대한방사선의학회지 2001;45:483 - 494

절제된 정상위벽의 자기공명영상기법에 관한 연구: 조직소견과의 비교[1]

서보경 · 설혜영 · 이남준 · 차인호 · 정규병 · 김정혁 · 박철민 · 최은정
제보경 · 이지영 · 이기열[2] · 김정열[3] · 조성진[3]

목적: 급속자기공명영상기법을 이용하여 절제된 정상위벽을 관찰하고, 이를 조직소견과 비교 연구하여, 위벽의 관찰을 위한 최적기법을 찾고자 하였다.

대상과 방법: 25명 환자의 모두 41개 절제된 정상위조직을 수술후 수지(polyethylene)통에 넣고, 생리식염수로 채워 자기공명영상을 시행하였다. T1강조FLASH, 지방억제T1강조FLASH, T2강조TSE와 True - FISP 등 4가지 기법으로 위조직의 영상을 얻었다. 자기공명영상에서는 위벽의 층수와 각층의 신호강도를 관찰하였고, 이를 조직소견과 비교하였다. 자기공명영상소견을 조직소견과 비교한 후 위벽 각층의 명확성과 각층간의 구분, 및 전체 영상의 질에 대하여 비교하였다. 4가지 기법 중 가장 좋은 방법은 3, 가장 나쁜 방법은 0으로 하여 등급을 판정하였다.

결과: 자기공명영상에서 위벽의 층수는 T1강조FLASH에서 2층이 41예 중 6예(14.6%), 3층 31예(75.6%), 및 4층 4예(9.8%)였고, 지방억제T1강조FLASH에서 2층 6예(14.6%)와 3층 35예(85.4%), T2강조TSE에서 3층 24예(58.5%), 4층 11예(26.8%), 및 5층 6예(14.6%)였으며, True - FISP에서 1층 2예(4.9%), 2층 8예(19.5%), 3층 23예(56.0%), 4층은 4예(9.8%), 및 5층 4예(9.8%)이었다. 위벽의 신호강도는 T1강조FLASH와 지방억제T1강조FLASH에서 2층으로 보인 예는 위내강으로부터 고 - 중등도, 3층인 경우는 고 - 저 - 고/중등도, 4층인 예는 고 - 저 - 고 - 중등도신호강도였다. T2강조TSE에서는 3층으로 보인 예는 중등도/고 - 저 - 중등도, 4층인 경우는 중등도 - 저 - 고 - 중등도/저, 5층인 예는 저 - 고 - 저 - 고 - 저신호강도였다. 자기공명영상소견을 조직소견과 비교하였을 때 위벽이 3층으로 보인 경우 이것은 " 점막층 - 점막하층 - 근층 "에 해당하였다. 관찰한 3가지 면 모두에서 T1강조FLASH, 지방억제T1강조FLASH, T2강조TSE 기법이 True - FISP보다 통계적으로 유의하게 우수하였다(p=0.001). 점막층의 명확성에 있어서 가장 우수한 기법은 T1강조FLASH와 지방억제T1강조FLASH이었고(p< 0.05), 점막하층의 명확성과 점막하층과 근층간의 구분은 T2강조TSE가 가장 우수하였다(p< 0.05). 전체적인 영상의 질은 T1강조FLASH와 T2강조TSE에서 가장 우수하였다(p< 0.05).

결론: 자기공명영상은 위벽의 각 층을 구별할 수 있는 우수한 검사로 조직소견과 높은 연관성을 보이며, 전체 영상의 질, 점막하층의 명확성 및 점막하층과 근층간의 구분이 T2강조TSE에서 가장 우수하다.

위암은 한국에서 가장 흔한 악성종양이며, 위암에서 위벽침윤의 정도는 환자의 예후에 중요한 역할을 한다. 현재까지 위암을 진단하는데 일차적으로는 위내시경 및 상부위장관조영술이 이용되고, 수술전병기결정을 위해서는 전산화단층촬영이 주로 이용되었다 (1 - 9).

자기공명영상은 촬영시간이 길며, 호흡, 장운동, 혈관박동 등에 의한 인공물형성 등으로 인하여 영상의 질이 떨어지기 때문에 위장관의 영상진단에는 잘 이용되지 않았다. 그러나 최근 이러한 제한점들을 극복할 수 있는 여러 가지 방법, 즉, 급속스캔기법, 호흡보상술 (10), 사전포화술(presaturation) (11), 지방신호억제기법(fat suppression) (12 - 14), 장운동억제제 투여 및 물, 공기, 철분제재(ferrite particle), 가돌리니움, 암모

[1]고려대학교 의과대학 진단방사선과학교실
[2]인제대학교 일산백병원 진단방사선과학교실
[3]고려대학교 의과대학 해부병리학교실
이 논문은 2001년 6월 29일 접수하여 2001년 8월 24일에 채택되었음.

늄시트레이트 등의 위장관 조영제 (15-18)의 사용에 의하여 성적이 향상되고 있다. 위를 관찰하는데 있어서 자기공명영상은 조직 대조도가 높고 횡단면뿐 아니라 시상, 관상면 등의 다면 영상이 가능하여 전산화단층촬영에서의 단점인 부분용적효과를 극복할 수 있고, 인접한 췌장이나 간의 신호강도와 위장 종괴의 신호강도가 서로 다르므로 이들 조직간에 지방층이 얇아도 전산화단층촬영과 비교하여 그 경계가 쉽게 구분되며, 조영제의 정맥투여 없이도 영상을 얻을 수 있다는 장점이 있다.

현재까지 자기공명영상을 이용한 위에 관한 연구는 많지 않다. 오 등 (19)은 자기공명영상을 이용하여 26예의 포르말린 고정시킨 정상위벽을 관찰한 바 있다. 그러나 오 등은 임상에서 사용하지 않는 4.7-T의 고자장자기공명기기를 이용하였으며 고식적스핀에코기법의 T1 및 T2강조영상을 얻었다. 조직의 고정에 따른 자기공명신호강도의 변화에 대하여 Thickman 등 (20)이 오 등보다 먼저 보고하였으며, 두 연구에 의하면 고정한 조직은 고정하지 않은 조직에 비해 위벽 각층의 신호강도가 통계적으로 의미있게 높게 나타나므로 정확한 생체 위조직의 자기공명영상소견에 대해 적용하기에는 제한이 있었다. 그 후 Düx 등 (21)은 위암으로 인하여 절제된 20예의 신선한 위조직의 자기공명영상에서 위벽이 2, 3, 5층으로 다양하게 보였다고 보고하였으나 이런 자기공명영상소견들을 조직소견과 연관을 시도하지 않았다. 또한 급속스캔기법은 영상획득시간을 획기적으로 줄임으로서 인공물의 영향을 배제시킬 수 있는 장점이 있고, 경사에코기법인 FLASH(fast low angle shot), FISP(fast imaging with steady-state precession)과 스핀에코기법인 TSE(turbo spin echo), HASTE(half-fourieracquisition single-shot turbo spin echo) 등이 복부질환의 영상진단에서 이용되고 있으나 어떤 기법을 위장질환이 있는 환자들에게 사용하는 것이 가장 적절한가에 대한 연구가 미흡한 상태이다.

이에 이 연구는 절제된 정상위조직을 대상으로 하여 최근 복부영상진단에서 이용되고있는 급속자기공명영상기법인 T1FLASH, 지방억제T1FLASH, T2TSE 및 True-FISP를 이용하여 정상위벽을 관찰하고, 이를 조직소견과 비교하고자 하였으며, 또한 위벽의 관찰을 위한 최적기법의 선택을 위하여 네 가지 영상기법에서 위벽 각층의 명확성, 각층간의 구분, 및 전체 영상의 질을 비교하였다.

대상과 방법

악성종양 등의 질환으로 인하여 부분 혹은 전체적으로 절제된 위조직을 포르말린으로 고정하기 전에 질환이 없는 정상부위를 찾아 2 cm×5 cm 크기로 잘랐다. 절단한 조직의 모서리 네 곳을 실로 꿰맨 다음, 조직을 내부직경 7 cm의 수지(poly-

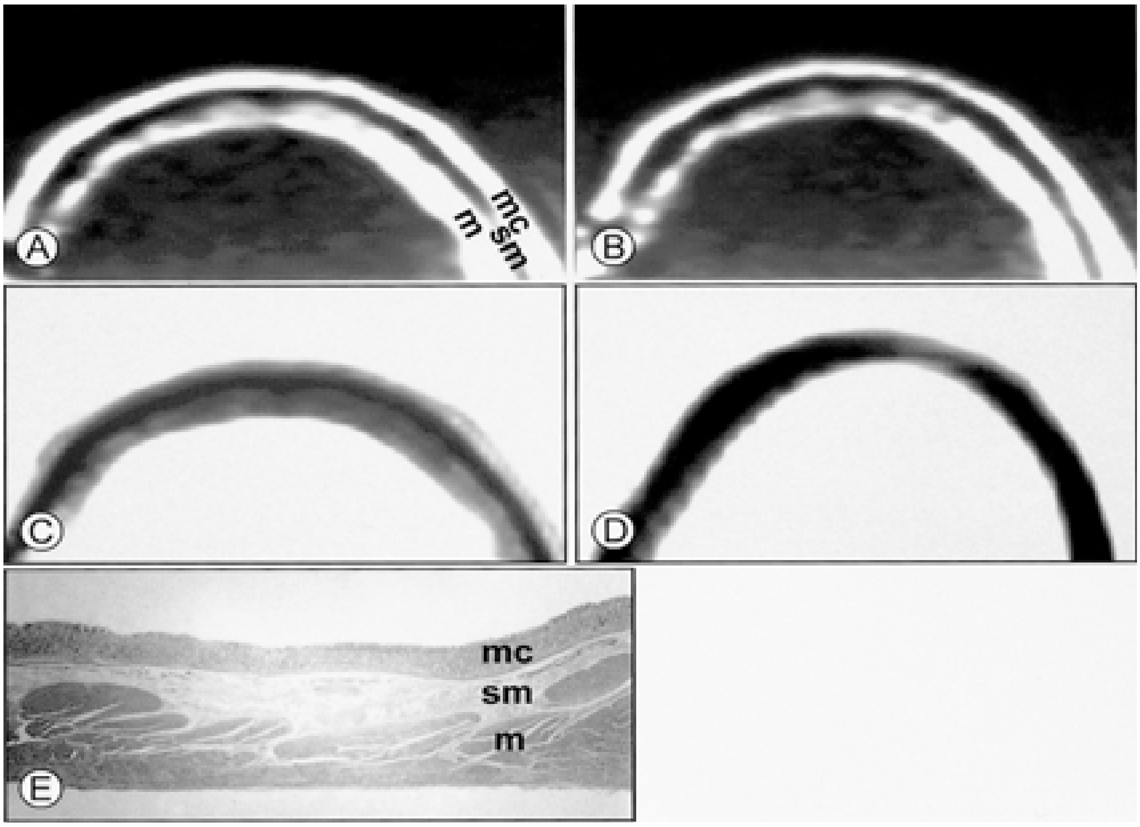

Fig. 1. Three-layered gastric wall on all MR sequences in correlation with gross specimen.
Gastric wall has three layers on T1FLASH(**A**), fat-saturated T1FLASH(**B**), T2TSE(**C**) and True-FISP(**D**). Each of these layers corresponds to the mucosa(mc), submucosa(sm), and muscle(m) from the inner to the outer layers, respectively, on microphotograph(H-E stain, ×1) (**E**).

ethylene)통에 넣고 생리식염수로 가득 채운 후, 실을 조절하여 조직이 통 안에서 평편하게 떠 있도록 위치를 잡은 후 통의 뚜껑을 닫았다. 모두 41개의 위조직을 대상으로 하였고, 이들은 위체부(body) 22개, 위동부(antrum) 14개, 위저부(fundus) 4개, 그리고 위분문부(cardia)가 1개였다.

수술절제 후 1 - 10시간(평균 4.1시간)에 자기공명스캔을 시행하였으며, 수술후 스캔이 2시간 이상 지연된 경우에는 다음 검사 때까지 위조직을 냉장보관하였다. 자기공명영상검사 후 모든 조직은 즉시 포르말린으로 고정하였다. 자기공명영상에 이용된 촬영장치는 1.5 - T Magnetom Vision(Siemens, Erlangen, Germany)이었고, 원형의 소영상범위코일(small - FOV coil)(Siemens, Erlangen, Germany)에 위조직을 넣은 수지통을 놓았으며, 그 코일의 내부직경은 8 cm이었다. T1FLASH 기법으로 수지통에 대해 횡단면으로 영상을 탐색하여 위조직의 위치를 판단한 후, T1FLASH, 지방억제 T1FLASH, T2TSE 및 True - FISP 등 4가지 기법으로 위조직에 대하여 종축으로 단면을 스캔하였다 (Table 1). T1FLASH와 지방억제 T1FLASH에서는 TR(repetition time) 268 ms, TE(echo time) 10 ms, FA(flip angle) 90°, 영상범위(field of view) 100 mm×100 mm, matrix 256×96이었으며, 영상획득시간(acquisition time)은 T1FLASH에서 28초, 지방억제T1FLASH에서 29초였다. T2TSE에서는 TR 3000 ms, TE 96 ms, FA 180°, 영상범위 100 mm×100 mm, matrix 256×154, 획득시간 1분 46초였다. True - FISP에서는 TR 6.5ms, TE 3.1ms, FA 80°, 영상범위 230 mm×230 mm, matrix 256×128, 획득시간 4.17초였다. 모든 스캔의 절편두께는 4 mm였으며 절편간격은 없었다.

정상위조직을 T1FLASH, 지방억제T1FLASH, T2TSE 및 True - FISP기법으로 자기공명영상을 얻은 후 그 자료들을 토

Table 1. Parameters of MR Sequences

	T1FLASH	Fat-Sat T1FLASH	T2TSE	True-FISP
TR (ms)	268	268	3000	6.5
TE (ms)	10	10	96	3.1
FA (°)	90	90	180	80
FOV (mm)	100×100	100×100	100×100	230×230
Matrix	256×96	256×96	256×154	256×128
AT (sec)	28	29	106	4

T1FLASH : T1 weighted fast low angle shot
Fat-Sat T1FLASH : fat-saturated T1 weighted fast low angle shot
T2TSE : T2 weighted turbo spin echo
True-FISP : True-fast imaging with steady-state precession
TR : repetition time
TE : echo time
FA : flip angle
FOV : field of view
AT : acquisition time

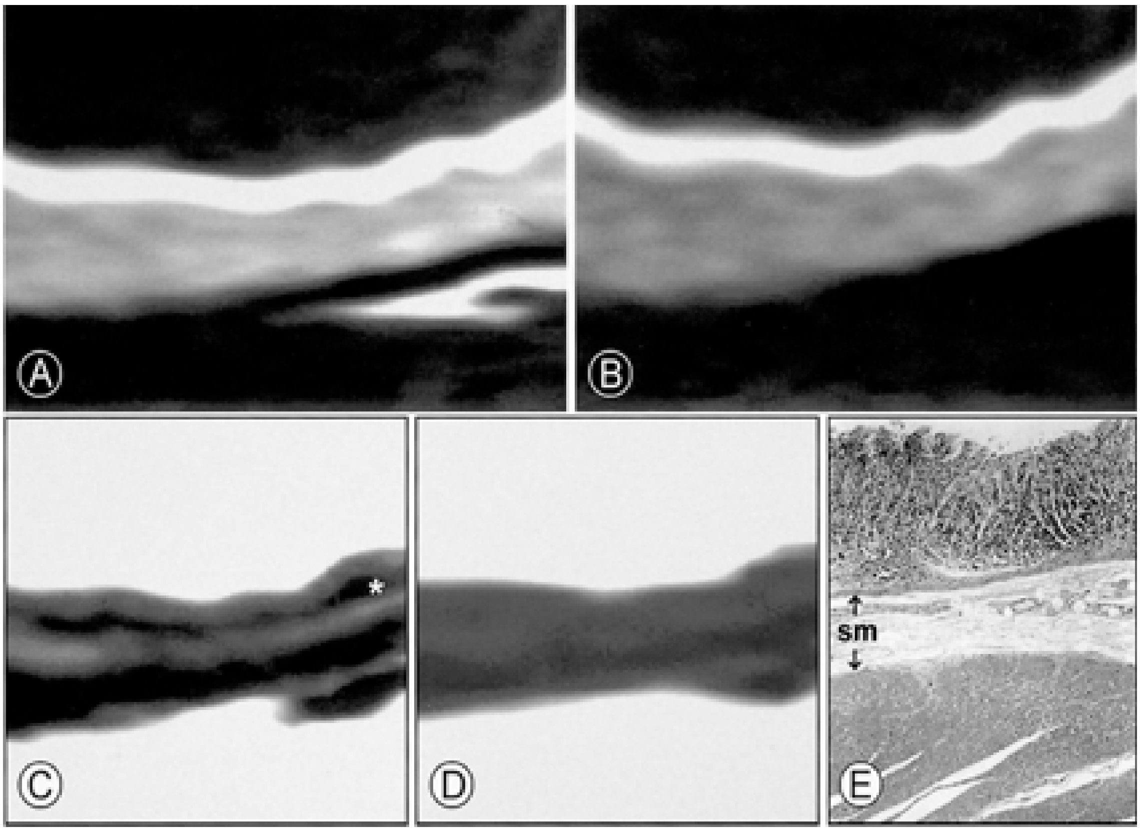

Fig. 2. Two-layered gastric wall on T1FLASH and fat-saturated T1FLASH due to thin submucosa.
Gastric wall has two layers on T1FLASH(**A**) and fat-saturated T1FLASH(**B**). Microphotograph shows thin submucosa(sm)(H-E stain, ×10) (**E**). Submucosal layer(asterisk) is shown as low signal intensity on T2TSE(**C**) and True-FISP(**D**).

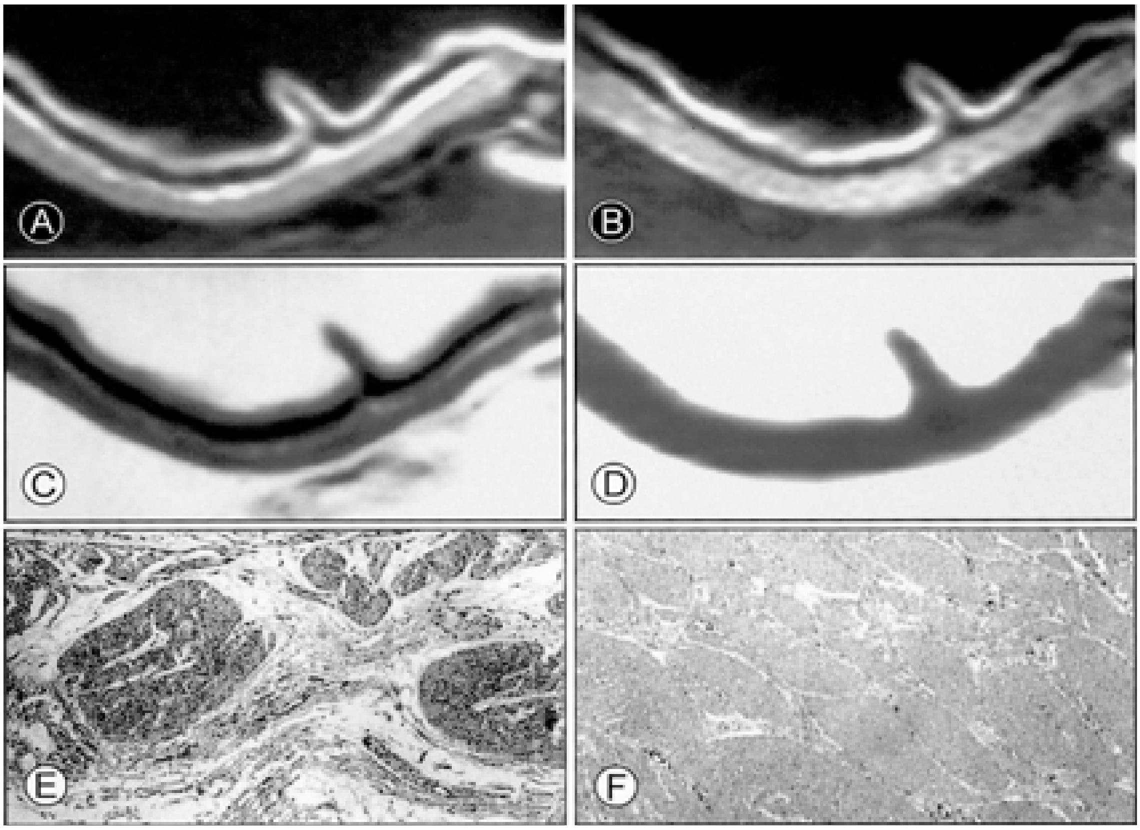

Fig. 3. Muscular layer on T1FLASH, T2TSE, and True-FISP.
The muscular layer is seen as one on fat-saturated T1 FLASH(**B**) and as two on T1FLASH(**A**), T2TSE(**C**), and True-FISP(**D**). The signal intensity of the inner muscular layer is high, as compared with the outer muscular layer. Inner layer corresponds to the circular muscle(**E**), and outer layer to the longitudinal muscle(**F**) on microscopic examination(H-E stain, ×10). Circular muscle layer(**E**) shows loose arrangement and prominent vessels in muscular clefts as compared with longitudinal muscle layer(**F**).

대로 다음을 조사하였다.

1. 자기공명영상에서 위벽의 층수와 신호강도

두 명의 진단방사선과 전문의가 합의에 의하여 위의 4 가지 기법으로 얻은 영상에서 위벽의 층수와 각층의 신호강도를 관찰하였다.

2. 자기공명영상소견과 조직소견과의 비교

해부병리과 전문의의 도움으로 자기공명영상에서 여러 층으로 구별되는 위벽의 각층이 병리학적으로 점막층, 점막하층, 근층의 어디에 해당하는지 비교하였다.

3. 자기공명영상기법간의 비교

자기공명영상소견을 조직소견과 비교한 후 2명의 진단방사선과 전문의가 각각 위벽 각층(점막층, 점막하층, 근층)의 명확성과 각층간(점막층과 점막하층간, 점막하층과 근층간)의 구분, 전체 영상의 질 등 3가지 항목에 대하여 비교하였다. 4가지 기법 중 가장 좋은 방법은 3, 가장 나쁜 방법은 0으로 하여 등급을 판정하였고, 비슷한 경우에는 동일등급으로 판정하였다. 네기법간의 비교는 Friedman 검정을 이용한 다중비교를 사용하였으며, 통계적 유의성은 p value 0.05를 기준으로 하였다. 다중비교에 의하여 가장 좋은 기법을 A, 가장 나쁜 기법을 D로 하여 A, B, C, D로 순위를 정하였다. 두 명의 진단방사선과 전문의 간의 합의도는 Kappa와 Kendall 계수로 판단하였다.

결 과

자기공명영상에서 위벽의 층수와 신호강도

T1FLASH, 지방억제T1FLASH, T2TSE 및 True-FISP기법에서 관찰된 위벽 층수 (Table 2)와 신호강도 (Table 3)는 다음과 같다.

T1FLASH에서 41예 중 위벽이 2층으로 보인 경우는 6예(14.6%), 3층은 31예(75.6%), 4층은 4예(9.8%)였다. 위벽의 신호강도는 2층으로 보인 6예 모두 위의 내강에서부터 고신호-중등도신호(' 고-중 ')로 보였고 (Fig. 2, 4), 3층으로 보인

Table 2. Number of Gastric Wall Layers on MR Sequences

Number of Gastric Layer	T1FLASH	Fat-Sat T1FLASH	T2TSE	True-FISP
1				2
2	6	6		8
3	31	35	24	23
4	4		11	4
5			6	4

31예 중 16예(51.6%)는 고신호 - 저신호 - 고신호(“고 - 저 - 고”)(Fig. 1), 15예(48.4%)는 “고 - 저 - 중”으로 보였다. 4층으로 보인 4예는 모두 “고 - 저 - 고 - 중”으로 보였다 (Fig. 3).

지방억제T1FLASH에서 41예 중 위벽이 2층으로 보인 경우는 6예(14.6%), 3층은 35예(85.4%)였다. 위벽의 신호강도는 2층으로 보인 6예 모두 T1FLASH와 동일하게 “고 - 중”으로 보였고 (Fig. 2, 4), 3층으로 보인 35예 중 20예(57.1%)는 “고 - 저 - 고” (Fig. 1), 15예(42.9%)는 “고 - 저 - 중”으로 보였다. T2TSE에서 41예 중 위벽이 3층으로 보인 경우는 24예(58.5%), 4층은 11예(26.8%), 5층은 6예(14.6%)였다. 위벽의 신호강도는 3층으로 보인 24예 중 17예(70.8%)는 “중 - 저 - 중”(Fig. 1), 6예(25%)는 “고 - 저 - 중”, 1예(4.2%)는 “저 - 고 - 저”로 보였고, 4층으로 보인 11예 중 8예(72.7%)는 “중 - 저 - 고 - 중”(Fig. 3), 2예(18.2%)는 “중 - 저 - 고 - 저”(Fig. 2), 1예(9.1%)는 “중 - 저 - 중 - 저”로 보였다. 5층으로 보인 6예는 모두 “저 - 고 - 저 - 고 - 저”로 보였다 (Fig. 4).

True - FISP에서 41예 중 위벽이 1층으로 보인 경우는 2예(4.9%), 2층은 8예(19.5%), 3층은 23예(56.0%), 4층은 4예(9.8%), 5층은 4예(9.8%)였다. 위벽의 신호강도는 1층으로 보인 2예는 각각 “저”, “중”으로 보였고, 2층으로 보인 8예 중 7예(87.5%)는 “저 - 중”, 1예(12.5%)는 “중 - 저”로 보였으며, 3층으로 보인 23예 중 10예(43.5%)는 “중 - 저 - 중”(Fig. 1), 7예(30.4%)는 “저 - 중 - 저”, 5예(21.7%)는 “저 - 고 - 저”, 1예(4.4%)는 “고 - 저 - 중”으로 보였다. 4층으로 보인 4예는 모두 “중 - 저 - 중 - 저”로 보였으며 (Fig. 2, 3), 5층으로 보인 4예 중 2예는 “저 - 고 - 저 - 중 - 저” (Fig. 4), 1예는 “중 - 고 - 저 - 고 - 저”, 나머지 1예는 “저 - 중 - 저 - 중 - 저”로 보였다.

자기공명영상소견과 조직소견과의 비교

자기공명영상소견을 조직소견과 비교하였을 때 위벽이 3층으로 보인 경우는 대부분 “점막층 - 점막하층 - 근층”에 해당하였다 (Fig. 1). 그러나 True - FISP에서 위벽이 3층으로 보인 8예 중 신호강도가 “저 - 고 - 저”로 보인 4예에서는 점막과 점막하층이 구별 없이 모두 저신호강도로 보였으며 두 개의 다른 신호강도가 근층내에서 관찰되었다.

T1FLASH에서 위벽이 2층으로 보인 6예는 모두 T2TSE에서 3 - 5층으로 보였으며, 이는 점막하층이 얇은 경우였으며 저신호강도로 보여야할 점막하층이 소실되어 있었다 (Fig. 2).

T1FLASH, T2TSE, True - FISP에서 위벽이 4 - 5층으로 보인 예들은 모두 근층의 다양한 신호강도 때문이었다. 위벽이 4층으로 보인 예들은 근층 중 횡주행을 하는 윤근층(circular muscle)과 종주행을 하는 종근층(longitudinal muscle)사이에서 신호강도의 차이 때문으로 T1FLASH, T2TSE, True - FISP 모두에서 윤근층은 종근층보다 높은 신호강도로 보였다 (Fig. 3). 조직소견상 윤근층은 종근층보다 느슨한 근층의 분포와 근층사이 틈으로 혈관들이 풍부하게 분포하고 있었다 (Fig. 3). T2TSE에서 위벽이 5층으로 보인 6예 모두에서 신호강도는 “저 - 고 - 저 - 고 - 저”로 보였고, 위벽이 4층 이하로 보였던 경우 저신호강도로 관찰되었던 점막하층이 여기에서는 고신호강도로 관찰되었으며, 이것은 조직소견상 크고 촘촘한 혈관 때문이었다. T2TSE에서 위벽이 5층으로 보인 경우 바깥 3층은 모두 근층이었으며 그 중 마지막 근층이 가장 얇았다. 조직학적으로 첫번째 근층은 비스듬한 주행을 하는 내측사근층(inner oblique muscle), 두번째 근층은 윤근층, 세번째 근층은 종근층에 해당하였다 (Fig. 4).

점막층은 T1FLASH와 지방억제T1FLASH에서 모두 고신호강도로 보였고, T2TSE에서는 41예 중 “중” 29예(70%),

Table 3. Signal Intensity of Gastric Wall Layers on MR Sequences

Number of Gastric Layer	T1FLASH		Fat-Sat T1FLASH		T2TSE		True-FISP	
1							L	(1)
							I	(1)
2	H-I	(6)	H-I	(6)			L-I	(7)
							I-L	(1)
3							I-L-I	(10)
	H-L-H	(16)	H-L-H	(20)	I-L-I	(17)	L-I-L	(7)
	H-L-I	(15)	H-L-I	(15)	H-L-I	(6)	L-H-L	(5)
					l-H-l	(1)	H-L-I	(1)
4					I-L-H-I	(8)		
	H-L-H-I	(4)			I-L-H-L	(2)	I-L-I-L	(4)
					I-L-I-L	(1)		
5							L-H-L-I-L	(2)
					L-H-L-H-L	(6)	l-H-L-H-L	(1)
							L-I-L-I-L	(1)

H : High signal intensity
I : Intermediate signal intensity
L : Low signal intensity
( ) : Number of cases

"고" 6예(15%), "저" 6예(15%)였으며, True-FISP에서는 "저" 23예(56%), "중" 17예(42%), "고" 1예(2%)였다. 점막하층은 T1FLASH와 지방억제T1FLASH에서 모두 저신호강도로 보였으며, T2TSE에서는 "저" 34예(83%), "고" 7예(17%)였고, True-FISP에서는 "저" 21예(51%), "중" 16예(39%), "고" 4예(10%)였다. T2TSE와 True-FISP에서 점막하층이 고신호강도로 보인 7예의 경우 조직소견상 점막하층에서 혈관들이 크고 촘촘하게 분포하고 있었다 (Fig. 4).

근층은 각 영상에서 1-3층으로, 그리고 신호강도는 다양하게 나타났다. 근층이 1층으로 보인 예는 총 41예 중 T1FLASH에서 37예(90%), 지방억제T1FLASH에서 41예 전부, T2TSE에서 24예(58%), True-FISP에서 29예(70%)였다. 이 경우 신호강도는 T1FLASH에서 "중" 21예(57%), "고" 16예(43%)였고, 지방억제T1FLASH에서 "중" 21예(51%), "고" 20예(49%)였으며, T2TSE에서 24예 모두 중등도신호로 보였고, True-FISP에서 "중" 19예(66%), "저" 10예(34%)였다. 근층이 두 층으로 보인 예는 T1FLASH에서 4예, T2TSE에서 11예, True-FISP에서 8예였다. 이 경우 신호강도는 T1FLASH에서 4예 모두 내층이 "고", 외층이 "중"이었으며, T2TSE에서 11예 중 8예(73%)는 "고-중", 2예는 "고-저", 나머지 1예는 "중-저"였고, True-FISP에서 8예 중 4예는 "고-저", 나머지 4예는 "중-저"였다. 근층이 3층으로 보인 예는 T2TSE에서 6예, True-FISP에서 4예였으며, 신호강도는 T2TSE에서 6예 모두 "저-고-저-고-저", True-FISP에서 4예 중 3예는 "저-중-저", 1예는 "저-고-저"였다.

자기공명영상기법간의 비교

위벽을 관찰하는데 가장 유용한 자기공명영상기법을 알고자 하여 2명의 진단방사선과 전문의가 위벽 각층(점막층, 점막하층, 근층)의 명확성과 각층간(점막층과 점막하층간, 점막하층과 근층간)의 구분, 전체 영상의 질 등 3가지 항목을 4기법간에서 비교하였으며, 3가지 항목 모두에서 Kappa와 Kendall 계수가 0.6 이상으로 높은 일치도를 보였다 (Table 4). True-FISP에서는 3가지 항목 모두 0이었으므로 Kappa와 Kendall 계수를 구할 수 없었다. Friedman 검정을 이용하여 각기법간에 3가지 항목을 비교하였을 때 모두 p value가 0.0001로 각 기법간에 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 개별오차율 5%로 다음 공식을 이용하여 각 기법간에 비교를 하였다.

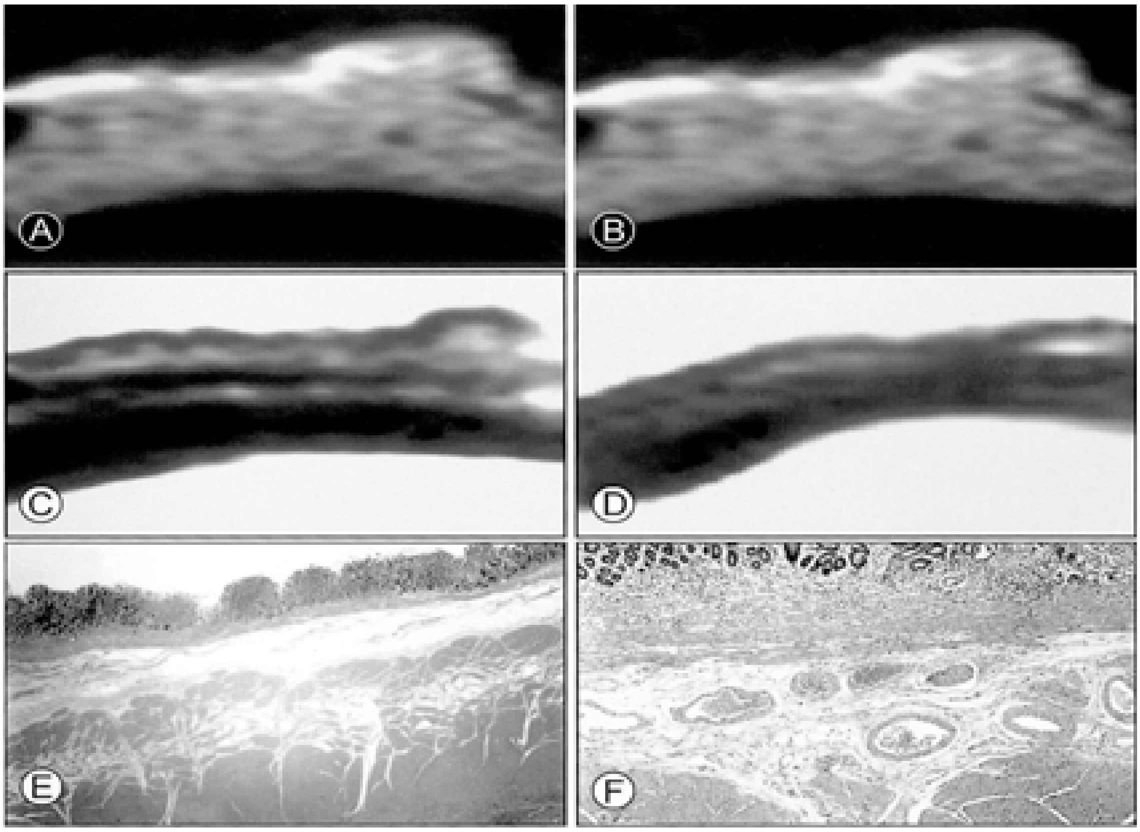

Fig. 4. Five-layered gastric wall with 3-layered muscular layer on T2TSE and True-FISP.
The muscular layer is seen as one on T1FLASH(**A**) and fat-saturated T1FLASH(**B**) and as three on T2TSE(**C**) and True-FISP(**D**). Therefore, gastric wall on T2TSE(**C**) and True-FISP(**D**) is 5-layered. Inner, middle and outer muscular layers each correspond to oblique, circular, and longitudinal(**E**) muscles, respectively, on microscopic examination(H-E stain, ×10). In this case, the signal intensity of submucosal layer is high on T2TSE(**C**) and True-FISP(**D**), which differs from usual cases, might cause high signal intensity of submucosa. Abundant vessels seen on microscopic examination(**F**).

Table 4. Kappa Statistics and Kendall's Coefficients of Concordance for Measurement of Interobserver Agreement

			T1FLASH	Fat-Sat T1FLASH	T2TSE	True-FISP
Conspicuity of Layer	mucosa	Kappa	0.633	0.623	0.839	-
		Kendall	0.810	0.623	0.906	-
	submucosa	Kappa	0.756	0.716	0.679	-
		Kendall	0.784	0.662	0.797	-
	muscle	Kappa	0.723	0.668	0.741	-
		Kendall	0.765	0.762	0.890	-
Distinction between Layers	mc/sm	Kappa	0.770	0.773	0.886	-
		Kendall	0.866	0.837	0.933	-
	sm/m	Kappa	0.883	0.919	0.951	-
		Kendall	0.938	0.935	0.989	-
Overal Image Quality		Kappa	0.895	0.900	0.958	-
		Kendall	0.891	0.954	0.992	-

mc/sm : distinction between mucosa and submucosa.
sm/m : distinction between submucosa and muscle.
* Kappa Index Guideline(cf. Landis and Koch, 1977)
poor : < =0.0
slight : 0.0-0.2
fair : 0.2-0.4
moderate : 0.4-0.6
substantial : 0.6-0.8
almost perfect : 0.8-1.0

$$|R._u - R._v| \geq = q(0.05,\ 4,\ \infty)\left[\frac{nk(k+1)}{12}\right]^{1/2}$$
$$= 3.633 \times \left[\frac{41 \times 4 \times 5}{12}\right]^{1/2} = 30.032$$

(n=number of patients, k=number of MR sequences)각 기법간 30.032 이상의 차이를 보이면 이는 통계적으로 유의한 차이를 보이는 것으로 간주하였다. 두명의 방사선과 전문의가 매긴 각기법간의 등급의 총합의 차이인 다중비교 수치는 (Table 5)와 같다. 다중비교로 각기법간의 차이를 비교한 후 가장 우수한 기법의 등급을 A, 가장 나쁜 기법을 D로 정하여 A - D까지 등급을 매겼을 때 결과는 다음과 같다 (Table 6). 같은 문자는 유의수준 5%에서 기법간에 차이가 나지 않음을 의미한다. 세 항목 모두에서 T1FLASH, 지방억제T1FLASH, T2TSE 기법이 True - FISP보다 모두 통계적으로 유의하게 우수하였다 (p=0.001).

점막층의 명확성에 있어서 가장 우수한 기법은 T1FLASH와 지방억제T1FLASH이었고, 다음은 T2TSE, True - FISP의 순서였다. T1FLASH와 지방억제T1FLASH간에 통계적으로 유의한 차이는 없었다. 점막하층의 명확성은 T2TSE 영상이 가장 우수하였고 (Fig. 5), 그 다음은 T1FLASH, 지방억제 T1FLASH, True - FISP의 순서였다. 근층의 명확성 및 점막층과 점막하층간의 구분은 T1FLASH, 지방억제T1FLASH, T2TSE가 True - FISP보다 우수하였으나 세 기법간에 통계적으로 유의한 차이는 없었다. 점막하층과 근층간의 구분은 T2TSE가 가장 우수하였고 (Fig. 5) 다음은 T1FLASH와 지방억제T1FLASH이었고 두 기법간에 통계적으로 유의한 차이는 없었다. 전체적인 영상의 질은 T1FLASH와 T2TSE에서 가장 우수하였고, 다음으로 지방억제T1FLASH, True - FISP의 순서였다. 통계적으로 T1FLASH와 T2TSE 사이에서 유의한 차이는 없었다.

고 찰

자기공명영상은 혈관을 통한 조영제를 사용하지 않고 위벽을 관찰할 수 있다는 장점이 있으나, 영상시간이 길고, 호흡, 장운동, 혈관 박동 등에 의한 인공물형성으로 영상의 질이 떨어져 위장관의 영상에 이용되지 않고 있다. 이런 자기공명영상의 문제점을 극복하기 위하여 많은 노력이 있었으며, 영상시간을 획기적으로 줄일 수 있는 급속영상기법의 발달은 한번의 호흡정지만으로 영상을 얻을 수 있어 인공물의 발생을 줄임으로써 좋은 영상을 얻는데 가장 기여도가 크다. 현재 복부에서 많이 이용되고 있는 자기공명영상의 급속기법에는 경사에코인 FLASH, FISP와 스핀에코기법인 TSE, HASTE 등이 있다.

경사에코기법은 90°이내의 숙임각(flip angle)을 사용하여 종축자화의 회복시간(relaxation time)이 짧고, 에코신호를 얻는데 걸리는 시간(echo time)이 짧아서 파형반복시간(repetition time)을 줄임으로서 영상시간을 단축시킬 수 있다. 이 기법에서는 연속적인 고주파(radiofrequency)를 줄 때 파형 간의 횡축자기화가 완전히 없어지지 않고 남게 됨으로서 영상에 좋지 않은 영향을 미치게 된다. 이를 해결하기 위해 남아있는 횡자기화를 없앤 후 영상을 얻는 방법이 훼손된(spoiled) 기법으로 FLASH가 이에 속하며, 남아있는 횡자기화 영상을 모아서 신호강도의 증폭을 가져오는 항정상태(steady state)기법이

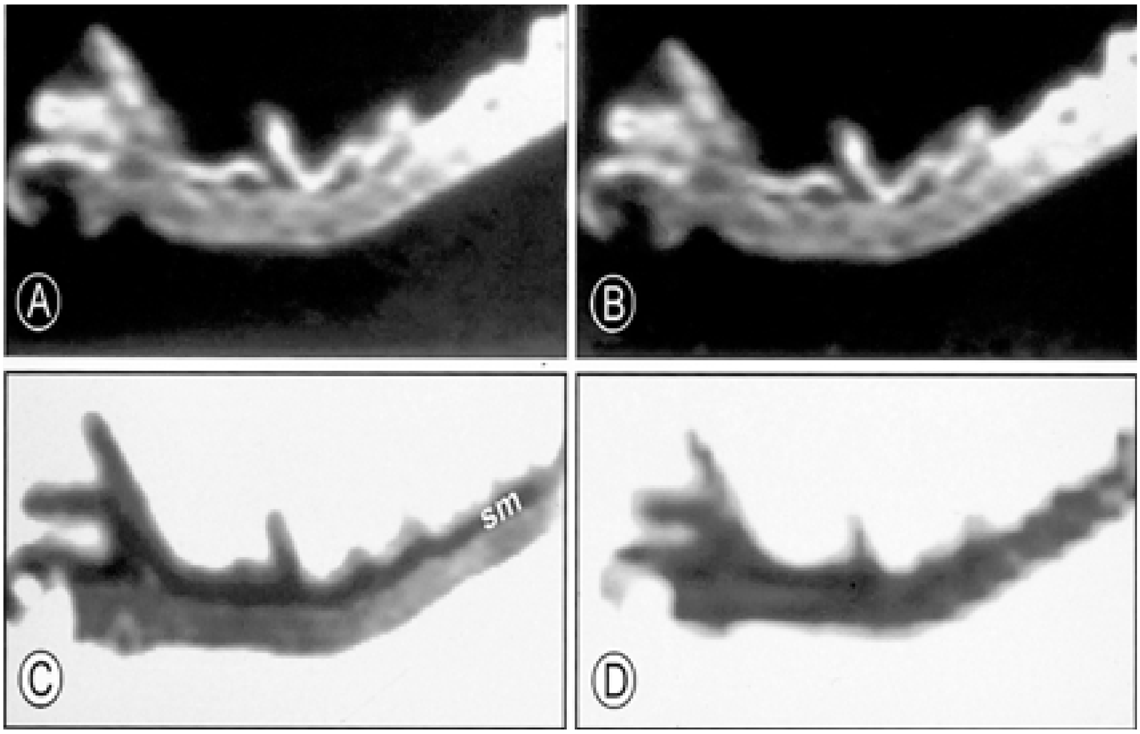

Fig. 5. Comparative visualization of the submucosal layer.
The submucosal layer(sm) is most clearly defined on T2TSE(**C**) as compared with T1FLASH(**A**), fat-saturated T1FLASH(**B**), and True-FISP(**D**).

Table 5. Multiple Comparison between MR Sequences

		T1FLASH			Fat-Sat T1FLASH			T2TSE			True-FISP		
		fT1	T2	TF	T1	T2	TF	T1	fT1	TF	T1	fT1	T2
Conspicuity of Layer	mc	11.5	38.0	98.5	11.5	26.5	87.0	38.0	26.5	60.5	98.5	87.0	60.5
	sm	7.5	34.5	73.0	7.5	42.0	65.5	34.5	42.0	107.5	73.0	65.5	107.5
	m	4.0	19.0	77.0	4.0	23.0	73.0	19.0	23.0	96.0	77.0	73.0	96.0
Distinction	mc/sm	13.0	6.5	88.5	13.0	6.5	75.5	6.5	6.5	82.0	88.5	75.5	82.0
between Layers	sm/m	14.5	32.5	76.0	14.5	47.0	61.5	32.5	47.0	108.5	76.0	61.5	108.5
Overal Image Quality		11.5	20.5	79.0	11.5	32.0	67.5	20.5	32.0	99.5	79.0	67.5	99.5

mc : mucosa
sm : submucosa
m : muscle
mc/sm : distinction between mucosa and submucosa.
sm/m : distinction between submucosa and muscle.
T1 : T1FLASH
fT1 : fat-saturated T1FLASH
T2 : T2TSE
TF : True-FISP

FISP이다.

True - FISP은 FISP의 한 변형으로 움직임에 의한 위상차를 제거할 수 있어 움직이는 물신호가 밝게 나오는 T2강조영상을 얻을 수 있다. FISP의 또 하나의 특징이 한 화소내 물과 지방이 같이 존재할 때 물과 지방간에 반대위상이 되어 신호강도가 낮아지는 탈위상인공물(out - of - phase artifact 또는 phase cancellation artifact)로 정상 장기를 둘러싸는 저신호강도의 띠가 형성된다.

스핀에코기법인 TSE는 하나의 파형반복시간에 여러 개의 180° 고주파를 주어 고식적 스핀에코기법에 비해 영상시간을 획기적으로 단축시키는 방법이다. HASTE는 TSE 기법의 한 방법으로 K - space를 반만 채우는 기법이다. 이 연구에서는 T1FLASH, 지방억제T1FLASH, T2TSE와 True - FISP를 사용하였다.

Table 6. Grading of MR Sequences

		T1FLASH	Fat-Sat T1FLASH	T2TSE	True-FISP
Conspicuity	mucosa	A	A	C	D
	submucosa	B	C	A	D
	muscle	A	A	A	D
Distinction	mc/sm	A	A	A	D
	sm/m	B	B	A	D
Overal Image Quality		A	C	A	D

A : the best sequence
B : second grade sequence
C : third grade sequence
D : the worst sequence

정상적으로 위벽은 점막층, 점막하층, 근층으로 이루어져있고, 전체 위를 얇은 장막이 감싸고 있다 (28). 점막층은 내강을 향해 두껍게 주름져있는 부위로, 표면상피(surface epithelium), 고유판(lamina propria), 점막근판(muscularis mucosa)으로 이루어져 있다. 표면상피에 위선(gastric gland)이 분포하고있고, 이 위선들 사이의 결체조직을 고유판이라고 하며 이 부위에는 림프조직들이 분포하고 있다. 점막근판은 아주 얇은 평활근층이다. 점막하층은 콜라젠다발로 이루어진 엉성한 결체조직으로 혈관과 신경계가 분포하고 있으며 다양한 두께를 나타낸다. 근층은 내층의 사근(oblique muscle), 중간층의 윤근(circular muscle), 그리고 외층의 종근(longitudinal muscle)으로 이루어져 있다. 이 세 근층은 위의 위치에 따라 다른 분포를 하고 있다. 사근층은 위 분문부와 기저부에서 두껍고 위체부까지 분포하고 있다. 위에서 윤근층은 비교적 균등하게 분포하고 있으며 유문부(pylorus)에서 가장 두껍고, 종근층도 유문부로 갈수록 두껍게 분포하고 있다.

이 연구에 의하면 자기공명영상은 위벽의 각층을 구별하는데 매우 유용하였다. 점막층은 T1FLASH와 지방억제 T1FLASH에서는 고신호강도로 보였고, 이는 오 등 (19)과 Du ¨x 등 (21)의 연구와 같은 결과이다. T2TSE에서는 중등도의 신호강도가 41예 중 29예로 가장 많았고(70%), 저신호와 고신호강도가 각각 6예(15%)였다. 이는 오 등(19)의 연구에서 고식적 T2강조영상이 T1강조영상보다 점막의 신호강도가 약간 낮게 나온 것으로 미루어 볼 때 이 연구에서 중등도 신호강도의 빈도가 가장 높은 것과 일치한다고 하겠다. 그러나 Düx 등 (21)의 연구에서 점막이 저신호강도로 보인 것과는 차이를 보이고 있다. True-FISP에서는 점막에 해당되는 가장 내층이 저신호 혹은 중등도의 신호강도를 보였다. True-FISP는 조직 주변에 저신호강도의 띠가 보이는 예들에서는 이 탈위상인공물과 점막과의 구별이 명확하지 않았다.

점막하층은 T1FLASH와 지방억제T1FLASH에서 모두 저신호강도로 보였고, 이는 오 등 (19)과 Düx 등 (21)의 연구와 일치하였다. T1강조영상에서 2층으로 보인 6예는 조직소견상

점막하층이 얇은 경우들로 점막하층의 저신호강도가 소실되어 있었다. Düx 등 (21)의 보고에 의하면 조직의 펼쳐진 정도에 따라 자기공명영상소견에서 위 조직의 층수가 영향을 받을 수 있으며, 많이 펴진 조직일수록 층수가 감소한다고 하였다. 정상적으로 위점막하층은 다양한 두께를 보이므로, 점막하층이 얇은 경우들은 T1강조영상에서 점막하층에 해당되는 저신호강도의 띠가 보이지 않을 수 있으나, 이 연구에서 이 예 모두가 T2TSE에서는 점막하층이 보이고 있었으므로 점막하층을 보는데는 T2TSE영상이 우수하였다. T2TSE에서는 점막하층의 대부분(83%)에서 저신호강도로 보였고, 이는 오 등 (19)의 연구와 일치하였다. 그러나 Düx 등 (21)의 연구에서는 이들은 고식적 T2강조영상을 이용하였는데 3층으로 보이는 8예 모두에서 점막하층에 해당되는 중간층이 고신호강도로 보였다. 이 연구에서는 7예(17%)에서 고신호강도로 보였고, 이 예에서는 조직학적으로 점막하층에 혈관의 수가 많고 큰 혈관들이 분포하고 있었다. True-FISP는 T2TSE 영상과 신호강도가 비슷하였으나 점막하층과 접해 있는 점막층, 근층과의 구별은 명확하지 않았다.

근층은 네 가지 영상기법 모두에서 다양한 층수와 신호강도를 보였다. T1FLASH와 지방억제T1FLASH영상 모두에서 근층이 한 층으로 보인 경우는 모두 고신호 혹은 중등도 신호강도를 보였다. T1FLASH의 4예에서 근층이 2층으로 보였고 이때 내층이 고신호강도, 외층이 중등도의 신호강도로 보였으며. 이때 내층은 윤근층, 외층은 종근층에 해당하였다.

T2TSE에서는 근층이 1-3층으로 보였다. 한 층으로 보인 24예에서는 중등도의 신호강도로 보였고, 2층으로 보인 11예 모두에서 내층의 신호강도가 외층보다 높았다. 이는 T1FLASH 영상과 일치하는 소견으로, 역시 내층은 윤근층, 외층은 종근층에 해당하였다. T2TSE에서 근층이 3층으로 보인 경우는 6예로 저-고-저신호강도를 보였고, 가장 내층은 사근, 중간층은 윤근, 외층은 종근층이었다. 근층의 이런 영상소견은 위조직의 위치에 따라 다른 모양을 보였다. 근층이 한 층으로 보인 24예 중 14예는 체부, 10예는 동부였고, 2층으로 보인 11예 중 7예는 체부, 4예는 동부였으며, 3층으로 보인 6예는 기저부 4예, 분문부 1예, 체부 1예였다. 따라서 근층이 1-2층으로 보인 경우는 위체부나 동부이고, 근층이 3층으로 보인 경우는 모두가 위근위부(proximal portion)로 가장 내층의 사근층이 존재하는 부위이다.

T1FLASH와 T2TSE에서 공통적으로 근층 중 윤근층이 사근, 종근층에 비해 높은 신호강도를 보였는데, 조직소견상 윤근층내 근육이 느슨하게 배치하고 있었고, 근다발 사이사이 틈으로 혈관이 분포하고 있었다. 또한 저자는 근육의 콜라젠배열방향의 차이도 기인한다고 생각한다. Rubenstein 등 (29)이 연골내콜라젠배열방향의 차이, 즉 비등방성(anisotropy)에 따라 한 연골 내에서 다른 신호강도가 발생함을 보고하였고, 콜라젠의 주행방향이 주자장의 방향과 55° 근처일 때 신호강도가 가장 증가한다고 보고하였다. 사근과 종근층의 근육다발은 위의 종축을 따라 분포하는데 반해 윤근층내근육다발은 위의 단축을 따라 분포하고 있으며 이런 근육층내배열의 차이로 신호강도의 변화가 유발될 수 있으리라 생각한다.

이 연구에서 각 영상기법간에 3항목에서 비교를 하였는데

이에는 제한점이 있다. 영상범위가 True-FISP과 다른 기법간에 차이가 크다는 것이다. T1FLASH, 지방억제T1FLASH, T2TSE는 100 mm×100 mm인데 반해 True-FISP는 230 mm×230 mm로 두 배에 해당하므로 화소의 크기가 커지게 된다. 이 연구에서 사용한 자기공명영상기기에는 True-FISP의 영상범위가 이처럼 넓게 설정되어있어 수정이 불가능하였다. 따라서 True-FISP이 다른 영상기법에 비해 3항목 모두에서 영상이 좋지 않게 평가된 것에는 True-FISP의 특성상 조직간대조도가 떨어진다는 점 외에도 이런 소프트웨어의 문제도 관여했으리라 생각한다.

성 등 (30)에 의하면 진행성위암의 병변묘출이 True-FISP가 T1FLASH, T2TSE에 비해 우수하였으며, 이는 True-FISP이 영상의 흐려짐과 잡음이 적고 장기를 둘러싸는 저신호강도의 띠로 인해 명확한 경계를 그려주기 때문이라 하였다. 그러나 위벽침윤의 판정에 있어서는 True-FISP에서 실제보다 병기를 높게 판단한 과병기화가 많은 것으로 나왔는데 이는 위벽주변의 저신호강도의 띠가 불완전한 경우 T병기를 3기 이상으로 판단하기 때문이라 하였다. Matsushita 등 (31)은 반대위상(opposed phase)기법인 GRASS(spoiled gradient-recalled acquisition in the steady state)기법을 이용하여 위암의 장막외침윤(extraserosal invasion)을 판단하는데 높은 정확도를 보고하였다. T3 종양의 진단의 정확도는 96%, T4 종양의 정확도는 80%로 보고하였다. 그러나 정상위벽을 관찰한 이 연구에서는 위벽 각 층(점막층, 점막하층, 근층)의 명확성과 각 층간(점막층과 점막하층간, 점막하층과 근층간)의 구분, 전체 영상의 질 등 3가지 항목 모두에서 지방억제T1FLASH 기법이 지방억제를 하지않은 T1FLASH보다 우수하지 않았고, 점막하층의 명확성과 전체 영상의 질에 있어서는 T1FLASH가 지방억제T1FLASH보다 우수하였다. 점막층의 명확성은 T1FLASH와 지방억제T1FLASH가 가장 우수하였으며 이는 점막층은 고신호강도이며 점막하층은 저신호강도로 인한 높은 대조도에 기인한다고 생각한다.

점막하층의 명확성과 점막하층과 근층간의 구분은 T2TSE가 월등하였으며 이는 조기위암과 진행성위암의 판단 기준이 점막하층의 유지이므로 위암의 위벽침윤 평가에 유용하리라 생각한다. 근층의 명확성과 점막층과 점막하층간의 구분은 T1FLASH, 지방억제T1FLASH, T2TSE가 True-FISP보다 우수하였으나 세 기법간에 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다. 전체 영상의 질은 T1FLASH와 T2TSE가 가장 우수하였다. 따라서 T1FLASH와 T2TSE는 좋은 영상의 질로 각각의 위벽을 관찰하는데 매우 유용한 검사 기법이며, T1FLASH에서 지방억제기법의 유용성은 없었다.

자기공명영상을 이용해 위벽을 관찰하는 방법으로는 기존의 위상배열체부코일(phased array body coil)을 이용해 복부 전체의 영상을 얻는 것 뿐 아니라 자기공명코일을 내시경에 연결해서 사용할 수 있는 새로운 코일의 개발로 보다 면밀하게 위벽을 관찰하는데 유용하게 사용될 수 있으리라 생각한다. 사람에서 위암 등의 위질환의 진단과 범위판정에 있어서 자기공명영상의 유용성을 평가하기 위해서 앞으로 연구가 더 필요하다. 이 연구는 자기공명영상이 정상위벽을 관찰하는데 매우 유용한 검사임을 증명할 수 있었으며, 추후 생체검사에 적용할 수 있는 기초가 될 수 있을 것으로 생각한다.

결론적으로 자기공명영상은 위벽의 각층을 구별할 수 있는 우수한 검사로 조직소견과 훌륭한 연관성을 보인다. 전체 영상의 질, 점막하층의 명확성 및 점막하층과 근층간의 구분이 T2TSE에서 가장 우수하였으며, 조기 또는 진행성 위암의 병기판정에 기준이 되는 부위가 점막하층과 근층간의 경계이므로 앞으로 T2TSE는 위암에서 위벽침윤정도의 판정에 유용하리라 생각한다.

참 고 문 헌

1. 이재문, 김춘열, 천경아, 김향선, 신경섭. 위암의 자기공명영상 진단: 전산화단층촬영술과의 비교. *대한방사선의학회지* 1994;31:287-294
2. Botet JF, Lightdale CJ, Zauber AG, et al. Preoperative staging of gastric cancer: comparison of endoscopic US and dynamic CT. *Radiology* 1991;181:426-432
3. Minami M, Kawauchi N, Itai Y, et al. Gastric tumors: radiologic-pathologic correlation and accuracy of T-staging with dynamic CT. *Radiology* 1992;185:173-178
4. 정진일, 이종태, 유형식, 이병희, 배종엽. 복와위에서 물을 경구조영제로 사용한 CT를 이용한 위암의 침윤 정도의 결정. *대한방사선의학회지* 1994 ; 31 : 307-312
5. 김현주, 강형근, 김윤현 등. 위암의 수술전 병기결정에 있어서 나선식 CT의 유용성. *대한방사선의학회지* 1996;34:797-804
6. 정민하, 김홍인, 김태형 등. 이중 나선식 CT를 이용한 삼중시기 역동 스캔: 위암 병기 결정의 유용성. *대한방사선의학회지* 1997;36:93-99
7. Fukuya T, Honda H, Kaneko K, et al. Efficacy of helical CT in T-staging of gastric cancer. *J Comput Assist Tomogr* 1997;21:73-81
8. 이진화, 최종철, 남경진 등. 위암의 T staging에 있어서 이중시기 나선식 전산화단층촬영술의 역할: 병리소견과의 비교연구. *대한방사선의학회지* 1996;35:523-529
9. 신흥섭, 이동호, 김윤화 등. 위암의 역동적 전산화 단층촬영에서의 조영증강 양상: 병리 소견과의 비교연구. *대한방사선의학회지* 1996;35:81-86
10. Bailes DR, Gilderdale DJ, Byddeer GM, Collins AG, Firmin DN. Respiratory ordered phase encoding(ROPE): a method for reducing respiratory motion artifacts in MR imaging. *J Comput Assist Tomogr* 1985;9:835-838
11. Felmlee JP, Ehman RL. Spacial presaturation: a method for supressing flow artifacts and improving depiction of vascular anatomy in MR imaging. *Radiology* 1987;164:559-565
12. Rosen BR, Wedeen VJ, Brady TJ. Selective saturation NMR imaging. *J Comput Assist Tomogr* 1984;8:813-818
13. Frahm J, Haase A, Hanicke W, Matthaei D, Bomsdorf H, Helzel T. Chemical shift selective MR imaging using a whole-body magnet. *Radiology* 1985;156:441-444
14. Haase A, Frahm. Matthaei D, Hanicke W, Merboldt KD. H1 NMR chemical-shift selective imaging(CHESS). Phys Med Biol 1985;30:341-34410. Wolf KJ, Stedle B, Skutta T, et al: Iopromide; Clinical experience with new non-ionic contrast medium. *Acta Radiol* 1983;24:55-62
15. Matsushita M, Oi H, Murakami T, et al. Extraserosal invasion in advanced gastric cancer: evaluation with MR imaging. *Radiology* 1994;192:87-91
16. Wesbey GE, Brasch RC, Goldberg HI, Engelstad BL. Dilute oral

iron solutions as gastrointestinal contrast agents for magnetic resonance imaging: initial clinical experience. *Mag Reson Imaging* 1985; 3:57-64

17. Hahn PF, Stark DD, Saini S, Lewis JM, Wittenberg J, Ferrucci JT. Ferrite particles for bowel contrast in MR imaging: design issues and feasibility studies. *Radiology* 1987;164:37-41
18. Bisset GS III. Evaluation of potential practical oral contrast agents for pediatric magnetic resonance imaging. *Pediatr Radiol* 1989;20: 61-66
19. Oh YH, Lim TH, Lee DH, Kim YH, Lee MG, et al. In Vitro MR Imaging of the resected stomach with a 4.7-T superconducting magnet. *Radiology* 1994;191:129-134
20. 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
21. DüM, Roeren T, Kuntz C, Schipp A, Scheller D, et al. MRI for staging of gastric carcinoma: first results of an experimental prospective study. *J Comput Assist Tomogr* 1997;21:66-72
22. Wolf KJ, Stedle B, Skutta T, et al. Iopromide; Clinical experience with new non-ionic contrast medium. *Acta Radiol* 1983;24:55-62
23. Wolf KJ, Steidle B, Banzer D, et al. *Comparative evaluation of low osmolar contrast media in femoral angiography.* In Tanzer V, Zeitler E. *Contrast Media.* New York : Georg Thieme Verlag Stuttgart, 1983: 102-106
24. Ciuffo AA, Fuchs RM, Guzman RA, et al. Benefits of nonionic contrast in coronary angiography. *Invest Radiol* 1984;19:S197-202
25. 이종태, 서진석, 이연희, 서정호. 비이온성, 저삼투질농도의 조영제 Iopromide(Ultravist)의 임상이용과 부작용. *대한방사선의학회지* 1988;24:324-329
26. 이기재, 김승협, 박재형, 장기현, 한만청, 김주완. 비이온성 및 이온성 조영제의 임상적 비교연구. *대한방사선의학회지* 1988;24:349-357
27. 천장은, 임정기, 정진욱, 박재형, 한만청. 비이온성 조영제의 정맥투여후 발생된 급성 폐부종: 1예보고. *대한방사선의학회지* 1997;36: 253-255
28. Bannister LH. *Alimentary tract.* In Williams PL. *Gray's anatomy.* 8th ed. NY: Churchill livingstone, 1995;1753-1763
29. Rubenstein J, Recht M, Disler DG, Kim J, Henkelman RM. Laminar structures on MR images of articular cartilage. *Radiology* 1997;204:15-18
30. 성창규, 김아영, 김태경, 송치성, 한준구, 최병인. 진행성 위암의 자기공명영상: T1 강조 FLASH, T2 강조 TSE 및 True-FISP 영상간의 비교. *대한방사선의학회지* 1998;39:1149-1156
31. Matsushita M, Oi H, Murakami T, Takata N, Kim TS, et al. Extraserosal invasion in advanced gastric cancer: Evaluation with MR imaging. *Radiology* 1994;192 :97-91

J Korean Radiol Soc 2001;45:483 - 494

In Vitro of MR Imaging of the Resected Normal Gastric Wall:
Radiologic-Histologic Correlation[1]

Bo Kyoung Seo, M.D., Hae Young Seol, M.D., Nam Joon Lee, M.D., In Ho Cha, M.D., Kyoo Byung Chung, M.D., Jung Hyuk Kim, M.D., Cheol Min Park, M.D., Eun Jung Choe, M.D., Bo Kyung Je, M.D., Ji Yung Lee, M.D., Ki Yeoul Lee, M.D.[2], Chung Yeul Kim, M.D.[3], Seong Jin Cho, M.D.[3]

[1]Department of Diagnostic Radiology, Korea University Hospital
[2]Department of Diagnostic Radiology, Inje University Hospital
[3]Department of Pathology, Korea University Hospital

Purpose: To evaluate normal human gastric wall layers in vitro using magnetic resonance (MR) imaging, to correlate the results with the histologic findings, and to determine the optimal technique for evaluation of the gastric wall.
Materials and Methods: Forty-one normal resected gastric specimens obtained from 25 patients were dissected and placed in a polyethylene tube filled with normal saline. MR imaging with four MR sequences, T1-weighted FLASH (T1FLASH), fat-saturated T1-weighted FLASH, T2-weighted TSE (T2TSE), and True-FISP, was performed. The number of gastric wall layers and signal intensity of each layer were determined, and after correlating MR images with the histologic findings, the conspicuity of each layer (mucosa, submucosa, and muscle), the distinction between each layer, and overall image quality were assessed.
Results: The gastric wall was shown by TIFLASH to have two (n=6, 14 - 6%), three (n=31, 75.6%) and four layers (n=4, 9.8%); by fat-saturated TIFLASH to have two (n=6, 14.6%) and three (n=35, 85.4%) ; by T2TSE to have three (n=24, 58.5%), four (n=11, 26.8%), and five (n=6, 14.6%); and by True-FISP to have one (n=2, 4.9%), two (n=8, 19.5%), three (n=23, 56%), four (n=4, 9.8%), and five (n=4, 9.8%) . The signal intensity of each layer at T1FLASH and fat-saturated T1FLASH was high-intermediate from the lumen in two-layer cases, high-low-high/intermediate in three-layer cases, and high-low-high-intermediate in four-layer cases. The signal intensity of each layer at T2TSE was intermediate/high-low-intermediate in three-layer cases, intermediate-low-high-intermediate/low in four-layer cases, and low-high-low-high-low in five-layer cases. Three-layered gastric wall corresponded mostly to mucosa, submucosa, and muscle from the inner to outer layers, respectively. T1FLASH, fat-saturated T1FLASH, and T2TSE were superior to True-FISP in evaluating the gastric wall. T1FLASH and fat-saturated T1FLASH were the best sequences for demonstrating mucosa ($p < 0.05$), and T2TSE was the best for submucosa and the distinction between this and muscle ($p < 0.05$). Both T1FLASH and T2TSE provided the best overall image quality ($p < 0.05$).
Conclusion: In-vitro MR imaging is an excellent technique for the evaluation of layers of normal gastric wall. T2TSE is the sequence which best demonstrates the conspicuity of submucosa, the distinction between submucosa and muscle, and overall image quality.

Index words : Magnetic resonance (MR), tissue characterization
Specimens, MR
Stomach, MR

Address reprint requests to : Hae Young Seol, M.D., Department of Diagnostic Radiology, Korea University Guro Hospital, 80 Guro-dong, Guro-gu, Seoul 152-050, Korea.
Tel. 82-2-818-6183 Fax. 82-2-863-9282