

FLASH를 이용한 3T 복부검사에 있어서 최적의 T1효과를 위한 적정 Flip Angle

— Flip Angle of the Optimal T1 Effect Using FLASH Pulse Sequence at 3T Abdominal MRI —

동신대학교 방사선학과 · 전남대학교병원 영상의학과¹⁾

한재복 · 최남길¹⁾

— 국문초록 —

본 연구는 FLASH 펄스파형을 이용하여 숙임각(flip angle ; FA)변화에 따른 T1 강조영상의 신호강도(signal intensity ; SI)와 대조도 대 잡음비(contrast to noise ratio ; CNR)를 비교함으로써 복부검사에서의 최적의 T1효과를 나타내기 위한 FA를 알아보려고 하였다.

2008년 9월부터 12월까지 본원을 내원하여 복부 MRI 검사를 시행한 환자 20명(남 : 12명, 여 : 8명, 연령 범위 : 28~63세, 평균 : 51세)을 대상으로 하였다. 영상 장비는 3Tesla MR scanner(Magnetom Tim Trio, SIEMENS, Germany)였으며, 8 channel body array coil을 사용하였다. 사용된 영상변수는 FLASH 펄스파형과 TR : 120 ms, TE : minimum, FOV : 360×300 mm, Matrix : 256×224, Slice : 6 mm, scan time : 15초로 Breath-hold 기법을 이용하였다.

복부 영상은 물 신호를 동시에 측정하기 위해 관심영역(FOV) 안에 물을 채운 50 ml syringe를 놓고 10°부터 90°까지 10° 간격으로 FA에 변화를 주면서 얻었다. 획득한 영상은 간(liver), syringe내부의 물(water), 비장(spleen), background의 신호강도(SI)와 대조도 대 잡음비(CNR)를 각각 측정하였으며 신호강도는 관심영역을 설정한 다음 각 부위에서 3번씩 측정하고 그 평균값을 구하였다. 영상 전체의 평가에서는 변이계수(coefficient of variation)를 적용하여 전체영상의 신호강도 균일도를 알아보았고 통계 분석은 SPSS for window version 17.0을 이용하였다.

간(liver)의 신호강도는 475.54±81.76으로 FA 40°에서 가장 높게 나타났으며 syringe내부의 물의 신호는 475.97±68.98로 FA 20°에서 가장 높았으며 FA가 높아짐에 따라 다른 조직의 신호보다 많은 감소를 보였다. 비장의 신호는 443.02±55.77로 FA 30°에서 가장 높은 신호강도를 보였으며 FA가 높아짐에 따라 신호가 감소하였다. 조직의 신호강도에서 Liver vs Water와 Liver vs Spleen은 FA30°를 제외한 전 구간에서 통계적으로 유의한 차이를 보였고 Water vs Spleen은 FA60°, FA70°, FA80°에서만 유의한 차이를 보였다(p < 0.01). 전체영상의 신호강도는 175.42±57.93으로 FA 10°에서 가장 낮게 나타났으며 FA가 높아짐에 따라 증가하다가 떨어지는 양상을 보였다. 또한 변이계수(coefficient of variation)는 FA 10°와 FA 20°에서 33.02와 31.43으로 가장 높게 나타났다. FA 10°와 FA 20°는 전체영상의 신호강도 균일도가 다소 떨어지는 영상으로 왜곡이 심하게 나타났다. CNR은 liver-water에서 FA 30°에서 12.73으로 가장 낮게 나타났고 FA 10°에서 -46.97, FA 80°에서 29.36으로 가장 높게 나타났다. liver-spleen의 CNR에서는 FA 10°에서 -3.18로 가장 낮게 나타났으며 FA 80°에서 9.65로 가장 높게 나타났다.

결론적으로 FLASH 펄스 파형을 사용한 복부 영상에서 최적의 T1효과를 나타내기 위해서는 FA 80°를 사용하는 것이 유용할 것으로 생각된다.

중심 단어: Flip angle(FA), FLASH, T1-relaxation, CNR

*접수일(2008년 10월 31일), 1차심사일(2008년 11월 25일), 2차심사일(2009년 2월 6일), 확정일(2009년 3월 5일)

책임저자 : 한재복, (520-714) 전남 나주시 건재로 253번지
동신대학교 방사선학과
TEL : 061-330-3574, FAX : 061-330-2909
E-mail : way2call@naver.com

교신저자 : 최남길, (501-757) 광주광역시 동구 학동 8번지
전남대학교병원 영상의학과
TEL : 062-220-5749, FAX : 062-226-4380
E-mail : crs723@hanmail.net

I. 서 론

최근 자기공명영상(magnetic resonance imaging ; MRI)은 하드웨어와 소프트웨어시스템의 비약적인 발전으로 병변의 검출, 병리학적 진단, 치료계획을 위한 병변의 범위를 파악하는데 있어서 적절한 대조도 대 잡음비(contrast to noise ratio ; CNR)를 갖게 되었다. 아울러 영상획득시간이 짧아짐에 따라, 호흡·환자의 움직임 등으로 인한 motion artifact에 의해 그동안 영상획득에 제약이 많았던 심장이나 복부로 검사 부위가 점차 확대되고 있다. 특히 MRI를 이용한 복부 검사는 간 질환의 발견과 감별진단, 치료 후 평가에 매우 유용한 진단수단으로 자리 잡고 있다.

복부 MRI의 T1 강조영상은 높은 신호 대 잡음비(signal to noise ratio ; SNR)로 인해 병변의 발견에 유용하고, T2 강조영상보다 더 나은 상세한 해부학적 구조를 보여 준다¹⁾. T1 강조영상을 얻기 위해서 현재까지 널리 사용되고 있는 펄스 파형으로는 Conventional spin-echo(SE), Gradient-echo(GRE), Inversion recovery(IR) 등이 있다. 하지만 SE와 IR은 긴 검사시간으로 인해 Breath-hold 기법을 적용하기 힘들뿐만 아니라, motion artifact가 많이 나타난다는 단점으로 인해 복부의 검사에서는 사용하지 않고 있다. 이러한 이유로 복부의 T1 강조영상을 얻기 위해 가장 많이 사용되는 GRE는 SE 기법과 달리 180도 재초점화펄스 대신 magnetic field gradient를 사용하여 스핀을 재초점화 하고, 90도 RF pulse 대신 작은 속임각(flip angle ; FA)과 짧은 반복시간(Time of Repetition ; TR)을 사용하는 펄스 파형으로 SE를 사용했을 때보다 검사시간을 더 단축시킬 수 있다^{12,13)}.

특히 GRE 기법 중 FLASH(fast low angle shot) 펄스 파형은 X-Y 평면에 잔류하는 Mxy 성분을 재초점화 시키지 않고 신호를 획득한 후 Gradient spoiler라는 강한 경사자계를 인가하여 spin들의 위상을 spoiling 시키므로 잔류의 Mxy 신호를 대부분 제거시키고 Mz 신호만을 다음 TR에 영상신호로 얻게 된다¹⁴⁾. 그렇기 때문에 이 FLASH 펄스 파형을 이용하게 되면 짧은 검사시간으로 T1 대조도가 강조된 영상을 얻을 수 있으며 Val et al¹⁵⁾ 등에 따르면 고자장 3.0T MR에서 검사시간을 단축하면서 조직 간의 대조도 묘사에 탁월하며, 좋은 T1 대조도의 영상을 얻을 수 있는 것으로 보고 되고 있다.

하지만 FLASH T1 강조영상의 FA 변화에 따른 최적의 T1 효과를 나타내기 위한 연구는 현재까지 보고된 바 없었으며, 이에 본 연구에서는 3.0T MRI의 복부검사에서

FLASH T1 강조영상의 FA 변화에 따른 신호강도(SI)와 대조도 대 잡음비(CNR)를 비교하였다. 또한, 영상의 전체적인 평가에서는 변이계수를 적용하여 전체영상의 신호강도 균일도를 확인하였다. 이에 본 논문에서는 복부 MRI의 FLASH 기법에서 최적의 T1효과를 나타내기 위한 FA를 알아보고자 하였다.

II. 실험대상 및 방법

1. 실험대상

2008년 9월부터 12월까지 본원을 내원하여 복부 MRI 검사를 시행한 환자 20명(남 : 12명, 여 : 8명, 연령 범위 : 28~63세, 평균 : 51세)을 대상으로 하였다.

2. 실험방법

영상 장비는 3.0 Tesla MR scanner (Magnetom Tim Trio, SIEMENS, Germany)이였으며, 8 Channel body array coil을 사용하였다. 사용된 영상변수는 FLASH 펄스 파형을 이용하였으며 TR : 120 ms, TE : minimum, FOV : 360×300 mm, Matrix : 256×224, Slice : 6 mm, scan time은 15초로 Breath-hold 기법을 이용하였다. 이 때 FA는 10~90° 까지 10° 간격으로 변화시키면서 검사를 시행하였다. 또한 비교분석을 위해 관심영역 안에 물을 가득채운 50 ml syringe를 놓고 동시에 검사를 시행하였다.

3. 영상의 분석

영상에 대한 정량 분석방법은 FA를 10~90° 까지 10° 간격으로 변화시킨 각각의 영상에서 간(liver), syringe내부의 물(water), 비장(spleen), background의 신호강도(SI)를 측정하였다. 영상 전체의 평가에서는 변이계수(coefficient of variation)를 적용하여 전체영상의 신호강도 균일도를 알아보았다. 또한 대조도 대 잡음비(CNR)는 Liver-Water, Liver-Spleen을 각각 측정하였다. 그리고 측정치 오차를 줄이기 위해 동일 크기의 관심영역(Region Of Interest : ROI)을 각 부위에서 3번씩의 신호강도를 측정한 뒤 그 평균값을 구하였으며, 통계 분석은 SPSS for window ver 17.0 프로그램을 이용하여 ANOVA test를 시행하였다.

III. 결 과

FLASH에서 FA의 변화에 따른 조직의 신호강도는 간(liver), syringe내부의 물(water), 비장(spleen), Background에서 각각 다르게 나타났다. 간(liver)의 신호강도는 475.54 ± 81.76 으로 FA 40°에서 가장 높게 나타났으며 FA가 높아짐에 따라 신호가 감소하는 추이를 보였다. syringe내부의 물의 신호는 475.97 ± 68.98 로 FA 20°에서 가장 높았으며 FA가 높아짐에 따라 다른 조직의 신호보다 많은 감소를 보였다. 비장의 신호는 443.02 ± 55.77 로 FA 30°에서 가장 높은 신호강도를 보였으며 FA가 높아짐에 따라 신호가 감소하였다(Table 1, Fig. 1). 조직의 신호강도에서 Liver vs Water와 Liver vs Spleen은

FA30°를 제외한 전 구간에서 통계적으로 유의한 차이를 보였고 Water vs Spleen은 FA60°, FA70°, FA80°에서 만 유의한 차이를 보였다($p < 0.01$, Table 1).

FA의 변화에 따른 전체영상의 신호강도는 175.42 ± 57.93 으로 FA 10°에서 가장 낮게 나타났으며 FA가 높아짐에 따라 증가하다가 떨어지는 양상을 보였다. 또한 변이계수(coefficient of variation)는 FA 10°와 FA 20°에서 33.02와 31.43으로 가장 높게 나타났다. FA 10°와 FA 20°의 영상은 전체영상의 신호강도 균일도가 다소 떨어지는 영상으로 영상의 왜곡이 심하게 나타났다(Table 2, Fig. 2).

Table 1. Signal intensity of the tissue according to the change of FA in FLASH

	Liver	Water	Spleen	Background	p-value
FA10°	$242.98 \pm 39.96^{*†}$	$428.40 \pm 60.57^*$	$255.52 \pm 37.92^†$	3.94 ± 1.52	0.000
FA20°	$398.78 \pm 68.46^{*†}$	$475.97 \pm 68.98^*$	$401.76 \pm 55.75^†$	4.50 ± 1.69	0.01
FA30°	467.65 ± 78.27	406.28 ± 63.43	443.02 ± 55.77	4.82 ± 1.56	0.033
FA40°	$475.54 \pm 81.76^{*†}$	$339.87 \pm 53.45^*$	$435.00 \pm 52.70^†$	5.15 ± 1.51	0.000
FA50°	$455.54 \pm 79.52^{*†}$	$284.10 \pm 46.22^*$	$402.61 \pm 47.37^†$	4.91 ± 1.69	0.000
FA60°	$421.24 \pm 63.90^{*†}$	$239.18 \pm 39.25^{*†}$	$361.19 \pm 44.75^{*†}$	6.94 ± 5.41	0.000
FA70°	$350.37 \pm 32.93^{*†}$	$197.67 \pm 27.21^{*†}$	$304.44 \pm 30.03^{*†}$	5.62 ± 2.05	0.000
FA80°	$343.52 \pm 60.87^{*†}$	$177.68 \pm 30.35^{*†}$	$288.03 \pm 37.86^{*†}$	5.74 ± 1.92	0.000
FA90°	$312.43 \pm 57.28^{*†}$	$155.37 \pm 27.28^*$	$267.34 \pm 38.64^†$	5.48 ± 2.00	0.000

* ; Liver vs Water, † ; Liver vs Spleen

‡ ; Water vs Spleen, *†‡ by tukey comparisons test($p < 0.01$)

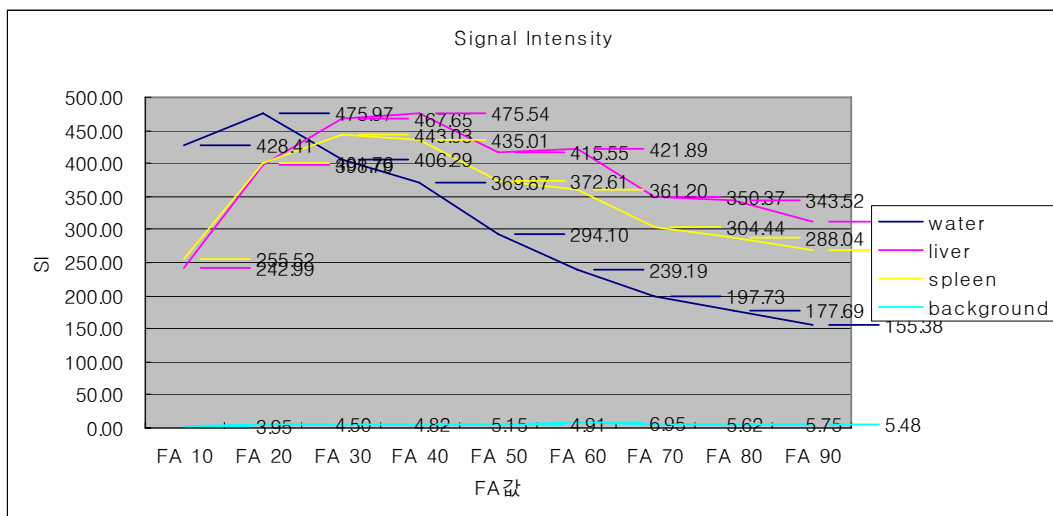


Fig. 1. Signal intensity of the tissue according to the change of FA in FLASH

Table 2. Signal intensity of total image and Coefficient of variation according to the change of FA

	total image	coefficient of variation
FA 10°	175.42±57.93	33.02
FA 20°	270.82±85.14	31.43
FA 30°	355.96±100.11	28.12
FA 40°	379.84±105.91	27.88
FA 50°	379.24±107.73	28.40
FA 60°	372.92±106.44	28.54
FA 70°	360.65±103.51	28.70
FA 80°	359.52±103.28	28.72
FA 90°	360.74±103.92	28.80

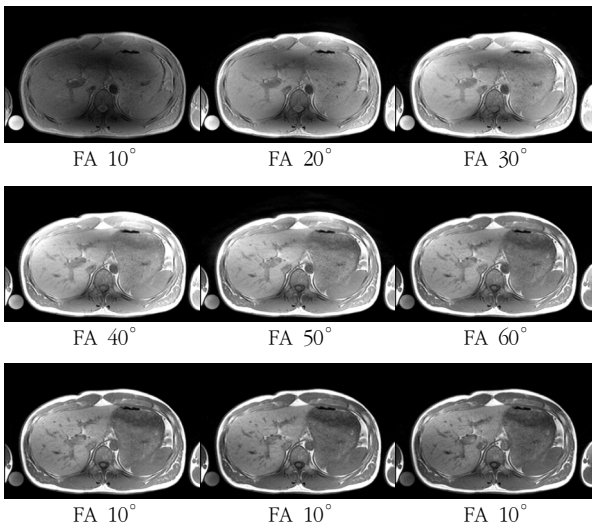


Fig. 2. Abdomen FLASH T1 weighted image according to the change of FA

FLASH에서 FA의 변화에 따른 CNR은 liver-water에서 FA 30°에서 12.73으로 가장 낮게 나타났고 FA 10°에서 -46.97, FA 80°에서 29.36으로 가장 높게 나타났다. liver-spleen의 CNR에서는 FA 10°에서 -3.18로 가장 낮게 나타났으며 FA 80°에서 9.65로 가장 높게 나타났다 (Table 3, Fig. 3).

Table 3. Liver-water CNR, Liver-spleen CNR according to the change of FA in FLASH

	Liver-water CNR	Liver-spleen CNR
FA 10°	-46.97	-3.18
FA 20°	-17.14	-0.66
FA 30°	12.73	5.11
FA 40°	20.51	7.87
FA 50°	24.73	8.74
FA 60°	26.31	8.74
FA 70°	27.16	8.17
FA 80°	29.36	9.65
FA 90°	28.66	8.12

CNR : SI(liver-water or spleen)/SI(b), SI(b) : signal intensity of background

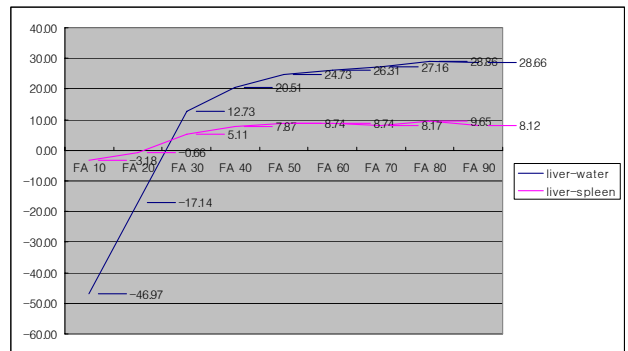


Fig. 3. Liver-water CNR, Liver-spleen CNR according to the change of FA in FLASH

IV. 고찰

복부 MR 영상의 장점은 요오드성 조영제의 사용이 필요 없기 때문에 이에 따른 부작용을 피할 수 있으며, 아울러 CT 영상과 비슷한 해부학적 정보를 제공하면서 국소 간 종괴의 특성화에 CT보다 뛰어난 정보를 제공하는 것이다³⁾. 비록 복부 MR검사에서는 긴 검사시간으로 인한 생리학적인 Motion-artifact가 발생한다는 단점이 있었지만, 최근 신속 영상기법과 호흡보정 기법의 발전으로 복부 MR 검사는 더욱 널리 시행되어지고 있다⁹⁾. 또한 최근에는 고자장 3.0T MR의 등장으로 기존의 1.5T에 비해 주자기장 세기의 증가에 따른 신호 대 잡음비(SNR)가 좋아지고 검사시간의 단축을 가져왔다. 그러나 주자기장의 세기의 증가에 따라 T1 이완시간도 길어짐으로써 T1 강조영상에서 간 조직의 대조도 묘사에 문제가 되었다⁴⁾.

복부의 급속영상을 얻기 위해 FISP와 FLASH 기법의 Breath-hold 급속영상을 시행한 Unger 등⁵⁾의 연구에서는 Breath-hold Gradient-echo은 복부 구조물의 평가에 있어서 유용하다고 하였다. 특히 FLASH 기법은 복부의 T1 강조영상을 얻기 위해 널리 사용되고 있다. 전형적인 FLASH 기법은 flip-angle이 작은 절편선택 펄스를 사용하며, 선택방향으로 위상결집을 유지하기 위해 보상경사로 음극성 절편선택경사를 절편선택경사 후에 적용한다^{10,11)}.

FLASH 기법은 짧은 TR이 이용되는 급속영상에 있어서 각각의 TR 간격 후에 남아있는 횡축자기화를 없애기 위해 추가로 다음의 알파펄스를 주기 전에 절편선택방향으로 spoiler gradient를 적용하는 기법이다^{6,7)}. 이러한 이유는 매우 짧은 TR 간격을 두고 RF를 인가하기 때문에 종자화성분(Mz)이 충분히 회복되지 않은 상태에서 다음의 RF를 받게 되면서 횡축화성분(Mxy)이 점점 작아지게 된다. 이러한 신호의 손실을 최소화하기 위해서는 적당한 FA가 필요하다. 이러한 최적의 FA는 특정 TR과 조직의 종이완 시간에서 최대의 신호를 내는 각도 즉, 'Ernst angle'이 최적의 FA라 할 수 있다^{8,15)}. 하지만 인체의 장기, 조직의 화학적 구조와 성분상태에 따라 종이완의 속도가 다르기 때문에 검사부위마다 최적의 FA는 다르게 나타난다.

이에 본 연구에서는 복부검사에서 FA의 변화에 따른 각 조직의 신호강도와 대조도 대 잡음비 측정함으로써 최적의 T1 효과를 나타내는 FA를 알아보았다. 간(liver)의 신호강도는 475.54 ± 81.76 으로 FA 40°에서 가장 높게 나타났으며 비장의 신호는 443.02 ± 55.77 로 FA 30°에서 가장 높은 신호강도를 보였으며 FA가 높아짐에 따라 신호가 감소하였다. syringe내부의 물의 신호는 475.97 ± 68.98 로 FA 20°에서 가장 높았으며 FA가 높아짐에 따라 다른 조직의 신호보다 많은 감소를 보였다. 이는 인체조직에 포함되어 있는 지방과 같은 중증도 크기의 분자보다 물분자의 크기가 작고 주파수가 스핀의 공명주파수보다 높으므로 에너지 상호교환이 효율적이 못하다¹⁵⁾. 그래서 FA가 높을수록 종축이완시간이 다른 조직보다 길어져서 물의 신호가 많이 감소됨을 알 수 있었다. FA의 변화에 따른 전체영상의 신호강도는 175.42 ± 57.93 으로 FA 10°에서 가장 낮게 나타났으며 변이계수(coefficient of variation)는 FA 10°와 FA 20°에서 33.02와 31.43으로 가장 높게 나타났다. 본 실험에서는 FA 10°와 FA 20°는 전체영상의 신호강도 균일도가 떨어져서 왜곡이 심하게 나타나기 때문에 좋은 영상이라고 할 수 없다. FLASH에서 FA의 변화에 따른 CNR은 liver-water에서 FA 30°에서 12.73

으로 가장 낮게 나타났고 FA 10°에서 -46.97, FA 80°에서 29.36으로 가장 높게 나타났다. liver-spleen의 CNR에서는 FA 10°에서 -3.18로 가장 낮게 나타났으며 FA 80°에서 9.65로 가장 높게 나타났다. 하지만 liver-water CNR에서 FA 10°에서 -46.97로 높게 나타났지만 영상의 변이계수가 높고 영상의 균일도가 떨어져서 영상의 왜곡이 심하게 나타나서 좋은 FA라고 볼 수 없다. 통계분석에서 Liver vs Water와 Liver vs Spleen의 신호강도는 FA30°에서 유의한 차이를 보이지 않아서 좋은 FA이라고 볼 수 없고 Water vs Spleen에서 FA60°, FA70°, FA80°가 통계적으로 유의한 차이를 나타내어 좋은 FA라고 볼 수 있다. 하지만 CNR에서는 FA 80° 가장 높은 점수를 받아서 본 실험에서는 FA80°가 T1효과를 위한 적절한 FA라고 할 수 있다.

V. 결 론

본 연구에서 FA를 10~90°까지 변화시켜 보았을 때 FA가 커짐에 따라 물의 신호강도는 다른 조직의 신호보다 훨씬 많이 감소하였고 이는 FA가 증가함에 따라 T1 효과의 차이가 커짐을 알 수 있었다. 조직의 신호강도는 Water vs Spleen에서 FA60°, FA70°, FA80°가 좋은 신호를 보여 통계적으로 유의한 차이를 보였으며 전체영상의 평가에서 변이계수는 FA 10°에서 가장 높게 나타났으며, liver-water와 liver-spleen의 CNR에서는 FA 80°에서 가장 높게 나타났다.

결론적으로, FLASH 펄스 파형을 사용한 복부 영상에서 최적의 T1효과를 나타내기 위해서는 FA 80°를 사용하는 것이 유용할 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

1. 이석홍 : Liver MRI Protocol, *대한자기공명의과학회 학술대회 논문집*, 43-54, 1999
2. Val M. Runge, MD, Mittun C. Patel, MD, Shannon S. Baumann, Alexander B. Simonetta, MD, John A. Ponzio, MD, Walter S. Lesley, MD, Gordon W. : T1-Weighted Imaging of the Brain at 3Tesla Using a 2-Dimensional Spoiled Gradient Echo Technique. *Investigative Radiology* 41(2), February 2006
3. 이준우 외 : 문맥계의 자기공명영상, True Fast Imaging with Steady State Precession(FISP) 영상

- 과 조영증강 후 Fast Low Angle Shot(FLASH) 영상의 비교, *대한방사선의학회지*, 41, 713-718, 1999
4. 손철호 : Brain Magnetic Resonance Imaging Using High Field 3.0 Tesla, *Medical Postgraduates*, 33(2), 2005
 5. Unger EC, Cohen MS, Gatenby RA et al. : Single breath-holding scans of the abdomen using FISP and FLASH at 1.5T, *J comput Assist Tomogr*, 15, 578-584, 1991
 6. Frahm J, Haase A, Matthaei D. : Rapid NMR imaging of dynamic processes using FLASH technique, *Magn Reson Med*, 659-675, 1986
 7. Hendrick RE, Kneeland JB, Stark DD. : Maximizing signal to noise and contrast to noise ratios in FLASH imaging, *Magn Reson Imaging*, 5, 117-127, 1987
 8. Gunther Helms, Henning Dathe, and Peter Dechent : Quantitative FLASH MRI at 3T Using a Rational Approximation of the Ernst Equation, *Magn Reson Med*, 59, 667-672, 2008
 9. Matthias Taupitz, Bernd Hamm, Andrea Speidel, Michael Deimling, Gordian Branding : Multisection FALSH : Method for Breath-Hold MR Imaging of the Entire Liver, *Radiology*, 183, 73-79, 1992
 10. Haase A, Frahm J, Matthaei D. : FLASH imaging : rapid NMR using low flip angle pulses, *J Magn Reson*, 67, 258-266, 1986
 11. Imran J, Langevin F, Saint-Jalmes H. : Two-point method for T1 estimation with optimized gradient-echo acquisition, *Magn Reson Imaging*, 19, 1347-1256, 1999
 12. Wang H, Riederer S, Lee S. : Optimizing the precision in t1 relaxation estimation using limited flip angles, *Magn Reson Med*, 5, 399-416, 1986
 13. Frahm J, Haase A, Matthaei D. : Rapid three-dimensional MR imaging using FLASH technique, *J Comput Assist Tomogr*, 10, 363-368, 1986
 14. Wang D, Heberlein K, LaContes S, Hu X. : Inherent insensitivity to RF inhomogeneity in FLASH imaging, *Magn Reson Med*, 52, 927-931, 2004
 15. 진료영상학연구회 : 대한자기공명학회, 자기공명영상학, *대학서립*, 38-108, 2003

• Abstract

Flip Angle of the Optimal T1 Effect Using FLASH Pulse Sequence at 3T Abdominal MRI

Jae-Bok Han · Nam-Gil Choi¹⁾

Department of Radiology, Dongshin University

¹⁾*Department of Radiology, Chonnam National University Hospital*

Purpose of this study is to compare the signal intensity (SI) and CNR with T1 weighted image using FLASH at 3T abdominal MRI by varying flip angle (FA).

Totally 20 patients (male : 12, female : 8, Age : 28-63 years with mean : 51) were examined by 3 Tesla MR scanner (Magnetom Tim Trio, SIEMENS, Germany) with 8 channel body array coil between september and October 2008. Imaging parameters were as follows : FLASH sequence, TR : 120 ms, TE : minimum, FOV (field of view) : 360×300 mm, Matrix : 256×224, slice : 6 mm, scan time : 15 sec and Breath-hold technique. Abdominal image, with a 50 ml syringe filled with water placed in the FOV measuring the water signal, were acquired with varying FA through 10° to 90° with 10° interval. SI's were measured three times at liver parenchyme, water, spleen and background and averaged. The CNR's were measured between the ROIs (region of interest). Statistic analysis was performed with ANOVA test using SPSS software (version 17.0). Less than FA 30°, abdominal images were severely inhomogeneity. Especially, T1 effect of water signal was weak. As the flip angle increased, the signal intensity decreased at all the regions. Especially, flip angle of the highest signal intensity was observed with 40° at the liver parenchyme, 20° at water, 30° at the spleen, respectively. The CNR between liver and water was -60.92 at FA 10° and 15.16 at FA 80°. The CNR between liver and spleen was -3.18 at FA 10° and 9.65 at 80°. In conclusion, FA 80° is optimal for T1 weighted effect using FLASH pulse sequence at 3.0T abdominal MRI.

Key Words : Flip angle (FA), FLASH, T1-relaxation, CNR