

<원저>

# 3T 자기공명영상 Fast Spin Echo (FSE)와 Ultra Short Time Echo (UTE) 펄스 시퀀스에서 가돌리늄 조영제 희석농도와 신호강도 비교 -팬텀 연구\*

- A Comparison Study of Signal Intensity of Gadolinium Contrast Media on Fast Spin echo and Ultra Short Time Echo Pulse Sequence at 3T MRI-Phantom Study -

청주대학교 보건의료대학 임상병리학과

<sup>1)</sup>김천대학교 자연과학대학 방사선학과

이석준·유승만<sup>1)</sup>

— 국문초록 —

본 연구에서는 가돌리늄 조영제를 다양한 몰농도로 희석하여 T1 효과를 나타내는 펄스 시퀀스 중 고속스핀에코와 에코타임이 극도로 짧은 ultra short time echo에서 최대 신호 강도 분포를 나타내는 조영제 희석 몰농도를 3.0T에서 각각 알아보고자 하였다. T1 조영제인 gadoteric acid 와 완충용액으로는 증류수, 2% agarose gel을 이용하여 다양한 몰농도로 조영제 팬텀을 제작하였다. 팬텀 제작의 정확성을 측정하기 위해 T1 이완시간 측정의 표준방식인 2D inversion recovery spine-echo 펄스시퀀스를 이용하였으며 팬텀의 중간 부의 한 개의 관상면 영상을 획득하여 T1 이완 시간을 계산하였다. 스핀에코에서는 1-2 mmol/L 조영제 몰농도에서 가장 높은 신호를 나타냈으며, ultra short time echo에서는 7 mmol/L에서 가장 큰 신호를 나타냈다. ultra short time echo 펄스 시퀀스를 이용한 조영제강 효과를 보기 위해서는 고속스핀에코 기법 보다 2-3배의 조영제 농도가 목적 장기에 유지하여야 하며 이와 관련된 조영제량 및 투여 방법의 연구가 이루어져야 한다.

**중심 단어:** 자기공명영상, 조영제, 신호강도, 팬텀, 이완시간

## I. 서 론

조영제는 자기공명영상 (MRI)이나 컴퓨터 단층 촬영 (CT)과 같은 방사선 검사 시 조직이나 혈관을 잘 볼 수 있도록 각 조직의 대조도 차이를 인위적으로 크게 하는 의약품이다<sup>1-3)</sup>. 조영제를 사용함으로써 질병을 진단하고 치료의 계획을 세우는데 조영제의 의존도가 상당히 커졌다<sup>4,5)</sup>.

CT와 같이 X선을 이용하는 검사의 조영제는 원자 번호가 큰 물질을 주입하여 조직 간의 대조도의 차이를 크게 한다. 특히 혈관 내로 주입하는 조영제는 화학적 독성이 낮고 수용

성 화합물 상태로 존재 가능한 요오드 화합물을 정맥 내로 주입하게 된다<sup>6)</sup>. CT 조영제는 X선의 흡수를 많이 시킬수록 하운스필드 유닛 (Hounsfield unit)이 올라서 조영효과가 증가되나 MRI T1 조영제는 그 주위를 둘러싸고 물 분자의 수소 원자핵과의 상호작용 즉, inner sphere effects로 T1 이완시간을 짧게 하여 조직 간의 대조도 차이를 형성하게 된다<sup>7,8)</sup>. CT와 같이 X선을 이용하는 검사의 조영효과를 높이기 위해서는 관심 부위에서의 원자번호가 높은 물질의 농도가 높아야 한다. 그러나 MRI T1 조영제는 CT 조영제와는 달리 관심영역에서 몰농도가 증가함에 따라 신호 강도가 지

\* 이 논문은 2014년도 김천대학교 교내학술연구비 지원에 의한 것임.

교신저자: 유승만 (740-704) 김천대학교 자연과학대학 방사선학과, 경북 김천시 삼락동

김천대학교 제1보건의료관 방사선학과, Tel: 054-420-4046 / E-mail: ysm9993@gmail.com

접수일(2015년 06월 18일), 심사일(2015년 08월 07일), 재심사일(2015년 09월 10일), 확정일(2015년 06월 16일)

속적으로 증가하는 것이 아니라 특정 희석농도에서 최대 신호 강도를 나타내다가 다시 감소하게 된다<sup>9,10</sup>. 이는 환자에게 관심영역 부위에서 최대신호를 보이는 적정 조영제의 용량을 투여 하여야 한다는 것을 의미 한다. 더욱이 중심금속으로 사용되는 가돌리늄은 자체적으로 지닌 독성으로 인하여 피부나 내부 장기의 섬유화를 유발시키거나 관절의 움직임의 장애를 일으킬 수 있으며, 심할 경우에는 사망에까지 이를 수 있다<sup>11-13</sup>. 특히 신장 질환이 있는 환자는 신장의 섬유화 (nephrogenic system fibrosis)로 발전 할 수 있어 가돌리늄 조영제를 투여 하는 것에 각별히 주의를 기울여야 한다. 이러한 조영제의 부작용 경감과 최고의 조영효과를 나타내는 영상정보를 얻기 위해서 적당량의 조영제를 투여 하는 것이 매우 중요함과 동시에 목적 장기 (target organ)의 관심부위에서 조영제의 희석 물농도의 정보가 매우 중요하다. 이러한 MRI T1 조영제의 특성 때문에 간의 동적 검사 (liver dynamic)와 같이 조영제 투여 중에 검사하는 간 동맥상 (first pass arterial phase imaging) 검사에서 최대 신호를 나타내는 조영제 희석 물농도를 알기 위한 실험들이 진행되었다<sup>14</sup>. 최근 들어 자기공명영상의 하드웨어 기술이 발달하여 이론으로만 존재 하던 영상기법의 현실화되어 새로운 펄스 시퀀스가 개발이 많이 이루어 졌다. 특히 짧은 에코 타임으로 아주 작은 양성자 농도 (proton density)를 영상화 할 수 있는 ultra short time echo (UTE) 기법이 개발되어 이와 관련된 연구들이 필수적이다.

본 연구에서는 UTE 펄스 시퀀스에서 가돌리늄 조영제 사용으로 조영 검사를 시행할 경우 목적으로 하는 장기에서 최대 신호 강도 분포를 나타는 조영제의 농도를 기존의 고

속스핀에코 (FSE) 펄스 시퀀스 기법과 팬텀 실험을 통하여 비교함으로써 향후 UTE 펄스 시퀀스에서 조영 검사에 필요한 적정 조영제 물농도의 정보를 제공하고자 하였다.

## II. 실험 재료 및 방법

### 1. Gadoxetic acid Agarose Gel Phantom 제작

자기공명영상 T1 조영제로 사용되는 gadoxetic acid (Primovist, Gd-EOB-DTPA, Bayer Schering, Germany)와 완충용액 증류수로 2 % agarose gel로 조영제 phantom을 제작하였다. 각각의 테스트 튜브의 조영제의 물농도를 0, 0.1, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0, 2.0, 3.0, 5.0, 7.0 mmol/L로 마이크로피펫과 메스실린더를 이용하여 총 11단계로 제작하였다(Fig. 1).

### 2. 자기공명 영상 장치

모든 자기공명영상 획득은 3.0 T MRI 장치 (Achieva TX; Philips health care, Erlangen, The Netherlands)에서 이루어졌다. 이 장치의 amplitude와 slew rate는 각각 40 mT/m와 200 T/m/sec이며 수신 코일로는 32 채널 Head 코일을 사용하였다. 모든 영상의 획득 방법은 single RF mode를 사용하여 영상을 획득하였으며 gadoxetic acid agarose gel 팬텀을 검사 장치의 iso-center에 위치시켜 영상을 획득하였다.



(left) The figure of agarose gel 2% contrast agent phantom, (right) fast spin echo T1 weighted image. The signal intensity was changed as a functional of molarity of gadoxetic acid.

**Figure 1** Gadoxetic acid agarose gel phantom

### 3. 2D inversion recovery spine-echo 파라미터와 T1 이완시간 계산

조영제 팬텀이 정확한 몰농도로 희석된 것을 평가하기 위해서 자기공명영상의 표준 T1 이완 시간을 측정 방법인 2D inversion recovery spine-echo (2D IR-SE) 펄스시퀀스를 이용하였다. 파라미터는 time to repeat (TR)이 2500 msec, time of echo (TE)는 8 msec, inversion time (TI)는 50, 180, 350, 650, 1200, 1680 msec 이었으며 SENSE factor는 사용하지 않았다. echo train length (ETL)은 5, 화소의 대역폭은 41.67 kHz로 설정하였고 field of view (FOV)는  $150 \times 150 \text{ mm}^2$ , 단면 두께는 10 mm로 하여 phantom의 중앙부위의 1개 관상 면 단층 영상을 획득하였다. matrix의 크기는  $256 \times 256 \text{ pixel}$ 로 하였으며 average는 1로 설정하여 총 영상을 획득을 위해 걸린 시간은 1시간 10분 10초였다. 2D IR-SE 펄스시퀀스로 획득된 영상은 IDL 7.0 (ITT Visual Information Solutions, Boulder, CO, USA)의 인터페이스 정의언어 기반의 MRmap (Messroghli, BMC Medical Imaging, 2010)을 이용하여 T1 mapping을 시행하였다.

### 4. 펄스 시퀀스의 영상획득과 정량, 통계적 분석

동일한 실험 장비를 이용하여 FSE와 짧은 에코 시간을 얻는 UTE 펄스시퀀스로 제작된 팬텀을 각각 영상화 하였다. 각각의 펄스 시퀀스의 영상획득을 위한 파라미터는 아래의 표와 같이 설정 하였다(Table. 1). 획득된 영상은 검사 장비의 표준 소프트웨어 워크스테이션을 이용하여 관심영역을  $10 \text{ mm}^2$  크기의 동심원으로 설정하여 팬텀 테스트 튜

브의 신호강도를 10회씩 측정하여 평균값을 구하였다.

각각의 테스트 튜브의 몰농도가 증가함에 따라 T1 이완시간의 역수 (relaxation rate, R1)의 선형적 증가를 평가하기 위하여 아래의 수식을 통하여 각각의 테스트 튜브의 T1 이완 시간을 구한 후 선형 회귀분석을 실시하였다.

$$1/T_i = 1/T(0) + R_i$$

여기서  $i$ 는 해당되는 테스트 튜브의  $i$  (mmol/L) 몰농도를 나타내고,  $T(0)$ 는 조영제를 포함하지 않는 1번째 테스트 튜브의 T1 이완 시간이다. 그리고 두 펄스 시퀀스의 몰농도 별 차이를 규명하기 위해 Kolmogorov-Smirnov 검정을 시행하여 정규분포 검정을 시행한 후 독립 표본  $t$  검정을 시행하였습니다. 사후 검정으로는 Bonferroni 검정을 시행하여 통계학적 검정 기준을 0.01미만으로 설정하였다.

## III. 결 과

### 1. Phantom 정확성 평가

2D IR-SE 로부터 구해진 팬텀의 테스트 튜브의 T1 값은 17.5 msec (7 mmol/L) 부터 2249.0 msec (0 mmol/L)의 값을 보였다. 선형회귀분석 (simple linear regression)을 통해 구해진 R1의 relaxivity는 6.2 이었고,  $R^2$  값은 0.990 이었으며  $p$  value가 0.01미만으로 본 실험을 위해 제작된 agarose gel phantom의 test tube는 정확한 몰 농도로 희석되었음을 확인하였다(Figure. 2).

**Table 1** The fast spin echo (FSE) and ultra short time echo (UTE) pulse sequence parameters.

	FSE	UTE
TR <sup>1)</sup> (msec)	500	27
TE <sup>2)</sup> (msec)	9.8	2.8
Flip angle	90	60
Slice Thickness (mm)	5	5
No. of Slice	1	1
FOV (mm <sup>2</sup> )	200	200
Matrix	512×512	512×512
No. of Acquisition	1	1
SENSE <sup>3)</sup> factor	2	2

<sup>1)</sup> Time to Repeat

<sup>2)</sup> Time of Echo

<sup>3)</sup> Sensitivity encoding

2. 두 펄스 시퀀스의 신호강도 평가

FSE 펄스 시퀀스를 적용한 영상은 조영제 팬텀의 테스트 튜브의 몰농도가 증가함에 따라 신호강도는 서서히 증가하여 1 mmol/L에서 최대 신호를 나타냈다. 2 mmol/L 이상의 농도에서는 신호강도가 다시 감소하는 것을 확인 할 수 있었다(Figure. 3). 짧은 에코타임으로 영상을 획득하는 UTE 펄스 시퀀스에서 최대 신호를 나타내는 조영제 몰농도는 7

mmol/L 이었으며 FSE 기법과 동일하게 몰 농도가 증가함에 따라 신호 강도는 서서히 증가하였으나 신호강도의 감소 현상은 확인할 수 없었다. 두 펄스 시퀀스적용에 따른 신호 강도의 평균 비교는 통계학적으로 유의수준 ( $p < 0.01$ ) 미만으로 모든 테스트 튜브의 몰 농도에서 차이가 있음을 확인할 수 있었다(Figure. 4). 동일 펄스 시퀀스에서 몰농도의 변화에 따른 신호강도의 차이 변화는 UTE에서  $p < 0.01$  으로 몰농도의 차이에 따른 신호강도의 차이가 있었으나, FSE에

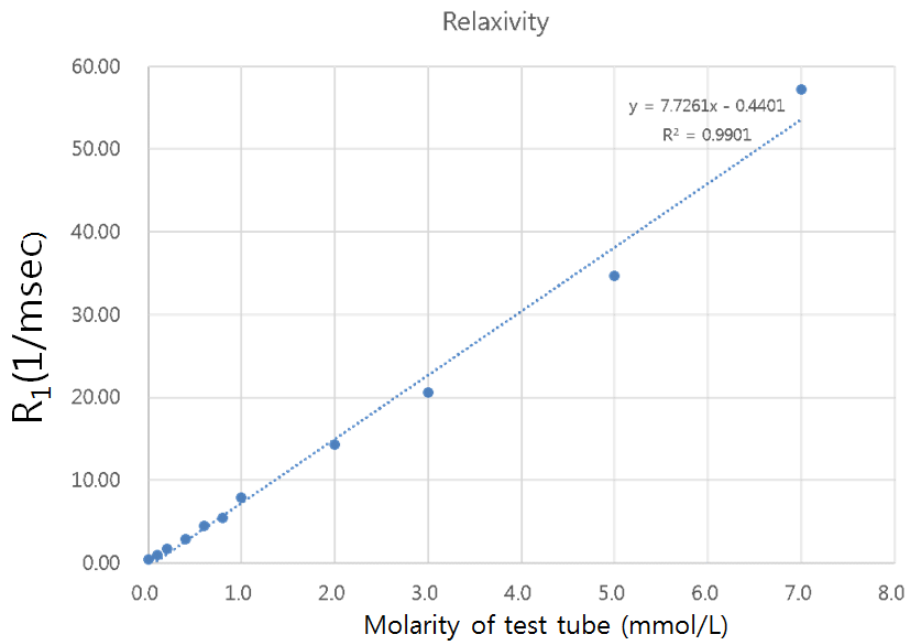


Figure 2 The R1 value (reverse T1 relaxation time) of T1 contrast media phantom using the 2D IR-SE pulse sequence.

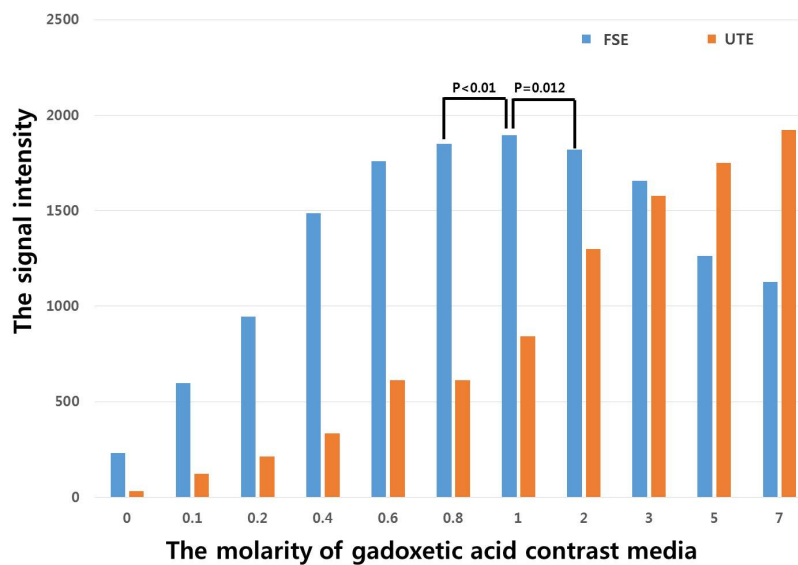


Figure 3 The signal intensity of gadoxetic acid agarose gel phantom.

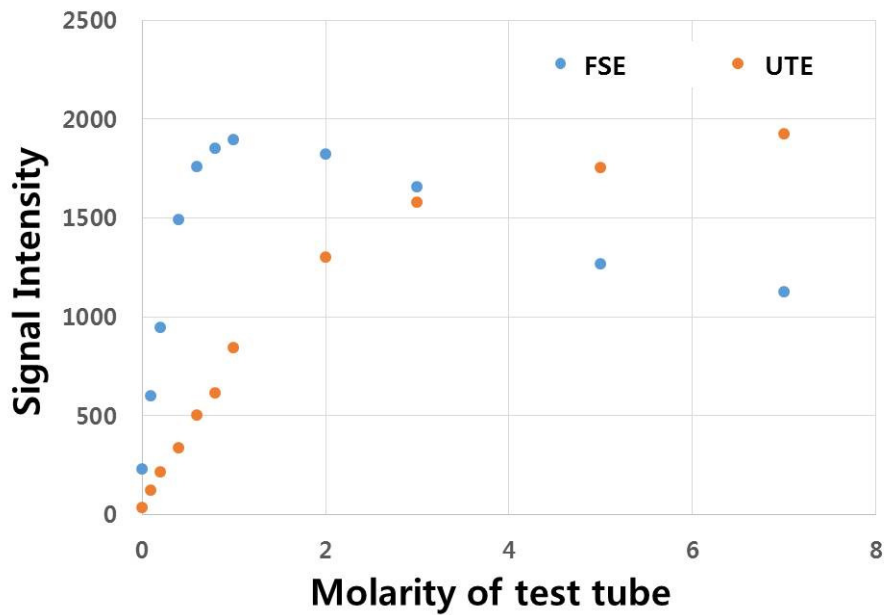


Figure 4 The comparison of signal intensity between FSE and UTE pulse sequence

서는 1 mmol/L와 2 mmol/L간에서는  $p=0.012$ 로 통계적으로 유의 수준의 차이가 발생하지 않았다.

#### IV. 고찰 및 결론

본 연구는 자기공명영상에서 사용되는 영상기법 중 T1 효과를 나타내는 FSE와 짧은 에코 시간에 신호를 획득하는 UTE 펄스 시퀀스에서 최대 신호 강도를 나타내는 조영제의 몰농도를 알아보고자 하였다. 본 실험을 통하여 MRI T1 조영제는 농도가 증가함에 따라 신호강도가 지속적으로 증가하지 않고 특정 희석 농도에서 최대 신호를 나타내게 되는 것을 확인 할 수 있었다<sup>6,7)</sup>. 이러한 현상은 T1 조영제의 몰농도가 증가함에 따라 국소자장의 불균형으로 T2\* 효과 또한 증가하기 때문이며<sup>15-17)</sup>, 목적 장기 (target organ)에서 특정한 펄스 시퀀스에서의 조영제 희석 몰농도를 알 수 있다면 적당량의 조영제의 투여뿐만 아니라 조영 효과가 뛰어난 영상을 획득할 수 있음을 의미한다. 따라서 본 연구에서는 자기공명영상기법 중 대표적인 영상기법인 FSE과 새로운 영상 기법인 UTE의 최대신호를 나타내는 조영제의 몰농도를 알아보는데 큰 의미가 있었다.

FSE의 경우 1-2 mmol/L에서 최대 신호를 나타낸 반면 UTE 기법에서는 7 mmol/L에서 최대 신호가 있었으며, 두 펄스 시퀀스에서 차이가 있음을 확인 할 수 있었다. UTE에서는 목적으로 하는 장기에서 7 mmol/L의 조영제의 농도가

형성 된다면 조영효과가 뛰어난 영상을 획득할 수 있음을 의미한다. 또한 UTE 펄스 시퀀스를 통한 조영 증강 영상을 획득할 경우에는 목적으로 하는 장기에서 FSE 보다 더 높은 조영제의 몰농도가 형성되도록 투여량의 조절되어야 한다.

조영제를 이용한 다양한 검사 기법들이 발달되어 짧은 시간으로 조영제를 통한 조영증가 효과를 보고자 하는 연구들이 개발되고 있다. K. Morita의 연구에 의하면 first pass와 같이 간 내 악성 조영을 진단하기 위해서 조영제를 투여 한 후 인체서 순환을 통해 목적으로 하는 종양 조직에서 최대 조영 효과를 알기 위한 실험이 진행되었다. K. Morita의 연구에서는 경사자계를 이용한 영상기법중 하나인 VIBE(volumetric interpolated breath-hold examination) 펄스 시퀀스를 적용하였으며, 목적 장기 에서는 5 mmol/L 조영제 농도가 형성 시켜 최대 조영효과를 나타내는 진단방법을 제안하였다.<sup>15)</sup> 본 연구는 최근 개발된 짧은 에코 시간을 갖는 UTE에서는 최대의 조영증강 효과를 관찰하였으며 약 7 mmol/L 이상의 조영제의 농도가 목적 장기에 유지 되어야 함을 밝혔다. 최근 들어 T1 효과를 나타내는 펄스 시퀀스들이 개발되고 또한 새로운 조영 검사 기법들이 증가 되고 있다. 본 실험에서는 임상에서 주로 사용하는 T1 강조 FSE와 새로 개발된 UTE에서 최대 신호를 나타내는 조영제의 몰농도의 차이가 있었다. 따라서 새롭게 개발된 펄스시퀀스에 대한 평가가 반드시 이루어 져야 한다.

동일 펄스 시퀀스 적용에서 조영제 몰농도 별 평균비교에서는 FSE에서는 1-2 mmol/L에서  $p=0.012$ 로 신호 강도 차

이가 다른 몰농도 테스트 튜브보다 적음을 확인하였는데, 이것은 FSE에서는 관심영역부위에 조영제의 농도가 1에서 2 mmol/L 사이에서는 최대 신호를 나타내는 차이가 없음을 의미한다. 또한 2 mmol/L에서 부터는 다시 신호가 감소하면서 조영제 몰 농도 차이에 따른 신호강도의 변화가 두드러지게 있음을 확인하였다.

본 실험에는 몇 가지 제한 점을 가지고 있다. 첫째는 본 실험을 하기 위해 제작된 agarose gel 팬텀은 인체 등가 물질이긴 하나 온도와 삼투압 등 생체내의 물리화학환경과 다소 차이가 있다. 둘째로 제작된 팬텀의 조영제 농도는 0 mmol/L 부터 7 mmol/L로, 그 이상의 조영제 몰농도에서의 신호강도 변화를 관찰할 수 없었다. 특히 UTE 펄스 시퀀스에서는 최대 신호가 7 mmol/L이었고 이후 조영제의 몰농도의 변화에 따른 신호 감소 현상을 확인할 수 없었다.

결론적으로 본 실험에서는 T1 효과를 나타내는 펄스 시퀀스 적용에 따른 조영 증강 효과를 조영제 농도 측면에서 차이가 있음을 확인할 수 있었다. FSE는 UTE 보다 더 낮은 1-2 mmol/L에서, UTE는 7 mmol/L에서 최대 신호를 나타냈다. 따라서 UTE 펄스 시퀀스를 이용한 조영증강 효과를 보기 위해서는 스핀에코 기법 보다 2-3배의 조영제 농도가 목적 장기에 유지하여야 하며 이와 관련된 조영제량 및 투여 방법의 연구가 향후 이루어져야 한다.

## 참고문헌

1. Seung-Man Yu, Kyeong-Rae Dong, Yeon-Sang Ji, et al.: Signal Intensity for Contrast Enhancement as a Function of the Molarity of Gadolinium-Based MRI Contrast Media, *Applied Magnetic Resonance*, 40(3), 291-301, 2011
2. Martin R Prince, E Kent Yucel, John A Kaufman, et al.: Dynamic Gadolinium-enhanced Three-dimensional abdominal MR Arteriography, *Journal of the Magnetic Resonance Imaging*, 3(6), 877-881, 1993
3. Christoph J Zech, Bernhard Vos, Anders Nordell, et al.: Vascular Enhancement in Early Dynamic Liver MR Imaging in an Animal Model: Comparison of Two Injection Regimen and Two Different Doses Gd-EOB-DTPA (Gadoxetic Acid) With Standard Gd-DTPA, *Investigative Radiology*, 44(6), 305-310, 2009
4. Guidelines of the Inspection Criteria and Inspection Method of Diagnostic Radiation Generator, Korea Food & Drug Administration, No. 29, 2012
5. Enrique Lopez HänninenL, Thomas J Vogl, Rainer Felfe, et al.: Detection of Focal Liver Lesions at Biphasic Spiral CT:Randomized Double-Blind Study of the Effect of Iodine Concentration in Contrast Materials, *Radiology*, 216(2), 403-409, 2000
6. Ulf Nyman, Barbara Elmstahl, Peter Leander, et al.: Are Gadolinium-based Contrast Media Really Safer than Iodinated Media for Digital Subtraction Angiography in Patients with Azotemia? *Radiology*, 223(2), 311-318, 2002
7. Kwan-Woo Choi, Yun-Sin Kim, Soon-Ryung Son, et al: The usefulness of the contrast agent high in gadolinium for the contrast-enhanced magnetic resonance hip arthrography, *Journal of Korea Academia-Industrial cooperation Society*, 14(11), 5682-5688, 2013
8. Seung-Man Yu, Yeon Park, Kyeong-Rae Dong, et al.: Study on the Effects of Gadolinium-based MRI Contrast Medium on X-Ray Scanning, *Journal of the Korean Physical Society*, 60(1), 142-148, 2010
9. Martin Rohrer, Hans Bauer, Jan Mintorovitch, et al.: Comparison of Magnetic Properties of MRI Contrast Media Solutions at Different Magnetic Field Strengths, *Investigative Radiology*, 40(11), 715-724, 2005
10. Gustav Andreisek, Johannes M. Froehlich, Juerg Hodler, et al.: Direct MR Arthrography at 1.5 and 3.0 T: Signal Dependence on Gadolinium and Iodine Concentrations-Phantom Study, *Radiology*, 247(3), 706-716, 2008
11. John P. Mugler, James R. Brookeman: Theoretical Analysis of Gadopentetate Dimeglumine Enhancement in T1-weighted Imaging of the Brain: Comparison of Two-dimensional Spin-Echo and Three-dimensional Gradient-Echo Sequences, *Journal of Magnetic Resonance Imaging*, 3(5), 761-769, 1993
12. H. Katayma, K. Yamauchi, T. Takashima, et al.: Adverse Reactions to Ionic and Nonionic Contrast Media, *Radiology*, 175(3), 621-628, 1990
13. Wendy Bottinor, Pritam Polkampally, Ion Jovin:

- Adverse reactions to iodinated contrast media, International Journal of Angiology, 22(3), 149-154, 2013
14. Masaki Ishida, Hajime Sakuma, Shuichi Murashima, et al.: Absolute Blood Contrast Concentration and Blood Signal Saturation on Myocardial Perfusion MRI: Estimation From CT Data, Journal of Magnetic Resonance Imaging, 29(1), 205-210, 2009
15. Kosuke Morita, Tomohiro Naminoto, Kazuo Awai, et al.: Enhancement Effects of Hepatic Dynamic MR Imaging at 3.0 T and 1.5 T Using Gadoxetic Acid in a Phantom Study: Comparison with Gadopentetate Dimeglumine, Magnetic Resonance in Medicine, 66(1), 213-218, 2011
16. Seung-Man Yu, Seung-Hong Choi, Sae-Sark Kim, et al.: Correlation of the R1 and R2 values of gadolinium-based MRI contrast media with the  $\Delta$  Hounsfield unit of CT contrast media of identical concentration, Current Applied Physics, 13(1), 857-863, 2013
17. Kwan-Woo Choi, Sung-Mi Seo, Soon-Ryung Son: Evaluation of the signal intensity of magnetic resonance angiography in accordance with the dilution rate of the contrast agent, Journal of Korea Academia-Industrial cooperation Society, 15(8), 5124-5130, 2014

•Abstract

## A Comparison Study of Signal Intensity of Gadolinium Contrast Media on Fast Spin Echo and Ultra Short Time Echo Pulse Sequence at 3T MRI-Phantom Study

Suk-Jun Lee·Seung-Man Yu<sup>1)</sup>

*Department of Biomedical Laboratory Science, College of Health Science, Cheongju University*

<sup>1)</sup>*Department of Radiological Science, College of Health Science, Gimcheon University*

The information of contrast media concentration on target organ is very important to get reduce the side effect and high contrast imaging. We investigated alternation of signal intensity as a function of the modality of Gd-based contrast media on spin echo and ultra short time echo (UTE) of T1 effective pulse sequence at 3T MRI unit. Gadoxetic acid, which is a MRI T1 contrast medium, was used to manufacture an agarose phantom diluted in various molarities, and sterile water and agarose 2% were used as the buffer solution for the dilution. The gold standard T1 calculation was based on coronal single section imaging of the phantom mid-point with 2D Inversion recovery spine-echo pulse sequence MR imaging for testing of phantom accuracy. The 1-2mmol/L and 7mmol/L was shown the maximum signal intensity on spin echo and UTE respectively. We confirm the difference of contrast media concentration which was shown the maximum signal intensity depending on the T1 effective pulse sequence.

**Key Words:** MRI, Contrast media, Signal intensity, Phantom, Relaxation time