

# 4차원 영상기법 Time Resolved Imaging of Contrast Kinetics MRA의 유용성

## Four Dimension(4D) Time Resolved Imaging of Contrast Kinetics(TRICKS) MR Angiography

임청환, 배성진\*

한서대학교 방사선학과,  
계명대학교 동산병원 영상의학과\*

Lim cheong-hwan, Bae sung-jin\*

Dept. of Radiological science, Hanseo Univ.,  
Dept. of Radiology, Dongsan hospital, Keimyung Univ.\*

### 요약

Time Resolved Imaging of Contrast Kinetics 기법을 이용한 4차원 자기공명혈관조영술(TRICKS-MRA)영상과 기존 TOF-MRA 영상을 비교하여 임상적 유용성에 대해 알아보려고 하였다. 총 17명 중 뇌 혈관 질환이 의심되는 11명과 뇌 종양을 의심하는 6명을 대상으로 TOF-MRA와 TRICKS-MRA를 시행한 후 17대상자 중 11명에서 DSA를 추가적으로 시행하였다. TOF-MRA는 공간해상력보다 시간해상력이 부족하였고, TRICKS-MRA에서는 TOF-MRA보다 공간분해능은 부족한 점이 많지만 영상관독에 큰 영향은 없었고 모든 대상자에서 동맥과 정맥의 구별이 가능하여 시간분해능이 우수 한 것을 나타냈다. 또한 종양과 혈관과의 관계성 평가에서 TOF-MRA보다 좋은 것으로 나타났다. TRICKS-MRA방법은 시간대별로 동맥, 모세혈관, 정맥기를 신속하면서 쉽게 4차원적으로 영상화가 가능하여 앞으로 임상에서 이용도가 더욱 증가 할 것으로 사료된다.

### Abstract

To assess the clinical value of time resolved imaging of contrast kinetics(TRICKS) MRA by comparison with conventional time of flight(TOF) MR angiography. Both TOF-MRA and TRICKS-MRA were performed in 17 patients with cerebrovascular disease and in 6 patients with brain tumor. Among 17 cerebrovascular patients, digital subtraction angiography(DSA) data were also obtained in 11 patients. TOF-MRA showed good spatial resolution but short in temporal resolution. Although TRICKS-MRA showed somewhat low spatial resolution, it showed superior temporal resolution by distinguishing vessel and tumor in all patients. Also, from the analysis of vessel-tumor relationship, TRICKS-MRA showed better performance than TOF-MRA. TRICKS-MRA makes it possible to image arterial, capillary and venous phase sequentially with very speedy manner and therefore, the clinical use of this method is highly suggestive for future use.

## I. 서론

혈관을 관찰 할 수 있는 기법에는 X-선과 조영제를 사용하는 고식적인 혈관조영술(digital subtraction angiography, 이하 DSA)과 전산화단층혈관조영술(computed tomography, 이하 CTA), 자기공명혈관조영술(magnetic resonance angiography, 이하 MRA)이 있다[1-4].

MRA기법에는 주로 대뇌동맥에 이용되는 혈류속도 강조기법(time-of-flight, 이하 TOF)과 조영제(contrast enhanced, 이하 CE)를 이용한 CE-TOF-MRA기법이 있고 경동맥에서 이용하는 조영증강 자기공명혈관조영(contrast enhanced magnetic resonance angiography, 이하 CE-MRA)기법이 있다[5-10]. TOF 기법은 최근에 비교적 큰 혈관들 외에 점점 작은 혈관들을 적절하게 평가 할 수 있어 뇌경색, 뇌동맥류에서

유용성을 널리 인정받고 있지만 공간분해능(spatial resolution)은 향상되었으나 시간분해능(temporal resolution)이 향상되지 못 하였고 비협조 환자에서는 영상획득 시간이 길어 양질의 영상을 얻기 힘들다 [6-8]. CE-MRA는 경동맥에서 비교적 짧은 시간에 시행되지만 조영제 주입 후 최고의 신호강도를 나타내는 시간에 정확하게 영상을 획득을 해야만 하는 단점이 있고[5], DSA는 아직도 믿을 만한 기본검사로 되어있지만 침습적인 검사방법으로 여러 제한점이 있다[3][9]. 지금까지 혈관조영술과 다른 4차원적 할 수 있는 방법으로 TRICKS(GE), TREAT/TWIST(Siemens), 4D-TRAK(Philips), DRKS(Toshiba)가 이용되고 있다[11].

본 연구에서는 기존 방법의 단점을 보완 할 수 있는 Time Resolved Imaging of Contrast Kinetics (TRICKS)기법[12][13]을 이용한 4차원 자기공명혈관조영술(TRICKS-MRA)영상과 기존 TOF-MRA영상을 비교하여 임상적 유용성에 대해 알아보려고 하였다.

## II. 대상 및 방법

2008년 2월에서 4월까지 총 17명 중 뇌 혈관 질환이 의심되는 11명과 뇌 종양을 의심하는 6명을 대상으로 TOF-MRA와 TRICKS-MRA를 시행한 후 17명 대상자 중 11명에서 DSA를 추가적으로 시행하였다.

TOF-MRA와 TRICKS-MRA는 3.0 Tesla 자기공명영상기(Signa VHi, GE, Medical system, MW, USA.)와 뇌전용 8채널 표면코일(8 channel high resolution brain array)을 사용하였다. TOF-MRA 영상변수로는 TOF-SPGR (TR / TE=21ms / 3ms, flip angle = 20°, matrix = 512 × 224, FOV = 240 × 180, slice / slab=1.2 / 32mm)으로 중대뇌 동맥이 잘 관찰되는 위치에서 3분에 걸쳐 영상을 얻었다. TRICKS-MRA 영상변수로는 fast-SPGR (TR / TE = 4.1ms / 1.6ms, flip angle=25°, matrix = 320 × 192, Zip = 1,024, Zip = 4, FOV = 240 × 170, slice / slab = 6 / 14mm, temporal phases = 13)으로 중대뇌 동맥과 경추동맥이 잘 관찰되는 위치에서 조영제 주입 후 34초 동안에 걸쳐 얻었고 하나의 temporal resolution / phases = 2.9 sec / 13로 하였다. 조영제 주입방법은 주입속도의 편차를 없애기 위해서 flow rate 2.0 ml/sec로 일률적으로 조영제 10 cc와 생리식염수 5 cc를 희석한 15cc를 전완정맥에 20게이지의 정맥관으로 주입한 후 생리식염수 10 cc를 추가적으로 주입하였다.

정성적 영상평가는 대상자 17명 모두에서 혈관 영상

화질의 명확성인 공간해상력이 판독에 지장이 없을 경우 “good”, 공간해상력이 떨어져 판독에 지장이 있을 때 “poor” 로 2단계 나누어 구별 하였다. 두 번째로는 혈관의 구별성인 시간해상력은 동맥과 정맥이 시간별로 구별 될 때 “good”, 구별되지 않을 경우는 “poor” 나누어 평가하였다. 그리고 추가적으로 17명의 대상자 중 종양이 있는 6명에서 혈관과 종양관계를 평가하였다.

## III. 결과

대상자 17명의 정성적 평가에 있어서 영상화질의 명확성을 나타내는 공간해상력은 TOF-MRA에서 관찰하고자 하는 혈관영상 화질이 판독에 지장이 없는 good에서 94%, 공간해상력이 떨어져 판독에 지장이 있는 poor에서 6% 이었다. TRICKS-MRA는 good에서 88%, poor에서 12%이었다. 두 번째로는 혈관의 구별성인 시간해상력은 TOF-MRA는 동맥과 정맥이 각각 시간대별로 구별 될 때인 “good” 에서 0%, 구별되지 않는 “poor” 에서 100% 나타났고, TRICKS-MRA는 “good” 에서 100%, “poor” 에서 0% 이었다.

대상자 17명 중 종양이 있는 6명을 대상으로 한 혈관과 종양이 동시에 관찰되는 여부 평가에 있어서 TOF-MRA는 혈관과 종양이 동시에 관찰 될 때 가 1/(6) 17%, 혈관과 종양이 동시에 관찰되는 않는 것을 경우가 5/(6) 83%이었고 TRICKS-MRA는 혈관과 종양이 동시에 관찰 될 때 가 5/(6) 83%, 혈관과 종양이 동시에 관찰되는 않는 것을 경우가 1/(6) 17%이었다.

동맥류가 의심되는 경우 기본적인 T2-강조영상 그림 1(a)에서 저신호와 고신호가 혼재한 신호강도를 보였다. TOF-MRA 영상 그림1(b)에서 혈전에 의해서 동맥류 전체 범위를 보여주고 있고, DSA 영상 그림1(c)에서 시간대별로 실제적인 혈류흐름을 알 수 있었으며 TRICKS-MRA영상 그림1(d)에서도 혈류 흐름이 DSA영상과 동일하게 관찰 되었다.

우측 중대뇌동맥 뇌경색과 근위부 내경동맥 폐색을 의심하는 경우 DSA 그림2(a) 영상에서 양측 중대뇌 동맥을 육안적 평가만으로도 우측 중대뇌 동맥에서 혈류가 느리게 공급되는 것을 관찰 할 수 있었다. 조영제 주입 초기 TRICKS-MRA영상 그림 2(b)보다 지연영상 그림(c)에서는 측부 혈류순환으로 폐색된 범위가 다소 줄어들어 보였고, TOF-MRA 영상 그림2(d)와 TRICKS-MRA 그림2(c)영상에서 혈류범위가 동일한 것으로 보아 우측 중대뇌 동맥에서 혈류가 느리게 공급되는 것을 DSA와 같이 명확하게 알 수 있었다.

Table 1. Image discrimination of MR angiography.

MRA methode	Spatial resolution		Temporal resolution	
	Good	Poor	Good	Poor
TOF-MRA	16/(17) 94%	1/(17) 6%	0/(17)	17/(17) 100%
TRICKS-MRA	15/(17) 88%	2/(17) 12%	17/(17) 100%	0/(17)

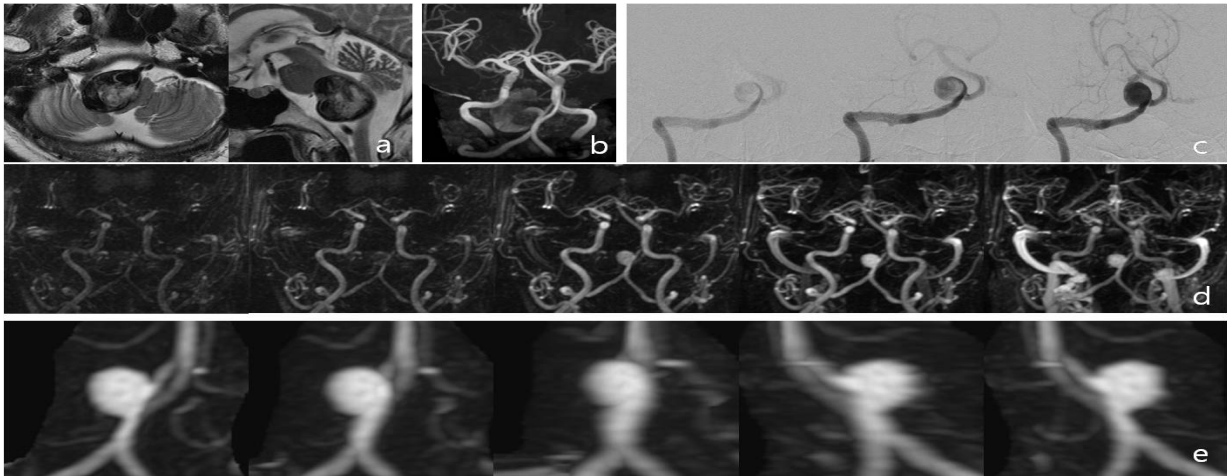


Fig.1. Rt PcA aneurysm, MR standard T2-WI axial, Sagittal image (a) and TOF-MRA image (b) reveal aneurysm with perianeurysmal thrombosis. Digital subtraction angiography (c) reveals well visualization of flow dynamics in aneurysm. Time Resolved Images of Contrast Kinetics MR angiography (TRICKS-MRA) 2.9 seconds/ frame image (d) reveals well visualization of flow dynamics in aneurysm. Reconstructed images of TRICKS-MRA (e) reveal visualization of relation between parent artery and aneurysm by rotating angle.

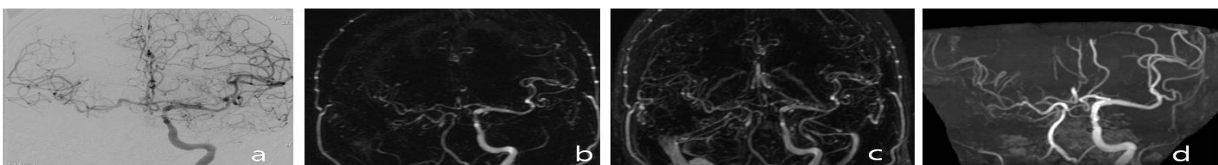


Fig.2. Rt MCA territory infarction due to right distal ICA occlusion, Left ICA DSA image (a) shows cross collateral flow from A-com to right cerebral hemisphere. TRICKS-MRA 2.9 seconds/ frame interval early phase image(b), late phase image (c) and TOF-MRA image (d) show dynamic image of collateral flow by time as nice as DSA.

그림3(a) 수막종이 있는 경우는 조영 후 SPGR 영상 처럼 조영증강 영역이 DSA영상 그림3(b)와 TRICKS-MRA영상 그림3(c)에서 수막종과 혈관의 관계가 관찰되었고 DSA영상 그림3(b)에서는 수막종과 동맥혈관만 관찰되었지만 TRICKS-MRA 지연영상 그림3(c)에서는 수막종, 동맥혈관, 모세혈관, 정맥혈관 모두가 관찰되었다.

그림4(a) 확산강조영상, 관류강조영상으로 뇌경색이 진

단된 영역에서 그림4(b) DSA영상과 TOF-MRA영상 그림4(c)의 경우 좌측 중대뇌동맥의 M1 일부분 폐색으로 나타났지만, CE-TOF-MRA 영상 그림4(d)에서는 M1부분에 국한적으로 협착이 되었다는 것을 알 수 있었다. DSA과 TOF-MRA영상은 동맥 혈관으로만 관찰할 수 있었고, CE-TOF-MRA영상은 동맥 혈관과 정맥 동시에 관찰되었다. TRICKS-MRA영상 그림4(e)는 동맥, 모세혈관, 정맥 혈관 모두를 시간대별로 알 수 있었다.

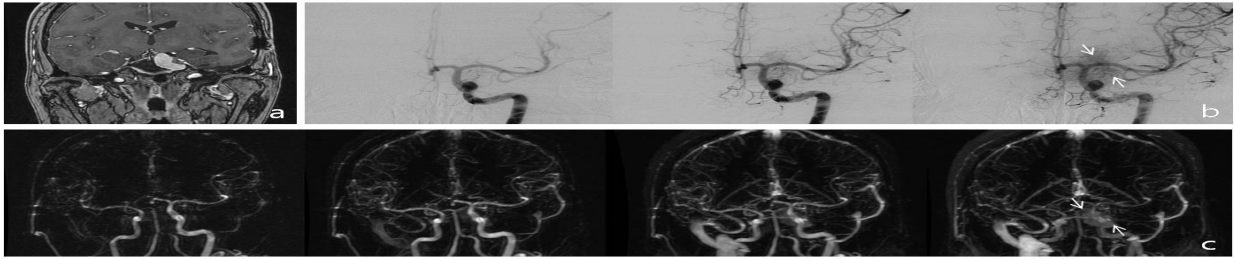


Fig.3. Meningioma in left cerebellopontine angle and inferior tentorium. Post enhanced SPGR coronal image (a) shows well enhancing extraaxial mass lesion. DSA images (b) show enhancing mass which is supplied by meningo-hypophyseal artery. TRICKS-MRA 2.9 seconds/ frame early phase to late phase images (c), show visualization of relation between meningioma (arrow) and adjacent structure.

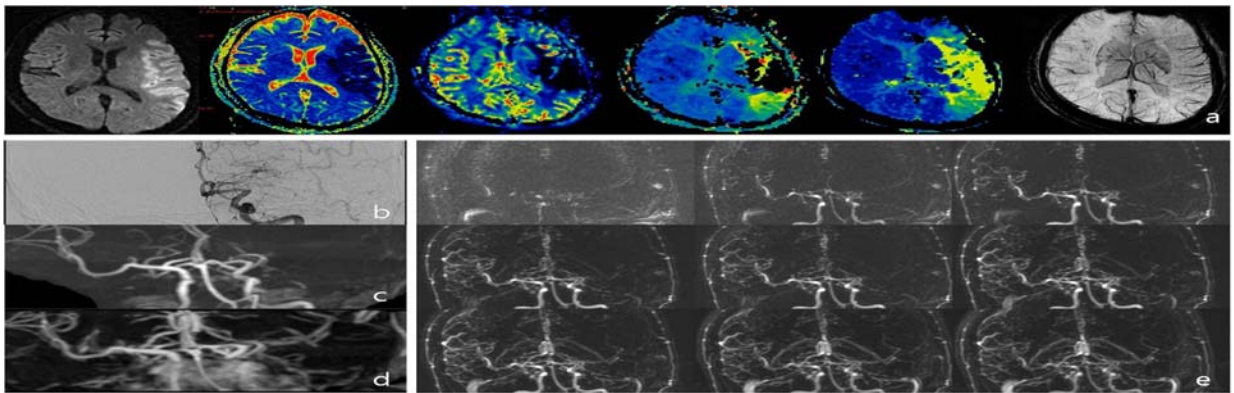


Fig.4. Lt MCA territory infarction. MR standard diffusion-weighted image, perfusion processing image and SWI processing image (a) shows acute infarction in left MCA territory with minimal diffusion-perfusion mismatch. DSA image (b), TOF-MRA (c), CE-TOF-MRA image (d) show left MCA M1 occlusion with minimal collateral flow. TRICKS-MRA 2.9 seconds/ frame interval phase images (e) show dynamic images of left MCA territory occlusion with collateral information.

#### IV. 고찰

MRA기법에는 기본적으로 두 가지의 방법이 있다. 먼저 Magnitude-contrast 또는 TOF 기법은 영상단면에 들어오는 새롭고, 완전히 불포화된 스핀에 의해서 발생하는 신호로 혈관조영 영상이 만들어지며 또 다른 방법으로 phase-contrast(PC) 기법은 영상 단면 내로 유입되어 들어오는 혈액의 속도와 관련이 있는 위상차에 의해 발생하는 신호로 혈관조영 영상이 만들어진다 [5-10]. 이중 TOF 기법은 시간이 적게 걸리고 손쉽게 두개내 동맥 혈관조영영상을 얻을 수 있어서 임상에서 더욱 많이 사용된다. CE-MRA는 경동맥의 혈관조영 영상을 얻기 위해서 많이 이용되어 왔었고 최근에는 CE-MRA의 더욱 발전된 형태로 역동적인 MRA가 가능한 방법이 개발되어 소개되었다. 박범진 등[5]의 연구에

의하면 경동맥 조영증강 자기공명혈관조영술은 비교적 짧은 시간에 CE-MRA가 시행되지만 조영제 주입 후 최고의 신호강도를 나타내는 시간에 정확하게 영상을 획득을 해야만 하는 단점이 있었다. 하지만 시간대별 4차원 혈관조영술이 가능한 TRICKS-MRA는 조영제 주입 후 최고의 신호강도에 맞추어 영상획득을 할 필요가 없는 장점을 가지고 있고 시간대별 혈관 구별정도를 나타낸 결과 (표 1)의 모든 대상자에서 동맥과 정맥이 94% 구별되었다.

동맥류의 평가에 있어서 고식적인 T2 강조영상과 TOF-MRA으로는 동맥류의 전체적인 범위는 알 수 있었지만 저신호와 고신호가 혼재하여 혈류흐름을 파악하기에는 한계를 보였고 검사시간이 길어 협조가 어려운

환자에서는 양질의 영상을 얻기가 쉽지는 않았지만 [6-8], (그림 1)과 같이 TRICKS-MRA 영상에서는 TOF-MRA 영상보다 고해상도의 역동적 4차원 영상처리가 가능하기 때문에 뇌동맥류의 혈관상태와 flow dynamics를 정확하게 알 수 있었으며, 짧은 시간에 영상을 획득할 수 있어 이전에 시행하기 어려웠던 비협조 환자의 경우에도 양질의 영상을 획득 할 수 있었다.

뇌경색 환자의 혈류역학의 평가에서 뇌 동맥 말단의 조영제 도달시간의 차이를 잘 관찰 할 수 있었고, 혈관의 협착 정도도 관찰하기가 용이하였다. 또한 영상을 후처리하여 다양한 방향에서 3차원적 영상을 시간대별로 관찰함으로써 한 번의 조영제 사용으로 2차원적 영상밖에 얻지 못하던 DSA보다 장점이 될 수 있었다.

뇌 수막종의 경우는 T1 강조영상 SPGR 영상에서의 조영증강 된 뇌 수막종영역과 혈관과의 관계가 용이하게 관찰 되었다. 수막종, 동맥혈관, 정맥혈관 모두 용이하게 관찰이 되어 종양 수술 시 많은 도움을 주고 있다.

좌측 중대뇌동맥 뇌경색 의심하는 TOF-MRA 영상에서 M1부분의 폐색이 나타났지만, CE-TOF-MRA에서는 M1부분의 폐색이 아니라 국한적으로 협착이 되었다는 것을 알 수 있었다. 이전 연구에서 폐색, 협착 정도를 TOF-MRA과 CE-TOF-MRA를 동시에 비교해야만 알 수 있었던 것[10]을 TRICKS-MRA영상 만으로 폐색과 협착 정도를 명확하게 파악 할 수 있었다.

## V. 결론

TRICKS-MRA에서는 TOF-MRA보다 공간분해능은 부족한 점이 많지만 영상관독에 큰 영향은 없었고 모든 대상자에서 동맥과 정맥의 구별이 가능하여 시간분해능이 우수한 것으로 나타났다. 또한 종양과 혈관과의 관계성 평가에서 TOF-MRA보다 66% 좋은 것으로 나타났다. 모든 대상자에서 DSA영상과 비교분석은 못하였지만 시간대별로 동맥, 모세혈관, 정맥기를 신속하면서 쉽게 4차원적으로 영상화가 가능하여 임상에서 이용도가 더욱 증가 할 것으로 사료된다.

## ■ 참고 문헌 ■

- [1] DL Parker, C Yuan, DD Blatter, "MR Angiography by Multiple thin Slab 3D acquisition," *Magnetic Resonance Med.*, Vol. 17, p.434, 1991.
- [2] Hirai T, Korogi Y, Ono K, et al, "Prospective evaluation of suspected stenooocluive disease of the intracranial artery: combined MR angiography and CT angiography compared with digital subtraction angiography." *Am J Neuroradiol*, Vol. 23, pp.93-101, 2002.
- [3] Chung TS, Joo JY, Lee SK, et al, "Evaluation of cerebral aneurysms with high-resolution MR angiography using a section interpolation technique: correlation with digital subtraction angiography." *Am J Neuroradiol*, Vol. 20, pp.229-235, 1999.
- [4] Leung DA, Makinnon GC, Davis CP, Pfammater T, Krestin GP, Debatin JF, "Contrast-enhanced, three-dimensional MR angiography." *Radiology*, Vol. 200, pp.569-571, 1996.
- [5] 박범진, 김명규, 서상일 등 "경동맥 3차원 조영증강 자기공명혈관조영술에서 시험 조영제 주입법의 유용성", *대한방사선의학회지*, 제44권, pp.317-323, 2001
- [6] 한제희, 서정진, 정태웅 등 "뇌졸중 환자에서 3 Tesla 자기공명혈관조영술의 유용성", *대한자기공명의과학회지*, 제9권, pp.94-100, 2005
- [7] 김아영, 최혜영, 정은철 등 "뇌경색환자에서의 자기공명영상 및 자기공명혈관조영술 소견과의 비교", *대한방사선의학회지*, 제34권, pp.345-350, 1996.
- [8] 문웅재, 김준호, 서정진 등 "뇌경색환자의 예후평가에서의 자기공명혈관조영술의 유용성", *대한방사선의학회지*, 제31권, pp.607-613, 1994.
- [9] 장남규, 서정진, 정태웅 등 "뇌경색환자에서 Enhanced 3D-TOF 자기공명혈관조영술: 고식적 혈관조영술과의 비교", *대한방사선의학회지*, 제42권, pp.575-58, 2000.
- [10] 배성진 "뇌경색 환자의 3Tesla CE-TOF-MRA에서 MT 펄스의 유용성", *방사선기술과학회지*, 제30권, pp.265-270, 2007.

- [11] Zhitong Zou, Lin Ma, Liuquan Cheng, Youquan Cai, Xianghui Men, "Time-resolved contrast-enhanced MR angiography of intracranial lesions," J Magnetic Resonance Imaging, Vol. 27, pp.692-699, 2008.
- [12] Du J, Carroll TJ, Wagner HJ, et al, "Time-resolved, under sampled projection reconstruction imaging for high-resolution CE-MRA of the distal runoff vessels," Magnetic Resonance Med, Vol. 48, pp.516-522, 2002.
- [13] Thornton F J, Du J, Suleiman S A, et al, "High-Resolution, Time-Resolved MRA Provides Superior Definition of Lower-Extremity Arterial Segments Compared to 2D Time-of-Flight Imaging," J Magnetic Resonance Imaging, Vol. 24, pp.362-370, 2006.