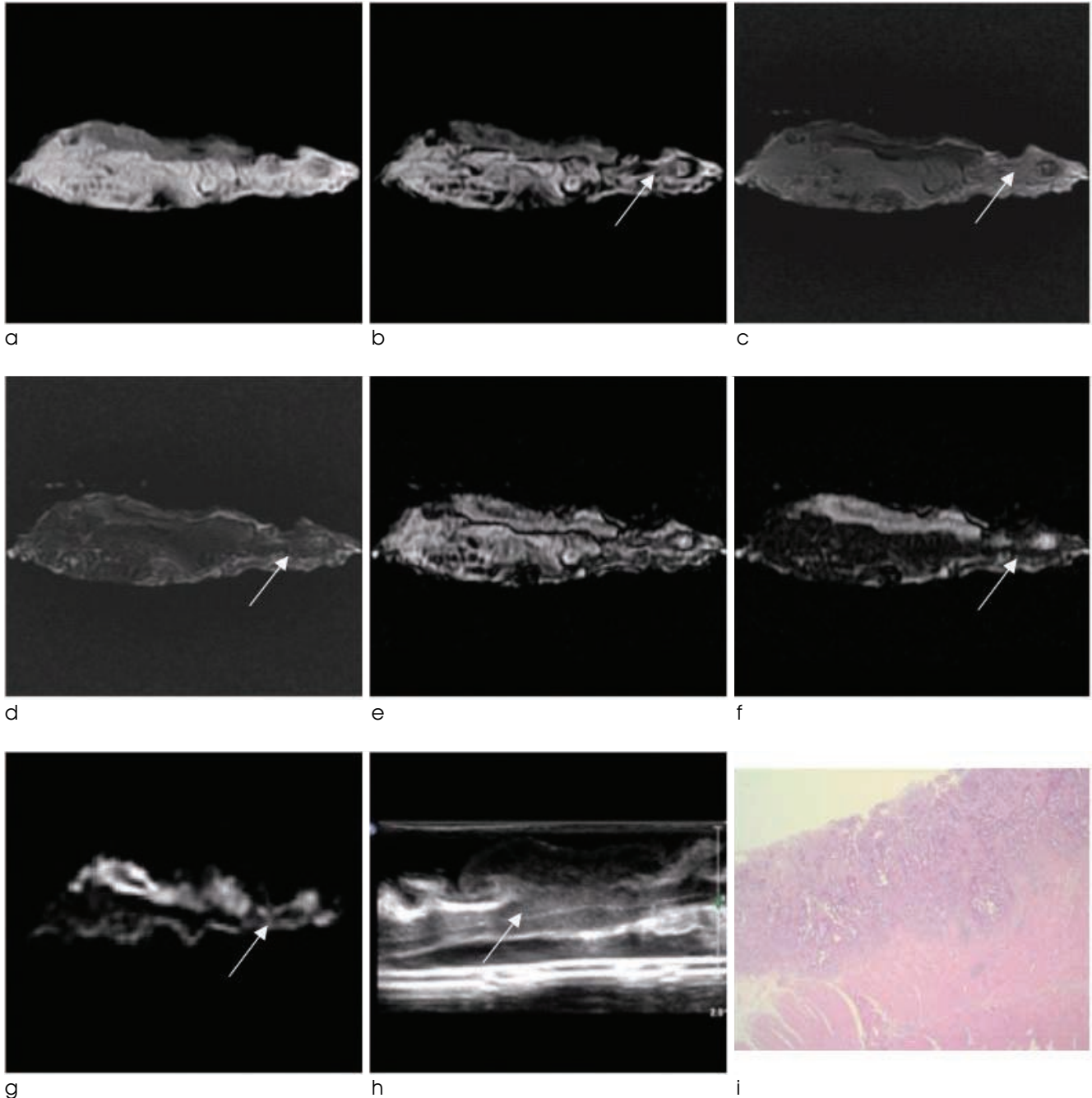


Fig. 2. Rectal cancer (T2, ulcerative type).

a, e. T1 in-phase and FIESTA don't show exact layer of tumor involvement.

b-c, d, f-g. T1 out-of-phase, FSE T2, FSE T2 fat-suppression, FIESTA fat-suppression and DWI show tumor involvement of submucosal layer with disruption of proper muscle layer (arrows).

h. US shows hypoechoic tumor involvement of echogenic submucosa with just thickened inner hypoechoic muscle layer (arrow).

i. Histopathology of the tumor (H & E, ×10) is invasion to proper muscle layer.

2. 자기공명영상기법

직결장암 전체 조직에 있어 자기공명영상의 각각의 펄스 연쇄 별로 좋은 영상이라고 평가된 경우는 경사에코 정위상 T1 강조영상 15예 (33.3%), 경사에코 탈위상 T1 강조영상 11예 (24.4%), 고속스핀에코 T2 강조영상 41예 (91.1%), 지

방억제 고속스핀에코 T2 강조영상 37예 (82.2%), FIESTA 영상이 33예 (73.3%), 지방억제 FIESTA 영상이 17예 (37.8%), 확산강조영상 9예 (20.0%)였다. 이 중 조기 직결장암 8예에서의 좋은 영상의 비율은 경사에코 정위상 T1 강조영상이 4예 (50.0%), 경사에코 탈위상 T1 강조영상이 3

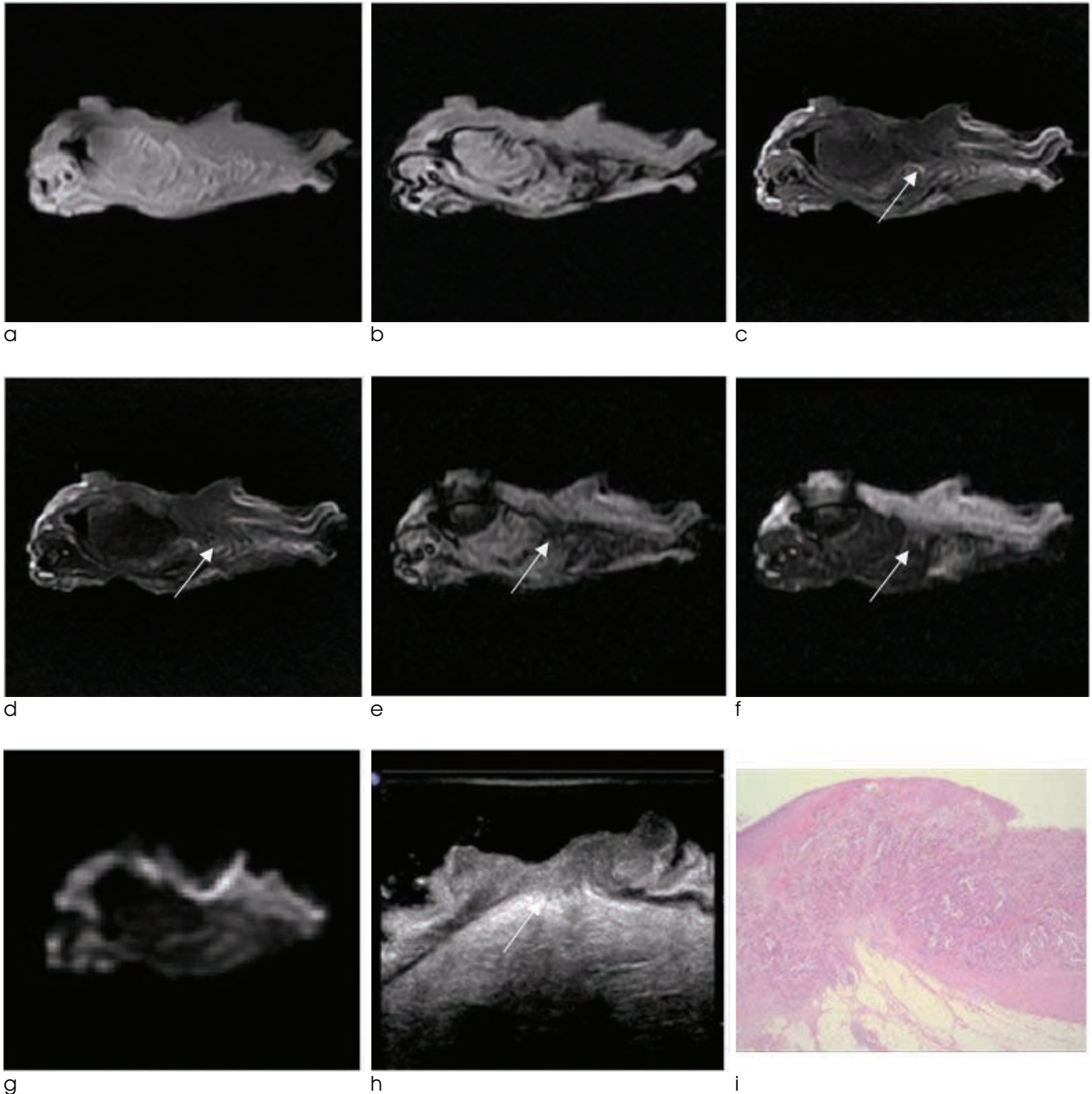


Fig. 3. Sigmoid colon cancer (T3, ulcerofungating type).

a-b, g. T1 in- and out-of-phases and DWI don't show exact layer of tumor involvement.

c-f. FSE T2, FSE T2 fat-suppression, FIESTA and FIESTA fat-suppression show tumor infiltration into pericolic fat tissue (arrows).

h. US shows hypoechoic tumor infiltration into echogenic pericolic fat tissue (arrow).

i. Histopathology of the tumor (H & E, × 10) is infiltration into pericolic fat tissue.

예 (37.5%), 고속스핀에코 T2 강조영상이 6예 (75.0%), 지방억제 고속스핀에코 T2 강조영상이 4예 (50.0%), FIESTA 영상이 3예 (37.5%), 지방억제 FIESTA 영상이 2예 (25.0%), 확산강조영상이 1예 (12.5%)였다. 또한 T2 병기 이상으로 진행된 직결장암에서의 비율은 경사에코 정위

상 T1강조영상이 11예 (29.7%), 경사에코 탈위상 T1강조영상이 8예 (21.6%), 고속스핀에코 T2 강조영상이 35예 (94.6%), 지방억제 고속스핀에코 T2 강조영상이 33예 (82.2%), FIESTA 영상이 30예 (81.1%), 지방억제 FIESTA 영상이 15예 (40.5%), 확산강조영상이 8예

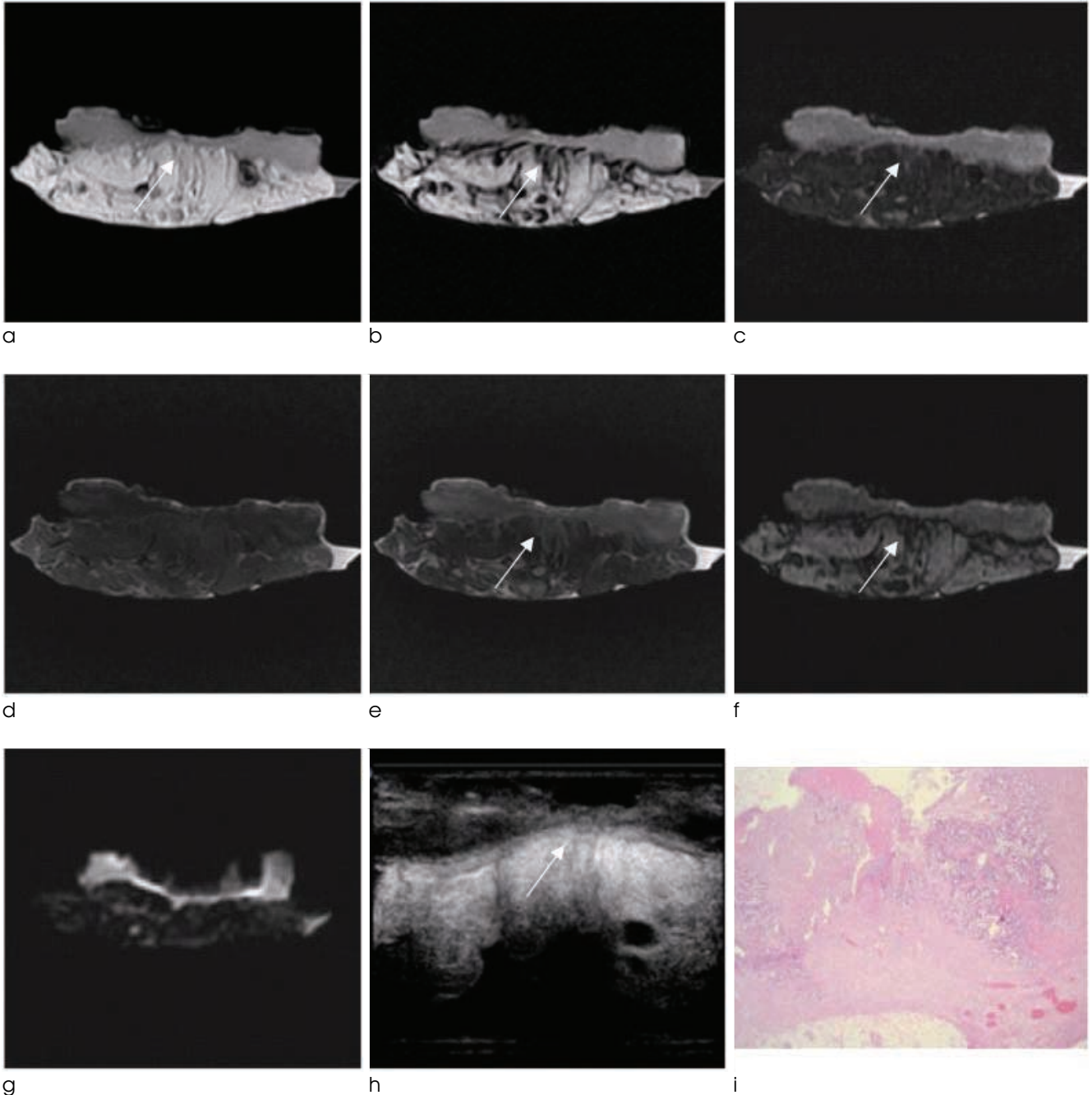


Fig. 4. Sigmoid colon cancer (T3, ulceroinfiltrative type).

a-c, e-f. T1 in- and out-of-phases, FSE T2, FIESTA and FIESTA fat-suppression show infiltrative tumor invasion to pericolic fat tissue (arrows).

d, g. FSE T2 fat-suppression and DWI don't show exact layer of tumor involvement.

h. US shows ill-defined hypoechoic tumor infiltration into echogenic pericolic fat tissue (arrow).

i. Histopathology of the tumor (H & E, ×10) is invasion into pericolic fat tissue.

Table 2. Ratio of Satisfying Imaging among Seven MR pulse Sequences

	T1-in	T1-out	FSE T2	FSE T2 fat-sup	FIESTA	FIESTA fat-sup	DWI
T1	4/8 (50.0%)	3/8 (37.5%)	6/8 (75.0%)	4/8 (50.0%)	3/8 (37.5%)	2/8 (25.0%)	1/8 (12.5%)
T2 & T3	11/37 (29.7%)	8/37 (21.6%)	35/37 (94.6%)	33/37 (89.2%)	30/37 (81.1%)	15/37 (40.5%)	8/37 (21.6%)
Total	15/45 (33.3%)	11/45 (24.4%)	41/45 (91.1%)	37/45 (82.2%)	33/45 (73.3%)	17/45 (37.8%)	9/45 (20.0%)

Note.— T1-in : gradient echo T1 weighted in-phase image

T1-out : gradient echo T1 weighted out-of-phase image

FSE T2 : fast spin echo heavily T2 weighted image

FSE T2 fat-sup : fast spin echo heavily T2 weighted fat suppression image

FIESTA : fast imaging employing steady-state acquisition image

FIESTA fat-sup : fast imaging employing steady-state acquisition with fat suppression image

DWI : diffusion weighted image (b = 1000)

(21.6%)였다 (Table 2). 이 일곱 가지 펄스 연쇄 중 전체 직결장암에서 혹은 조기 직결장암에서 통계적으로 유의하게 높은 진단적 가치를 가지는 펄스 연쇄는 고속스핀에코 T2 강조영상였으며 ($p < 0.05$), 다음으로 지방억제 고속스핀에코 T2 강조영상이었다.

고 찰

직결장암의 예후는 진단 시의 종양 병기와 그에 따른 적절한 치료 방침의 선택과 밀접한 관련이 있다 (2). 직결장암의 종양 병기는 AJCC에서 정한 TNM 병기를 이용하며, 종양의 침윤 깊이, 임파선의 전이 정도 그리고 원격 전이를 기준으로 결정되며 (9, 10), 이를 바탕으로 용종 제거술, 내시경적 점막 절제술, 수술적 국소 절제술, 철저한 주변 절제술, 수술 전 항암 및 방사선 치료 등의 치료 방법을 선택하게 된다 (2, 11, 12). 특히, 조기 직결장암의 경우 종양의 침윤 깊이를 정확하게 진단하는 것이 영상 검사의 매우 중요한 역할이며, 진행된 직장암의 경우 종양의 침윤이 직장간막 근막 (mesorectal fascia)과 어느 정도 거리가 떨어져 있는지 평가하는 것이 중요하다 (12-14).

직결장암의 영상의학적 종양 병기 평가에는 일반적으로 전산화단층 촬영법, 자기공명영상 검사, 내시경적 초음파 검사 및 FDG PET-CT (fluorodeoxyglucose positron emission tomography-computed tomography) 등이 사용되며, 현재까지는 내시경적 조직검사로 직결장암이 확진된 후 수술 전 종양 병기를 결정하는 표준화된 검사법은 전산화단층 촬영법이다 (15, 16). 인접한 장기로의 침범, 림프절의 비대, 원격 전이에 대한 평가를 비교적 객관적으로 할 수 있으나, 종양의 장벽 침윤 깊이에 대해서는 알 수 없으며 전이된 림프절의 판별이 어렵다는 단점이 있다. 또한 조영제 주입을 위한 정맥 루트 확보가 필요하고 방사선에 노출되게 된다.

이에 비해 자기공명영상은 기본적으로 전산화단층촬영 영

상에 비해 대조도가 높고, 횡단면뿐만 아니라 시상면, 관상면 등의 다면 영상이 가능하여 전산화단층촬영 영상의 부분 용적 효과에 의한 허상의 단점을 극복 할 수 있으며, 정맥을 통한 조영제의 투여 없이도 좋은 질의 영상을 얻을 수 있다는 장점이 있다. 그러나 위장관 촬영 시에는 고식적인 스핀에코 기법의 경우 영상 시간이 길어 연동 운동에 의한 장관 모양의 변화, 호흡이나 혈관의 박동에 의한 인공음영 유발로 인해 영상의 질이 저하되었기 때문에 자기공명영상 검사가 전산화단층 촬영에 비해 직결장암의 종양 병기 결정에 잘 이용되지 않았다.

현재 이러한 제한점을 어느 정도 극복할 수 있는 많은 영상 기법들, 즉, 고속스캔 영상 기법 (fast scan imaging), 복수채널코일 (multichannel coil), 병행 영상 기법 (parallel imaging), 호흡 보상술 (respiratory triggering), 사전포화술 (presaturation), 지방신호 억제 기법 (fat suppression) 등이 개발되었다. 이와 더불어 장운동 억제제의 투여나 물, 공기, 철분 제재 (ferumoxides), 가돌리늄 (gadolinium), 암모늄 시트레이트 (ammonium citrate) 등의 조영제 사용과 함께 위장관 영상의 질을 향상 시켜왔다 (17-19).

직결장의 경우 조직학적으로 정상 장벽의 두께가 위장관 중에서 가장 얇은 것으로 알려져 있다. 그러나 많은 보고들에서 자기공명영상 검사가 직결장의 각 층을 구분하는 데에 우수한 해상도를 가지고 있고, 스핀에코 기법으로는 T2 기법이 T1 기법보다 우수하다고 증명하였다 (20).

아직까지는 결장암보다는 주로 직장암의 경우에 직장 내 코일이나 위상배열 표면 코일을 이용하여 자기공명영상 검사를 시행하고 종양 병기와 임파선 전이에 대한 진단을 하고 있으며 이 정확도에 관한 보고들도 주로는 직장암에 한정되어 있다 (7, 22). 이는 결장암에서는 장의 적절한 팽창 상태를 유지하며 자기공명영상 검사를 하는 것이 불가능하기 때문이라고 하겠다.

Yamada 등은 직결장암 조직의 표면 코일을 이용한 3D-CISS (constructive interference in steady-state) 자

자기공명영상을 얻고 병리 소견과 비교하여 종양의 침윤 깊이에 대한 정확도 (95%)를 분석하였으며, 가상 자기공명 내시경 영상과 조직 소견을 비교하여 전체적인 종양의 표면 모양과의 일치도가 높음을 보고하였다. 또한 이들은 종양 주변의 정상 직결장 조직이 네 층에서 여섯 층 정도로 구분이 잘된다고 하였다 (20). 본 연구에서 직결장암 조직의 표면 코일을 이용한 자기공명영상의 종양 침윤 깊이에 대한 정확도는 91.1%로, Yamada 등의 논문과 거의 일치하는 결과였다. 그러나 조기 직결장암만 고려하였을 때 정확도는 75%로 떨어져 여전히 제한점이 있었다.

내시경적 초음파의 경우 다섯 개의 구분되는 에코의 차이 (고-저-고-저-고)로 장벽의 네 개의 층 (점막층, 점막하층, 근층, 장간막)을 구분하여 보여 준다고 알려져 있고, 이를 통한 직장암의 종양 병기 평가에 대한 보고가 지속적으로 있어 왔다 (18). 직장 내 초음파 검사는 한때 직장암의 종양 병기 평가에 대한 진단적 정확도가 가장 우수하다고 보고되었으며, 진단적 민감도는 여러 논문에서 69~97% 정도로 다양하게 나타났다 (21, 22). Blomqvist 등은 많은 수의 대장암을 바탕으로 분석한 결과 종양이 직장의 점막 상부에 국한된 경우에는 진단적 민감도가 높으나, 진행된 직장암의 경우 민감도가 떨어진다고 하였다 (22). 또한 메타 분석한 다른 보고에서도 직장 내 초음파 검사는 종양 병기에 의해 그 민감도가 결정된다고 보고하였다 (15). 이는 T3 병기 이상으로 진행된 직장암의 경우 초음파의 음향 투과 정도가 제한되기 때문에 정확한 평가가 어렵기 때문으로 생각된다. 직결장암 조직을 이용한 초음파 검사에 대한 논문은 찾을 수 없었으며, 본 연구에서 직결장암 조직의 고주파 탐촉자를 이용한 초음파영상의 종양 침윤 깊이에 대한 정확도는 86.7%로 비교적 높게 측정되었다. 특히 조기 직결장암의 진단적 정확도의 경우 전체 직결장암의 결과와 비교할 때, 자기공명영상 검사는 75%로 큰 폭으로 떨어진 데 반해 초음파 검사는 87.5%로 오히려 약간 상승하였고 이는 이전 논문들의 결과와 일치하였다.

현재 직장암의 종양 병기 진단에 일반적으로 유용하게 사용되는 표준화된 자기공명영상의 펄스 연쇄는 고속스핀에코 T2 강조영상으로 환자에서 시행할 때 이의 세 가지 단면 영상을 모두 얻는 것으로 국소 종양 병기 진단에 충분하다고 했다 (7, 9, 10). 본 연구는 고속스핀에코 T2 강조영상 외에도 심장이나 혈관 영상에서 우수한 해상도를 보여주는 FIESTA 영상기법과 T3 이상의 진행된 환자의 수술전 항암 방사선치료 동시 요법 후 종양 병기 재평가에 있어서 T2 강조영상보다 우수하다고 알려진 확산강조영상을 (23) 포함시켰으며, 경사예코 정위상 T1 강조영상 및 경사예코 탈위상 T1 강조영상과 함께 고속스핀에코 T2 강조영상과 FIESTA 및 이들의 지방억제 영상을 추가하였다. 이런 여러 MR 펄스 연쇄들을 시도해 본 결과 정확한 종양 침윤 깊이를 보여주는 가장 우수한 것은 고속스핀에코 T2 강조영상이었으

며, 지방억제 고속스핀에코 T2 강조영상이 두 번째로 우수하였다. 또한 고속스핀에코 T2 강조영상에서 종양이 감지되지 않았거나 종양의 침윤 깊이가 부정확하게 묘출된 경우 진단을 정확하게 한 경우는 두 경우 밖에 없었다. 이는 조기 직결장암과 T2 병기 이상의 직결장암으로 나누어서 분석을 하여도 역시 같은 결과로 나왔다. 그러나 T2 병기 이상의 직결장암 (94.6%, 89.2%)에 비해 조기 직결장암 (75%, 50%)에서 좋은 영상의 비율이 월등히 낮아, 가장 우수하다고 하는 고속스핀에코 T2 강조영상 또한 조기 직결장암의 경우 제한적일 수 있다는 점을 재확인하였다.

이러한 결과들을 토대로 볼 때 현재 직결장암의 수술 전 종양 병기 결정에 있어 기본적인 전산화단층 촬영의 역할이 자기공명영상이나 초음파 검사로 어느 정도 분담이 이루어져 왔고 앞으로 지속적으로 이루어질 것으로 생각된다. 자기공명영상 검사의 경우 기술적 발전과 혁신으로 좀 더 짧은 스캔 시간이 가능해지거나 장내조영제의 개발로 일정한 시간 동안 장의 팽창을 유지할 수 있게 된다면 현재 많이 사용되고 있는 직장뿐만 아니라 결장까지 암의 수술 전 치료방침 결정을 위한 표준 검사법으로 활용의 폭이 넓어질 것으로 여겨진다. 초음파 검사의 경우에도 내시경하가 아닌 복벽을 통한 방법으로도 좋은 해상도를 보일 수 있다면 환자가 편안한 상태에서 국소 종양 병기에 대한 수술 전 검사가 이루어 질 수 있을 것이다.

본 연구는 작은 연구 대상 군의 수적 제한성과 생체 내의 종양이 아닌 생체 밖의 종양 조직에 대한 영상 분석이라는 한계성이 있지만, 직결장암 조직의 종양 침윤 깊이에 대한 자기공명영상과 초음파영상을 모두 직접 병리 소견과 비교한 첫 시도라는데 의의가 있겠다. 생체 밖 종양 조직에 대해 자기공명영상과 병리 소견을 비교한 논문이나 (12-14, 20), 생체 내 종양에 대해 내시경적 초음파 혹은 자기공명영상 검사의 진단적 정확도를 연구한 보고 (9, 10)들과 비교해 보았을 때 본 연구의 결과는 약간의 차이는 있었으나 비교적 유사한 결과를 보였다. 특히 새로 개정된 AJCC (American Joint Committee on Cancer) 병기에 따르면 예후를 좌우하는데 T 병기의 중요성이 커지고 있어 종양의 침윤 깊이에 대한 영상 분석 또한 그 중요성이 증대되고 있다. 2010년 개정된 AJCC의 국소 종양 병기는 그 이전과 비교하였을 때 T3 병기가 T3와 T4a로 세분화되어 T3는 종양 침윤이 장막하 조직까지 T4a는 장측 복막까지 침범한 것으로 구분하였는데 본 연구의 경우 수술전 항암 방사선치료 요법을 시행한 경우는 포함되지 않았고 절제된 종양 조직에 대한 영상으로 이를 적용하는데 제한점이 있을 것으로 여겨져 2002년 AJCC를 기준으로 T 병기를 구분하였다.

이제까지 외과 영역에서 주로 T2와 T3 병기를 기준으로 직장암의 치료 방침이 달라지는 것에 초점을 맞추어 주로 자기공명영상에서 이를 구분해 내기 위한 연구가 많았다 (23). 그러나 조기 직결장암의 국소적인 치료 방법이 발달함

에 따라 T1과 T2 병기의 구분 역시 중요성이 높아지고 있다. 이에 본 연구는 조기 직결장암을 분리해 객관적인 분석을 시도하였으며 자기공명영상에서의 한계점과 내시경적 초음파 영상의 우수성을 재확인할 수 있었다. 또한 자기공명영상의 경우 여러 논문에서 우수하다고 증명된 고속스핀 에코 T2 강조영상 이외에도 짧은 시간 내에 시행할 수 있는 여러 MR 펄스 연쇄에 시도를 해 봄으로써 이에 대한 객관적인 기초 자료를 제시했다고 할 수 있겠다.

결론

절제된 직결장암 조직의 다중채널 코일을 이용한 자기공명영상 및 고주파 탐촉자를 이용한 초음파영상을 얻어 종양의 침윤 깊이에 대한 T 병기의 진단적 정확도를 비교한 결과 두 영상 기기 모두 높은 정도의 진단적 정확도를 보였으며, 두 영상 기기 간에 통계적으로 유의한 차이는 없었다.

종양의 침윤 깊이를 주변의 정상 조직과 가장 잘 구분하여 보여준 MR 펄스 연쇄는 고속스핀에코 T2 강조영상이었으며, 다음으로 지방억제 고속스핀에코 T2 강조영상이었다.

References

1. Stastics Korea. 2009 causes of death stastics. <http://www.kostat.go.kr>
2. Visser BC, Varma MG, Welton ML. Local therapy for rectal cancer. *Surg Oncol* 2001;10:61-69
3. Hundt W, Braunschweig R, Reiser M. Evaluation of spiral CT in staging of colon and rectum carcinoma. *Eur Radiol* 1999;9:78-84
4. Horton KM, Abrams RA, Fishman EK. Spiral CT of colon cancer: imaging features and role in management. *Radiographics* 2000;20:419-430
5. Kudo S, Kashida H, Nakajima T, Tamura S, Nakajo K. Endoscopic diagnosis and treatment of early colorectal cancer. *World J Surg* 1997;21:694-701
6. Okabe S, Arai T, Maruyama S, Murase N, Tsubaki M, Endo M. A clinicopathological investigation on superficial early invasive carcinomas of the colon and rectum. *Surg Today* 1998;28:687-695
7. Akin O, Nessar G, Agildere AM, Aydog G. Preoperative local staging of rectal cancer with endorectal MR imaging: comparison with histopathologic findings. *Clin Imaging* 2004;28:432-438
8. Beets-Tan RG, Beets GL. Rectal cancer: review with emphasis on MR imaging. *Radiology* 2004;232:335-346
9. Maldjian C, Smith R, Kilger A, Schnall M, Ginsberg G, Kochman M. Endorectal surface coil MR imaging as a staging technique for rectal carcinoma: a comparison study to rectal endosonography. *Abdom Imaging* 2000;25:75-80
10. Gualdi GF, Casciani E, Guadalaxara 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
11. Reynolds JV, Joyce WP, Dolan J, Sheahan K, Hyland JM. Pathological evidence in support of total mesorectal excision in the management of rectal cancer. *Br J Surg* 1996;83:1112-1115
12. Beets-Tan RG, Beets GL, Vliegen RF, et al. Accuracy of magnetic resonance imaging in prediction of tumour-free resection margin in rectal cancer surgery. *Lancet* 2001;357:497-504
13. Burton S, Brown G, Daniels IR, et al. MRI directed multidisciplinary team preoperative treatment strategy: the way to eliminate positive circumferential margins? *Br J Cancer* 2006;94:351-357
14. Lahaye MJ, Engelen SM, Nelemans PJ, et al. Imaging for predicting the risk factors the circumferential resection margin and nodal disease of local recurrence in rectal cancer: a meta-analysis. *Semin Ultrasound CT MR* 2005;26:259-268
15. 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
16. Otchy D, Hyman NH, Simmang C, et al. Practice parameters for colon cancer. *Dis Colon Rectum* 2004;47:1269-1284
17. Thickman DI, Kundel HL, Wolf G. Nuclear magnetic resonance characteristics of fresh and fixed tissue: the effect of elapsed time. *Radiology* 1983;148:183-185
18. de Lange EE, Fechner RE, Edge SB, Spaulding CA. Preoperative staging of rectal carcinoma with MR imaging: surgical and histopathologic correlation. *Radiology* 1990;176:623-628
19. Beets-Tan RG, Lettinga T, Beets GL. Pre-operative imaging of rectal cancer and its impact on surgical performance and treatment outcome. *Eur J Surg Oncol* 2005;31:681-688
20. Yamada I, Okabe S, Enomoto M, et al. Colorectal carcinoma: in vitro evaluation with high-spatial-resolution 3D constructive interference in steady-state MR imaging. *Radiology* 2008;246:444-453
21. Akbari RP, Wong WD. Endorectal ultrasound and the preoperative staging of rectal cancer. *Scand J Surg* 2003;92:25-33
22. Blomqvist L, Machado M, Rubio C, et al. Rectal tumour staging: MR imaging using pelvic phased-array and endorectal coils vs endoscopic ultrasonography. *Eur Radiol* 2000;10:653-660
23. Kim SH, Lee JM, Hong SH, et al. Locally advanced rectal cancer: added value of diffusion-weighted MR imaging in the evaluation of tumor response to neoadjuvant chemo- and radiation therapy. *Radiology* 2009;253:116-125

***In Vitro* imaging of MRI and Ultrasound for Colorectal Carcinoma**

Hwang kyu Lee¹, Keum Nahn Jee¹, Sujin Hong¹, Jae Hyang Koh²

¹Department of Radiology, Dankook University Hospital, Cheonan, Korea

²Department of Pathology, Dankook University Hospital, Cheonan, Korea

Purpose : To evaluate and compare the accuracy of magnetic resonance imaging (MRI) and ultrasound (US) for detection and estimation of invasion depth of colorectal carcinoma (CRC) by correlation with histopathologic findings in vitro, and to find out the best MR pulse sequence for accurate delineation of tumor from surrounding normal tissue.

Materials and Methods: Resected specimens of CRC from 45 patients were examined about tumor detectability and invasion depth of US using high frequency (5–17 MHz) linear transducer in a tube filled with normal saline and MRI in a 8-channel quadrate head coil. The institutional review board approved this study and informed consent was waived. MRI with seven pulse sequences of in- and out-of-phases gradient echo T1 weighted images, fast spin echo T2 weighted image and its fat suppression image, fast imaging employing steady-state acquisition (Fiesta) and its fat suppression image, and diffusion weighted image (DWI) were performed. In each case, both imaging findings of MRI and US were evaluated independently for detection and estimation of invasion depth of tumor by consensus of two radiologists and were compared about diagnostic accuracy according to the histopathologic findings as reference standard. Seven MR pulse sequences were evaluated on the point of accurate delineation of tumor from surrounding normal tissue in each specimen.

Results: In specimens of CRC, both imaging modalities of MRI (91.1%) and US (86.7%) showed relatively high diagnostic accuracy to detect tumor and evaluate invasion depth of tumor. In early CRC, diagnostic accuracy of US was 87.5% and that of MRI was 75.0%. There was no statistically significant difference between two imaging modalities ($p > 0.05$). The best pulse sequence among seven MR sequences for accurate delineation of tumor from surrounding normal tissue in each specimen of CRC was fast spin echo T2 weighted image.

Conclusion: MRI and US show relatively high diagnostic accuracy to detect tumor and evaluate invasion depth of resected specimen of CRC. The most excellent pulse sequence of MRI for accurate delineation of tumor from surrounding normal tissue in CRC is fast spin echo T2 weighted image.

Index words : Magnetic resonance imaging (MRI) · tissue characterization · Ultrasound · Specimen
Colorectal cancer

Address reprint requests to: Keum Nahn Jee, M.D., Department of Radiology, Dankook University College of Medicine, Dankook University Hospital, San 16-5, Anseo-dong, Cheonan 330-715, Korea.
Tel. 82-41-550-6921 Fax. 82-41-552-9674 E-mail: jkn1303@dreamwiz.com