

## Contrast Enhanced MR Angiography

\*M.W.Lee, S.S.Kim, I.Y.Kim, K.E.Na, Y.Yi, K.J.Jung\*

Department of Electronics & Information engineering, Korea University  
MEDINUS Inc.\*

Contrast Enhancement MR Angiography, although still in its infancy, is recognized as a valuable diagnostic tool.

Image contrast is no longer solely dependent on vessel flow but also directly related to T1 shortening caused by the contrast media. Specific advantages include depiction of both slow and fast flow, with less dependence on vessel orientation relative to the image acquisition plane, and the ability to image larger volumes effectively.

In this study, we developed CE MRA pulse sequence based on FISP(Fast Imaging with Steady-state Precession) or Turbo FLASH(Fast Low Angle SHot) and imaging protocol. Contrast Enhanced MR Angiography images for each of the body part are obtained as a experimental result which are comparable to commercial images.

### 서 론

혈관 조영제를 이용한 조영기법은 혈액의 T1감소 효과로 인한 신호증가와 짧은 촬영시간으로 임상에서 활발히 사용되고 있다. 그리고 종래의 방법으로 영상화하기 어려웠던 부분까지 영상화 가능하여 새로운 임상 적용 사례가 증가하고 있다.

조영제 증강 방법으로 두 개강의 혈관, 경동맥에 적용하여 고화질의 혈관 조영 영상 뿐 아니라 종래에는 불가능하였던 호흡기 계통, renal동맥 계통, 사지 혈관 계통의 혈관 영상, 그리고 심혈관 계통의 혈류 및 심근영상을 뚜렷이 얻을 수 있어 임상적용의 범위를 획기적으로 넓혔다.

본 연구에서는 조영제 증강(Contrast Enhanced) 혈관 조영기법을 개발하여 각 부위별 혈관 조영 영상을 얻었다.

### 이론 및 방법

기존의 자기공명 혈관 조영법은 Time of Flight와 Phase Contrast 기법을 사용

하여 주로 뇌동맥과 경동맥에 제한적으로 사용되었으나, 혈관 조영제를 사용하면 혈액의 T1을 800msec 으로부터 수십 msec으로 대폭 감소하게 되어 초고속의 짧은 촬영시간으로 좋은 대조도의 영상을 얻을 수 있다. 그 원리는 강한 T1 강조 영상에서 조영제를 고속으로 주입하게 되면 조영제가 혈관 속을 흐를 때, 이에 의해 혈관의 T1 시간이 매우 짧아져 영상에서 혈관의 신호만 증강되게 된다. 이러한 조영증강 자기공명 혈관조영술 (Contrast-Enhanced MR Angiography)은 매우 짧은 검사 시간을 장점으로 대동맥, 복부동맥, 사지의 혈관 영상 등에 폭넓게 응용되고 있다.

초고속의 짧은 촬영을 위하여서 매우 작은 inductance의 경사자계 코일, 고성능의 경사자계 amplifier를 사용하여 20mT/m - 40mT/m의 경사자계까지 rise time이 수 100  $\mu$ sec정도로 줄여야 할 것이 요구된다.

Contrast Enhanced MR Angiography는 영상화되는 체적을 효율적으로 이용하기 위하여 coronal 단면 영상을 FISP(fast imaging with steady-state precession) 시퀀스로 짧은 TR과 TE와 비교적 큰 숙임 각의 RF를 이용하여 Breath hold 시간 동안 촬영한다. 조영제 투입시기와 조영제가 목표지점에 도달하는 시간이 있기 때문에 영상 시점을 결정하는 것이 중요하다.

조영제 증강 혈관 조영기법의 pulse sequence 는 그림 1과 같이 3D-FISP(fast imaging with steady-state precession) sequence를 사용하였다. scan time을 최대한으로 줄여야 했기 때문에 함축적인 pulse sequence로 design 하였다.

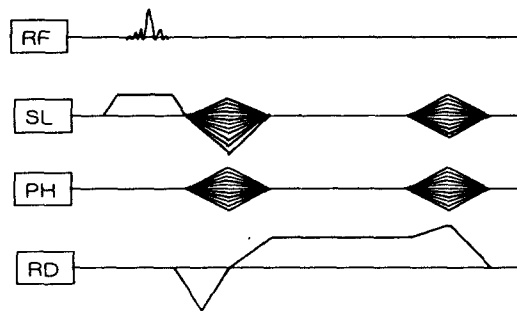


그림 1. FLASH Sequence for CE

조영제 증강 혈관 조영 영상을 얻는 과정은 그림 2와 같다. scout영상은 Carotid artery와 같은 경우, scout 영상과 함께 혈관 부위를 보다 정확하게 선택하기 위해서 2D Phase Contrast sagittal 영상을 이용하였다. Pre-contrast 영상은 post-contrast 영상의 contrast를 높이는 subtraction 영상으로 injection을 하기전 1 slab을 얻었다. 조영제는 15~20ml를 2~3ml/sec의 속도로 수동 주입 하였으며, scan 시작은 사람이나 scan 부위에 따라 다르지만, carotid artery의 경우 5-10초후 post-contrast 영상의 연속적인 scan을 하였다. Renal Artery 와 같이 Breath hold가 필요한 경우에는 post-contrast slab 사이에 breath hold 10초의 간격을 두었다. 결과 영상 처리는 injection을 하기전 pre-contrast 영상 1 slab과 injection을 하고 얻는 post-contrast 영상 여러 slab의 각 차이를 MIP(Maximum

Intensity Projection)처리를 함으로서 얻었다.

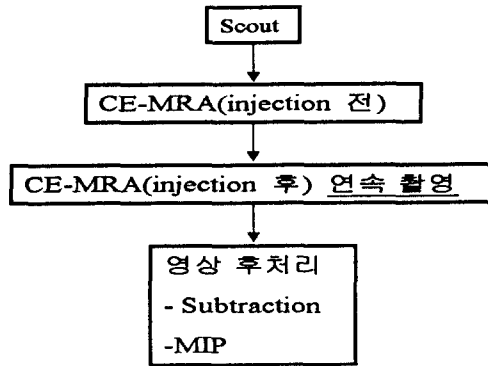


그림 2. 촬영 방법

### 실험 결과

#### 1 Carotid Artery

그림 3은 TR/TE: 7.2/2.3ms, flip angle: 30°, number of slab: 1(pre-contrast) 3(post-contrast), slab thickness: 64mm, number of partitions: 24, effective slice: 2.67mm, orientation: coronal, oblique coronal, matrix: 128 × 256 (read oversampling), number of acquisition: 1, number of measurement: 1, acquisition time: 20sec/slab로 하였고, FOV (field of view)는 250mm로 하여 얻은 결과 영상이다. 2D PC Localizer의 VENC는 30cm/s로 하였고, injection time은 약 8초 동안 하였으며, 주사 시작 후 약 10초 후 post-contrast 영상의 scan을 시작하였다. 결과 영상을 통해서 Maxillary Artery, Facial Artery, Carotid Artery 등을 확인 할 수 있었다.

15 - 20ml의 조영제를 7-9초 동안 injection 하였을 때, 동맥과 정맥이 나타나는 시간은 달랐다. 동맥의 경우에는 17 - 20초에서 조영 증강되는 것을 확인할 수 있었다. 그리고 정맥은 24 - 27초 사이에 조영 증강되는 것을 확인할 수 있었다.



그림 3. 결과영상

#### 2 Renal Artery

그림 4는 TR/TE: 7.2/2.3ms, flip angle: 45°, number of slab:

1(pre-contrast) 2(post-contrast), slab thickness: 112mm, number of partitions: 28, effective slice: 4mm, orientation: coronal, oblique coronal, matrix: 128 × 256 (read oversampling), number of acquisition: 1, number of measurement: 1, acquisition time: 23sec/slab로 하였고, FOV (field of view)는 400mm로 하여 얻은 결과 영상이다. injection time은 약 15-20초 동안 하였으며, 주사 시작 후 약 10-15초 후 post-contrast 영상의 scan을 시작하였다. 결과 영상을 통해서 Descending Aorta, Renal Artery, Common Iliac Artery 등을 확인 할 수 있었다.

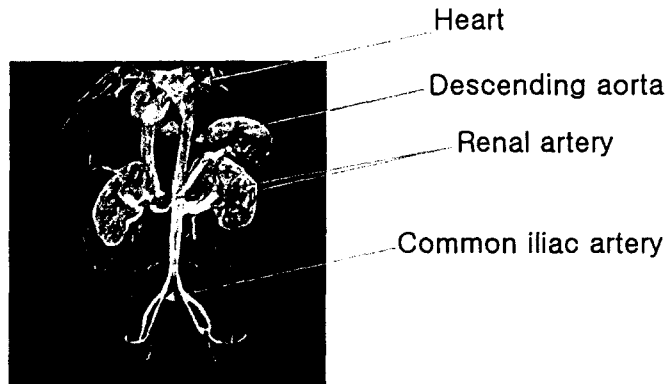


그림 4. 결과영상

### 3. pulmonary artery

그림 5는 TR/TE: 7.2/2.3ms, flip angle: 45°, number of slab: 1(pre-contrast) 2(post-contrast), slab thickness: 160mm, number of partitions: 40, effective slice: 4mm, orientation: coronal, oblique coronal, matrix: 128 × 256 (read oversampling), number of acquisition: 1, number of measurement: 1, acquisition time: 28sec/slab로 하였고, FOV (field of view)는 400mm로 하여 얻은 결과 영상이다. injection time은 약 15-20초 동안 하였으며, 주사 시작 후 약 4-5초 후 post-contrast 영상의 scan을 시작하였다. 결과 영상을 통해서 Carotid Artery, Axillary Artery, Brachial Artery, Aorta, Pulmonary Artery, Heart, Descending Artery 등을 확인 할 수 있었다.



Carotid artery  
 Axillary artery  
 Brachial artery  
 Aorta  
 Pulmonary artery  
 Heart  
 Descending aorta

그림 5. 결과영상

## 감사의 글

조영제를 제공해주신 한국 웨링(주)와 injection을 도와주신 서울중앙병원 김경숙 간호사님께 진심으로 감사드립니다.

본 논문은 보건복지부 선도기술·의료공학기술 개발사업(HMP-98-G-1-028)의 지원으로 이루어졌음.

## 참고 문헌

- [1] Martin R. Prince, Thomas M. Grist, Jorg F. Debatin : 3D Contrast MR angiography. Springer
- [2] Val M. Runge, John E. Kirsh, Charles Lee : Contrast-enhanced MR Angiography. JMRI, 3:233-239, 1993
- [3] Martin R. Prince: Renal and Mesenteric MR Angiography. RSNA Categorical Course in Diagnostic Radiology : Body MR 1999 ; pp 131-151
- [4] O. Heid, L. Remonda. : Outer limits of contrast-enhanced 3D MRA : ISMRM fifth scientific meeting 1997;volume 1:254, 556.