

# Body Application of MR Angiography

이 문 규, M.D.

울산의대 서울중앙병원 방사선과

## I. 서 론

MR angiography는 의학영상 분야에서 개발 및 연구에서 가장 활발한 분야의 하나임은 자명한 사실이다. MR angiography에 대한 연구가 활발한 주요 이유들로는 noninvasiveness, high flow sensitivity, 그리고 multiparametric nature에 기인한다 (Reference 1). 최근, 이 분야의 연구는 뇌신경 분야에서 보다 오히려 body 분야에서 더욱 활발하게 이용되어 왔다. 이런 임상적 이용의 변화의 조짐에 대한 설명으로는 다음의 두가지에 기인한다. 우선 뇌신경 분야에서는 이미 수년 전부터 연구가 활발해 왔었다는 점과 관심을 쏟을만한 획기적인 새로운 영상기법이 현재는 없다는 점이다. 또한 body MR angiography는 기본적인 문제점들, 즉, respiration, flow pulsatility, 그리고 large fields of view (FOV)에 대한 필요성이 thorax, abdomen, 그리고 extremity에서 더 컸었고 이로 인하여 더디게 개발되어 왔다. 최근에 이르러 위에 기술한 문제점을 극복할 수 있는 여러 펄스기법들에 대한 연구가 계속되고 따라서 이에 대한 임상적용도 활발하게 진행되고 있다.

## II. Basic Consideration

MR angiography를 위하여 필수적인 요소들로는 (1) high vessel contrast (by sensitization of blood and suppression of undesired materials), (2) volumetric or projective images for adequate visualization 이 있다. 현재까지 발표되었던 MR angiography에 대하여 아래와 같이 간략히 살펴보고자 한다.

### 1. Time-of-Flight MR Angiography

TOF effect는 excitation region의 혈류의 움직임에 (displacement of blood) 관계가 있으며, PC effect는 gradient를 주는 동안의 flow에 (flow during applied gradient) 관계가 있다. 이런 effect들을 이용한 MR angiography 방법들이 발달되었으며 대부분은 flow-compensated gradient-echo 펄스기법을 이용한다 (with partial flip-angle, short TEs, and short TRs). MR 영상은 주로 white-blood images를 이용하지만 black-blood images도 가능하다.

TOF 방법들로는 2-Dimensional TOF, 3-Dimensional TOF, 그리고 multislab TOF들이 있다. 이러한 TOF방법들은 region of interest로 오는 유입혈류의 증강 (inflow enhancement of blood)과

stationary blood의 상대적인 saturation (relative saturation of stationary components: reduced steady-state signal)을 이용하여 high-contrast blood signal을 생성한다. 이 방법에서 혈관의 contrast를 결정하는 주요 인자는 flip angle, excitation width, 그리고 TR이다. 즉, faster excitation rate, high flip angle을 사용하면 non-flowing material의 steady-state signal을 감소시킨다.

## 2. Phase-Contrast MR Angiography

PC 방법도 역시 2-Dimensional PC, 3-Dimensional PC가 있다. PC effect를 사용하는 MR angiography는 applied gradient field의 방향으로 혈류가 있을 때 발생하는 flow-dependent phase shift를 이용한다.

## 3. Other New Technology for MR Angiography

### (1) Non-breath-hold contrast-enhanced 3D MR Angiography (FISP or GRASS)

Fast imaging with a steady-state precession (FISP) 기법을 이용하여 free induction decay echo 영상을 얻는 방식이다. 영상획득시간은 대개 3분 정도이다 (Asan Medical Center Institutional Experience).

### (2) Breath-hold contrast-enhanced MR Angiography (BH CE 3D MRA; FISP or GRASS)

역시 fast imaging with a steady-state precession (FISP) 기법을 이용하여 free induction decay echo 영상을 얻는 방식이다. 이 방법은 조영제 주입 10초 전후에 scan을 시작하여 arterial phase, venous phase 및 equilibrium phase (Liver의 contrast material의 time density curve를 기준으로)의 영상을 얻는다 (Asan Medical Center Experience).

### (3) Others

Contrast-enhanced 3D MRA using spoiled gradient echo (Reference 2-3)

Contrast-enhanced 3D TOF MRA with a multi-echo gradient-echo sequence (Reference 4)

EPI MRA?

etc.

## III. Body Application of MR Angiography

### 1. Great Vessels (Aorta, IVC)

### 2. Hepatic vascular system:

양성 및 악성종양에서 혈관질환의 진단 및 주변혈관 침습을 진단하는 데 유용하다. 예를들면 hepatic artery, portal vein, hepatic vein; splenic artery, vein; superior mesenteric vasculatures; celiac trunk; aorta 나 inferior vena cava를 조영하여 임상에 이용한다.

### 3. Renal Vasculatures

### 4. Peripheral Vasculatures

## IV. 결 론

3D TOF, 2D TOF, 그리고 PC MRA간에서 Carotid artery stenosis를 진단하는 성적을 비교한 문헌에 의하면, area under the ROC curve (Az)는 3D TOF > 3D PC > 2D TOF 의 순서로 정확하게 보고되었으나, 통계적으로는 유의한 차이는 없었다는 보고가 있다 (Reference 5).

결론적으로 MR angiography는 time-of-flight effect나 phase-contrast effect를 이용하는 영상기법이 나온 이후로 여러 종류의 펄스기법과 그의 응용된 기법이 등장하고 있으며 또한 기존의 영상방법에 조영제를 이용하는 MR angiography가 가세하고 있는 상황에 있다. 저자의 병원에서 steady-state echo를 이용한 contrast-enhanced 3D-MRA (FISP Sequence)를 근간으로 한 임상경험을 비추어 볼 때 이의 임상응용은 이미 적용단계를 넘어서 기존의 gold standard로 인정되었던 conventional angiography와 유사한 결과를 보이고 있다.

## REFERENCES

1. Nishimura D. Magnetic resonance angiography of the body: physical principles and technical challenges. *MRI Clin North Am* 1993;1:203-215.
2. Debatin JF, Leung LP, Steiner P, Gohde S, Pfamatter T, McKinnon GC. Contrast enhanced 3D MR-Angiography of the pulmonary arteries in under 20 seconds. *Proceedings of the international society for magnetic resonance in medicine* 1996;1:161.
3. Debatin JF, Schmidt M, Gohde S, et al. 3D breath-hold MRA of the renal artery in under 30 seconds. *Proceedings of the international society for magnetic resonance in medicine* 1996;1:165.
4. Laub G, Kroeker R. Contrast-enhanced MR angiography with a multi-echo gradient echo sequence. *Proceedings of the international society for magnetic resonance in medicine* 1996;1:239.
5. Smith RF, Lee D, Norley C, Rutt BK, Holdsworth DW. ROC analysis of MRA techniques: in vitro study in a stenosed carotid model. *Proceedings of the international society for magnetic resonance in medicine* 1996;1:245.