

Slice Interpolation 기법의 고해상도 자기공명혈관조영술을 이용한 뇌동맥류의 진단 : 디지털 감산 혈관조영술과 자기공명혈관조영술의 비교

정태섭¹, 주진양², 오세정¹, 안창수¹, 하두희¹, Daisy Chien³, Gerhard Laub³

목 적 : 자기공명혈관조영술(magnetic resonance angiography : MRA)을 이용하여 뇌동맥류를 비침습적 방법으로 진단하고자 하는 시도가 있었지만 크기가 3mm 이하인 경우 진단에 애로가 많았다. 뇌동맥류의 진단에 있어 최근 개발된 고해상도, 고속의 slice interpolation 자기공명혈관조영술과 디지털 감산 혈관조영술(digital subtraction angiography : DSA)의 결과를 진향적으로 비교하여 보편적인 선별 검사법으로 가능성을 확인하고자 하였다.

대상 및 방법 : 총 19명의 환자에서 26개의 뇌동맥류를 대상으로 하였다. 모두 자기공명혈관조영술을 먼저 촬영하여 기원혈관, 동맥류경부의 확인, 인근 작은 혈관과의 연관관계등을 확인한 후 디지털 감산 혈관조영술을 시행하여 비교하였다. 영상은 1.5T 초전도형기계(Vision, Siemens, Erlangen, Germany)를 이용하여 slice interpolation을 이용한 자기공명혈관조영술로 촬영하였다. 촬영은 TR / TE / FA = 30 / 6.4 / 25, matrix 512×160, 관찰면 200×150, 촬영시간 7분 42초, 유효 두께 0.7mm, 총 두께가 102.2mm로 하여 대공(foramen magnum)에서 전뇌동맥(anterior cerebral artery)의 A3 부위까지 충분히 포함되도록 하였다. 영상분석은 최대강도투사(maximum intensity projection : MIP)를 사용하였으며 두께강내 동맥류가 있는 경우 다면재구성(multiplanar reconstruction : MPR) 기법을 사용하였다.

결 과 : 19명의 환자중 2명이 3개, 3명이 2개, 나머지 14명이 각각 1개씩의 두개강내 동맥류를 가져 모두 26개 였으며 과열된 동맥류가 14개였고 과열되지 않은 동맥류가 12개이었다. 크기가 2mm 이하가 8개, 3-5mm가 9개, 6-9mm가 7개이며 10mm 이상이 2개가 있었다. 처음 검사에서 자기공명혈관조영술과 디지털 감산 혈관조영술에서 23개의 동맥류중 내경동맥에 1mm 크기의 동맥류 1개를 제외한 25개를 각각 발견할 수 있어 96%의 예민도를 보였으나 진음성과 위음성은 없어 특이도를 측정할 수 없었다. 크기와 모양을 확인하는데 자기공명혈관조영술과 다면재구성을 동시에 사용한 경우 디지털 감산 혈관조영술과 같은 성적을 보인 반면 동맥류 경부와 기원혈관을 확인하는데도 자기공명혈관조영술의 다면재구성을 동시에 사용한 경우가 자기공명혈관조영술 또는 디지털 감산 혈관조영술만 사용한 경우 보다 월등히 좋았다.

결 론 : Slice interpolation 기법을 이용한 고해상도 자기공명혈관조영술은 두개강내 동맥류를 검사하는데 디지털 감산 혈관조영술과 동일한 성적을 보여 앞으로 비침습적 일차 선별 검사법으로 가능할 것으로 생각된다.

대한자기공명외과학회지 1: 94-102(1997)

¹연세대학교 의과대학 진단방사선과학교실

²연세대학교 의과대학 신경외과학교실

³Siemens AG, Germany

통신저자 : 정태섭 서울시 강남구 도곡동 146-92 연세대학교 의과대학 영동세브란스병원 진단방사선과학교실
Tel. 82-2-3497-3514 Fax. 82-2-3462-5472

Slice Interpolation 기법의 고해상도 자기공명혈관조영술을 이용한 뇌동맥류의 진단 : 디지털 감산 혈관조영술과 자기공명혈관조영술의 비교

정태섭¹, 주진양², 오세정¹, 안창수¹, 하두희¹, Daisy Chien³, Gerhard Laub³

목 적 : 자기공명혈관조영술(magnetic resonance angiography : MRA)을 이용하여 뇌동맥류를 비침습적 방법으로 진단하고자 하는 시도가 있었지만 크기가 3mm 이하인 경우 진단에 애로가 많았다. 뇌동맥류의 진단에 있어 최근 개발된 고해상도, 고속의 slice interpolation 자기공명혈관조영술과 디지털 감산 혈관조영술(digital subtraction angiography : DSA)의 결과를 진향적으로 비교하여 보편적인 선별 검사법으로 가능성을 확인하고자 하였다.

대상 및 방법 : 총 19명의 환자에서 26개의 뇌동맥류를 대상으로 하였다. 모두 자기공명혈관조영술을 먼저 촬영하여 기원혈관, 동맥류경부의 확인, 인근 작은 혈관과의 연관관계등을 확인한 후 디지털 감산 혈관조영술을 시행하여 비교하였다. 영상은 1.5T 초전도형기계(Vision, Siemens, Erlangen, Germany)를 이용하여 slice interpolation을 이용한 자기공명혈관조영술로 촬영하였다. 촬영은 TR / TE / FA = 30 / 6.4 / 25, matrix 512×160, 관찰면 200×150, 촬영시간 7분 42초, 유효 두께 0.7mm, 총 두께가 102.2mm로 하여 대공(foramen magnum)에서 전뇌동맥(anterior cerebral artery)의 A3 부위까지 충분히 포함되도록 하였다. 영상분석은 최대강도투사(maximum intensity projection : MIP)를 사용하였으며 두께강내 동맥류가 있는 경우 다면재구성(multiplanar reconstruction : MPR) 기법을 사용하였다.

결 과 : 19명의 환자중 2명이 3개, 3명이 2개, 나머지 14명이 각각 1개씩의 두개강내 동맥류를 가져 모두 26개 였으며 파열된 동맥류가 14개였고 파열되지 않은 동맥류가 12개이었다. 크기가 2mm 이하가 8개, 3-5mm가 9개, 6-9mm가 7개이며 10mm 이상이 2개가 있었다. 처음 검사에서 자기공명혈관조영술과 디지털 감산 혈관조영술에서 23개의 동맥류중 내경동맥에 1mm 크기의 동맥류 1개를 제외한 25개를 각각 발견할 수 있어 96%의 예민도를 보였으나 진음성과 위음성은 없어 특이도를 측정할 수 없었다. 크기와 모양을 확인하는데 자기공명혈관조영술과 다면재구성을 동시에 사용한 경우 디지털 감산 혈관조영술과 같은 성적을 보인 반면 동맥류 경부와 기원혈관을 확인하는데도 자기공명혈관조영술의 다면재구성을 동시에 사용한 경우가 자기공명혈관조영술 또는 디지털 감산 혈관조영술만 사용한 경우 보다 월등히 좋았다.

결 론 : Slice interpolation 기법을 이용한 고해상도 자기공명혈관조영술은 두개강내 동맥류를 검사하는데 디지털 감산 혈관조영술과 동일한 성적을 보여 앞으로 비침습적 일차 선별 검사법으로 가능할 것으로 생각된다.

대한자기공명영상학회지 1: 94-102(1997)

¹연세대학교 의과대학 진단방사선과학교실

²연세대학교 의과대학 신경외과학교실

³Siemens AG, Germany

통신저자 : 정태섭 서울시 강남구 도곡동 146-92 연세대학교 의과대학 영동세브란스병원 진단방사선과학교실
Tel. 82-2-3497-3514 Fax. 82-2-3462-5472

서 론

대부분의 지주막하출혈은 특별한 증상이 없이 갑작스런 두개강내 동맥류의 파열로 생기게 된다. 이러한 뇌동맥류는 인구의 2-5%에서 있으며(1) 이들 중 1-2%에서 연간 파열의 위험성이 있으며 일단 파열된 경우 매회의 파열 때마다 50%이상의 사망율이 증가하게 된다(2).

뇌동맥류의 진단을 위해서 주로 뇌혈관조영술이 많이 이용되고 있으나, 이 자체도 영구 신경학적 합병증이 2.6-5.4%에서 생길 가능성이 있으므로 실제로 조기발견을 목적으로 검사하기에는 위험하다(3, 4). 따라서 자기공명혈관조영술이 비침습적

혈관 검사법으로 좋은 검사 방법이 될 수 있다. 파열된 뇌동맥류의 확인을 위해서 몇번 자기공명혈관조영술의 유용성에 대한 연구가 시도된 적이 있으나(5, 6), 아직 실제로 3mm 크기 이하의 뇌동맥류를 신뢰성있게 표현하기 어렵다(7-9). 자기공명혈관조영술이 뇌혈관조영술을 충분히 대체하기 위해서는 동맥류 자체만 확인하는 것이 아니라, 기원혈관, 동맥류경부의 확인, 인근 작은 혈관과의 연관관계등을 잘 묘사할 수 있어야 한다(10).

뇌동맥류의 확인을 위해서 고해상도 자기공명혈관조영술이 반드시 필요하지만 현재까지는 영상획득시간이 너무 길기 때문에 실제로 사용하기에 어려움이 많았다(10). 대부분의 파열된 뇌동맥류에 의한 지주막하 출혈환자는 불안정하므로, 자기공명

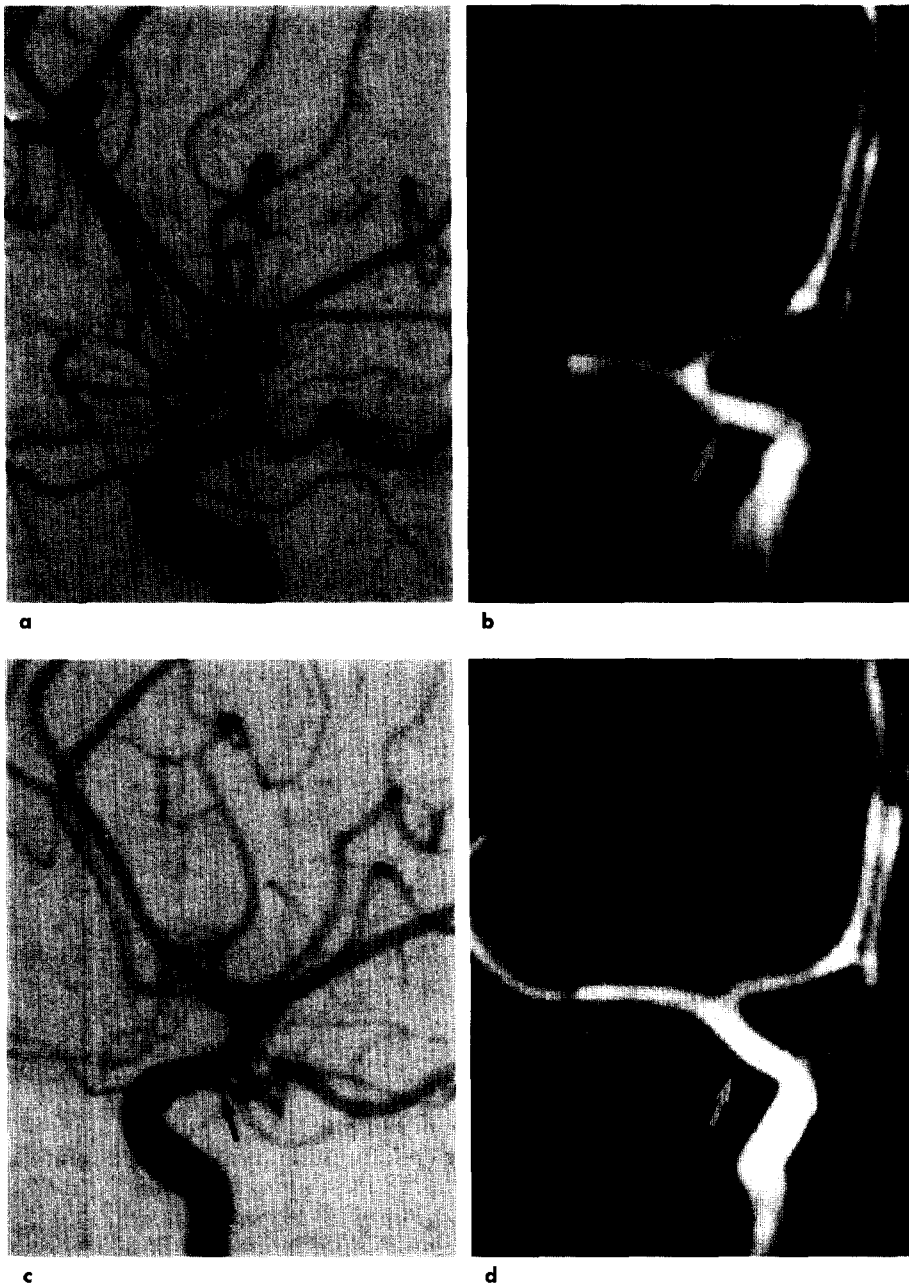


Fig. 1. A case of 28-year-old man with subarachnoid hemorrhage attack(case 14).

a, b. DSA and MRA immediately following subarachnoid hemorrhage attack revealed 1mm aneurysm (arrow) at the paraclinoid portion of internal cerebral artery, which was missed on that examination, and was found on the review at 2 weeks follow up examination with DSA and MRA.

c, d. Two weeks follow up examination of DSA and MRA revealed 3 mm size of aneurysm (arrow) at the same area. The size of aneurysm grew rapidly during those 2 weeks. The aneurysm was confirmed and clipped on operation.

혈관조영술을 통상적으로 이용하기 위해서는 고해상도와 빠른 영상시간이 필수적이며 여기에 따른 영상질의 손실이 없어야 한다. Slice interpolation 기법의 이러한 새로운 고해상도와 빠른 영상획득 자기공명혈관조영술 기법을 지주막하출혈 환자에 먼저 시행하고 그후 디지털 감산 혈관조영술을 시행하여 비교하는 전향적 연구를 하여 선별 검사로서의 정확도와 실용도를 확인하고자 하였다.

대상 및 방법

19명의 환자에서 총 26개의 두개강내 동맥류를 대상으로 먼저 자기공명혈관조영술을 시행하여 확인한 뒤에 디지털 감산 혈관조영술을 시행하여 비교하는 전향적 연구를 하였다. 이들 중 14명은 파열된 뇌동맥류로 인한 지주막하 출혈로, 5명은 선별 검사 중 발견된 파열되지 않은 동맥류로 내원하였다. 파열된 뇌동맥류환자중 호흡곤란 증상이 있거나 불안정한 경우는 자기공명혈관조영술의 대상에서 제외하였다. 28세 에서 65세의 환자를 대상으로 하였으며 남자는 9명, 여자는 10명이었으며 평균연령은 53세였다.

횡단 T1강조영상(TR/TE/acquisitions = 600/14/2), 횡단, 관상 터보스핀에코 T2강조영상(4500/120/2) 조영증강 횡단, 관상 T1강조영상(600/14/2)을 얻었으며 각각의 영상은 5 mm 두께로 시행하였다.

모든 자기공명혈관조영술은 경사자장의 능력을 가진 1.5T 초전도형 기기(Siemens, Vision, Erlangen, Germany)를 이용하였다. 모든 검사는 TR/TE/영상획득회수 = 30/6.4/1, matrix 512×160, 20×15cm 관측면의 조건으로 3-D TOF 자기공명혈관조영술을 시행하였으며 0.7mm의 138횡단면으로 대공에서부터 A3부위까지의 전체 두개강내 주요 혈관이 포함되도록 총 102.2mm의 두께가 포함되도록하였다. 자기공명혈관조영술은 slice interpolation 기법의 3-D TOF로 7분 42초가 소요되었다.

경동맥 분지부위와 후뇌 혈류부위를 분리하기 위하여 필요부위만을 표시하여 얻어 최대강도투사와 다면재구성기법을 시행하였다. 일단 두개강내 동맥류가 자기공명혈관조영술에서 확인되면 즉시 최대강도투사 영상을 2-3배 확대하여 확인하였다. 동맥류의 크기, 모양, 경부와 기원혈관과의 연관관계를 자기공명혈관조영술만 한 경우, 자기공명혈관조영술과 다면재구성을 같이 한 경우, 디지털 감산 혈관조영술의 결과와 비교하였다. 동맥류의 크기와 모양의 경우 디지털 감산 혈관조영술에서의 크기와 같이 비교하였으며, 경부와 기원혈관과의 연관관계의 경우 각각의 조건 별로 신호강도 및 표현 정도를 비교하였다.

뇌동맥조영술은 자기공명혈관조영술을 시행한 후 최소한 2 시간 이내에 시행하여 동맥류내에 혈전이 생기거나 동맥수축으로 인한 영상의 차이점을 최소화 하고자 하였다. 모든 환자에서 디지털 감산혈관조영술을 양측 내경동맥과 좌측 척추동맥에서



Fig. 2. A case of a 39-year-old woman patient with subarachnoid hemorrhage episode(case 13).
a. DSA revealed 1mm size of aneurysm sac(arrow) at superior border of right side bifurcation area of middle cerebral artery.
b. Magnified MIP image of MRA showed superior direction of small aneurysm sac (arrow) at the same site.
c. Magnified MPR image showed small projection of vessel lumen at the same site of right bifurcation of middle cerebral artery.

Table 1. Findings of MRA and DSA in Aneurysm Patients

Patients No./ Age(y)/Sex	Location of Aneurysm	Size(mm)		Shape		Neck(mm)		Parent Vessel		RA/UA
		MAR/MRA + MPR/DSA	MAR/MRA + MPR/DSA	MRA/MRA + MPR/DSA	MRA/MRA + MPR/DSA	MR A/MRA + MPR/DSA	MR A/MRA + MPR/DSA	MR A/MRA + MPR/DSA	MR A/MRA + MPR/DSA	
1	63/M	A-com artery	5/5/5	S/DS/DS	3/4/NI	+/+/PI	RA			
2'	58/F	A-com artery	8(PS)/8/8	S/S/S	6/6/NI	+/+/PI	RA			
2''	58/F	ICA	6/6/6	S/S/S	NI/2/NI	+/+/+	UA			
3	64/F	A-com artery	2/2/2	S/S/S	NI/2/2	+/+/+	RA			
4'	60/F	A-com artery	6/6/6	DS/DS/DS	NI/4/NI	PI/+/PI	RA			
4''	60/F	ACA	1/1/1	S/S/S	1/1/1	+/+/+	UA			
5	65/M	A-com artery	3/3/3	S/S/S	2/2/2	+/+/+	RA			
6'	69/F	A-com artery	7/7/7	DS/DS/DS	3/3/3	+/+/+	RA			
6''	69/F	P-com artery	2/2/2	S/S/S	2/2/2	+/+/+	UA			
7	53/M	A-com artery	2/2/2	S/S/S	1/1/1	+/+/+	UA			
8	55/M	ACA	4/4/4	S/S/S	3/3/3	+/+/+	UA			
9	60/M	ACA	4/4/4	DS/DS/DS	2/2/2	+/+/+	RA			
10'	60/F	ACA	2/2/2	S/S/S	1/1/1	+/+/+	UA			
10''	60/F	MCA	4/4/4	S/DS/DS	3/3/3	+/+/+	UA			
10'''	60/F	P-com artery	7/7/7	DS/DS/DS	4/4/4	+/+/+	RA			
11	55/M	ACA	2/2/2	S/S/S	2/2/2	+/+/+	UA			
12	30/M	MCA	4/4/4	S/S/S	3/3/3	+/+/+	RA			
13	39/F	MCA	1/1/1	S/S/S	1/1/1	+/+/+	RA			
14	28/M	ICA	3/3/3	S/S/S	NI/3/NI	+/+/+	RA			
15'	58/F	ICA	4(PS)/4/4	S/S/S	NI/3/3	+/+/+	UA			
15''	58/F	ICA	12/12/12	DS/DS/DS	NI/8/NI	PI/+/PI	RA			
15'''	58/F	Basilar artery	7/7/7	S/S/S	5/5/5	+/+/+	UA			
16	49/M	ICA	2(PS)/2/2	S/S/S	NI/2/2	+/+/+	UA			
17	53/F	P-com artery	4/4/5	S/S/DS	2/2/2	+/+/+	RA			
18	39/F	Basilar artery	12/12/12	S/S/S	4/4/4	PI/+/PI	UA			
19	64/F	Vertebral artery	6/6/6	S/DS/DS	3/3/3	+/+/+	RA			

MRA : Magnetic resonance angiography
 DSA : Digital subtraction angiography
 ' : Multiple aneurysm
 A-com artery : Anterior communicating artery
 ICA : Internal carotid artery
 PS : Poor signal intensity
 NI : Not identified
 UA : Unruptured aneurysm
 MPR : Multiplanar reconstruction
 P-com artery : Posterior communicating artery
 MCA : Middle cerebral artery
 DS : Daughter sac
 RA : Ruptured aneurysm
 S : Smooth
 PI : Poorly identified

시행하였다. 필요에 따라 전후, 좌우 및 사면 촬영을 검사중 시행하였다. 검사전 환자에게 검사의 필요성과 조영제 등의 부작용에 대해 충분히 설명한 후 검사 동의서를 얻었다.

결 과

19명의 환자중 18명에서 자기공명혈관조영술과 디지털 감산 혈관조영술로 26개의 동맥류중 내대뇌동맥에 1mm 크기의 부상상 동맥류(paraclinoid aneurysm) 1개를 제외한 25개를 각각 발견할 수 있었다. 이 부상상 동맥류(paraclinoid aneurysm) 증례는 초기에 자기공명혈관조영술을 먼저 시도했으나 특별히 동맥류를 볼 수 없었다. 2주 추적 자기공명혈관조영술 검사에서 우 부상상 내대뇌동맥에서 3mm 크기의 동맥류를 볼 수 있었으며 디지털 감산 혈관조영술 검사에서 확인할 수 있었다. 그후 다시 초기의 자기공명혈관조영술과 디지털 감산 혈관조영술을 재검토하여 1mm 크기의 동맥류가 각각 있는 것을 확인할 수 있었다(증례 14, Fig. 1). 이 증례를 제외하고 나머지 전체를 처음 자기공명혈관조영술에서 찾을 수 있었으며 디지털 감산 혈관조영술로 확인할 수 있어 96%의 예민도를 보였으나 진음성과 위음성의 증례가 없어 특이도는 측정할 수 없었다. 26개의 두개강내 동맥류중 파열된 동맥류가 14개이며 파열되

지 않은 동맥류가 12개이었다. 크기는 2mm 이하가 8개, 3-5mm가 9개, 6-10mm가 7개이며 10mm 이상이 2개이었다. 최하 1mm 크기까지 있었으며 최고 12mm 크기까지 있었다. 2mm 크기 이하의 동맥류 8개중 2개가 파열된 동맥류였으며 6개가 파열되지 않은 동맥류였고, 3-5mm 크기에서는 9개중 6개가 파열된 동맥류이며, 6-9mm 크기에서는 7개중 5개가 파열된 동맥류이며, 10mm 이상의 2개중 1개가 파열된 동맥류이며, 1개는 파열되지 않은 동맥류였다(Table 1). 특히 2mm 이하의 파열된 동맥류 2개는 1mm 크기의 우중대뇌동맥 분지 동맥류(증례 13, Fig. 2)과 2mm 크기의 대뇌전교통동맥 동맥류(anterior communicating artery aneurysm)(증례 3)였다. 파열된 동맥류와 파열되지 않은 동맥류에 상관없이 1mm 크기 이상 동맥류의 발견율은 자기공명혈관조영술과 디지털 감산 혈관조영술에서 같았다.

두개강내 동맥류의 크기를 측정하는데 있어서 자기공명혈관조영술만 한 경우 8mm(증례 2), 4mm(증례 15)와 2mm(증례 16)의 동맥류에서는 내부의 와류(turbulent flow)에 의한 저신호(poor signal intensity)로 인해 윤곽이 잘 보이지 않았으며 4mm(증례 17)의 동맥류에서는 딸낭(daughter sac)내의 와류로 인해 디지털 감산 혈관조영술보다 작게 표현되었다. 그 외 22개(85%)에서는 동맥류의 크기를 측정하는데 있어 자기

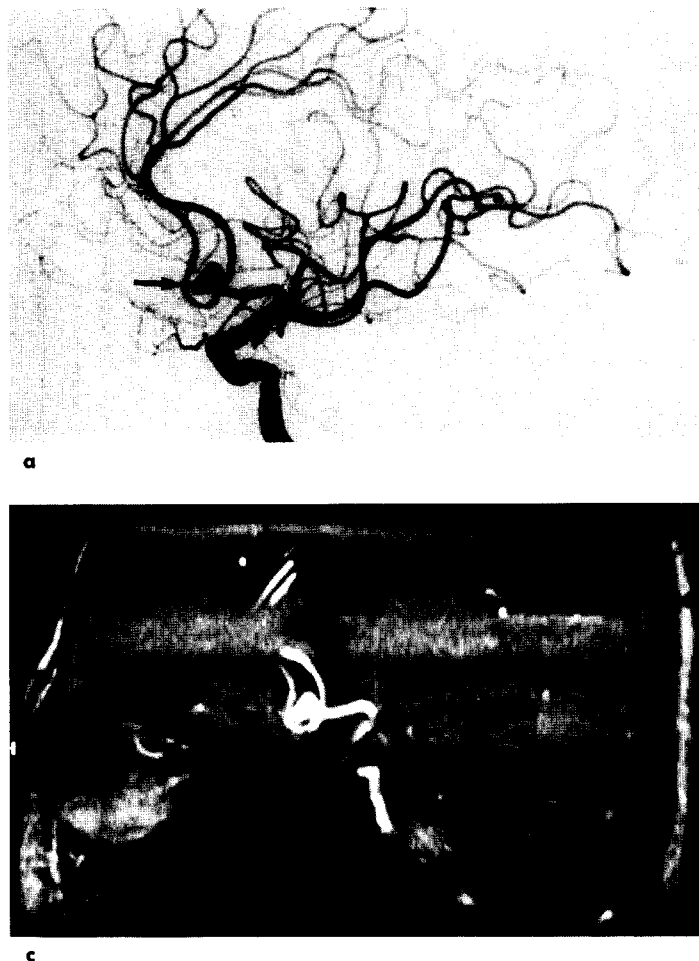


Fig. 3. A case of 69-year-old woman with subarachnoid hemorrhage attack (case 6')
a. DSA revealed 7mm size of aneurysm with daughter sac (arrow) at left anterior communicating artery.
b. Segmental MIP image of MRA showed multilobulated aneurysm sac (arrow) at left anterior communicating artery.
c. Three millimeter thickness of MPR image showed multilobulated aneurysm sac with aneurysm neck and parent artery more clearly than DSA image.

공명혈관조영술만으로 판독한 경우, 자기공명혈관조영술과 동시에 다면재구성을 한 경우와 디지털 감산 혈관조영술의 소견이 잘 일치되었다.

동맥류의 모양을 평가하는데 있어 22개(85%)는 서로 일치하는 소견을 보였다(증례 6, Fig. 3). 소견이 일치되지 않은 4개 중 3개는 자기공명혈관조영술에서 매끄러운 모양을 보였으나 다면재구성과 디지털 감산 혈관조영술에서는 딸랑이 관찰되었다. 나머지 1개는 자기공명혈관조영술과 다면재구성 영상에서 매끄럽게 보였으나 디지털 감산 혈관조영술에서는 딸랑이 관찰되었다. 디지털 감산 혈관조영술의 소견상 딸랑이 보인 9개의 동맥류중에 8개가 파열된 동맥류였으며 1개는 파열되지 않은 동맥류였다. 다면재구성영상으로 8개에서 딸랑이를 확인하였으나 1개에서는 딸랑이의 방향과 경부(neck)의 방향이 일치하지 않아 같은 영상에서 관찰할 수 없었다.

동맥류의 경부를 확인하는데 다면재구성을 한 경우 23개 모두에서 확인이 가능하였으나 자기공명혈관조영술만 한 경우 17개(73%), 디지털 감산 혈관조영술에서는 20개(77%)에서 확인이 가능하였다. 특히 내대뇌동맥에서 생긴 5개의 동맥류의

경부가 자기공명혈관조영술에서는 5개 전부 디지털 감산 혈관조영술에서는 3개에서 표현되지 않았으며 대뇌전교통동맥(Fig. 4)에 있는 동맥류 7개중 자기공명혈관조영술으로 2개 디지털 감산 혈관조영술으로 3개에서 경부가 정확히 표현되지 않았다. 그러나 이들 모두 다면재구성 영상에서 경부가 정확히 표현되었다.

동맥류의 기원혈관과 근접한 작은 혈관과의 연관관계를 확인하는데 다면재구성을 한 경우 26개 모두에서 확인이 가능하였으나 자기공명혈관조영술만 한 경우 23개(88%), 디지털 감산 혈관조영술에서는 21개(81%)에서 확인이 가능하였다. 특히 디지털 감산 혈관조영술의 경우 대뇌전교통동맥에서 생긴 7개의 동맥류중 크기가 큰 3개(증례 1, 2, 5)에서 동맥류와 기원혈관이 서로 겹쳐 보이며 정확한 구별이 어려웠다.

고 찰

대부분의 지주막하 출혈은 두개강내 동맥류의 파열로 인해 생기게 되며 출혈후 초기 2주내에 환자의 50%가 사망한다(2,

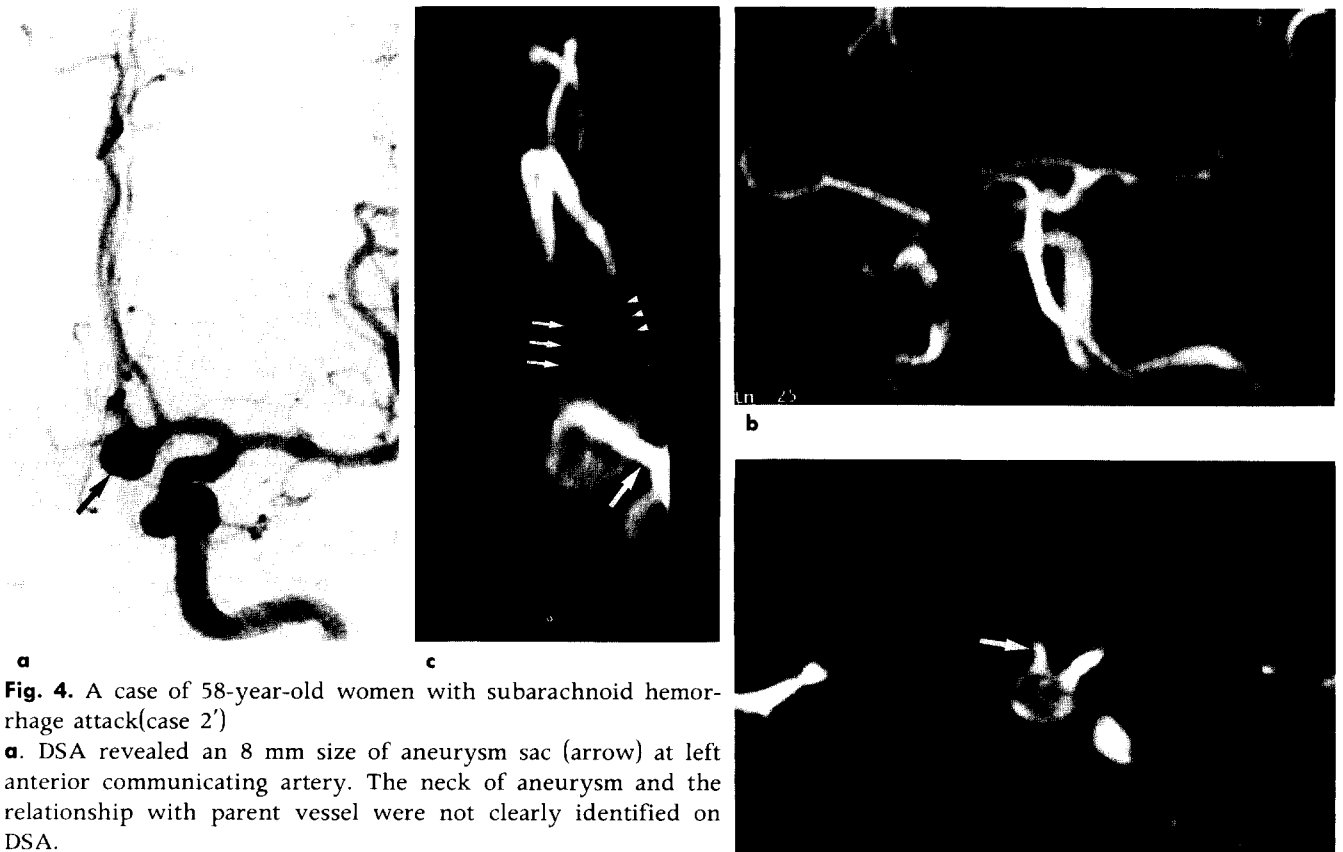


Fig. 4. A case of 58-year-old women with subarachnoid hemorrhage attack(case 2')

a. DSA revealed an 8 mm size of aneurysm sac (arrow) at left anterior communicating artery. The neck of aneurysm and the relationship with parent vessel were not clearly identified on DSA.

b. Aneurysm sac was not clearly visualized on routine MRA image of both internal cerebral arteries and anterior cerebral arteries.

c. Magnified MIP image of MRA showed good relationship between aneurysm sac, right A2 portion of anterior cerebral artery (small arrow), left cerebral artery (arrow heads) and A1 portion of anterior cerebral artery (large arrow).

d. Magnified MPR image showed broad neck of aneurysm at anterior communicating artery. Good visualization of right (arrow) and left A2 portion of anterior cerebral arteries. Decreased signal intensity in the aneurysm sac due to turbulent flow is noted on MPR image.

11, 12). 환자의 사망율을 낮추기 위해서는 파열되기 전에 두개강내 동맥류를 발견하여 미리 치료하여 주는 것이 필요하다(13). 파열되지 않은 동맥류는 반드시 파열되는 것은 아니어서 수술을 꼭 해야하는가 하는 논란이 있지만, 25mm 이하의 파열되지 않은 동맥류의 환자에서 수술로 인한 사망율(< 2.5%)과 이환율(< 6%)은 동맥류가 파열됨으로써 수술하는 경우보다 월등히 낮다(12-16). 이때까지 3mm 이하의 작은 두개강내 동맥류는 자기공명혈관조영술로 발견하기 어려웠으며(7-9), 3mm 보다 작은 두개강내 동맥류는 실제로 출혈을 동반한 경우가 없다고 보고함으로써(9, 17) 작은 두개강내 동맥류에 대한 관심이 자연스럽게 축소되었다. 저자들의 경우 2mm 이하의 아주 작은 8개의 두개강내 동맥류중 2개가 지주막하 출혈을 유발하여 발견되었으므로 만약 자기공명혈관조영술로 선별검사를 한다면 가능한 한 작은 크기까지의 두개강내 동맥류도 검사의 대상이 되어야만 한다. 실제 28세 남자(증례 14)에서 초기의 지주막하 출혈로 자기공명혈관조영술과 디지털 감산 혈관조영술을 검사하였을 때 특별히 동맥류를 확인할 수 없었으나 2 주후 추적검사로 자기공명혈관조영술을 먼저 시행하여 우측 상상돌기(paraclinoid) 부위에 3mm 크기의 동맥류를 발견할 수 있었으며 곧 이어 디지털 감산 혈관조영술로 3mm의 작은 두개강내 동맥류를 같은 부위에서 찾을 수 있었다(Fig. 1). 다시 처음의 자기공명혈관조영술과 디지털 감산 혈관조영술을 재확인한 결과 미처 확인하지 못했던 1mm 크기의 작은 동맥류를 찾을 수 있었다. 자기공명혈관조영술상 짧은 시간에 크기가 커지거나 달라지는 경우 내부에 아급성 혈종이 있거나 느린 흐름(slow flow)이나 와류에 의한 신호손실(signal loss)에 의한 인자가 있을 수 있다(18). 그러나 이 증례에서는 자기공명혈관조영술과 디지털 감산 혈관조영술 모두에서 둥근 모양의 동맥류에 특별히 내부의 결손이 없이 단순히 둥근 모양만 커지고 있어 짧은 시간에 급속히 동맥류의 크기가 커져 작은 크기의 동맥류라도 지주막하 출혈을 유발할 수 있으며 짧은 시간에도 급격히 커질 수 있었다. 따라서 동맥류의 크기가 작다고 반드시 안전하다고 할 수 없으므로 자기공명혈관조영술로 선별검사를 할 때는 가능한 한 작은 것 까지 검사할 수 있어야 하겠다.

동맥류를 검사하는데 있어 자기공명혈관조영술 단독으로도 수술 등의 치료를 하기 위하여 동맥류 자체를 찾는 것 뿐만 아니라 혈관의 기원, 동맥류 경부의 정의, 근접한 작은 혈관과 동맥류와의 관계도 잘 묘사되어야 한다(10). 또한 여러 개의 동맥류가 있는 경우 지주막하 출혈을 유발한 파열된 동맥류를 확인하기 위해서 동맥류의 모양을 확인할 수 있어야만 한다(19). 뿐만 아니라, Willis씨 환 부위에서 정상 혈관과 경련을 정확히 구별할 수 있어야 한다(10). 이러한 조건을 만족시키기 위해서 고해상기법의 자기공명혈관조영술과 다양한 방향으로 2D 영상을 볼 수 있는 다면재구성이 필수적이다(10, 20, 21).

대부분의 파열된 동맥류로 인한 지주막하 출혈환자는 과민하거나 환자상태가 위중하기 때문에, 또 파열되지 않은 동맥류환자라도 기계내에서의 받는 긴장을 적게하기 위해서 자기공명혈관조영술의 영상획득시간(acquisition time)을 가급적 짧게 하는 것이 바람직 하다. 대부분의 동맥류는 Willis씨 환을 중심

으로 생기나 10% 정도의 단일동맥류는 주변부 혈관 또는 소뇌 혈관에서 발생할 수 있으므로 뇌전체가 반드시 검사의 영역에 포함되어야 하겠다(9). 고식적인 자기공명혈관조영술로 뇌영상을 충분히 얻는 경우 검사시간이 대개 12-20분에 이른다. 따라서 전체 뇌를 대상으로 충분한 평가를 하기 위한 높은 질의 자기공명혈관조영술을 얻기위해서 촬영시간도 짧아야 하지만 submillimeter 이하의 고해상이 필요하다. Slice interpolation 기법은 k-space의 일부에 60%내외의 적은 자료를 넣고 사용하기 때문에 촬영시간을 줄일 수 있으므로 동시에 voxel 크기를 작게 유지할 수 있다. 평균 40%까지 촬영시간이 감소될 수 있으므로 기본 절편영상을 더 얇게 만들 수 있거나 또는 더 해상도를 높일 수 있다. 이런 기법을 이용하여 전체 절편 두께가 102.2mm로 대공에서부터 전뇌동맥의 A3 분지까지 충분히 포함되도록 하여 7분 42초가 소요되어 빠른 시간에 고해상의 자기공명혈관조영술이 가능하였다.

TOF 자기공명혈관조영술에서는 평행흐름에서의 포화, 와류로 인한 신호소실 과 저속 흐름에서 유입신호증강의 감소등이 신호를 나쁘게 하는 원인이 된다. 최대강도투사 기법을 쓰는 경우 흐름의 상태에 따라 혈관직경의 감소, 혈류의 와류나 협착의 과장이나 작은 혈관이나 저속 혈류가 잘 보이지 않는 현상이 나타나게 될 수 있다(22). 이러한 경우 기본절편영상이나 압축영상(collapsed image)을 이용하면 여러 가지 잘못된 영상을 피할 수 있어 많이 이용되고 있다(9, 23). 그러나 기본절편영상이나 압축영상은 촬영 방향에 따라 일정 방향으로만 관찰할 수 있으므로 두경부 동맥류같이 그 방향이 일정하지 않아 촬영방향과 일치하지 않는 경우 흔히 진단이 힘들 수 있다. 다면재구성 영상을 이용하는 경우 최대강도투사로는 파악하기가 힘들었던 1) 0.4-6mm 범위내에서 적절한 두께의 절편으로 360°를 돌아가면서 동맥류가 있는 부위를 다양한 방향에서 기원혈관과 근접한 작은 혈관등의 관계를 자세히 볼 수 있으며, 2) 동맥류 경부와 평행하게 영상을 얻어 경부의 방향, 굵기를 자세히 알 수 있으며, 3) 상대적인 대조도가 높으므로 최대강도투사영상에서 잘 확인되지 않던 딸낭의 모양을 확인할 수 있으나 딸낭의 방향이 다양하므로 반드시 다양한 방향의 다면재구성으로 관찰해야 하며, 4) 내부의 신호강도의 분포를 확인하여 내부의 혈류동태를 간접적으로 알 수 있으며, 5) 주위 해부학적 구조와의 관계를 알 수 있다. 다면재구성으로 분석한 경우 동맥류의 크기와 모양의 결과는 디지털 감산 혈관조영술로 분석한 경우와 거의 비슷하였으며 자기공명혈관조영술후 최대강도투사영상만으로 분석할 때 보다 월등히 우수하였다. 동맥류 경부와 기원혈관과의 연관관계를 분석하는데 있어 다면재구성으로 분석할 때 자기공명혈관조영술이나 디지털 감산 혈관조영술단독으로 할 때 보다 월등히 성적이 우수하였다. 내대뇌동맥과 대뇌전교통동맥에서 생긴 동맥류의 경우 크기가 클 수록 주위 기원혈관과 접근하여 밀착되고 이로 인해 자기공명혈관조영술과 디지털 감산 혈관조영술로 근처 경부와와의 연관관계의 정확한 표현이 어려웠으나 다면재구성 영상으로 중복되는 영상이 없이 정확히 표현이 가능하였다.

임상적으로 지주막하 출혈로 진단된 한정된 환자와 선별검사

중 발견된 과열되지 않은 동맥류환자만 연구 대상으로 하여 진음성과 위음성의 증례가 없는 것이 본 연구의 결점이 될 수 있겠다. 이러한 결과는 다른 보고(9)의 100% 특이도와 비교할 때 상대적으로 상당히 특이도가 높을 것을 의미할 수도 있다. 그러나 본 연구에서 두경부동맥류의 평가에 있어 slice interpolation 기법의 고해상도 자기공명혈관조영술로 디지털 감산 혈관조영술과 같은 96%의 높은 예민도를 보여 선별검사로 알맞은 비침습성 검사가 될 수 있겠다. 또한 다면재구성 영상을 동시에 사용하면 동맥류의 경부와 기원혈관과의 연관관계도 충분히 표현가능하므로 디지털 감산 혈관조영술을 대체할 수 있는 동맥류 수술을 위한 일차 검사로 가능할 것으로 사료된다.

비록 환자와 동맥류의 숫자가 적고 한정되어 있지만 저자의 결과는 자기공명혈관조영술을 이용하여 1mm까지의 두경부동맥류를 발견할 수 있을 것으로 보인다. 앞으로 자기공명혈관조영술과 다면재구성을 할 경우 두경부동맥류의 선별검사로, 또 동맥류 수술을 위한 일차검사로도 충분히 유용할 것으로 보인다.

참 고 문 헌

- Juvela S, Porrs M, Heiskanen O. Natural history of unruptured intracranial aneurysm: a long-term follow-up study. *J Neurosurg* 1993; 79: 174-182
- Khanna RK, Malik GM, Qureshi N. Predicting outcome following surgical treatment of unruptured intracranial aneurysm: a proposed grading system. *J Neurosurg* 1996; 84: 49-54
- Earnest IV F, Frobes G, Sandok BA, et al. Complications of cerebral angiography prospective assessment of risk. *AJR* 1984; 142: 247-253
- Faught E, Trader SD, Hanna GR. Cerebral complications of angiography for transient ischemic and stroke: prediction of risk. *Neurology* 1979; 29: 4-15
- Awad IA, McKenzie R, Magdinec M, Masaryk T. Application of magnetic resonance angiography to neurosurgical practice: a critical review of 150 cases. *Neurol Res* 1992; 14: 360-368
- Mattle HP, Edelman RR. Cerebral magnetic resonance angiography. *Neurol Res* 1992; 14: 118-121
- Schwartz RB, Tice HM, Hooten SM, Hsu L, Stieg PE. Evaluation of cerebral aneurysm with helical CT: correlation with conventional angiography and MR angiography. *Radiology* 1994; 192: 717-722
- Huston J, Nichols DA, Luetmer PH, et al. Blinded prospective evaluation of sensitivity of MR angiography to known intracranial aneurysms: Importance of aneurysm size. *Am J Neuroradiol* 1994; 15: 1607-1614
- Ross JS, Masaryk TJ, Modic MT, Ruggieri PM, Haacke EM, Selman WR. Intracranial aneurysm: Evaluation by MR angiography. *Am J Neuroradiol* 1990; 11: 449-456
- Atlas SW. MR angiography in neurologic disease. *Radiology* 1994; 193: 1-16
- Fogelholm R. Subarachnoid hemorrhage in Middle-Finland: incidence, early prognosis and indications for neurosurgical treatment. *Stroke* 1981; 12: 296-301
- Sarti C, Tuomilehto J, Salomaa V, et al. Epidemiology of subarachnoid hemorrhage in Finland from 1983 to 1985. *Stroke* 1991; 22: 848-853
- Ronkainen A, Puranen MI, Hernesniemi JA, et al. Intracranial aneurysms: MR angiographic screening in 400 asymptomatic individuals with increased familial risk. *Radiology* 1995; 195: 35-40
- Rice BJ, Peerless SJ, Drake CG. Surgical treatment of unruptured aneurysm of the posterior circulation. *J Neurosurg* 1990; 73: 165-173
- Jomin M, Lesoin F, Fawaz A, Villette L. Surgical prognosis of unruptured intracranial arterial aneurysm: report of 50 cases. *Acta Neurochir (Wien)* 1987; 84: 85-88
- Dix GA, Gordon W, Kaufmann AM, Sutherland IS, Sutherland GR. Ruptured and unruptured intracranial aneurysms-surgical outcome. *Can J Neurol Sci* 1995; 22: 187-191
- McCormick WF, Acosta-Rua GJ. The size of intracranial aneurysms. An autopsy study. *J Neurosurg* 1970; 33: 422-427
- Wilcock DJ, Jaspan T, Worthington BS. Problems and pitfalls of 3-D TOF magnetic resonance angiography of the intracranial circulation. *Clinical radiology* 1995; 50: 526-532
- Wood EH. Angiographic identification of the ruptured lesion in patients with multiple cerebral aneurysms. *J Neurosurg* 1964; 21: 182-198
- Lewin JS, Laub G. Intracranial MR angiography: direct comparison of three time-of-flight techniques. *AJNR* 1991; 12: 1133-1139
- White RD, Obuchowski NA, Vandyke CW, et al. Thoracic aortic disease: evaluation using a single MRA volume series. *J Comp Assist Tomogr* 1994; 18: 843-854
- Anderson CM, Salonar D, Tsuruda JS, Shapeero LG, Lee RE. Artifacts in maximum-intensity-projection display of MR angiograms. *AJR* 1990; 154: 623-629
- Sevick RJ, Tsuruda JS, Schmalbrock P. Three-dimensional time-of-flight MR angiography in the evaluation of cerebral aneurysm. *J Comp Assist Tomogr* 1990; 14: 874-881

Evaluation of Cerebral Aneurysm with High Resolution MR Angiography using Slice Interpolation Technique : Correlation with Digital Subtraction Angiography (DSA) and MR Angiography (MRA)

Tae-Sub Chung¹, Jin-Yang Joo², Sei-Jung Oh¹,
Chang-Soo Ahn¹, Doo-Hoe Ha¹, Daisy Chien³, Gerhard Laub³

¹*Department of Diagnostic Radiology, Yonsei University College of Medicine*

²*Department of Neurosurgery, Yonsei University College of Medicine*

³*Siemens AG, Erlangen, Germany*

Purpose: There have been some efforts to diagnose intracranial aneurysm through a non-invasive method using MRA, although the process may be difficult when the lesion is less than 3mm. The present study prospectively compares the results of high resolution, fast speed slice interpolation MRA and DSA thereby examining the potentiality of primary non-invasive screening test.

Materials and Methods: A total of 26 cerebral aneurysm lesions from 14 patients with subarachnoid hemorrhage from ruptured aneurysm (RA) and 5 patients with unruptured aneurysm(UA). In all subjects, MRA was taken to confirm the vessel of origin, definition of aneurysm neck and the relationship of the aneurysm to nearby small vessels, and the results were compared with the results of DSA. The images were obtained with 1.5T superconductive machine (Vision, Siemens, Erlangen, Germany) on 4 slabs of MRA using slice interpolation. The settings include TR/TE/FA=30/6.4/25, matrix 160×512, FOV 150×200, 7minutes 42 seconds of scan time, effective thickness of 0.7mm and an entire thickness of 102. 2mm. The images included structures from foramen magnum to A3 portion of anterior cerebral artery. MIP was used for the image analysis, and multiplanar reconstruction (MPR) technique was used in cases of intracranial aneurysm.

Results: A total of 26 intracranial aneurysm lesions from 19 patients with 2 patients having 3 lesion, 3 patients having 2 lesions and the rest of 14 patients having 1 lesion each were examined. Among those, 14 were RA and 12 were UA. Eight lesions were less than 2mm in size, 9 lesions were 3-5mm, 7 were 6-9mm and 2 were larger than 10mm. On initial exams, 25 out of 26 aneurysm lesions were detected in either MRA or DSA showing 96% sensitivity. Specificity cannot be estimated since there was no true negative of false positive findings. When MRA and MPR were used concurrently for the confirmation of size and shape, the results were equivalent to those of DSA, while in the confirmation of aneurysm neck and parent vessels, the concurrent use of MRA and MPR was far superior to the sole use of either MRA or DSA.

Conclusion: High resolution MRA using slice interpolation technique showed equal results as those of DSA for the detection of intracranial aneurysm, and may be used as a primary non-invasive screening test in the future.

Index words: Aneurysm, intracranial ; Aneurysm, MR ;
Magnetic resonance(MR), vascular studies

Address reprint requests to : Tae-Sub Chung, M.D., Department of Diagnostic Radiology, Yonsei University College of Medicine, YongDong Severance Hospital, # 146-92, Dogok-Dong, Kangnam-Gu, Seoul 135-270, Korea. Tel. 82-2-3497-3514 Fax. 82-2-3462-5472