

◆ 원 저 ◆

## Aortic arch를 포함한 Carotid angio 검사 시 Time of flight(TOF)의 유용성 평가

유영준

강동경희대학교병원 영상의학과

### Usefulness estimating of Time of flight(TOF) during Carotid angio inspection including Aortic arch

Yeong-Jun Yoo

Department of Radiology, Kyung Hee University Hospital at Gangdong

#### Abstract

**Purpose :** The Carotid Angio inspection including Aortic arch applied to wide area is conducted as the Contrast Enhance MR Angiography(CEA) which is using a contrast medium. However it is a burden not only for someone such as infants, pregnant women and patients suffering from kidney failure but continuous use of contrast medium also can be a burden for patients who has been taken follow up inspection since diagnose lesion already. The purpose of this study is to estimate a usefulness of the Time of Flight (TOF) by comparing with CEA.

**Materials and methods :** 10 patients with an average age of 58 (from 45 to 75) who had MRA inspection in our hospital were studied using 3.0 Tesla Aachieva (Philips, Netherland) MRI system and Sense Neuro-Vascular 16 Channels Coil. The same patient was inspected both TOF and CEA simultaneously. The TOF inspection included from Aortic arch to Willis Circle by connecting 3 TOF stacks and so did CEA inspection. The quantitative analysis was conducted through signal to noise ratio(SNR) and contrast to noise ratio(CNR) with soft tissue by setting up an area of interest on CCA bifurcatoin, ICA, ECA, MCA and VA concerning obtained image. In case of qualitative analysis, 3 radiological technologists and 1 radiologist

---

Received: Received: April 10, 2013. 1st Revised: April 29,  
2013. / Accepted for Publication: May, 21, 2013.

Corresponding Author: 유영준  
(134-727) 서울시 강동구 상일동 149번지 강동경희대학교병원  
영상의학과 MRI실

Tel: 02) 440-6960 CP: 010-9916-3700

E-mail: freedom0321@naver.com

evaluated 4 items (1: Visibility of the blood vessel, 2: Image distortion measure, 3: Overlapping measure with vein, 4: Peripheral blood vessel description measure) into five points scale (1: Very bad, 2: Bad, 3: Normal 4: Good, 5: Very good).

**Results :** Results for the quantitative analysis was obtained by calculating the average of 5 ROIs in case of SNR and CNR separately. Results of SNR, TOF were generally measured higher than CEA (In case of TOF were 166.1, 205.2, 154.39, 172.23, 161.95, and CEA were 92.05, 95.43, 84.76, 73.69, 88.3). But according to the result of CNR, both TOF and CEA were measured similarly as 67.62, 106.71, 55.9, 73.74, 63.46 for TOF and 67.82, 71.19, 60.52, 49.45, 64.07 for CEA. Throughout every results of each ROI, SNR showed statistically meaningful consequence ( $0.05 < p$ ), on the other hand CNR was not ( $p > 0.05$ ). In case of qualitative analysis the average of each evaluated item was 4.2points and 4.28points in the item1, 2.93points and 4.55points in the item2, 4.6points and 3.13points in the item3, 2.88points and 4.6points in the item4. According to the results TOF was measured higher in the item3 while in the item2 and item4 CEA was higher and in case of the item1, both CEA and TOF were similar. To sum up statistically meaningful results ( $p < 0.05$ ) were shown in the item2, item3 and item4 but not in the item1 ( $p > 0.05$ ).

**Conclusions :** Both TOF and CEA are complementary because each inspection has pros and cons, but when inspect wide area including Aortic arch normally CEA is conducted. But TOF inspection also can be considered as alternative in terms of patients who has difficulty in the contrast medium such as infants, pregnant women and patients suffering from kidney failure and patients during follow up.

## I. 서론

방사선 영역에서 혈관조영 영상을 얻는 방법으로는 현재 X-선과 조영제를 사용하는 디지털 감산 혈관조영술(digital subtraction angiography, DSA) 및 CT 혈관조영술(CT Angiography, CTA) 그리고 자기공명혈관조영술(MR Angiography, MRA) 등이 있다. 자기공명혈관조영술은 몇 가지 면에서 장점이 있는데 우선, 방사선피폭 없이 비침습적으로 혈관조영이 가능하다는 점과 한번의 영상획득 후 영상의 재구성을 통해 다양한 영상 단면에서의 혈관분포상태를 볼 수 있다는 점, 또한 조영제를 사용하지 않고 혈관영상을 얻을 수 있다는 점과 조영제를 사용 하더라도 MR 조영제의 경우 Iodine 계열의 X-선 조영제에 비해 사용하는 조영제의 양이 적고 안전성 면에서도 부작용이 매우 적은 편이다.<sup>1-2)</sup> MRA에는 3가지 종류의 검사법이 있다. 유속신호 강조 효과(flow related signal enhancement)를 이용한 시간흐름효과(Time of flight, TOF), 스핀이 경사 자장에 의해 생기는 위상이동(Phase shift)현상을 이용

한 위상대조(Phase Contrast, PC), 상자성 조영제(예: Gd-DTPA)를 정맥주사하여 혈액의 T1을 매우 짧게 만들어 조영증강 효과를 이용하는 조영증강 혈관 조영술(Contrast Enhance MR Angiography, CEA)이 있다. TOF, PC기법은 조영제를 사용 하지 않는 검사법 이고 CEA는 Gadolinium 제제의 MR조영제를 사용 하고 있다.<sup>3)</sup> 위에 말했듯이 MR조영제가 부작용이 매우 적은 것은 사실이나 신부전(Chronic renal failure, CRF) 환자나 신원성 전신 섬유증(Nephrogenic systemic fibrosis, NSF)이 발생할 확률이 높은 환자일 경우는 주의를 해야 한다. 조영제를 사용하기 때문에 신부전으로 신장의 기능이 떨어지게 되면 NSF를 유발 할 수 있는 확률 또한 높아진다. NSF는 현재 우리나라에 보고된 바는 없지만 MR 조영제의 노출과 밀접한 연관이 있는 것으로 밝혀졌다. 전 세계적으로 NSF 발생 사례는 215건이 보고되었고, 이는 대부분 MRI 조영제를 투여 받은 신부전 환자였다. CRF는 신장의 사구체 기능이 영구적으로 감소되어 회복이 불가능한 상태를 말하는데 신부전의 상태가 되면 NSF의 가능성도 높아지고 또 다

양한 병리적 상황을 유발하게 된다. 소변의 생성과 수분의 배설에 이상이 생기는 것은 물론이며, 각종 호르몬과 전해질의 불균형이 발생하기도 한다. 신장은 보통 70~80%의 신기능을 상실해도 효과적인 사구체 여과율 (Glomerular filtration rate, GFR)을 유지할 수 있지만, 이 상태가 지속되면 GFR이 점점 저하되고 이러한 원인들은 신장으로 가는 혈관의 협착에 의해 발생된다.<sup>4-5)</sup> 조영제를 사용해 짧은 시간에 넓은 부위를 영상화 할 수 있는 방법들이 있음에도 불구하고 조영제를 사용하지 않고 국소적 혈관을 관찰할 수 있는 방법들이 개발되는 것은 모두 이러한 이유들 때문이다. 우리는 보통 Brain MRA검사시 TOF는 Willis Circle검사를 하고 CEA로 Aortic arch를 포함하여 넓은 부위로 시행한다. 이 논문에서는 TOF를 Aortic arch를 포함하여 넓은 부위로 시행한 후 CEA와 비교 분석하여 그 유용성을 알아보려고 하였다.

## II. 대상 및 방법

### 1. 대상

본원을 내원한 MRA 검사 환자 10명(평균연령 58세, 45~75)을 대상으로 시행 하였다.

### 2. 검사장비

검사장비는 3.0 Tesla Achieva (Philips, Netherland) MRI시스템과 Sense Neuro-Vascular 16 Channel Coil을 사용하였다(Fig. 1).

### 3. 검사방법

동일환자에게 2가지 검사를 동시에 검사 하였다. TOF Stack 3개를 이어서 Aortic arch부터 Willis Circle까지 포함하였으며, CEA또한 마찬가지로 검사하였다(Fig. 2.). 두 기법의 Pramater는 다음과 같다.



Fig. 1. Devices used for MRA

Table1. Scan Parameter

	TR/TE	FOV	NEX	F/A	Chunk	SCAN TIME	Ect
TOF	1STACK	19/8.1	220*188	1	18	5	2:54
	2STACK	18/8.1	220*132	2	18	6	3:27
	3STACK	18/8.1	300*243	1	16	5	3:38
CEA	5.3/2.0	350*350	1	30	1	1:02	Tone pulse 사용X

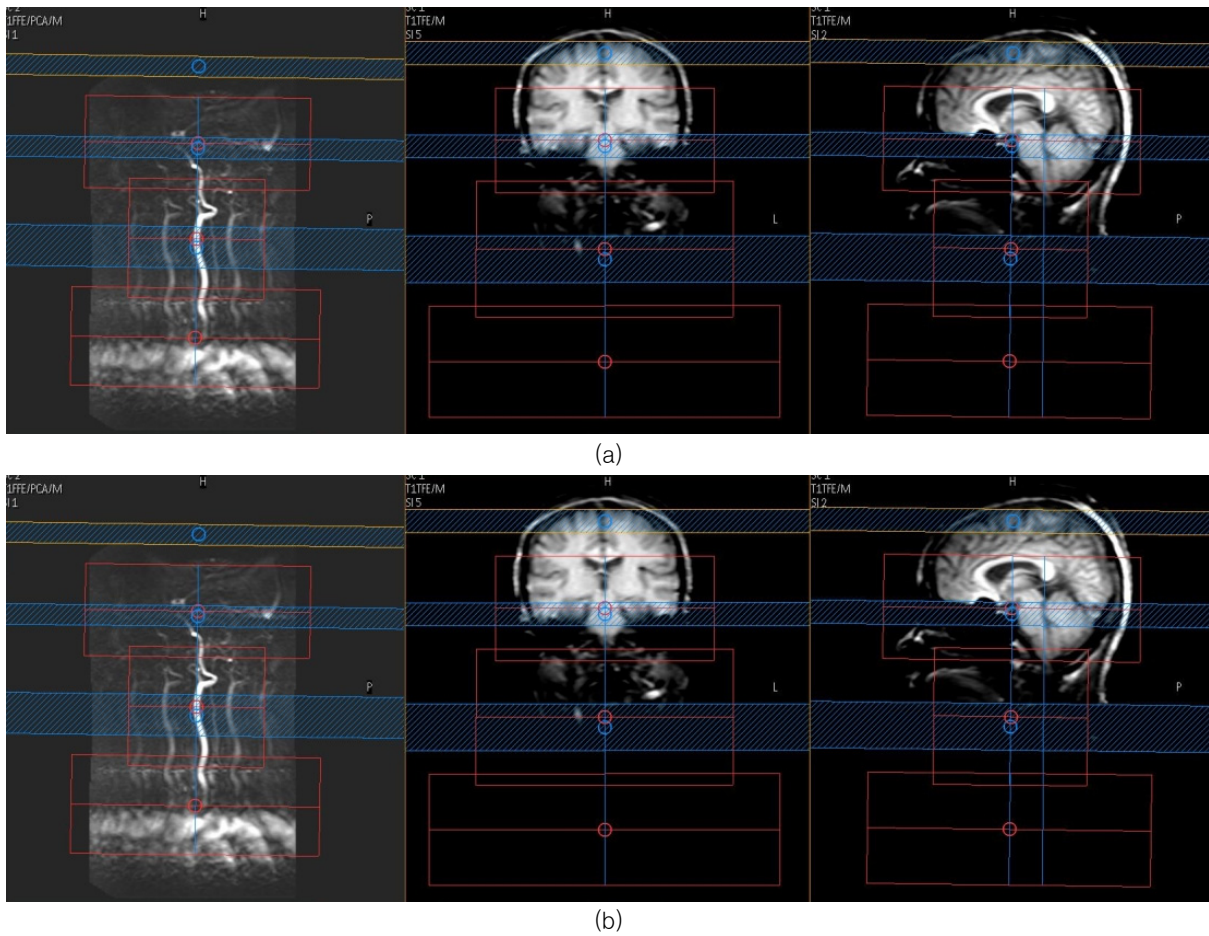


Fig. 2. (a) TOF의 검사 Plan, (b) CEA의 검사 Plan

#### 4. 영상분석

획득한 TOF, CEA영상을 이용하여 SNR과 soft tissue에 대한 CNR을 구하였다. 이는 MRI 장비에 내장되어 있는 소프트웨어를 이용하여 측정하였다.

$$SNR_{ROI} = SI_{ROI}/SD_{noise}$$

$$CNR_{ROI} = (SI_{ROI}-SI_{softtissue})/SD_{noise}$$

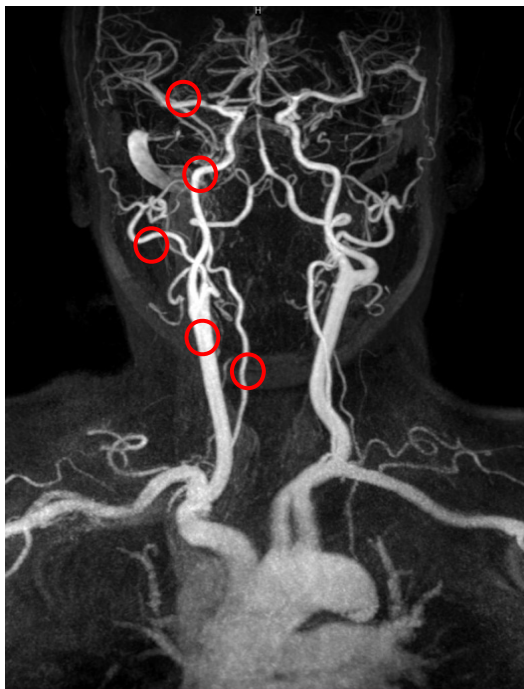
- $SI_{ROI}$  : ROI에 대한 intensity
- $SD_{noise}$  : backgroundnoise에 대한 표준편차
- $SI_{softtissue}$  : Softtissue에 대한 Intensity

관심영역(Region Of Interest, ROI)은 총경동맥 분지점(bifurcation of CCA), 내경동맥(Internal Carotid Artery), 외경동맥(External Carotid Artery), 중대뇌동맥(Middle Cerebral Artery), 추골동맥(Vertebral

Artery)에 대해 SNR과 Soft Tissue에 대한 CNR을 측정하여 정량적 평가를 하였으며, MR검사실 3년 이상 근무한 방사선사 3명과, 영상의학과 전공의 1명이 혈관의 선명도(Sharpness), 영상의 왜곡 정도(Distortion), Vein과의 겹침 정도(Vein Contamination), 말초혈관 묘사 정도(Expression of peripheral vessel)에 대해 5 점척도(1 :아주 나쁨, 2:나쁨, 3:보통, 4:좋음, 5:아주 좋음)로 정성적 평가를 실시 하였으며, 통계적 분석은 Excel을 이용한 paired t-test를 사용하였다.

#### <<영상평가 항목>>

1. 혈관의 선명도(Sharpness)
2. 영상의 왜곡 정도(Distortion)
3. Vein과의 겹침 정도(Vein Contamination)
4. 말초혈관의 묘사 정도(Expression of peripheral vessel)



**ROI 설정**

- CCA bifurcation
- ICA
- ECA
- MCA
- Vertebral Artery

Fig. 3. ROI 설정

### III. 결 과

정량적 평가는 5곳의 ROI(CCA, ICA, ECA, MCA, VA)에 대한 SNR과 CNR 각각의 평균을 구하였다. TOF의 CCA, ICA, ECA, MCA, VA에 대한 SNR은 166.1, 205.2, 154.39, 172.23, 161.95 이고, CEA의 SNR은 92.05, 95.43, 84.76, 73.69, 88.3으로 전체적으로 TOF의 SNR이 높게 측정 되었다. 다음 TOF의 CNR은 67.62, 106.71, 55.9, 73.74, 63.46 이고, CEA의 CNR은 67.82, 71.19, 60.52, 49.45, 64.07 로 두 검사가 비슷한 수치로 측정되었다. 모든 ROI에서 SNR은 통계적으로 유의한 결과( $0.05 < p$ )를 보였으나, CNR은 유의하지 않은 결과( $p > 0.05$ )를 보였다. 다음은 정성적 평가에 대한 결과이다. 4명의 평가자가 4개의 항목에 대해 TOF기법과 CEA기법을 평가한 결과이다. 각 항목의 평균값은 영상평가 1번 항목에서 평균값이 각각 4.2점, 4.28점 2번 항목에서 2.93점, 4.55점, 3번 항목에서 4.6점, 3.13점, 4번 항목에서 2.88점, 4.65점으로 3번 항목은 TOF가, 2번과 4번은 CEA가 높게 측정 되었으며, 1번 항목은 별 차이가 없었다. 1번 항목은 통계적으로 유의하지 않은 결과( $p > 0.05$ )를 보였으며, 2, 3, 4번 항목은 통계적으로 유의한 결과( $p < 0.05$ )를 보였다.

#### <<정량적 평가>>

##### SNR

Table2. 두 검사의 SNR비교표와 통계적 유의성 검증

	CCA	ICA	ECA	MCA	VA
TOF	166.1	205.2	154.39	172.23	161.95
CEA	92.05	95.43	84.76	73.69	88.3
P-value	0.027	0.0103	0.018	0.009	0.012

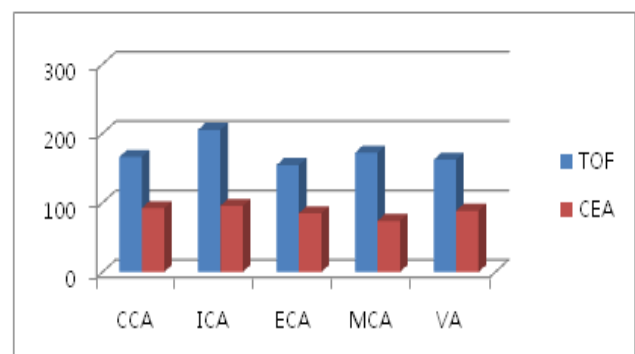


Fig. 4. 두 검사의 SNR 비교 Graph

**CNR**

Table 3. 두 검사의 CNR비교표와 통계적 유의성 검증

	CCA	ICA	ECA	MCA	VA
TOF	67.62	106.71	55.9	73.74	63.46
CEA	67.82	71.19	60.52	49.45	64.07
P-value	0.988	0.096	0.646	0.158	0.948

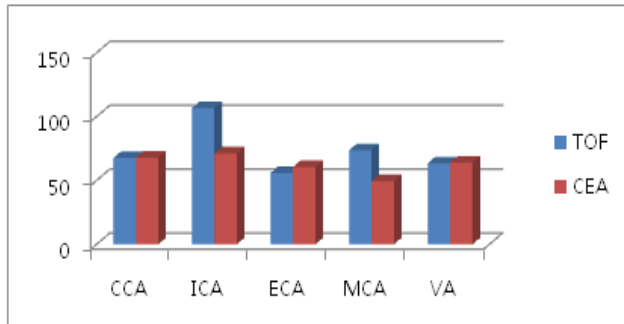


Fig. 5. 두 검사의 CNR비교 Graph

**<<정성적 평가>>**

1. 혈관의 선명도, 2. 혈관의 왜곡정도, 3. 정맥의 겹침 정도, 4. 말초혈관 묘사정도

**<<정성적 검사 TOTAL AVERAGE>>**

Table 4. 두 검사의 정성적 평가 비교표와 통계적 유의성 검증

	1	2	3	4
TOF	4.20	2.93	4.60	2.88
CEA	4.28	4.55	3.13	4.65
P-value	0.783	0.041	0.048	0.039

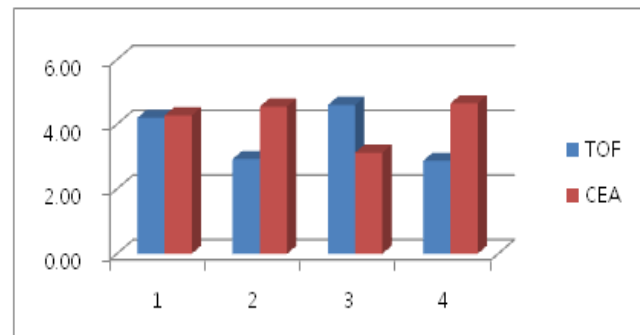


Fig. 6. 두 검사의 정성적평가 비교 Graph



Fig. 7. (a) TOF Angio, (b) CE Angio

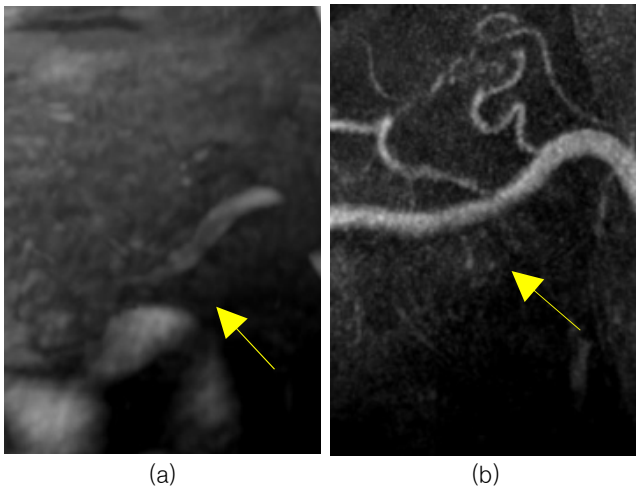


Fig. 8. Signal의 Distortion, TOF기법의 Subclavian artery(a)가 CEA기법의 Subclavian artery(b)보다 신호소실이 크다(화살표)

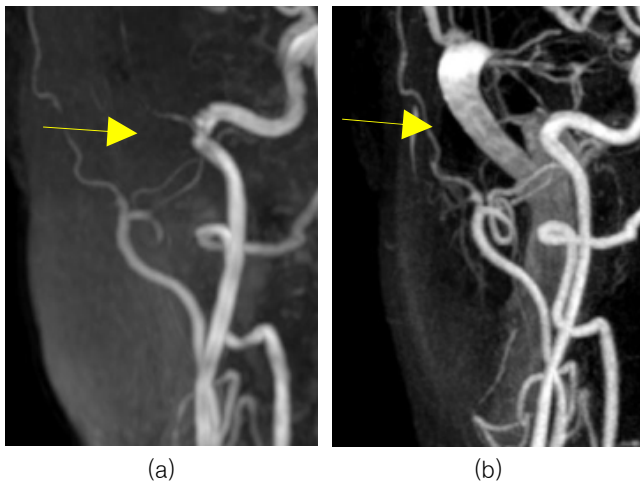


Fig. 9. Vein Contamination정도,CEA(b)기법의 정맥혈의 검출 정도가 TOF(a)기법보다 심하다.(화살표)

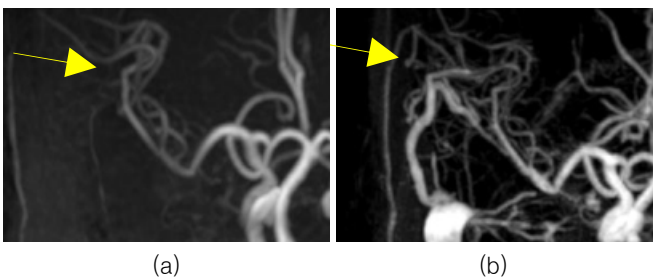


Fig. 10. 말초혈관의 표현정도, CEA(b)기법이 TOF(a)기법보다 말초혈관 표현능력이 뛰어나다.(화살표)

## IV. 고찰 및 결론

TOF의 경우 해상력(Resolution)이 좋기 때문에 Artery에 대한 표현능력이 좋을 뿐 아니라, 신호대 잡음비(SNR)이 좋은 기법이다. 뿐만 아니라 조영제를 사용하지 않는 것 또한 TOF의 큰 장점이라고 할 수 있다. 하지만 TOF의 유속신호증강(Flow-related enhancement)이라는 특징상 혈류에 민감한 단점을 갖고 있다. 빠르게 흐르는 혈류에 민감한 반면, 느리게 흐르는 혈류나 혈관이 협착된 곳(Stenosis), 동맥류(Aneurysm)등의 곳에서 난류(Turbulence flow)에 대한 신호소실(Signal loss)에 대한 단점을 보인다. 그리고 긴 검사시간 또한 TOF의 단점이라 할 수 있다. 반면 CEA의 경우 해상력과 SNR이 부족하고 Vein contamination의 단점을 보이지만, 조영제에 의해 혈액의 T1을 짧게 만들어 시간이 짧을 뿐 아니라 혈관저항이 높아 혈류가 느린 말초혈관에 대한 묘사 능력도 우수하다. 혈관협착이나 동맥류 등의 경우 난류에 의한 신호소실도 적다.<sup>3)</sup> TOF와 CEA는 서로의 단점을 잘 보완해 주고 있는 검사 기법이다. 그래서 현재 임상에서는 두 가지 검사 모두를 상호보완적으로 사용 하고 있다. 하지만 소아, 임산부, 신부전증 환자 등 조영제 사용이 부담스러운 환자나 병변을 알고 있는 추적검사(Follow up) 환자들에게도 조영제의 계속되는 사용은 부담이 될 수도 있을 것이다. 굳이 조영제를 사용하지 않아도 되는 환자 또는 조영제가 부담스러운 환자에게는 상황에 따라 TOF 검사도 유용할 것으로 사료된다.

## 참고문헌

1. Edelman RR. Magnetic resonance angiography. An overview. Invest Radiol 28 Suppl 1993;4:S43-46
2. McDonald D. Blood Flow in Arteries. London: Edward Arnold, 1974
3. 장용민. The Principles of MR Angiography
4. 조창모. Non Contrast Renal Artery MR Angiography에 대한 B\_TRANCE기법과 RAVEL기법의 유용성 평가; 대한 자기공명 기술 학회지 제 22권, 제 1호, 2012, Vol22, No1, pp:85-93,
5. So-Yeon Cho, Jin-Ho Chung 신원성 전신 섬유증 발병기전-Department of Dermatology, Boramae Hospital, Seoul National University College of medicine, 대한피부연구학회지, 제14권, 제3호 2007, Vol 14, No3, pp:73-80