

# 내경동맥의 협착 및 폐색의 평가에 있어서의 비침습적인 영상의학적 검사방법들의 비교 연구: CT혈관조영술(CTA), 유체속도강조 자기공명혈관조영술(TOF-MRA), 조영증강 자기공명혈관조영술(CE-MRA)

이준형<sup>1</sup> · 정태섭<sup>1</sup> · 이경열<sup>2</sup> · 서상현<sup>1</sup>

**목적** : 내경동맥의 협착 및 폐색의 진단에 대해 CT혈관조영술(이하 CTA), 유체속도강조 자기공명혈관조영술(이하 TOF-MRA), 조영증강 자기공명혈관조영술(이하 CE-MRA)을 비교하였다.

**대상 및 방법** : 내경동맥의 협착 및 폐색질환이 의심되는 증상이 있거나, 건강검진상 시행한 색도플러초음파상 내경동맥의 협착이 50%이상 의심되는 환자 총 20명을 대상으로 시행하였다. 전향적으로 CTA, TOF-MRA, CE-MRA를 함께 시행하였으며, CTA를 표준지표로 하여 세 검사간의 상관관계 및 민감도, 특이도, 양성 예측도, 음성 예측도, 정확도를 측정하였다.

**결과** : 세 검사의 협착도 간의 유의한 차이는 없었다( $p > 0.05$ ). CTA와 TOF-MRA간의 상관계수는 0.932, CE-MRA와의 상관계수는 0.971로 나타났다. 50% 이상의 협착 및 폐색에 대한 TOF-MRA의 민감도, 특이도, 양성예측도, 음성예측도, 정확도는 83.3%, 87.5%, 71.4%, 93.3%, 86.4% 였으며, CE MRA는 83.3%, 93.8%, 83.3%, 93.8%, 90.9%로 나타났다.

**결론** : 내경동맥의 협착의 평가에서 TOF-MRA와 CE-MRA는 CTA와 높은 상관관계를 보였다.

## 서 론

뇌졸중은 사망과 기능손실의 주요 원인이 되는 심각한 질병이며, 미국에서는 매년 약 700,000명의 환자가 새롭게 뇌졸중을 진단받거나 재발하게 되고, 매년 약 163,000명이 사망한다. 이중 경동맥의 죽상경화증으로 인한 뇌졸중의 사례는 약 20%에 달하게 된다.

뇌혈관 질환은 한국인의 사망원인 순위에서도 암에 이어 2위를 차지하고 있으며, 이중 70% 이상이 허혈성 뇌졸중과 연관된 질환으로 추정되고 있다(1). 따라서 뇌혈관 질환을 일으킬 수 있는 고혈관 경화반(plaque)을 발견할 수 있는 영상기술들이 발전하고 있으며, 병변의 발견과 협착의 정도는 치료방향에도 중요한 역할을 하기 때문에 여러가지 영상의학적 방법들이 뇌혈

관질환의 발견과 평가에 이용되고 있다(2, 3).

허혈성 뇌졸중에서 혈관평가의 최적표준(gold standard)으로는 디지털감산혈관조영술(Digital Subtraction Angiography, 이하 DSA)이 사용되고 있지만 DSA는 침습적인 검사방법으로 위험이 따르며, 비용과 시간과 혈관조영술이 가능한 의사 등의 많은 자원을 필요로 한다. 비침습적인 혈관평가의 검사방법으로 CT혈관조영술(Computed tomography angiography, 이하 CTA), 유체속도강조 자기공명혈관촬영술(Time of flight Magnetic Resonance Angiography, 이하 TOF-MRA), 조영증강 자기공명혈관조영술(Contrast enhanced MRA, 이하 CE-MRA) 등이 사용되고 있으며 지금까지 시행된 여러 연구들에서 CTA는 MRA와 비교하여 높은 공간해상력, 혈류에 대한 낮은 의존도, 혈관내외의 정보 제공 등의 장점이 있는 것으로 알려져 있다 (4, 5). 의료기기의 발달

대한자기공명과학회지 15:234-241(2011)

<sup>1</sup>연세대학교 의과대학 강남세브란스병원 영상의학과

<sup>2</sup>연세대학교 의과대학 강남세브란스병원 신경과

접수 : 2011년 6월 14일, 수정 : 2011년 7월 22일, 채택 : 2011년 10월 25일

통신저자 : 서상현, (135-720) 서울특별시 강남구 언주로 712번지, 강남세브란스병원 영상의학과

Tel. (02) 2019-3510 Fax. (02) 3462-5472 E-mail: suhsh11@yuhs.ac

로 인해 현대의학의 추세는 비침습적인 검사방법의 선호도가 과거에 비해서 점차 높아지고 있으며 CTA, MRA와 같은 영상의학적 검사방법들도 나날이 발전하고 있다.

CTA가 가장 DSA에 근접한 영상을 제공한다고 하지만, MRA의 비약적인 발전과 프로토콜에 대한 연구, 조영제의 발전으로 인해 MRA 영상의 질도 많이 높아졌으며 방사선에 대한 노출이 없다는 장점으로 인해 최근 MRA를 뇌혈관 평가의 선별 검사로 사용하는 비율이 증가하고 있다.

따라서 본 연구에서는 CTA, TOF-MRA, CE-MRA의 뇌혈관 평가에 있어서의 상관관계와, 그동안 많은 연구에서 밝혀졌던 대로 CTA가 이들 중 가장 진단적 가치가 높다는 가정하에 CTA를 표준지표로 삼고 각각의 민감도, 특이도, 양성 예측도, 음성 예측도, 정확도를 비교하여 보았다

### 대상과 방법

#### 환자군

2010년 8월부터 2010년 10월까지 내경동맥의 협착 및 폐색 질환이 의심되는 소견이 있는 환자(n=17명)과 증상은 없지만 건강검진을 위해 시행한 내경동맥의 색도플러초음파 검사상 내경동맥의 50%이상의 협착이 의심되는 환자(n=3)을 대상으로 전향적으로 시행되었다.

이 20명의 환자들은 내경동맥 협착의 증상이 있거나 의심되

었을 때부터 약 2일 이내에 CTA를 시행하였으며, CTA를 시행한 후 3일 이내에 MRA(TOF-MRA, CE-MRA)를 시행하였다. CTA를 시행한 후 MRA를 시행하기 까지의 평균 지연기간은 1.2일이었다.

성별은 여성이 9명, 남성이 11명이었으며, 연령 분포는 55세에서 76세까지였고, 평균연령은 60.4세였다.

#### 영상기법

CTA는 64채널 컴퓨터단층촬영기 (Sensation 64, Siemens medical system, Erlangen, Germany)를 이용하여 시행하였으며 FOV 217 mm×217 mm, section thickness 1 mm, tube voltage 120 kv/207 mAs, imaging time 22-23 seconds 이었으며, 조영제로는 Ultravist (Bayer-Schering, Berlin, Germany) 100 ml를 4-4.5 mL/sec 속도로 정맥 내 주입하였다.

3D TOF-MRA와 CE-MRA는 1.5T 자기공명영상기 (Avanto, Simense medical system, Erlangen, Germany)를 이용하여 시행하였으며, 3D TOF-MRA에서는 TR/TE = 24/7 msec, flip angle 25, image matrix 199×256, slice thickness 1.2 mm, slice/slab 44, imaging time 7 min 23 seconds, CE-MRA에서는 TR/TE = 3.1/1.1, flip angle 30, image matrix 192×256, slice/slab 80, imaging time 20 seconds이었으며 조영제로는

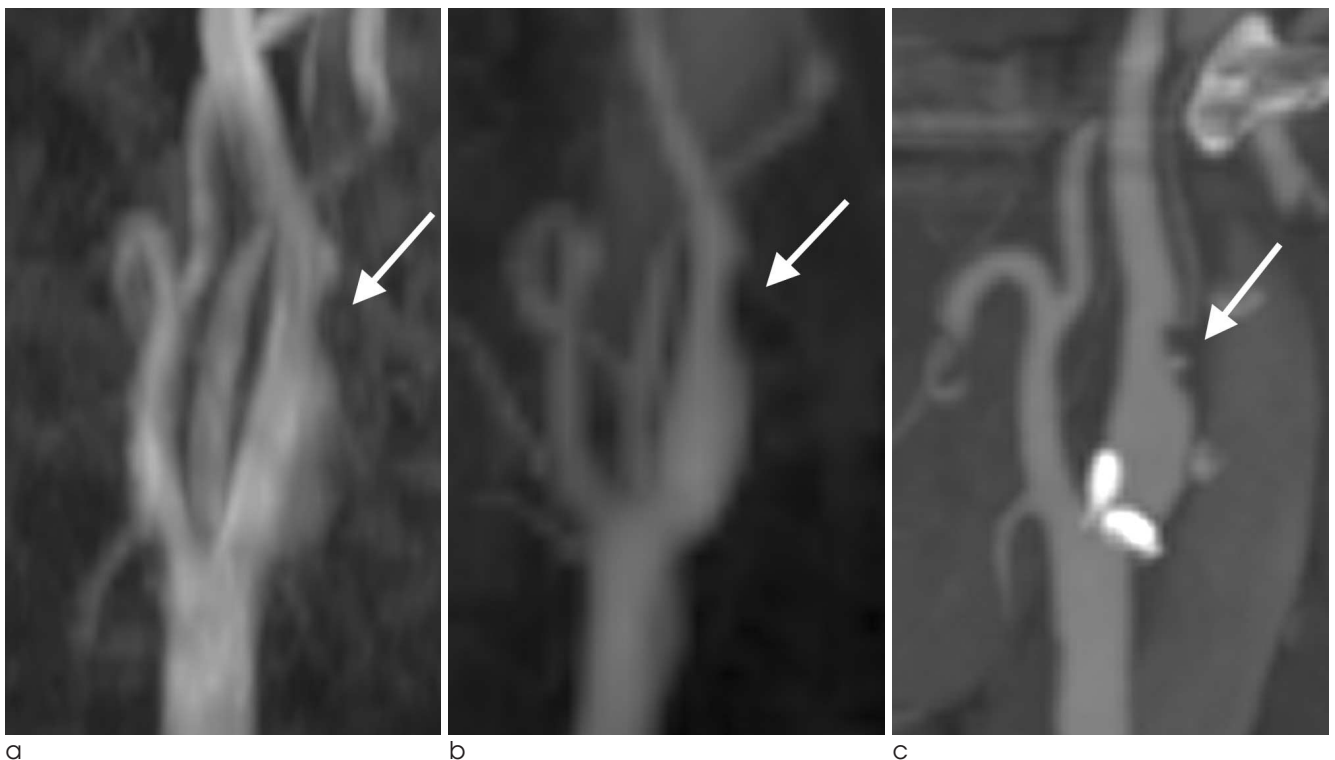


Fig. 1. A 73-year-old male patient with headache and dizziness. (a) TOF-MRA (b) CE-MRA (c) CTA, These images show a low grade stenosis in right ICA.

## 이준형 외

Dotarem (Guerbet SA, Paris, France)을 0.1 mmol/kg 용량, 1-2 mL/sec 속도로 정맥 내 주입하였다.

### 영상분석 및 통계

양측 내경동맥을 평가하였으며, 범위는 경동맥 구부에서 supraclinoid 분절까지를 포함하였다.

20명의 환자군에서 내경동맥을 각각 20쌍의 총 40개의 혈관을 TOF-MRA, CE-MRA, CTA를 이용하여 평가하였다.

내경동맥의 협착을 NASCET(North American Symptomatic Carotid Endarterectomy) criteria를 적용하여 평가한 후 CTA를 표준지표로 삼고 TOF-MRA에서의 수치와 CE-MRA의 수치를 각각 대응표본 T 검정(Paired T-test)을 통하여 평균을 비교하였고, Pearson 상관관계 분석을 통해 CTA와 TOF-MRA, CTA와 CE-MRA간의 상관관계를 각각 비교하였다.

모든 통계학적 분석은 SPSS version 12.0을 사용하였으며 신뢰구간은 95%( $p < 0.05$ )로 정하였다.

또한, 6단계(정상: 1등급, 1-29%협착: 2등급, 30-49%협착: 3등급, 50-69%협착: 4등급, 70-99%협착: 5등급, 폐색)로 나누어서 평가하였으며, 최근 두개내 혈관에 있어서의 중재적시술의 적응증이 70%의 협착에서 점차 50%까지 확대되고 있는 것을 고려하여(6) CTA에서 50% 이상의 협착이 있는 경우를 표준지표로 정하여 저등급과 고등급 협착, 완전폐색으로 구분하여 TOF-MRA, CE-MRA의 민감도, 특이도, 양성예측도 및 음성 예측도, 정확도를 평가하였다(Fig. 1).

영상 분석에 있어서는 TOF-MRA, CE-MRA는 MIP(Maximum Intensity Projection)영상을 재구성 하여 사용하

였고, CTA는 Coronal and sagittal MIP 영상을 사용하였다.

MRA는 3D image를 돌려가며 각각의 예에서 가장 협착이 잘 나타나는 부위에서 협착을 측정하였으며, CTA의 경우는 Coronal and sagittal 영상 중에서 협착이 더 잘 나타나는 부위에서 협착을 측정하였다.

협착의 측정은 PACS (Picture Achieving communication system, Centricity radiology RA1000 workstation, GE health care)의 electronic caliper를 사용하였다.

영상의 평가는 2명의 영상의학과 의사가 시행하였으며, 먼저 1명의 영상의학과 의사가 협착을 평가한 뒤 2명의 영상의학과 의사가 같이 영상을 보면서 의견의 일치율을 얻는 과정을 통하였다.

## 결 과

CTA에서 총 20명의 환자군에서 20쌍의 내경동맥을 평가한 결과 16명의 환자의 24개의 혈관에서 병변이 관찰되었으며 모두 경동맥 구부의 병변이었다. 병변이 없는 16개의 혈관을 제외한 24개의 내경동맥의 병변 중 2등급 협착이 10개, 3등급 협착이 8개, 4등급 협착이 1개, 5등급 협착이 2개, 폐색이 3개였다.

TOF-MRA와 CE-MRA의 경우 3예에서 폐색을 모두 진단하였으며, TOF-MRA는 30-49%, 50-69%, 70-99% 협착에서 각각 1예에서 1-29%, 30-49%, 50-69% 협착으로 과소평가하였고, 30-49% 협착 2예에서 50-69% 협착으로 과대평가하였다. CE-MRA는 50-69%, 70-99% 협착 각각 1예에서 병변을 30-49%, 50-69% 협착으로 과소평가하였고, 30-49% 협착 1예에서 50-69% 협착으로 과대평가 하였다(Table 1).

Table 1. Comparison of the Degree of ICA Stenosis with CT angiography, TOF-MRA and CE-MRA

Degree of Stenosis	Stenosis				
	1-29%	30-49%	50-69%	70-99%	Occlusion
CT angiography					
TOF-MRA					
1-29%	9	1	0	0	0
30-49%	0	4	1	0	0
50-69%	0	2	0	1	0
70-99%	0	0	0	1	0
Occlusion	0	0	0	0	3
CT angiography					
CE-MRA					
1-29%	9	0	0	0	0
30-49%	0	6	1	0	0
50-69%	0	1	0	1	0
70-99%	0	0	0	1	0
Occlusion	0	0	0	0	3

Note.— TOF-MRA = Time of flight Magnetic Resonance Angiography  
CE-MRA = Contrast enhance MRA

50% 이상의 협착 및 폐색에 대한 TOF-MRA의 민감도, 특이도, 양성예측도, 음성예측도, 정확도는 83.3%, 87.5%, 71.4%, 93.3%, 86.4%였으며, CE-MRA는 83.3%, 93.8%, 83.3%, 93.8%, 90.9%로 나타났다(Tables 2, 3). McNemer test를 사용하여 두 기법간의 결과를 비교하였으며, NPV에서는 검정값이 나오지 않았지만 나머지 값들은 통계적으로 유의한 차이는 없는 것으로 나타났다( $p > 0.05$ ).

대응표본 T 검정에서는 CTA와 TOF-MRA, CTA와 CE-MRA, TOF-MRA와 CE MRA의 협착도간에 유의한 차이는 없는 것으로 나타났다( $p > 0.05$ ).

CTA와 TOF-MRA간의 상관계수는 0.932, CTA와 CE-MRA간의 상관계수는 0.971로 CTA와 CE-MRA간의 상관관계가 더 높은 것으로 나타났으나 차이는 없었다.

2개의 예에서는 CTA에서는 석회화경화반에 의해 내경동맥

의 근위부에 미세한 협착을 일으켰지만, TOF-MRA와 CE-MRA에서는 관찰되지 않았다(Fig. 2).

고 찰

CTA는 TOF-MRA나 CE-MRA에 비해 전반적으로 질적으로 우월한 영상을 제공한다고 알려져 있다 (5, 7). 하지만 현재 가장 널리쓰이는 표준지표는 DSA이므로 CTA를 표준지표로 삼아 TOF-MRA와 CE-MRA를 비교한 것은 본 연구에 있어서의 가장 큰 제한점이다. 그러나, 그 동안 발표된 여러 문헌들에서 MRA와 비교하여 CTA가 DSA와의 상관관계가 높다고 알려져 있고, 공간해상력이 높고, 혈류의 흐름에 의한 영향이 적으며, 더 많은 혈관내와 혈관외의 정보를 제공한다고 알려져 있기 때문에 연구의 목적에는 부합할 것으로 생각된다 (4). 또한 CTA는 비교적 짧은 영상획득 시간 및 높은 공간해상도로 인하여 두개내 동맥 병변의 진단에 효과적으로 이용되어 왔다. 그러나 CTA 영상을 얻기 위해서는 신독성이 있는 조영제를 사용해야 하고 방사선에 노출된다는 위험성이 있다. 특히 장기간 추적 검사를 필요로 하는 환자들에게는 방사선의 축적에 대한 고려가 필요하다(8).

본 연구에서는 CE-MRA가 TOF-MRA에 비해서 CTA와의 상관관계가 더 높게 나타났지만 TOF-MRA 역시 우수한 상관관계를 나타냈다. TOF-MRA 역시 영상의 질을 높이고 인공물의 영향을 줄이기 위해 다양한 시퀀스가 개발되고 있으며 CE-MRA에 비해 작은 복셀 사이즈도 기여한 것으로 생각된다(9, 10). 최근 발표되는 몇몇 연구결과들에서 기존의 TOF-MRA가 CE-MRA에 비해서 정확성이 떨어진다는 연구결과와 상반되는 결과들이 나오고 있으며, 특히 50-70% 이상의 고등급 협착에서 더욱 차이가 없거나 오히려 TOF-MRA가 더 우수한 성적을 보인다는 결과들이 나오고 있다 (4, 11, 12). 본 연구에서는 뚜렷한 차이는 없는 것으로 나타났다.

CTA에서는 석회화경화반에 의한 미세한 협착이 관찰되었지만, MRA에서 발견되지 않았던 2개의 예는, MRA의 비교적 낮

Table 2. Comparison of 3-level Degree of ICA Stenosis with CT Angiography, TOF-MRA and CE-MRA

Degree of Stenosis	Stenosis		
	Low	High	Occlusion
CT angiography			
TOF-MRA			
Low	14	1	0
High	2	2	0
Occlusion	0	0	3
CT angiography			
CE-MRA			
Low	15	1	0
High	1	2	0
Occlusion	0	0	3

Note.— TOF-MRA = Time of flight Magnetic Resonance Angiography  
CE-MRA = Contrast enhance MRA

Table 3. Diagnostic index of TOF-MRA and CE-MRA

TOF-MRA	Sensitivity	Specificity	PPV	NPV	Accuracy
Low	87.5%	83.3%	93.3%	71.4%	86.4%
High	66.7%	89.5%	50.0%	94.4%	86.4%
Occlusion	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
High or occlusion	83.3%	87.5%	71.4%	93.3%	86.4%
CE-MRA					
Low	93.8%	83.3%	93.8%	83.3%	90.9%
High	66.7%	93.7%	66.7%	93.8%	89.5%
Occlusion	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
High or occlusion	83.3%	93.8%	83.3%	93.8%	90.9%

Note.— TOF-MRA = Time of flight Magnetic Resonance Angiography  
CE-MRA = Contrast enhance MRA, PPV = Positive predictive value, NPV = Negative predictive value

## 이준형 외

은 공간 해상력으로 인해 작은 크기의 석회화를 발견하지 못한 것으로 생각된다(13). 또한 경화반이 혈류의 감소에 영향을 미쳤다면 CE-MRA에서 원위부의 조영제의 농도를 감소 시킨다

고 알려져 있지만(14), 이 예에서는 원위부의 신호 감소도 발견되지 않았다. 따라서 경화반의 크기가 작고, 혈류의 흐름에 미치는 영향이 미미했기 때문으로 생각된다.

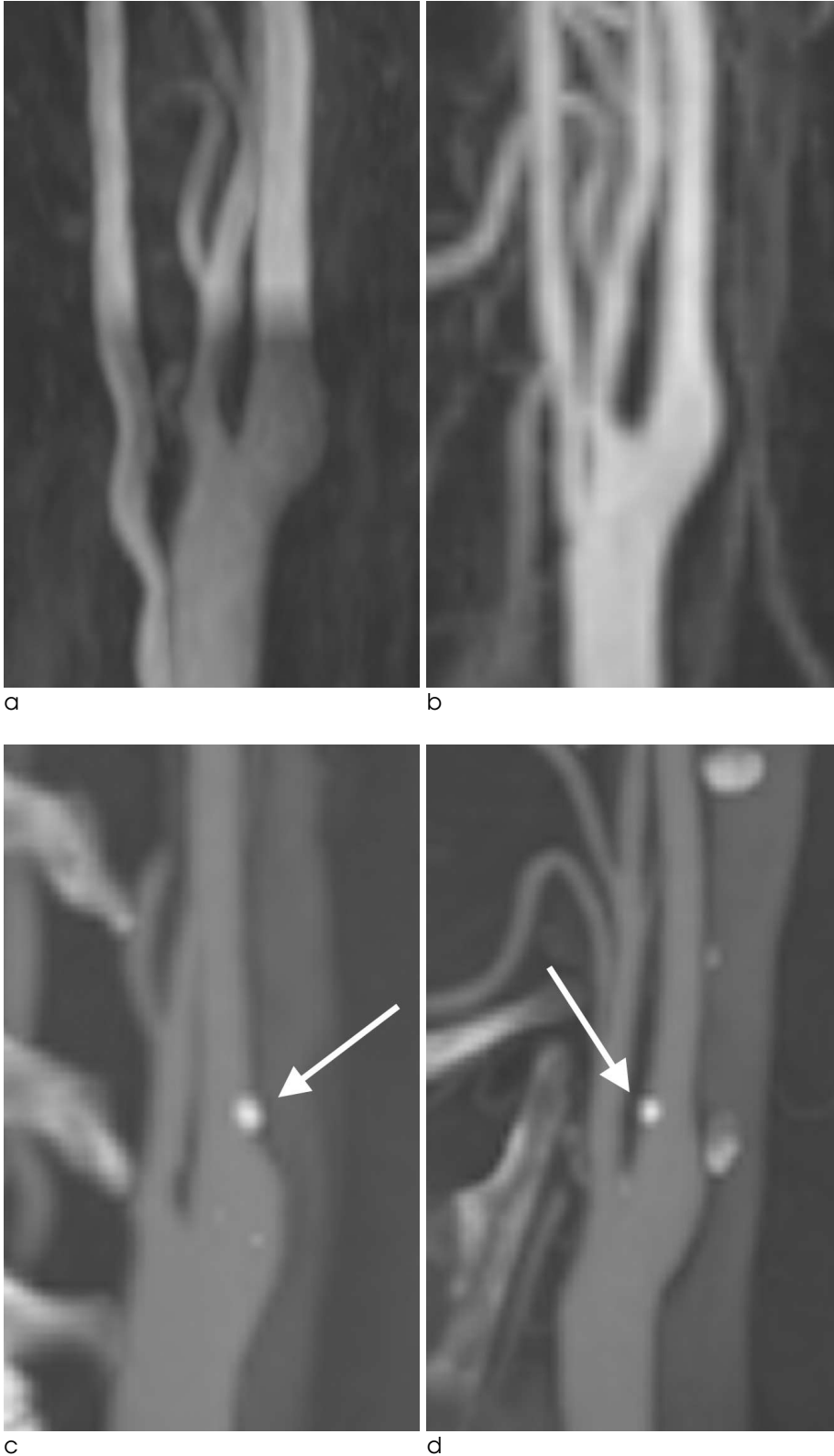


Fig. 2. A 64-year-old male non-symptomatic patient.  
(a) TOF-MRA shows no stenotic lesion or plaque.  
(b) CE-MRA shows no stenotic lesion or plaque.  
(c, d) CTA(C: coronal, D: sagittal) shows a small calcified plaque in the left proximal ICA with mild degree stenosis.

본 연구에서는 50%이상의 고등급 협착과 완전폐색의 진단에 TOF-MRA와 CE-MRA는 TOF-MRA의 양성예측도(71.4%)를 제외하고는 83-94%의 높은 민감도, 특이도, 음성예측도와 정확도를 보였다. 이는 이전에 발표되었던 여러 논문들과 같은 맥락의 결과이다(2, 7, 15, 16). TOF-MRA에서 양성예측도가 비교적 낮게 나타난 것은 CE-MRA가 1개의 저등급 협착을 고등급으로, 1개의 고등급 협착을 저등급으로 평가한 반면에, TOF-MRA는 2개의 저등급 협착을 고등급으로, 1개의 고등급 협착을 저등급으로 평가한 것에 영향을 받은 것으로 생각된다. 특히 평가의 대상이 된 혈관들 중 18개의 혈관이 정상조건이었기 때문에 병변이 있는 혈관의 수가 22개로 적고, 병변 중에 고등급 협착이나 폐색인 병변이 6개였기 때문에 더욱 영향을 미쳤을 것으로 생각된다.

이것은 평가의 대상이 되었던 환자군의 수가 20명으로 비교적 적은 것과 더불어 본 연구의 제한점이지만, 그 제한점을 극복하기 위해 협착의 정도를 구간별로 나누어서 NASCET criteria를 적용하여 수치화하여 각 수치간의 상관관계를 통계학적으로 평가하였으며, TOF-MRA와 CE-MRA의 민감도, 특이도, 양성예측도, 음성예측도, 정확도를 구하기 위해서 다시 50% 협착을 기준으로 저등급, 고등급 협착, 완전폐색으로 나누어 평가하였기 때문에 결과의 신뢰도에는 큰 영향이 없었을 것으로 생각된다. 또한 가돌리늄 함유 조영제와 관련하여 신원성 전신섬유증(Nephrogenic systemic fibrosis, 이하 NSF)에 대한 위험성이 고려될 수 있으며 이는 자유 가돌리늄이온(Gd3+)과 연관되어 있다고 알려져 있지만(17, 18), 거대고리 킬레이트는 신체 내로 유리되는 자유 가돌리늄이온의 양을 최소화시키는 것으로 알려져 있고, 현재까지 거대고리 제제인 Gd-DOTA(Dotarem)의 사용으로 인해 NSF가 발생하였다는 명확한 사례는 없었다(17, 19, 20).

결론적으로 내경동맥의 협착 및 폐색에 있어서 MRA(TOF-MRA, CE-MRA)는 CTA과 대등한 진단적 가치를 보였으며 CE-MRA가 TOF-MRA에 비해 약간 더 높은 상관관계를 보이는 것으로 나타났다. 내경동맥의 병변을 평가하기에는 TOF-MRA도 CE-MRA에 비해 크게 부족하지 않았지만, 일부 추골동맥 기시부의 병변까지 평가하기 위해서는 CE-MRA가 유용할 것으로 생각되었다. 비용-시간대비로 CTA가 장점을 갖고 있지만, MRA에 비해 높은 조영제 부작용의 빈도와 방사선 노출을 고려할 때, TOF-MRA와 CE-MRA를 상호 보완적으로 사용하는 것이 보다 안전하게 내경동맥의 협착을 진단하는데 있어서 도움이 될 것이다.

### 참 고 문 헌

1. 2009년 사망원인통계 결과. 통계청: 2010.9.9, 2009
2. Randoux B, Marro B, Koskas F, Duyme M, Sahel M, Zouaoui A, et al. Carotid artery stenosis: prospective comparison of CT, three-dimensional gadolinium-enhanced MR, and convention-

- al angiography. *Radiology* 2001;220:179-185
3. Mhlenbruch G, Das M, Mommertz G, Schaaf M, Langer S, Mahnken AH, et al. Comparison of dual-source CT angiography and MR angiography in preoperative evaluation of intra- and extracranial vessels: a pilot study. *Eur Radiol* 2010;20:469-476
4. Babiarz LS, Romero JM, Murphy EK, Brobeck B, Schaefer PW, Gonzalez RG, et al. Contrast-enhanced MR angiography is not more accurate than unenhanced 2D time-of-flight MR angiography for determining > or = 70% internal carotid artery stenosis. *AJNR Am J Neuroradiol* 2009;30:761-768
5. Alvarez Linera J, Benito-Len J, Escribano J, Campollo J, Gesto R. Prospective evaluation of carotid artery stenosis: elliptic centric contrast-enhanced MR angiography and spiral CT angiography compared with digital subtraction angiography. *AJNR Am J Neuroradiol* 2003;24:1012-1019
6. Sadikin C, Teng MM, Chen T, Luo C, Chang F, Lirng J, et al. The current role of 1.5T non-contrast 3D time-of-flight magnetic resonance angiography to detect intracranial stenotic-occlusive disease. *Journal of the Formosan Medical Association* 2007;106:691-699
7. Lell M, Fellner C, Baum U, Hothorn T, Steiner R, Lang W, et al. Evaluation of carotid artery stenosis with multisection CT and MR imaging: influence of imaging modality and postprocessing. *AJNR Am J Neuroradiol* 2007;28:104-110
8. Villablanca JP, Nael K, Habibi R, Nael A, Laub G, Finn JP. 3 T contrast-enhanced magnetic resonance angiography for evaluation of the intracranial arteries: comparison with time-of-flight magnetic resonance angiography and multislice computed tomography angiography. *Invest Radiol* 2006;41:799-805
9. 장남규, 서정진, 정태웅, 정광우, 김재규, 강형근, 조기현. 뇌경색 환자에서 Enhanced 3D-TOF 자기공명혈관조영술: 고식적 혈관조영술과의 비교. *대한방사선의학회지* 2000;42:575-583
10. Atkinson D, Brant Zawadzki M, Gillan G, Purdy D, Laub G. Improved MR angiography: magnetization transfer suppression with variable flip angle excitation and increased resolution. *Radiology* 1994;190:890-894
11. Townsend TC, Saloner D, Pan XM, Rapp JH. Contrast material-enhanced MRA overestimates severity of carotid stenosis, compared with 3D time-of-flight MRA. *J Vasc Surg* 2003;38:36-40
12. DeMarco JK, Huston J, Bernstein MA. Evaluation of classic 2D time-of-flight MR angiography in the depiction of severe carotid stenosis. *AJR Am J Roentgenol* 2004;183:787-793
13. Rasanen HT, Manninen HI, Vanninen RL, Vainio P, Berg M, Saari T. Mild carotid artery atherosclerosis: assessment by 3-dimensional time-of-flight magnetic resonance angiography, with reference to intravascular ultrasound imaging and contrast angiography. *Stroke* 1999;30:827-833
14. Evans AJ, Richardson DB, Tien R, MacFall JR, Hedlund LW, Heinz ER, et al. Poststenotic signal loss in MR angiography: effects of echo time, flow compensation, and fractional echo. *AJNR Am J Neuroradiol* 1993;14:721-729
15. Sardanelli F, Zandrino F, Parodi RC, De Caro G. MR angiography of internal carotid arteries: breath-hold Gd-enhanced 3D fast imaging with steady-state precession versus unenhanced

## 이준형 외

- 2D and 3D time-of-flight techniques. *J Comput Assist Tomogr* 1999;23:208-215
16. Kramer H, Runge VM, Morelli JN, Williams KD, Naul LG, Nikolaou K, et al. Magnetic resonance angiography of the carotid arteries: comparison of unenhanced and contrast enhanced techniques. *Eur Radiol* 2011
17. Morcos SK. Nephrogenic systemic fibrosis following the administration of extracellular gadolinium based contrast agents: is the stability of the contrast agent molecule an important factor in the pathogenesis of this condition? *Br J Radiol* 2007;80:73-76
18. Grobner T. Gadolinium--a specific trigger for the development of nephrogenic fibrosing dermopathy and nephrogenic systemic fibrosis? *Nephrology, Dialysis, Transplantation* 2006;21:1104-1108
19. Port M, Ide J, Medina C, Robic C, Sabatou M, Corot C. Efficiency, thermodynamic and kinetic stability of marketed gadolinium chelates and their possible clinical consequences: a critical review. *Bio Metals* 2008;21:469-490
20. Morcos SK. Extracellular gadolinium contrast agents: differences in stability. *Eur J Radiol* 2008;66:175-179



## Comparison of Non-invasive Imaging Studies in the Evaluation of Carotid Artery Stenosis and Occlusion: CT Angiography, Time-of-Flight MR Angiography and Contrast-Enhanced MR Angiography

Junhyung Lee<sup>1</sup>, Tae-Sub Chung<sup>1</sup>, Kyung-Yul Lee<sup>2</sup>, Sang Hyun Suh<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Radiology, Gangnam Severance Hospital, Yonsei University College of Medicine

<sup>2</sup>Department of Neurology, Gangnam Severance Hospital, Yonsei University College of Medicine

**Purpose :** We compared non-invasive imaging studies of CTA, TOF-MRA and CE-MRA to evaluate detecting internal carotid artery stenosis and occlusion.

**Materials and Methods :** We enrolled 20 patients with clinically suspected internal carotid artery stenosis and occlusion, or asymptomatic patient with more than 50% stenosis suspected on color Doppler ultrasonography for regular check-up. Prospectively, CTA, TOF-MRA and CE-MRA were performed, and sensitivity, specificity, positive predictive value, negative predictive value and accuracy of TOF-MRA and CE-MRA using CTA as a reference standard for detecting more than 50% stenosis were evaluated, and correlations of measured percent stenosis between 3 imaging studies were also evaluated.

**Results :** No significant difference was found between 3 imaging studies in measuring stenosis( $p > 0.05$ ). Correlation coefficient was 0.932 between CTA and TOF-MRA, and 0.971 between CTA and CE-MRA. TOF-MRA had 83.3% sensitivity, 87.5% specificity, 71.4% positive predictive value, 93.3% negative predictive value and 86.4% accuracy for detecting more than 50% stenosis and occlusion. CE-MRA had 83.3% sensitivity, 93.8% specificity, 83.3% positive predictive value, 93.8% negative predictive value and 90.9% accuracy.

**Conclusion :** TOF-MRA and CE-MRA provided high correlations in the evaluation of internal carotid artery stenosis and occlusion.

**Index words :** Carotid artery stenosis  
Computed tomography angiography (CTA)  
Magnetic resonance angiography (MRA)

Address reprint requests to : Sang Hyun Suh, M.D., Department of Radiology, Gangnam Severance Hospital,  
712 Eonju-ro, Gangnam-gu, Seoul 135-720, Korea.  
Tel. 82-2-2019-3510 Fax. 82-2-3462-5472 E-mail: suhsh11@yuhs.ac