

# 두개내 동·정맥 기형에서 자기공명 혈관조영술의 유용성<sup>1</sup>

김윤현 · 강형근 · 서정진 · 김재규 · 문웅재 · 정현대

**목 적:** 두개내 동·정맥 기형(AVM)의 진단 및 치료방향 설정에 있어서 자기공명 혈관조영술의 유용성을 고찰하고자 하였다.

**대상 및 방법:** 수술과 방사선학적 및 임상적 검사에 의해 AVM으로 확진된 14예를 대상으로 3-D TOF와 2-D PC, 3-D PC 기법으로 스캔한 MRA에서 관찰되는 AVM의 핵의 위치와 크기, 급양동맥과 유출정맥의 묘출되는 수와 해부학적 일치성을 자기공명영상(MRI) 및 고식적 혈관 촬영술(CA)에서 관찰되는 것과 후향적으로 비교하였다.

**결 과:** 핵의 위치 및 크기 파악에는 MRI와 MRA에서 큰 차이가 없었고 또한 이는 CA와도 큰 차이가 없었다. MRI에서 뇌혈중에 가려 AVM의 핵을 인지하기 어려운 경우 3-D PC 기법을 이용한 MRA로 확인이 가능하였다. 그리고 급양동맥은 3-D TOF와 3-D PC 모두에서 잘 보였고 유출정맥은 3-D PC 기법에서 가장 잘 나타났으며 이는 CA의 결과와 큰 차이없이 관찰되었다.

**결 론:** 두개내 AVM이 의심된 환자에 있어서 MRI와 MRA를 병행한다면 핵의 크기나 위치, 급양동맥과 유출정맥 등을 잘 파악할수 있어 동맥색전술이나 방사선치료 등 CA가 반드시 필요한 경우를 제외하고는 핵의 정확한 위치나 급양동맥 및 유출정맥의 검사만으로 충분하여 MRI 및 MRA가 CA에 의한 뇌혈관검사를 대체 할 수 있으리라 사료된다.

## 서 론

전산화단층촬영(computed tomography : 이하 CT로 줄임)과 자기공명영상(magnetic resonance imaging : 이하 MRI로 줄임)은 두개내 동정맥기형(arteriovenous malformation : 이하 AVM으로 줄임)의 병소를 찾는 데 있어 상당히 유용한 검사법으로 알려져 왔다(1-3). 그러나 AVM환자를 적절히 관리하려면 병변자체의 파악도 중요하지만 핵(nidus)의 크기, 급양동맥(feeding artery)의 위치와 수, 병변 자체 혈류의 특징, 유출정맥(drainng vein)의 구조 등 여러 요소들을 파악해야 한다. 현재까지는 이러한 요소들을 평가하는데 있어 고식적 혈관조영술(conventional angiography : 이하 CA로 줄임)이 가장 정확하고 유용한 검사법으로 알려져 왔다(4, 5). 그러나 CA의 경우 침습적인 방법일 뿐 아니라 조영제 사용에 따른 부작용이 있을 수 있어 비침습적이고 보다 안전한 혈관조영술이 필요하게 되었다. 최근 이러한 요구에 적합한 자기공명 혈관

조영술(magnetic resonance angiography : 이하 MRA로 줄임)이 개발되어 많은 관심과 함께 연구가 진행되고 있으며 다양한 영상기법과 영상구성 방법 등의 개발로 그 가능성을 점차 인정받고 있다(6-10). 이에 저자들은 AVM의 진단에 있어서 초기 경험 예들을 분석하여 MRA의 유용성에 대해 평가하고자 한다.

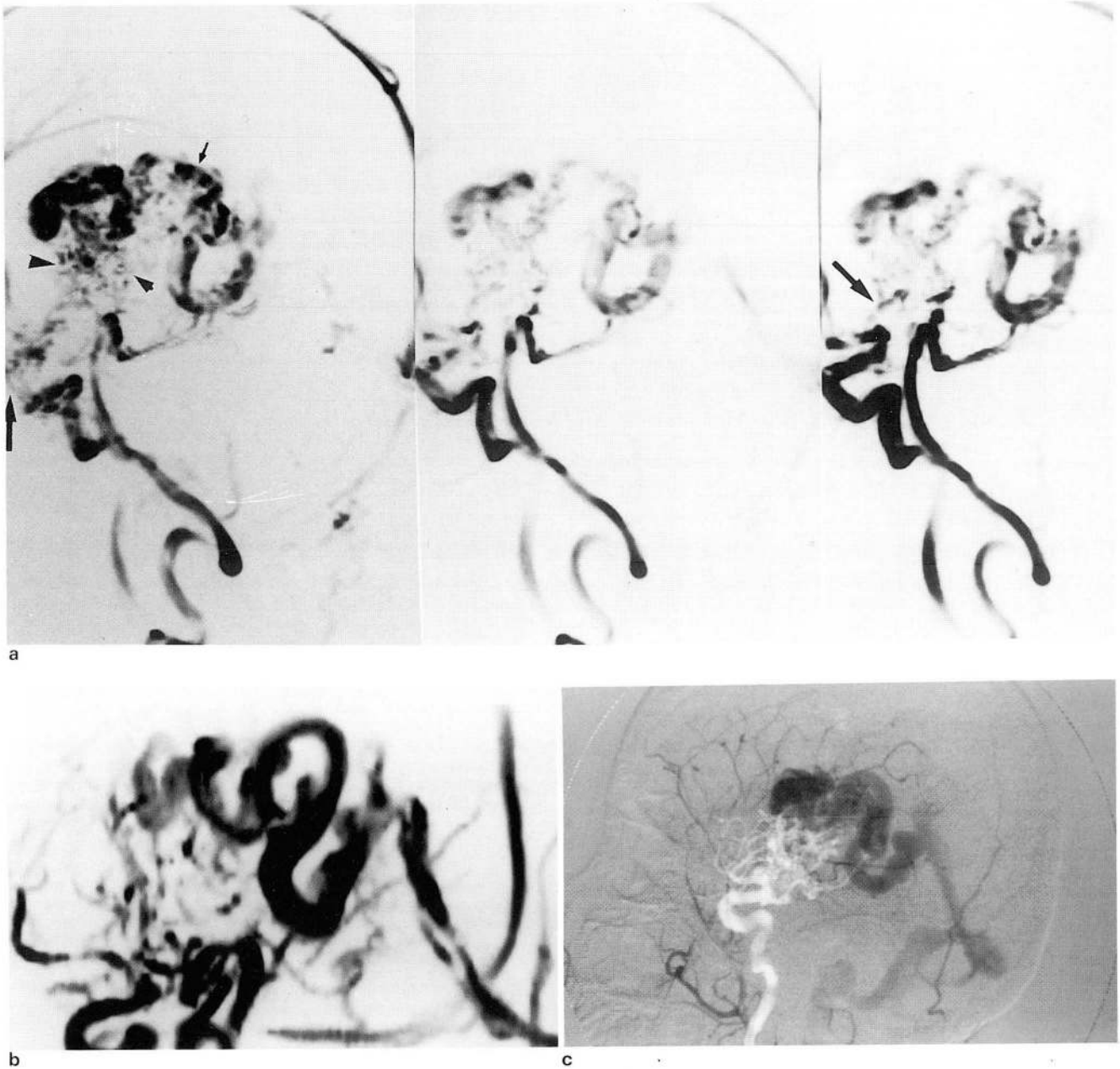
## 대상 및 방법

1991년 12월부터 1992년 8월까지 약 9개월간 수술과 방사선학적 및 임상적 검사 등에 의해 AVM으로 확진된 14예를 대상으로 하였다. 대상환자는 11세부터 61세까지였으며, 남자 3예와 여자 11예였다. 이중 7예에서는 뇌실질 혹은 뇌실내 출혈을 동반하였다. 사용된 기기는 1.5T 초전도 자석형 기기(Signa Advantage : GE Medical Systems, Milwaukee)였고 14예 모두에서 MRI 및 MRA를 시행하였으며 10예에서는 CA를 함께 시행하였다. MRI는 전예에서 축상(axial), 시상(sagittal) 및 관상(coronal)면에 따라 T1강조영상(TR/TE=400-500msec/15-30 msec)과 T2강조영상 (TR/TE=2000-2500msec/60-90msec)을 스캔하였으며, MRI에서 AVM의 병변이 확인되거나

<sup>1</sup>전남대학교 의과대학 방사선과학교실  
이 논문은 1993년 3월 24일 접수하여 1993년 9월 24일에 채택되었음

의심될 경우 MRA를 시행하였다. MRA는 먼저 3-Dimensional(D) Time-of-Flight(이하 TOF로 줄임)기법을 시행하여 대략적인 병변을 확인한 후 2-Dimensional Phase Contrast(이하 PC로 줄임) 및 3-D PC기법을 시

행하여 추가로 영상을 얻었다. 그리고 2예에서는 가돌리늄(Gadopentetate dimeglumine, Magnevist) 조영제 0.1 mmol/kg을 정맥 주사한후 T1강조영상을 스캔 하였다. PC는 2-D PC로 20cm/sec, 50cm/sec, 80cm/sec의



**Fig. 1.** Right thalamic AVM

a. Sagittal 2-D PC MR angiogram(MRA) with VENC 20cm/sec(left), 50cm/sec(middle), and 80cm/sec(right). 2-D PC MRA with VENC 20cm/sec highlights slow and medium velocity venous structures(small arrow) and nidus(arrow head), and VENC 80cm/sec yields image of the feeding arteries(large arrow) and high velocity veins.

b. Sagittal 3-D PC MR angiogram shows nidus, feeding artery, and draining deep vein in a manner analogous to CA(C). Straight sinus is also shown.

c. Right carotid angiogram(lateral view) shows right thalamic AVM fed by right MCA and drained into internal cerebral and basal veins.

VENC(Velocity Encoding : 이하 VENC로 줄임)를 적절히 사용하여 병변부위가 가장 잘 나타나는 VENC를 결정한 후 그 지정된 VENC로 3-D PC기법을 시행하였다

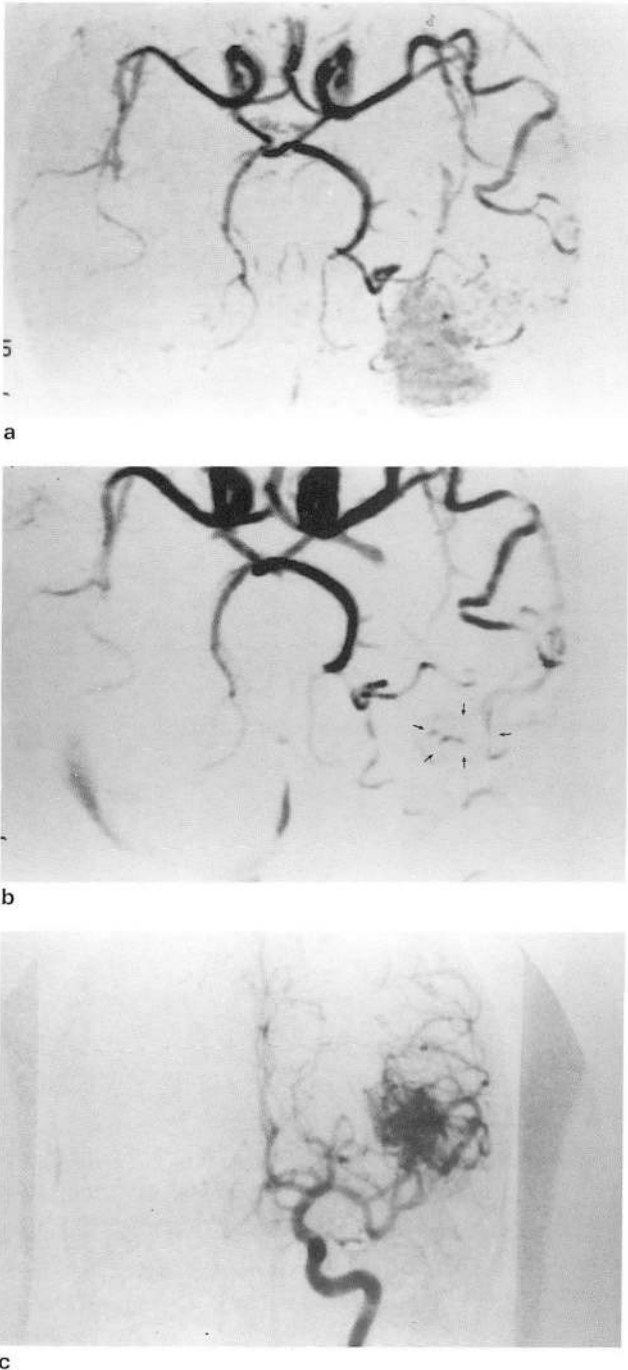


Fig. 2. Left parieto-occipital AVM with subacute ICH (intracerebral hemorrhage). Axial collapsed 3-D TOF MRA(a) and spin echo images cannot visualize actual nidus due to no signal difference between nidus and ICH, but 3-D PC(b) well depicts nidus(arrow) by background subtraction of ICH. Left internal carotid arteriogram(c) in the a-p projection demonstrates AVM fed by left middle cerebral artery.

(Fig. 1). MRA는 보통 축상면을 중심으로 압축혈관조영상(collapse image)을 얻었으며 필요에 따라 시상 및 관상면의 압축혈관조영상을 얻었고, 각각의 기법에 사용한 기계적 측정변수(parameter)는 Table 1과 같다. 또한 축상면을 중심으로 구성된 스캔 데이터를 MIP(maximum intensity projection) 소프트웨어 프로그램을 이용하여 3차원 영상으로 표출하고 머리와 다리를 축으로 10°간격으로 회전시켜 AVM의 핵의 크기와 급양동맥 및 유출정맥의 수 및 양상이 잘 나타날 수 있도록 하였다(11). MRI와 MRA를 모두 시행한 전예에서 각각 나타난 핵의 크기, 급양동맥과 유출정맥의 수를 관찰하였고, CA를 함께 시행한 10예의 경우 MRI와 MRA에서 관찰된 핵의 크기, 급양동맥과 유출정맥의 수 및 해부학적 위치가 CA에서의 결과와 얼마나 일치하는지 비교하였으며, 동반된 출혈 등의 합병증 유무를 관찰하였다. 핵의 크기는 핵의 전후, 좌우, 상하의 직경을 측정하였으며 급양동맥과 유출정맥을 표출하는데 있어서 3-D TOF와 3-D PC 중 어느 기법이 더 잘 나타낼 수 있는지 비교하였다.

## 결 과

핵의 위치는 두정엽에 4예, 시상부 및 시상하부에 3예, 전두엽과 두정엽에 걸쳐 있던 경우가 1예, 측두엽과 전두엽 그리고 두정엽에 걸쳐있던 경우가 1예, 좌·우 측두엽에 각각 1예, 후두엽에 1예, 그리고 좌·우측 소뇌에 각 1예씩 있었다. MRI 및 MRA를 시행한 14예중 MRI의 경우 12예(85%)에서 핵의 위치를 파악할 수 있었던 반면 MRA에서는 14예(100%) 모두에서 관찰이 가능했으며, 2예에서는 뇌실질내의 혈종에 가려 MRI와 3-D TOF기법에 의한 MRA로는 핵을 인지하기 어려웠으나 3-D PC기법을 이용한 MRA에서 쉽게 인지되었다(Fig. 2). CA에서 핵의 정확한 실제 크기(real size)를 측정하기는 어려웠으나 사진상 계측되는 CA와 MRI 및 MRA에서의 핵의 크기는 3mm 이하의 차이를 보였고, 특히 MRI와 MRA들에서 핵의 크기는 뇌실질내의 혈종에 가려 핵을 인지하기 어려웠던 2예를 제외하고는 차이가 없이 관찰되었다.

급양동맥을 그 수와 해부학적 명칭에 관계없이 단순히 인지할 수 있는지의 여부만 비교하였을 때 MRI 및 MRA를 시행한 14예중 MRI에서는 4예(29%)를, 3-D TOF와 3-D PC를 이용한 MRA에서는 각각 10예(72%)씩 파악할 수 있었으며, CA를 함께 시행한 10예의 경우 MRI 및 MRA에서 관찰되는 급양동맥의 수를 CA에서 관찰되는 것과 비교하였을 때 MRI에서는 2예(20%), MRA에서는 3-D TOF와 3-D PC에서 각 6예(60%)씩이 CA의 결과와 일치하였다(Table 2, 3)(Fig. 3, 4).

유출정맥 역시 전예를 그 수와 해부학적 명칭에 관계없이 단순히 발견할 수 있는지의 여부만 비교하였을 때 MRI

**Table 1.** Parameters of MRA Scanning

	TR (msec)	TE (msec)	FA (degree)	MAT	FOV (cm)	VENC (cm/sec)	NEX
2D TOF	40	Minimum	40-50	256×192	18-20		1
2D PC	21	Minimum	20	256×192	18-20	20, 50, 80	2-4
3D TOF	24	6.9	15-20	256×128	18-20		1
3D PC	24	6.9	15-20	256×128	18-20		1

Note: TR=repetition time, TE=echo time, FA=flip angle, MAT=matrix number, FOV=field of view, VENC=velocity encoding, NEX=number of excitation

**Table 2.** Number of Feeding Artery and Draining Vein as Assessed by MRI, MRA, and CA

Patient	MRI			MRA						CA		
	A	DV	SV	3-D TOF			3-D PC			A	DV	SV
				A	DV	SV	A	DV	SV			
1. 11 / F	1	1	0	1	1	0	1	2	0	1	2	0
2. 53 / F	2	0	2	2	0	2	2	0	4	2	0	4
3. 16 / F	?	?	?	1	?	0	1	1	0		ND	
4. 34 / F	1	?	?	2	1	0	2	1	0	2	1	0
5. 28 / F	?	1	0	2	1	?	2	2	0	2	2	0
6. 55 / M	?	0	1	?	0	0	?	0	1		ND	
7. 27 / F		ND		1	0	1	1	0	2	1	0	2
8. 36 / F	?	1	0	2	1	0	3	2	0	4	2	0
9. 47 / F		ND		1	0	1	1	0	2	1	0	2
10. 34 / F	2	1	1	3	1	0	3	1	1	4	1	1

Note: ND=not detectable, A=artery, DV=deep vein, SV=superficial vein

**Table 3.** Number and Anatomical Consistency of Feeding Arteries and Draining Veins as Assessed by MRI and MRA, Compared to CA

	MRI	MRA		CA*
		3-D TOF	3-D PC	
Feeding arteries	2	6	6	8
Draining veins	1	1	8	8

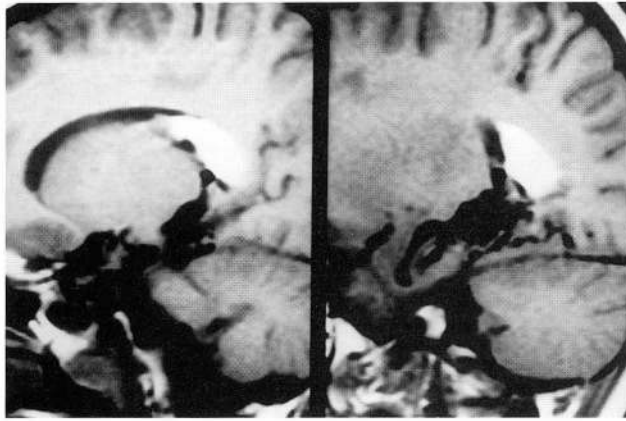
Note: \*=Number of AVM with performed CA except cryptic AVM among them.

에서 6예(43%), 3-D TOF기법을 사용한 MRA에서 7예(50%), 3-D PC기법을 이용한 MRA에서는 11예(78%)를 관찰할 수 있었고, CA를 시행한 10예의 경우 MRI 및 MRA에서 관찰되는 유출정맥의 수와 해부학적 위치를 CA에서 관찰되는 것과 비교하였을 때 MRI에서는 1예(10%), 3-D TOF MRA에서 1예(10%), 3-D PC MRA에서 8예(80%)가 CA의 결과와 일치하여 유출정맥의 파악에는 3-D PC가 우수하였다(Table 2, 3)(Fig. 5).

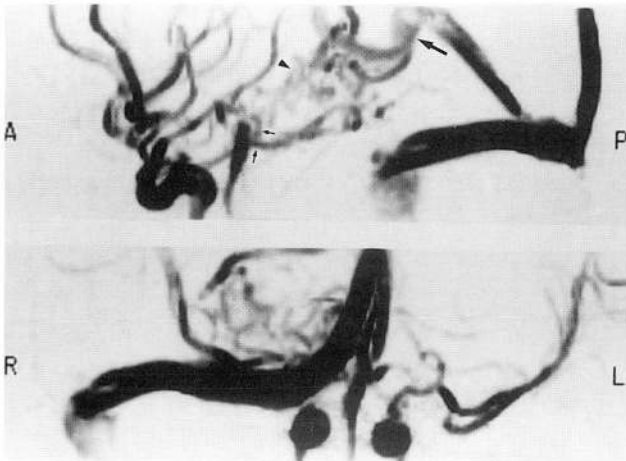
또한 MRA에 앞서 시행한 MRI에서 뇌실질 변화와 주위 조직과의 관계 그리고 동반된 혈종 등의 합병증을 파악할 수 있었다.

## 고 찰

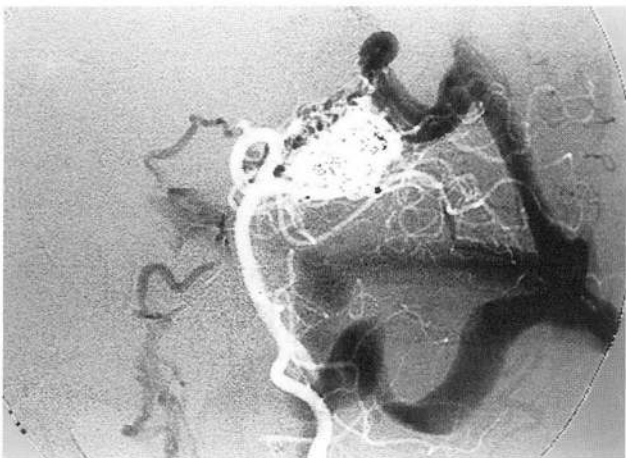
두개내 AVM의 진단에 있어 CT나 MRI는 비교적 많이 이용되는 유용한 검사방법이다(1, 3). 특히 MRI는 여러 방향으로 스캔할 수 있으며 조직간의 높은 대조도와 혈류에 대한 높은 민감도 등으로 CT보다 더 우수한 것으로 인정받고 있으며 AVM 치료 계획에 중요한 요소들인 핵의 위치, 크기, 급양동맥과 유출정맥의 수와 구조, 그리고 주위 조직간의 관계 파악 등이 더 용이한 것으로 알려져 있다(3). 그러나 지금까지는 이러한 요소들을 파악하는데 CA를 대체하지 못하고 있을 뿐만 아니라 급양동맥과 유출정맥의 파악도 CA에 비하면 훨씬 뒤떨어진다고 하겠다(6, 7). 더군다나 치료방법중 하나인 동맥색전술을 시행하려는 경우 혈관조영술을 꼭 시행해야 하는데 CA는 침습적인 방법일 뿐만 아니라 조영제 사용에 따르는 부작용 등의 합병증이 있을 수 있어 비침습적이고 보다 안전한 혈관조영술이 필요하게 되었다. 이에 MRI에 이은 MRA의 임상적 이용이 대두되게 되었다. 현재 보편적으로 이용되는 MRA 기법으로는 스캔단면 수직방향에서의 혈류로 인한 증강(flow related enhancement) 때문에 혈관이 밝은 음영으



a



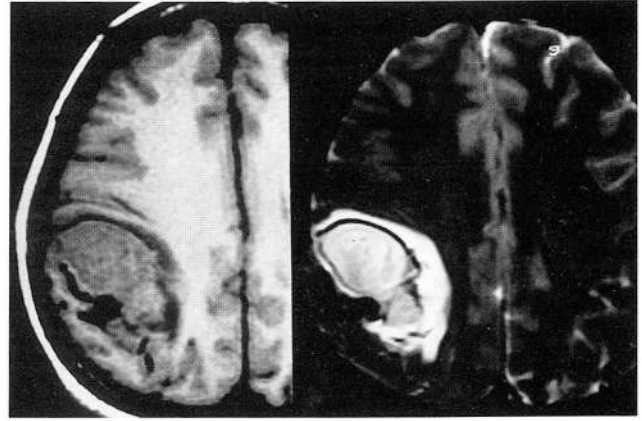
b



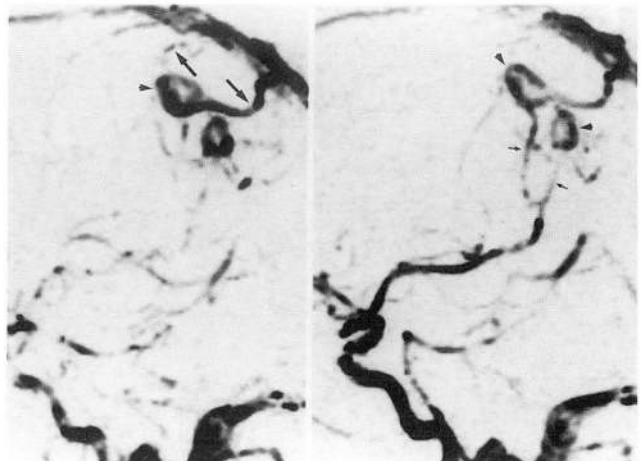
c

**Fig. 3.** Right thalamic AVM with intraventricular hemorrhage (IVH)

a. Spin echo sagittal T1-weighted images show nidus as a tangled signal void areas in thalamic region. High signal intensity lesion in the occipital horn of left ventricle depicts IVH.  
 b. 3-D PC MR angiogram(sagittal:upper, coronal:lower)well depict feeding artery(small arrow), nidus(arrow head), and draining vein(large arrow) in a manner analogous to CA(c).  
 c. Right vertebral angiogram in the lateral projection demonstrates thalamic AVM supplied by right PCA and draining into internal cerebral vein.



a



b

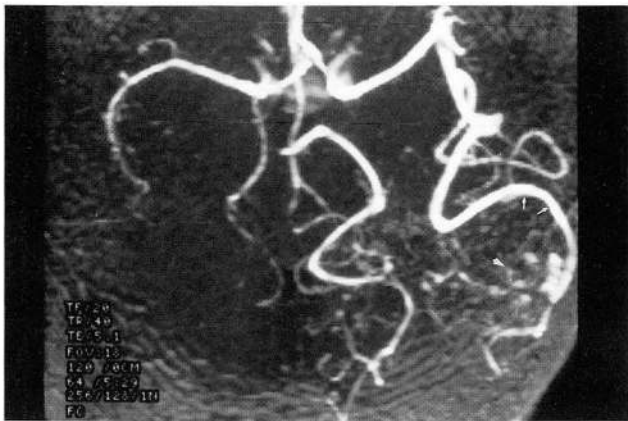


c

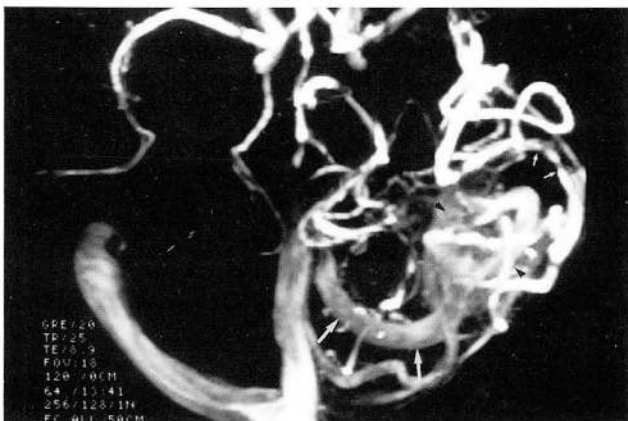
**Fig. 4.** Right parietal AVM .

a. Spin echo axial T1-weight image(left) and T2-weight image(right) show tubular and round signal void lesions in right parietal lobe. The lesion of iso-signal intensity on T1-weight image and high signal on T2-weight depicts hemorrhagic foci.  
 b. 2-D PC sagittal(lateral) MRA with VENC 20cm/sec(left) and 50cm/sec(right) delineated enlarged feeding artery(small arrow) from MCA, nidus(arrow head), and draining vein(large arrow) in a manner analogous to CA(c). 2-D PC MRA with VENC 20cm/sec shows good visualization of nidus and draining veins, and VENC 50cm/sec well depict feeding artery.  
 c. Right carotid angiogram(A-P:right, lateral:left), depict right parietal AVM supplied by right MCA and drained into right cortical vein.

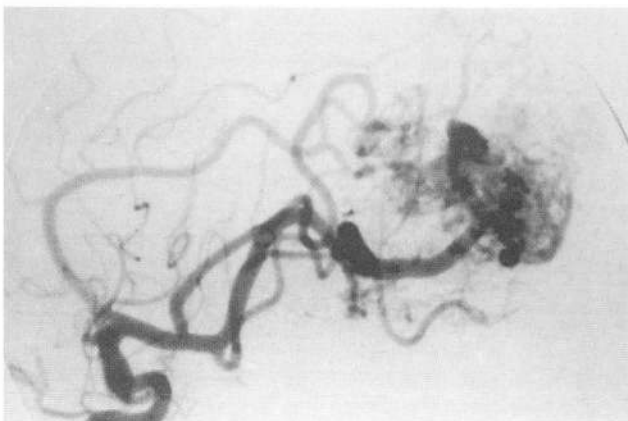
로 나타나는 원리를 이용한 TOF방법과, 스캔단면 수평방향에서의 스핀 움직임 때문에 일어나는 위상이동(phase



a



b



c

**Fig. 5.** Left parietal AVM

a. Axial collapsed 3-D TOF MR angiogram delineates feeding artery (small arrow) from left MCA and nidus (arrow head) in the left parietal lobe, but can not visualize draining vein.

b. Axial collapsed 3-D PC MR angiogram well depicts nidus (arrow head), enlarged feeding artery (small arrow) from left MCA, and dilated draining vein (large arrow).

c. Left carotid angiogram (lateral view) shows parietal AVM supplied by angular branch of the left MCA.

shift)에 의해 혈관이 검은 음영으로 나타나는 원리를 이용하여 양극검사 에코로 rephase와 dephase 상태에서 각각 스캔한 후 두 영상을 감산(subtraction)하여 혈관만 조영시키는 PC방법이 있다(14-18).

AVM환자에서 병변의 핵을 파악하고자 할때 MR의 유용성은 많이 인정받고 있으며 저자들의 결과에서도 스핀 에코 14예중 13예(85%)에서 핵이 잘 인지되었고 MRA에서는 전예(100%)에서 관찰되었다. 핵의 크기를 잘 파악하는 것은 외과적 수술을 시행할때 정상적인 뇌실질의 광범위한 노출을 피하기 위해서라도 아주 중요한데 저자들의 경우 CA를 함께 시행한 10예들을 MRA와 비교하여 보면 3mm 이하의 차이밖에 없어 CA와 MRA가 거의 비슷한 결과를 나타냄을 알 수 있었고, 뇌실질 혈중에 가려서 핵이 보이지 않았던 2예를 제외하고는 MRI에서도 정확한 핵의 크기를 측정할 수 있었다. 뇌실질 혈중에 가려서 MRI로는 핵을 찾기 힘들었던 2예에서는 3-D TOF기법을 이용한 MRA 역시 혈중에 의한 인공영상이 그대로 나타나 핵의 크기를 측정하기 어려웠으나 3-D PC기법을 이용한 MRA에서는 핵을 잘 파악할 수 있을 뿐만 아니라 정확한 핵의 크기를 측정할 수 있었다. 이는 뇌실질 혈종 내부에 아주 짧은 T1 값을 갖는 methemoglobin이 있기 때문에 TOF에서는 혈중에 의한 인공영상을 만들지만 3-D PC기법에서는 이러한 인공영상이 나타나지 않기 때문이다(11-18). 왜냐하면 만약 조직이 아주 짧은 T1 값을 갖고 있어 똑같은 투시면에서 혈관보다 크거나 같은 신호강도(signal intensity)를 보일 경우 비록 정제된 조직이라 할지라도 고신호강도를 나타내게 되어 TOF MRA에서는 인공영상을 형성하게 되는데 이러한 것들은 아급성기 혈종과 지방 그리고 조영증강 효과 등이 있다. 하지만 3-D PC에서는 단지 움직이는 스핀에 의해서만 영상이 결정되어지는 양극검사 에코를 사용하는 기법이기에 때문에 이러한 인공영상이 나타나지 않는다(14). 따라서 핵의 크기를 측정하는데 있어서는 MRI나 MRA 모두 큰 차이가 없었으나 뇌실질 혈중에 가려 MRI에서 AVM의 핵을 파악할 수 없을 경우나 뇌실질 출혈의 원인을 좀더 규명하려면 3-D PC기법에 의한 MRA를 시행하면 진단에 아주 유용하리라 생각된다. 그러나 3-D PC기법은 3-D TOF보다 시간이 약 2배정도 더 걸린다는 단점이 있었다.

급양동맥의 경우 정상적인 스핀에코 영상에서는 구불구불한 동맥의 단면만 나타나기 때문에 파악하기 어려운 점이 있어, 급양동맥의 파악에는 스핀에코보다 MRA가 더 우수한 것으로 알려져 있다(12). 저자들의 경우에서도 MRA에서는 혈관의 해부학적 구조를 3차원으로 표출할 수 있기 때문에 급양동맥의 기시부로부터 병변부위까지를 잘 확인할 수 있다. 또한 머리나 다리를 축으로 10°씩 회전시켜가며 혈관들이 겹치는 것을 방지할 수 있었으며 조그마한 병소도 잘 파악할 수 있도록 여러 방향에서 MRA를 실시할 수 있고 partition thickness도 3mm 정도 얇게 할 수 있는 기계적인 장점으로 인하여 급양동맥의 확인이 더

용이하였다. 그렇지만 저자들의 경우 AVM의 크기가 15mm 미만인 4예(28%)에서는 급양동맥을 전혀 찾을 수 없었고 CA를 함께 시행한 10예중 MRA에서 아주 작은 급양동맥을 찾을 수 있었던 1예와 급양동맥을 찾지 못하고 유출정맥만 확인이 가능하였던 1예 등 2예에서는 CA의 경우 전혀 인지가 불가능하였다. CA에서 인지가 어려웠던 앞 2예의 경우 잠재성 뇌혈관기형으로 생각되는데, MRA 상 어느 정도 인지가 가능했던 기전에 대해서는 정확한 설명이 없으며 이에 대해 아직도 많은 연구가 이루어져야 할 것으로 생각된다(20-22).

유출정맥의 파악과 그들의 CA와 일치성 유무를 비교하면 전반적으로 3-D PC가 3-D TOF보다 우수하였다. 그러나, PC영상에서는 엘리야싱 인공영상(aliasing artifact)이 나타날 수 있는데, 이는 나타내고자 하는 혈관의 최고 속도 이하로 VENC를 지정하였을 때 빠른 혈류들의 위상이동이 커지면서 혈관들이 마치 쥐가 뜯어 먹은 양상으로 나타나는 것이다. 저자들은 이러한 인공영상을 없애고 원하는 혈관들을 가장 잘 보기 위해서 먼저 3-D TOF 기법을 시행하여 비교적 큰 급양동맥과 핵을 파악하고, 비교적 시간이 적게 소요되는 2-D PC기법을 이용해 인공영상이 가장 적으면서 보고자 하는 혈관들이 가장 잘 나타나는 VENC를 선택한 후 결정된 VENC로 3-D PC기법을 사용하여 조영된 혈관상을 얻음으로써, 배후잡상(background noise)이 제거되어 인공영상이 적은 유출정맥을 잘 관찰할 수 있었다. 저자들이 가돌리니움으로 조영증강을 하여 MRA를 시행한 2예에서 TOF와 PC 모두에서 혈관구조물이 잘 보였으며 특히 유출정맥의 인지에서는 상당히 효과적이었다. 또한 저자들이 최근 이용하는 기법중 하나가 지방억제 기법을 같이 사용하여 시행하는 2-D 및 3-D TOF MRA인데 거의 PC와 마찬가지로 혈관상을 얻을 수 있어 진단에 많은 도움을 주고 있다.

이상 저자들의 연구결과를 요약해 보면, 핵의 위치 및 크기 파악에는 MRI와 MRA에서 큰 차이가 없었고 또한 MRA는 CA와 큰 차이가 없는 것으로 나타났으나, 스핀에코 영상에서 뇌혈중에 가려져 AVM의 핵을 인지하기 어려운 경우 3-D PC기법을 이용한 MRA로 확인이 가능하였다. 그리고 급양동맥은 3-D TOF와 3-D PC 모두에서 잘 보였고, 유출정맥은 3-D PC기법에서 가장 잘 나타났다. 또한 AVM에 의한 뇌실질변화와 인접한 조직에 대한 압박효과, 그리고 뇌실질 및 뇌실내 혈종 등은 스핀에코 영상에서 잘 인지할 수 있었다. 따라서 MRA는 스핀에코에 의해 뇌실질 영상을 얻은후 15분 내지 30분 정도만 더 스캔하면 비침습적이며 비교적 안전하게 CA와 별차이 없는 혈관조영상을 표출할 수 있어, 나이가 적은 환자에서 뇌실질혈종이 있으면서 AVM이 강력히 의심되는 경우에는 MRA의 유용성이 더욱 커질 것으로 여겨진다.

저자들의 경우 대상수가 적어 앞으로 많은 연구가 뒤따라야 하겠지만 AVM이 의심될때 MRI와 MRA를 병행한

다면 핵의 크기나 위치, 급양동맥과 유출정맥들을 잘 확인할 수 있으며 스핀에코영상 자체만으로는 나타내지 못하는 혈관의 3차원적 구조양상을 알 수 있고 급양동맥과 유출정맥 등을 간단하고 비교적 안전하며 비침습적으로 파악할 수 있는 장점이 있다. 따라서 색전술(embolization)이나 방사선치료(radiotherapy) 등 CA가 반드시 필요한 경우를 제외하고는, 핵의 정확한 위치나 급양동맥 및 유출정맥의 검사만으로 충분한 수술의 경우와 치료가 고려되지 않은 경우라면 MRI 및 MRA가 CA에 의한 뇌혈관질환을 대치할 수 있으리라 사료된다.

## 참 고 문 헌

1. Pressman BD, Kirkwood JR, Davis DO. CT of vascular lesions of the brain. Part I: Arteriovenous malformations. AJR 1975;124:208-124
2. Walter K, Luis LP, Antoine U. Intracranial vascular malformations: MR and CT imaging. Radiology 1985;156:383-389
3. Smith HJ, Strother CM, Kikuchi Y, et al. MR imaging in the management of supratentorial AVMs. AJNR 1988;150:1143-1153
4. Lasjaunias P, Manelfe C, Chiu M. Angiographic architecture of intracranial vascular malformations and fistulas: pretherapeutic aspects. Neurosurg Rev 1986;9:253-264
5. Noorbehesht B, Fabrikant JI, Enzman DR. Size determination of supratentorial arteriovenous malformation by MR, CT and angio. Neuroradiology 1987;29:512-518
6. Edelman RR, Wentz KU, Mattle HP, et al. Intracerebral arteriovenous malformation: evaluation with selective MR angiography and venography. Radiology 1989;173:831-837
7. Mattle PJ, Wentz KU, Edelman RR, et al. Cerebral venography with MR. Radiology 1991;178:453-458
8. Dumoulin CL, Hart HR. MR angiography. Radiology 1986;161:717-720
9. Keller PJ, Drayer BP, Fram EK, et al. MR angiography with two-dimensional acquisition and three-dimensional display. Radiology 1989;173:527-531
10. Edelman RR, Mattle HP, Dannis JA, Henri MH. MR angiography. AJR 1990;154:937-946
11. Anderson CM, Saloner D, Tsuruda JS, Shapeero L, Lee RE. Artifacts in maximum-intensity-projection display of MR angiograms. AJR 1990;154:623-629
12. Edelman RR, Wentz KU, Mattle H, et al. Projection arteriography and venography: Initial clinical results with MR. Radiology 1989;172:351-357
13. Dumoulin CL, Souza SP, Walker MF, Wagle W. Three-dimensional phase contrast angiography. Magn Reson Med 1989;9:139-149
14. Huston J, Rufenacht DA, Ehman RL, Wiebers DO. Intracranial aneurysms and vascular malformations: comparison of time-of-flight and phase-contrast MR angiography. Radiology 1991;181:721-730
15. Marchal G, Bosmans H, Van Fraeyenhoven L, et al. Intracranial vascular lesions: optimization and clinical evaluation

- of three-dimensional time-of-flight MR angiography. Radiology 1990;175:443-448
16. Pernicone JR, Siebert JE, Potchen EJ, et al. Three-dimensional phase-contrast MR angiography in the head and neck; preliminary report. AJNR 1990;11:457-466
  17. Michael PM, Norbert JP, Michael RR, Dieter RE. Determination of cerebral blood flow with phase-contrast Cine MR imaging technique: evaluation of normal subjects and patients with arteriovenous malformations. Radiology 1992; 182:467-476
  18. Jonathan SL, Gerhard L. Intracranial MR angiography: A direct comparison of three time-of-flight techniques. AJR 1992; 158:381-387
  19. Phylliss MC, Gary KS, Michael PM. Clinically documented hemorrhage in cerebral arteriovenous malformations: MR characteristics. Radiology 1992;183:719-724
  20. Lemme-Plaghos L, Kucharczyk W, Brant-Zawadzki M, et al. MRI of angiographically occult vascular malformations. AJNR 1986;146:1223-1228
  21. Robert S, Olivier K, Jean PH, Philippe H, Dominique D, Daniele P. Occult cerebrovascular malformations: follow-up with MR imaging. Radiology 1990; 176:815-819
  22. New PFJ, Ojemann RG, Davis KR, et al. MR and CT of occult vascular malformations of the brain. AJR 1986;147: 985-993

## Usefulness of Magnetic Resonance Angiography in Intracranial Arteriovenous Malformation

Youn Hyeun Kim, M.D., Heung Keun Kang, M.D., Jeong Jin Seo, M.D.,  
Jae Kyu Kim, M.D., Woong Jae Moon, M.D., Hyon De Chung, M.D.

*Department of Radiology, Chonnam University Medical School*

**Purpose:** To evaluate clinical usefulness of magnetic resonance angiography(MRA) as a diagnostic modality and for treatment planning of intracranial arteriovenous malformations(AVM).

**Materials and Methods:** In 14 patients with intracranial AVM which were confirmed by operations, radiologic studies and clinical evaluations, magnetic resonance imaging(MRI), MRA and conventional angiography(CA) were retrospectively reviewed with specific regards to nidus depiction, detectability of feeding arteries and draining veins, and number and anatomic consistency of these vessels. MRA was obtained by 3-D TOF, 2-D PC, and 3-D methods with adequate VENC selection.

**Results:** Nidus of AVM was well demonstrated in MRI and MRA, and no remarkable difference in detection and size estimation of nidus among MRI, MRA and CA except 2 cases of associated intracranial hemorrhage, in which 3-D PC MRA well depicted nidus that were not visualized on MRI because of subacute hemorrhage. Feeding arteries were well demonstrated on 3-D TOF and 3-D PC MRA. Dilated draining veins were well depicted on 3-D PC MRA by scanning with adequate VENC selection, and the results were no remarkable difference compared with the ones on CA.

**Conclusion:** MRA of a consecutive scan after MRI is an excellent modality for evaluation and treatment planning of intracranial AVM, and possible substitutive method for CA except for radiotherapy or transarterial embolization.

**Index Words:** Arteriovenous malformations, Cerebral  
Brain, MR studies  
Brain, Angiography  
MR, Technology