대한방사선의학회지 2000;42:575-583

뇌경색환자에서 Enhanced 3D-TOF 자기공명 혈관조영술 : 고식적 혈관조영술과의 비교[1]

장남규 · 서정진 · 정태웅 · 정광우 · 김재규 · 강형근 · 조기현[2]

목적 : 뇌경색 환자들에 있어서 자기공명혈관조영술(MRA)의 새로운 기법인 enhanced 3D-TOF(e3D-TOF)의 유용성을 고식적 혈관조영술과 비교하여 알아보고자 하였으며 이 분야에 경험이 1년 미만과 5년 이상있는 두 판독자들 간에도 비교하여 경험에 따른 차이가 있는지 함께 평가하고자 하였다.

대상과 방법 : 뇌 허혈성 경색 병변이 의심되어 뇌 자기공명영상(MRI)과 MRA를 시행하고, 고식적혈관조영술(CA)을 함께 시행한 73명의 환자를 대상으로 하였다. 총경동맥 분지 부위부터 내경동맥 분지 부위 까지를 I 군, 내경동맥 분지부위에서 전대뇌동맥 분지 부위, 그리고 중대뇌동맥의 분지 부위까지를 II군, 그리고 각각 전, 중대뇌동맥 분지 부위부터 III 군으로 구분하였다. MRA에 대한 경험이 1년 미만, 그리고 5년 이상인 2명의 방사선과 의사가 후향적으로 분석하였고, 각각 혈관의 좁아진 정도를 등급을 매겨 판정하였다. 각 판독자간의 CA와 MRA간의 일치 정도를 평가하였고, 두 판독자간의 일치정도와 두 기법간의 일치정도를 k 일치방식(kappa agreement measurement)으로 통계처리 하였다. 또한 혈관의 이상 유무만 파악하여 민감도와 특이도를 구하였다.

결과 : 각 군 당 좌,우 각 146개의 혈관, 총 438개의 혈관을 평가하였다. I군에서 CA와 MRA간의 일치도는 판독자 A는 k=0.538, 판독자 B는 0.687이었고 판독자간의 일치도는 0.621로 의의가 있었다. 병변의 유무만 판정할 경우 판독자 A의 민감도는 82.4%, 특이도는 77.7%이었고, 판독자 B의 민감도는88.2%, 특이도는 87.2%이었다. II군에서는 CA와 MRA간의 일치도는 판독자 A은 k=0.508, 판독자 B는 0.566이었고 판독자간의 일치도는 0.622로 의의가 있었다. 판독자 A의 민감도는 88.2%, 특이도는 73.7%이었고, 판독자 B의 민감도는 88.2%, 특이도는 81.8%이었다. III군에서는 CA와 MRA간의 일치도는 판독자 A은 k=0.508, 판독자 B는 0.566이었고 판독자간의 일치도는 0.622로 의의가 있었다. 판독자 A의 민감도는 50.0%, 특이도는 77.6%이었고, 판독자 B의 민감도는 40.0%, 특이도는 89.7%이었다. 전체적으로 438예의 혈관을 평가할 때 판독자 A과 B는 k=0.662로 서로 잘 일치하였다. 또한 전체 혈관을 평가할 때 판독자 A은 민감도 81.1%, 특이도 76.4%로 판독자 B는 민감도 83.2%, 특이도 86.4%이었다.

결론 : e3D-TOF MRA는 두개내 폐쇄성 혈관 질환을 진단하는데 있어서 CA와 비교하여 수 분이내에 두개내 혈관을 평가할 수 있어 빠르고 비침습적이며, 경험의 다소에도 불구하고 민감도가 높고 판독자간의 일치도가 좋아 뇌경색 환자의 혈관상태를 적절하게 평가할 수 있는 유용한 기법이라고 생각한다.

뇌경색의 진단방법으로 전산화단층촬영(computed tomography, 이하 CT로 약함)과 자기공명영상(magnetic resonance imaging, 이하 MRI로 약함) 등은 뇌경색의 분포와 정도를 알아보는데 주로 이용되고, 뇌혈관 폐색의 정도 및 원인 파악에는 고식적 혈관조영술(Conventional angiography, 이하 CA로 약함)이 아직도 믿을 만한 기본검사로 되어있다. 그러나 대개의 뇌경색 환자가 고령이며 상태가 불량하여, 비침습적이며 선별검사법으로 의의가 있는 자기공명혈관조영술(magnetic resonance angiography, 이하 MRA로 약함)의 유용성이 보고되고 있다 (1-7). 그렇지만 배후잡상 등 혈관의 보이는 정도가 문제점으로 지적되고 있어, MRA를 더욱 빠르게 시행할 수

[1]전남대학교 의과대학 방사선과학교실, 영상의학연구소
[2]전남대학교 의과대학 신경과학교실
이 논문은 1999년 9월 6일 접수하여 2000년 1월 17일에 채택되었음.

있고 영상의 질도 향상시키려는 다양한 연구가 진행되고 있다 (3,4). multiple overlapping thin slab acquisition (MOTSA)기법과 더불어 숙임각 여기(flip angle excitation)를 변화 시키거나 자화전이(magnetization transfer)기법을 사용하여 좋은 혈관조영상을 얻고 있다 (8-15).

Enhanced three dimensional time of flight(e3D-TOF)기법도 좋은 MRA영상을 얻으려는 방법 중의 하나로 조영제를 사용하지 않고 ZIP(zerofilling interpolation processing)개념을 도입하여 MRA를 시행하는 것인데, 저자들은 뇌경색 환자들에 있어서 MRA의 새로운 기법인 e3D-TOF기법의 유용성을 고식적 혈관조영술과 비교하여 알아보고자 하였다. 또한 MRA 에 대한 경험이 판독 결과에 어떤 영향을 미치는지 알아보고자 하여 MRA에 대한 경험의 기간이 다른 두 판독자들의 판독결과도 서로 비교하여 함께 평가하고자 하였다.

대상과 방법

1997년 1월부터 1998년 8월까지 임상소견과 MRI로 뇌경색이 확진되고 MRA와 CA를 모두 시행한 환자 중 비교가 가능한 73명의 환자를 대상으로 하였다. 모든 환자들에서 MRI는 증상발현 후 최소 4시간에서 최대 1주일 이내에 시행하였고 MRI와 함께 MRA를 얻었다. MRI와 CA간의 시간차는 2시간에서 27일까지였고 평균 5일이었다. 대상 환자 중 남자는 59명이었으며 여자는 14명으로 남자가 월등히 많았고, 연령 분포는 13세에서 80세였으며 평균55세였다.

MRI와 MRA는 1.5T 초전도형 자기공명영상기 (Horizon, GE Medical System, Milwaukee, Wisconsin, U.S.A.)를 사용하여 얻었다. MRA는3D-TOF 기법을 이용하여 축상면 방향으로 얻었으며 이때 사용된 파라메터들은 TR/TE(msec) = 33/6.9, flip angle 20°, scan thickness 1.4mm, slice/slab 64를 사용하여 모두 3분 30초에 걸쳐 얻었다. 환자마다 두개의 슬랩(slab)을 얻었는데 원위부는 Willis환 주위를 중심으로 그리고 근위부는 총경동맥의 분지부위를 중심으로 하여 스캔하였다. 각 슬랩은 50mm의 두께로 3차원 용적(3 dimensional volume)으로 얻었다. 각 축상면 원천영상(axial source image)들은 workstation으로 옮겨 최대강도투사(maximum intensity projection)기법으로 후처리(postprocessing)하였다. 이때 절편의 축방향으로 20도씩 회전하여 360도를 회전시킨 재투사 영상(reprojection image)을 18개 얻었다. 혈관에 대한 압축 영상(compressed image) 1개와 18개의 재투사영상 그리고 64개의 원천영상을 필름에 찍어 분석하였다.

고식적 혈관조영술은 디지털 감산 혈관조영기(Sire graph-D2 and Digitrone 3VA, Siemens, Erlangen, Germany)를 이용하여 대퇴동맥을 천자하여 양쪽 총경동맥 그리고 양쪽 내경동맥 혈관 조영사진을 각각 얻었으며 양쪽 척추동맥조영 사진을 얻었으나 분석대상에는 제외하였다.

총경동맥 분지부위부터 내경동맥 분지 부위 까지를 I 군, 내경동맥 분지 부위에서 전대뇌동맥분지 부위, 그리고 중대뇌동맥의 분지 부위까지를 II군, 그리고 각각 전, 중대뇌동맥 분지 부위부터 III 군으로 구분하였다. 각 군 당 좌 우를 합하여 146 혈관분절, 총 438 혈관분절을 평가하였다.

2명의 방사선과 의사가 임상정보를 전혀 모른체 독립적으로 각각 후향적으로 분석하였다. 먼저 CA에서 병변 유무를 확인 기록하고, MRA도 독립적으로 관찰한 후 상호 비교하였다. 판독자A는 MRA에 대한 경험이 1년 미만이고 판독자B는 5년 이상인 자로 하였다. 얻어진 모든 MRA영상은 판독을 하는데 적합하였다. CA와 MRA에서 혈관의 좁아진 정도를 좁아진 곳이 없으면 정상(normal), 병변이 병변 바로 후방의 정상부위보다 직경이 50%까지 좁아져 있으면 좁아짐(narrowing), 50% 이상 좁아져 있으면 협착(stenosis)으로, 그리고 혈관이 막힘이 확실 할 때를 폐색(occlusion), 근위부의 협착이나 폐색으로 인하여 보이지 않아 평가가 불가능할 때를 보이지

Table 1. Comparison of Detectability for Stenoocclusive Lesions in Group I Vascular Segment between CA and MRA

	CA	MRA					
		Normal	Narrowing	Stenosis	Occlusion	No visualization	Total
Reader A							
	Normal	73	12	6	0	3	94
	Narrowing	9	19	3	1	0	32
	Stenosis	0	0	4	3	0	7
	Occlusion	0	1	1	10	0	12
	No visualization	0	0	0	0	1	1
	Total	82	32	14	14	4	146
Reader B							
	Normal	82	9	2	1	0	94
	Narrowing	6	24	1	1	0	32
	Stenosis	0	2	4	1	0	7
	Occlusion	0	1	1	10	0	12
	No visualization	0	0	0	0	1	1
	Total	88	36	8	13	1	146

CA: Conventional angiography
MRA: MR angiography

않음(no visualization)으로 각각 등급을 매겨 판정하였다. CA의 결과를 확진방법으로 하여 각 판독자간의 CA와 MRA간의 일치 정도를 평가하였고, 두 판독자간의 일치정도와 두 기법간의 일치정도를 k 일치방식(kappa agreement measurement)으로 통계처리 하였다. k 수치가 0.5이상일 때 의의가 있는 유의 수준으로 정하였다. 또한 병변 혈관의 좁아진 정도에 상관 없이 혈관의 이상 유무를 파악할 수 있는 지 여부를 알아 보기 위해 병변 혈관에 대한 민감도와 특이도를 구하였다.

결 과

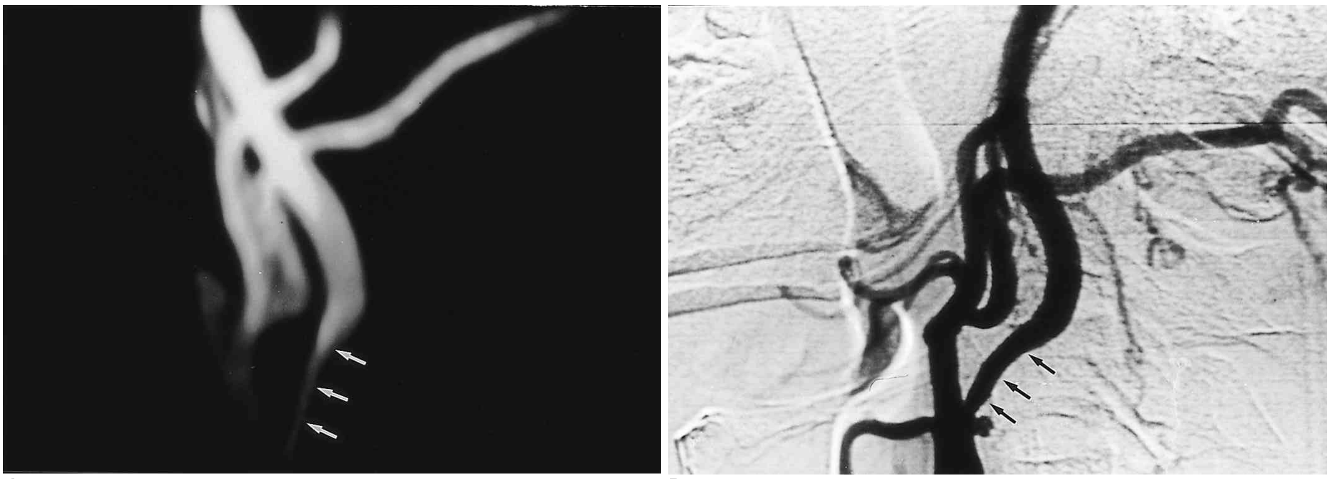
I군에서 CA 사진에서 폐색이 12예, 협착이 7예, 좁아짐이 32예, 정상이 94예, 보이지 않음 1예 있었다. MRA에서는 폐색 12예 중 10예는 판독자 A, B 모두 정확히 평가하였고 나머지 2예를 좁아짐과 협착 각 1예로 저평가 하였다. 또한 협착은 판독자 A, B모두 7예 중 4예를 정확히 평가하였고, 판독자 A는 과평가가 3예, 판독자 B는 오히려 저평가가 2예 있었다. 혈관의 좁아짐도 32예 중 각각 판독자 A가 19예, 판독자 B가 24예 있었다 (Table 1 & Fig.1). CA와 MRA간의 일치도는 판독자 A는 k=0.538, 판독자 B는 0.687이었고 판독자간의 일치도는 0.621로 의의가 있었다. 좁아진 정도와 상관 없이 병변의 유무만 판정할 경우 판독자 A의 민감도는 82.4%, 특이도는 77.7%이었고, 판독자 B의 민감도는88.2%, 특이도는 87.2%이었다(Table 6).

II군에서는 CA에서 폐색이 8예, 협착이 12예, 좁아짐이 14예, 정상이 99예, 보이지 않음이 13예 있었다. MRA상에서 폐색 8예 중 판독자 A가 6예, 판독자 B가 5예를 MRA에서 정확히 평가하였다. 또한 협착은 12예 중 판독자 A은 7예, 과평가

Table 2. Comparison of Detectability for Stenoocclusive Lesions in Group II Vascular Segment between CA and MRA

	CA	MRA					
		Normal	Narrowing	Stenosis	Occlusion	No visualization	Total
Reader A							
	Normal	73	14	2	2	8	99
	Narrowing	1	7	6	0	0	14
	Stenosis	1	3	7	1	0	12
	Occlusion	1	0	0	6	1	8
	No visualization	2	0	0	1	10	13
	Total	78	24	15	10	19	146
Reader B							
	Normal	81	12	3	0	3	99
	Narrowing	3	10	1	0	0	14
	Stenosis	0	8	3	1	0	12
	Occlusion	0	0	2	5	1	8
	No visualization	1	0	0	1	11	13
	Total	85	30	9	7	15	146

CA: Conventional angiography
MRA: MR angiography



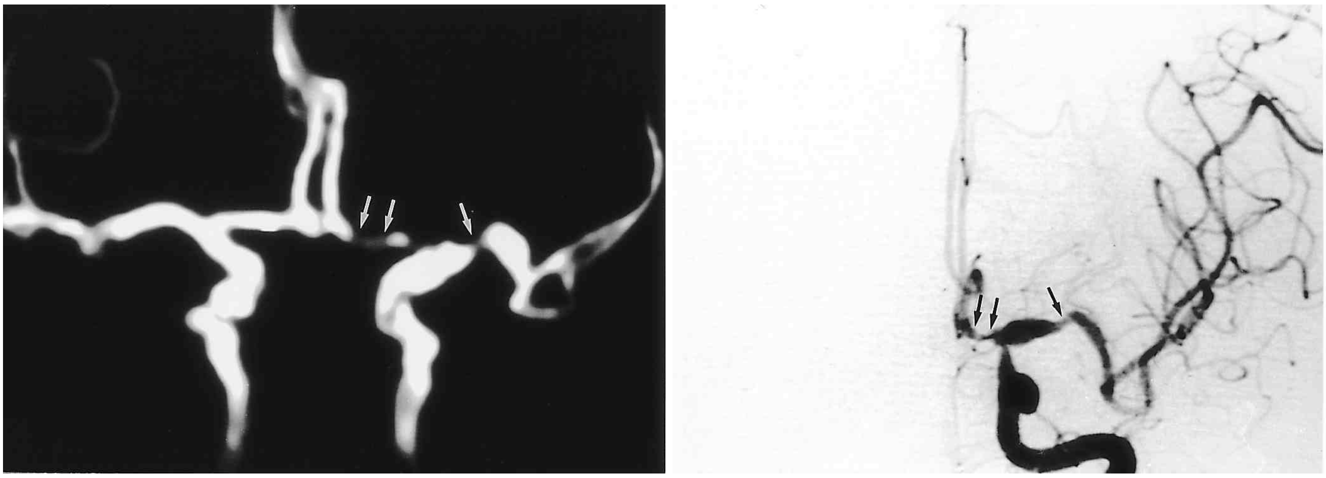
A B

Fig. 1. Segmental stenosis on both MR angiogram and conventional angiogram.
Anteroposterior views of reprojection MR angiogram (A) and conventional angiogram (B) show segmental narrowing (arrows) in left common carotid artery.

가 1예, 판독자 B는 3예, 저평가가 8예 있었다. 혈관의 좁아짐도 14예 중 판독자 A이 7예, 과평가가 6예, 판독자 B가 10예 있었고 저평가가 3예 있었다 (Table 2 & Fig. 2, 3). CA와 MRA간의 일치도는 판독자 A은 k=0.508, 판독자 B는 0.566이었고 판독자간의 일치도는 0.622로 의의가 있었다. 좁아진 정도와 상관 없이 병변의 유무만 판정할 경우 판독자 A의 민감도는 88.2%, 특이도는 73.7%이었고, 판독자 B의 민감도는 88.2 %, 특이도는 81.8%이었다 (Table 6).

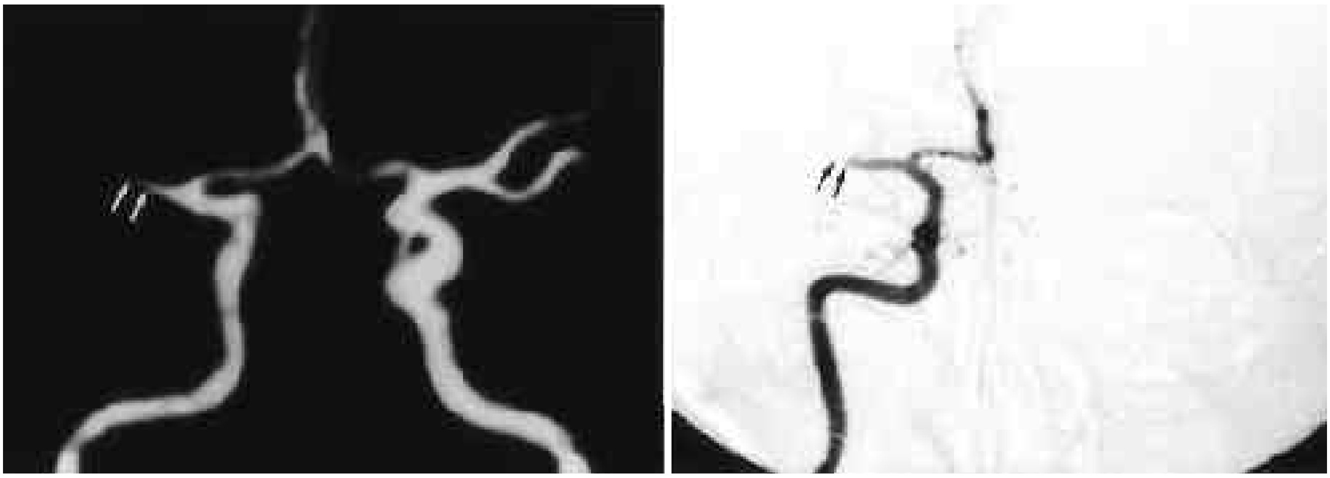
III군에서는 CA에서 폐색이 3예, 협착이 5예, 좁아짐이 2예, 정상이 116예 있었다. 이 중 146예 중 20예는 CA에서 III군 혈관의 근위부 폐색으로 전혀 나타나지 않았다. MRA상에서는 폐색 3예 중 판독자 A이 2예, 판독자 B가 3예를 정확히 평가하였다. 또한 협착은 5예 중 판독자 A은 2예만 정확히 진단하였고, 정상으로 3예를 저평가하였고, 판독자 B는 4예를 정상으로 판정하였다. 혈관의 좁아짐도 2예 모두 판독자 A, B가 정상으로 판정하였다. 혈관 질환이 있었던 10예 중 판독자 A은 5예를, 판독자 B는 4예를 이상이 있다고 판정하였고, 오히려 정상 혈관을 판독자 A은 26예를, 판독자 B는 12예를 이상 혈관으로 판독 하였다. CA와 MRA간의 일치도는 판독자 A은 k=0.508, 판독자 B는 0.566이었고 판독자간의 일치도는 0.622로 의의가 있었다 (Table 3). 좁아진 정도와 상관 없이 병변의 유무만 판정할 경우 판독자 A의 민감도는 50.0%, 특이도는 77.6%이었고, 판독자 B의 민감도는 40.0%, 특이도는 89.7%이었다 (Table 6).

전체적으로 438예의 혈관을 평가할 때 판독자 A과 B는 기법간이나 판독자간에 일치도는 k=0.662로 서로 잘 일치하였다 (Table 4,5). 또한 전체 혈관을 평가할 때 판독자 A은 민감도 81.1%, 특이도 76.4%로 판독자 B는 민감도 83.2%, 특이도



A B

Fig. 2. Focal stenosis of left anterior and middle cerebral arteries on both MR angiogram and conventional angiogram.
Anteroposterior views of reprojection MR angiogram (A) and conventional angiogram (B) show focal stenosis(arrows) of left anterior and middle cerebral arteries.



A B

Fig. 3. Complete occlusion of right middle cerebral artery on both MR angiogram and conventional angiogram.
Anteroposterior views of reprojection MR angiogram (A) and conventional angiogram (B) show total occlusion(arrows) of right middle cerebral artery.

Table 3. Comparison of Detectability for Stenoocclusive Lesions in Group III Vascular Segment between CA and MRA

	CA	MRA					
		Normal	Narrowing	Stenosis	Occlusion	No visualization	Total
Reader A							
	Normal	90	3	7	4	12	116
	Narrowing	2	0	0	0	0	2
	Stenosis	3	0	2	0	0	5
	Occlusion	0	0	1	2	0	3
	No visualization	2	0	0	0	18	20
	Total	97	3	10	6	30	146
Reader B							
	Normal	104	4	1	2	5	116
	Narrowing	2	0	0	0	0	2
	Stenosis	4	1	0	0	0	5
	Occlusion	0	0	0	3	0	3
	No visualization	1	0	0	0	19	20
	Total	111	5	1	5	24	146

CA: Conventional angiography
MRA: MR angiography

Table 4. Comparison of Detectability for Stenoocclusive Lesions in All Vascular Segment between CA and MRA

	CA	MRA					
		Normal	Narrowing	Stenosis	Occlusion	No visualization	Total
Reader1							
	Normal	236	29	15	6	23	309
	Narrowing	12	26	9	1	0	48
	Stenosis	4	3	13	4	0	24
	Occlusion	2	1	2	18	1	23
	No visualization	4	0	0	1	29	34
	Total	258	59	39	30	53	438
Reader2							
	Normal	267	25	6	3	8	309
	Narrowing	11	34	2	1	0	48
	Stenosis	4	11	7	2	0	24
	Occlusion	3	1	3	18	1	23
	No visualization	2	0	0	1	31	34
	Total	287	71	18	25	40	438

CA: Conventional angiography
MRA: MR angiography

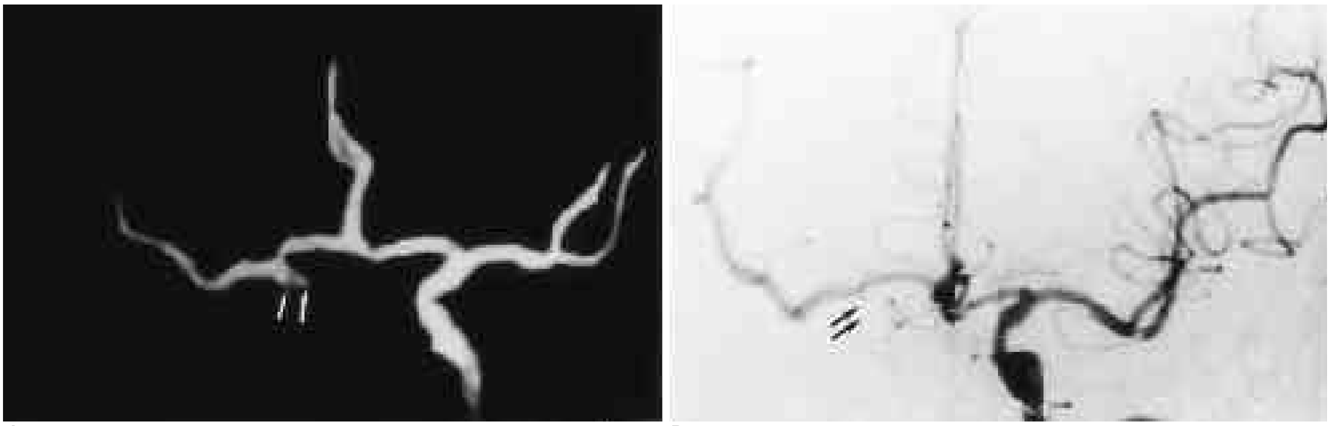
Table 5. Comparison of Detectability for Stenoocclusive Lesions in All Vascular Segment in MRA

		Reader B					
		Normal	Narrowing	Stenosis	Occlusion	No visualization	Total
Reader A	Normal	238	15	2	1	3	259
	Narrowing	16	41	2	0	0	59
	Stenosis	15	13	10	0	0	38
	Occlusion	6	1	1	21	1	30
	No visualization	12	1	3	0	36	52
	Total	287	71	18	22	40	438

Table 6. Sensitivity and Specificity of Each Group Vessel in MR Angiography

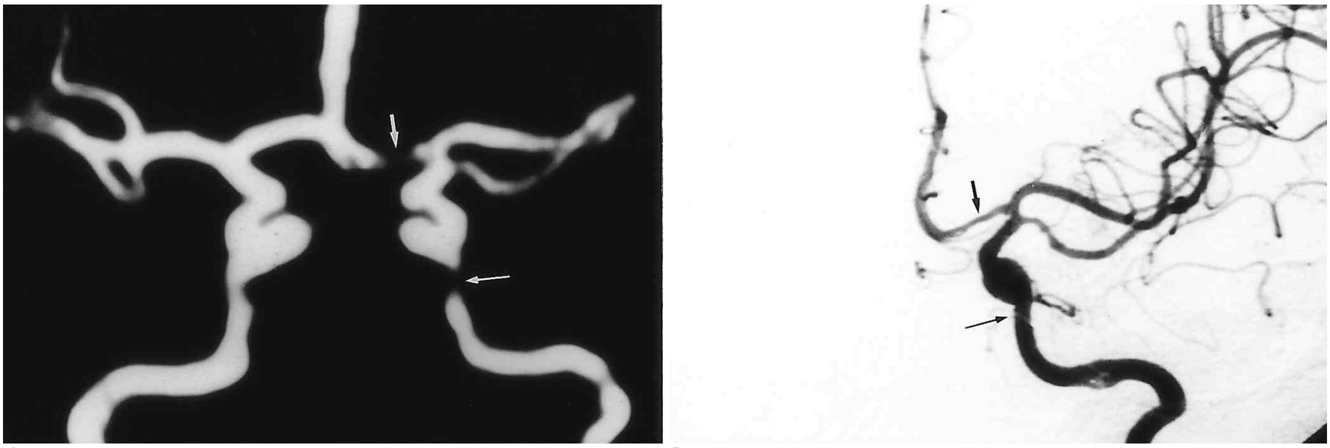
		CA		MRA	
		Present	Absent	True-Positive(%)*	True Negative(%)**
Group I	Reader A	51	94	42(82.4)	72(77.7)
	Reader B			45(88.2)	82(87.2)
Group II	Reader A	34	99	30(88.2)	73(73.7)
	Reader B			30(88.2)	81(81.8)
Group III	Reader A	10	116	5(50.0)	90(77.6)
	Reader B			4(40.0)	104(89.7)
All Groups	Reader A	95	309	77(81.1)	236(76.4)
	Reader B			79(83.2)	267(86.4)

* = Numbers(percentages) in parentheses represent sensitivity.
** = Numbers(percentages) in parentheses represent specificity.
CA: Conventional angiography, MRA: MR angiography



A B

Fig. 4. Complete occlusion of right internal carotid artery and good visualization of right middle cerebral artery through anterior communicating artery on both MR angiogram and conventional angiogram.
Anteroposterior view of reprojection MR angiogram(A) and conventional angiogram(B) show occlusion (arrows) of right internal carotid artery and visualization of right middle cerebral artery through anterior communicating artery .



A B

Fig. 5. Focal stenosis of left anterior cerebral artery and focal stenosis in paracavernous portion of left internal carotid artery on MR angiogram, but focal narrowing of left anterior cerebral artery on conventional angiogram.
Anteroposterior view of reprojection MR angiogram (A) shows focal stenosis (short arrow) of left anterior cerebral artery and focal stenosis (long arrow) in paracavernous portion of left internal carotid artery. Artifactual signal loss is noted on MR angiogram, due to blood flow. But anteroposterior view of conventional angiogram(B) show segmental narrowing (short arrow) of left anterior cerebral artery only and normal left internal carotid artery(long arrow).

86.4%이었다 (Table 6).

고 찰

최근에 MRI 기기의 발달과 펄스 연쇄(pulse sequence) 고안으로 MRA의 발전이 급속도로 이루어지고 있다. MRA의 정보획득에는 기본적으로 두 가지의 방법이 있다. 그 중 하나는 magnitude-contrast혹은 time-of-flight(TOF) 기법으로서 영상단면에 유입되어 들어오는 새롭고, 불포화된 완전히 자기화된 스핀에 의해 발생되는 신호에 의해 혈관조영상이 이루어 지며, 다른 하나는 phase-contrast 기법으로서 영상 단면 내로 들어오는 유입되는 혈액에 의한 속도와 관련이 있는 위상차에 의해 발생하는 신호에 의해 혈관조영이 이루어 지는데 이 중 TOF기법이 시간이 적게 걸리고 손쉽게 혈관조영상을 얻어 임상에서 많이 이용되고 있다 (16). 또한 3차원 기법이 신호대 잡음비(signal-to-noise ratio)가 우수하고, 복셀 크기가 적으며 반향시간(echo time)이 짧기 때문에 2차원 기법보다 널리 사용된다 (10,11).

그렇지만 TOF기법에는 크게 3가지의 기본적 제한점이 있다. 첫째, 비교적 공간 분해능(spatial resolution)이 좋지 않아 작은 혈관들을 침범하는 병변을 찾기 힘들다. 두 번째로 혈관과 배후 조직사이의 대조도가 혈류 속도에 의해 좌우되어 대조도 대 잡음비(contrast-to-noise ratio)와 병적 상태에서 느린 혈류 속도를 보이는 혈관의 조영에 영향을 주게 된다. 세 번째로 병적 상태의 혈류는 복셀 내 위상 분산(intravoxel phase dispersion)을 일으켜 신호 소실(signal loss)을 초래하게 된다.

이러한 단점의 보완과 함께 3차원 기법의 짧은 반향시간과 높은 공간분해능을 보존하면서 스핀 포화(spin saturation)의 단점을 극복하기 위해 다중판(multislab) 기법이 발달하여 최근 multiple overlapping thin slab acquisition(MOTSA)기법이 개발되었다. 이 기법은 얇은 판두께(slab thickness)를 사용하여 혈류 포화(flow saturation)를 감소시키고 대신 큰 숙임각(large flip angle)을 사용할 수 있어 많은 장점을 보고하고 있다 (8-11). 그러나 MOTSA 기법의 단점은 크게 두 가지로 볼 수 있는데 그 하나는 얇은 용적의 중첩을 사용하여 영상획득시간이 늘어나는 것이고 두 번째는 모든 다중판 3D TOF 기법에서 발생하는 여러 판을 중첩하여 생기는 venetian blind artifact인데 Davis등 (10)의 보고에 의하면 최근 영상기법에 의하여는 거의 나타나지 않는다고 보고하였다. 짧은 에코반향 연쇄를 사용하면서 배후조직과 혈관간에 대조도를 향상시키기 위해 자화전이기법도 이용하였다 (12-15, 17). 하지만 이 방법도 획득시간이 많이 걸린다는 단점이 있다.

최근 행렬(matrix)과 절편(slice) ZIP을 사용하는 새로운 재구성기법이 개발되어 MRA 영상을 획득하는 TOF기법이 개발되었다. 즉 256×256 영상으로 512×512영상을 재구성할 수 있게 되었다. 또한 절편 ZIP은 획득한 영상단편보다 더 많은 새로운 영상을 만들어 내게 되어 단면 내 분해능(inplane resolution)을 향상시켰다. 그래서 영상 획득 시간을 단축시키고 신호 대 잡음비는 향상시키는 결과를 얻게 되어 향상된 MRA를 얻게 되었다. 본 연구에서도 획득 시간을 30%정도 단축시켜 3분 30초 이내에 한 용적의 혈관상을 얻어 10분 이내에 두 곳의 혈관조영상을 얻어 전체 혈관을 평가할 수 있었다. 따라서 대부분 상태가 좋지 않은 뇌경색 환자에서 빨리 정확히 혈관 질환을 진단할 수 있다는 장점이 있다.

MRA의 뇌폐색성 질환에서 Willis 순환에 있어서 Heiserman 등 (8)은 신경 손상이 있는 환자 29명을 대상으로 MRA를 시행하여 MRA가 정상과 폐색 혈관을 알아 내는데 유용성을 보고 하였는데 전체적으로 정상의 97%, 그리고 폐색 혈관의 100%를 정확히 평가할 수 있었다. Korogi등(20)도 50%이상 협착은 78%, 완전 폐색은 80%를 정확히 진단하였고, Furst 등 (15)이 70%이상의 협착은 80%, 70%이하의 협착은 88%의 정확도를 그리고 폐색은 단 1예만 70%이상의 협착이 있었던 것으로 판정하는 등 정상과 병변 혈관을 진단하는 데 있어서 유용성을 보고하였다. 저자들의 경우에서도 전체 혈관을 평가할 때 경험이 적은 판독자 A는 민감도 81.1%, 특이도 76.4%, 판독자 B는 민감도 83.2%, 특이도 86.4%로 비교적 정확히 혈관 상태를 평가할 수 있었는데 특히 경험의 다소에도 불구하고 판독자간의 일치가 잘 되어 뇌경색환자에서 혈관질환을 평가하는데 있어서 도움을 줄 것으로 생각한다.

이 연구에서는 MIP기법으로 축상 원천 영상과 다각도로 회전시키는 재투사영상을 동시에 이용하여 혈관의 상태를 평가하였다. Korogi등 (20)과 Stock등 (23)은 MRA의 두 영상들을 모두 이용하여야 MRA에서 정상혈관 구조물들을 잘 평가할 수 있는 한편 협착부위의 과평가를 막고 50%이상 협착된 것들도 정확히 평가 할 수 있다고 하였다.

본 연구에서 전체 혈관분절을 대상으로 하여 분석하였을 때 정상과 폐색을 평가하는 경우보다 좁아짐과 협착을 평가하는데 있어 과평과와 저평가가 많아 혈관의 협착정도를 평가하는데 있어서는 정확하지 않음을 알 수 있지만 병변을 알아내는데 있어서는 판독자 A, B 각각 81.1%와 83.2%의 높은 민감도를 보였다. 혈관분절별로 보면 I군에서는 좁아짐과 협착을 잘 구별할 수 있었으나 II, III군에서는 정상과 폐색에 비해서 병변을 과평가하거나 저평가하는 경우가 많아 정확히 판단하지 못하는 경우가 있었다.

TOF 기법에는 몇 가지 잡상(artifact)이 있다 (8, 18). 접형동 근처에 있는 내경동맥의 일부는 정상혈관이 인위적으로 좁게 보인다거나 혹은 큰 자화율 경사(susceptibility gradient)에 의해 혈관이 없어진 것처럼 보인다. 또한 내경동맥 사이폰(carotid siphon)의 혈류 속도의 가속화와 와류현상에 의해 복셀내 탈위상화(intravoxel dephasing)가 일어나 혈관의 신호소실이 더욱 가속화 되어 해면동 주위의 내경동맥의 정확한 평가를 어렵게 한다. 또한 MIP 재구성기법 자체의 잡상이 생길 수 있는데 이러한 것도 주의 해야 할 사항중의 하나이다. Heiserman 등 (8)은 국소 협착을 알아내는데 있어서는 유용성이 감소한다고 보고하면서 접형동 근처의 저 혹은 과평가가 많은 경우에 있다고 하면서 이러한 잡상을 줄이기 위해 반향시간을 줄일수록 좋다고 하였다. 또한 와류(laminar flow)가 소실되어 복셀내 탈위상화(intravoxel dephasing)를 일으키는

경우로 대부분 혈관 분지근처에서 발생하여 국소협착과 관련된 신호 소실과 비슷한 양상을 보인다. 이러한 잡상도 반향시간과 관련이 있지만 반향시간을 짧게 하면 작은 혈관들을 평가하는데 어려움을 줄 수 있다 (17). 저자들의 경우에서도 이러한 잡상 때문에 판독 경험이 1년 미만인 평가자는 정상혈관을 비정상혈관으로 판독경험이 5년 이상인 평가자는 혈관 폐색의 등급결정에 있어서 저평가를 하였는데 이는 Korogi등 (20)의 결과와 일치되어 앞으로 이러한 잡상을 제거하는 것이 혈관을 정확히 평가하는 데 중요할 것이다.

비교적 직경이 큰 혈관들 외에 점점 더 작은 혈관들을 평가하려는 노력이 진행되고 있어 앞으로 MRA의 유용성은 점차 증가하고 있다 (19, 21-23). 이 연구에서는 아주 미세한 혈관들을 평가하지 못하고 비교적 큰 혈관들만 평가하였는데 전, 중대뇌동맥의 윌리씨 순환계만 평가하였던 III군에서도 높은 민감도를 보였으나 이 부분은 아직도 많은 연구가 뒤따라야겠다.

결론적으로 e3D-TOF MRA는 두개내 폐쇄성 혈관 질환을 진단하는데 있어서 CA와 비교하여 수분이내에 두개내 혈관을 평가할 수 있어 빠르고 비침습적이며, 경험의 다소에도 불구하고 진단율이 높고, 판독자간의 일치도가 높은 효과적인 혈관 조영 기법이다.

참 고 문 헌

1. Wolpert SM and Caplan LR. Current role of cerebral angiography in the diagnosis of cerebrovascular diseases. *AJR* 1992;159:191-197
2. Warach S, Li W, and Ronthal M, et al. Acute cerebral ischemia: evaluation with dynamic contrast-enhanced MR imaging and MR angiography. *Radiology* 1992;182:41-47
3. Yamada I, Matsushima Y, Suzuki S. Moyamoya disease: diagnosis with three-dimensional time-of-flight MR angiography. *Radiology* 1992;184:773-778
4. Heiserman JH, Drayer BP, Keller PJ, et al. Intracranial vascular stenosis and occlusion: evaluation with three-dimensional time-of-flight MR angiography. *Radiology* 1992;185: 667-673
5. 김아영, 최혜영, 정은철등. 뇌경색환자에서의자기공명영상및자기공명혈관조영술소견간의비교. *대한방사선의학회지* 1996;34: 345-350
6. 문웅재, 김준호, 서정진등. 뇌경색환자의예후평가에서의자기공명촬영술의유용성. *대한방사선의학회지*1994;31:607-613
7. Stock KW, Radue EW, Jacob AL, et al. Intracranial arteries: prospective blinded comparative study of MR angiography and DSA in 50 patients. *Radiology* 1995;195:451-456
8. Blatter DD, Parker DL, Robison RO, et al. Cerebral MR angiography with multiple overlapping thin slab acquisition. part I. qualitative analysis of vessel visibility. *Radiology* 1991;179:805-811
9. Blatter DD, Parker DL, Ahn SS, et al. Cerebral MR angiography with multiple overlapping thin slab acquisition. part II. Early clinical experience. *Radiology* 1992;183:379-389
10. Davis WL, Warnock SH, Harnsberger HR, et al. Intracranial MR angiography: single volume vs. multiple thin slabs 3D time-of-flight acquisition. *J Comput Assist Tomogr* 1993;17:15-21
11. Davis WL, Blatter DD, Harnsberger HR, et al. Intracranial MR angiography: comparison of single-volume three-dimensional time-of-flight and multiple overlapping thin slab acquisition technique. *AJR* 1994;163:915-920
12. Edelman RR, Ahn SS, Chien D, et al. Improved time-of-flight MR angiography of the brain with magnetization transfer contrast. *Radiology* 1992;184:395-399
13. Lin W, Tkack JA, Haacke EM, et al. Intracranial MR angiography: application of magnetization transfer contrast and fat saturation to short gradient-echo, velocity-compensated sequence. *Radiology* 1993;186:753-761
14. Atkinson D, Brant-Zawadzki M, Gillan G, et al. Improved MR angiography: magnetization transfer suppression with variable flip angle excitation and increased resolution. *Radiology* 1994;190:890-894
15. Furst G, Hofer M, Steinmetz H, et al. Intracranial stenoocclusive disease: MR angiography with magnetization transfer and variable flip angle. *AJNR* 1996;17:1749-1757
16. Huston III J, Ebman RL. Comparison of time-of-flight and phase-contrast MR neuroangiographic technique. *RadioGraphics* 1993; 13:5-19
17. Schmalbrock P, Yuan C, and Shakeres DW, et al. Volume MR angiography: methods to achieve very short echo times. *Radiology* 1990;175: 861-865
18. Korogi Y, Takahashi M, Mabuchi N, et al. Intracranial vascular stenosis and occlusion: diagnosis accuracy of three-dimensional, Fourier transform, time-of-flight MR angiography. *Radiology* 1994; 193:187-193
19. Yamada I, Suzuki S, Matsushima Y. Moyamoya disease: comparison of assessment with MR angiography and MR imaging versus conventional angiography. *Radiology* 1995;196:211-218
20. Korogi Y, Takahashi M, Nakagawa T, et al. Intracranial vascular stenosis and occlusion: MR angiographic findings. *AJNR* 1997;18: 135-143
21. Gillard JH, Oliverio PJ, Barker PB, et al. MR angiography in acute cerebral ischemia of the anterior circulation: a preliminary report. *AJNR* 1997;18:343-350
22. Krabbe-Hartkamp MJ, van der Grond J, de Leeuw FE, et al. Circle of Willis: morphologic variation on three-dimensional time-of-flight MR angiograms. *Radiology* 1998;207:103-111
23. Stock KW, Wetzel S, Kirsch E, Bongartz G, Steinbrich W, Radue EW. Anatomic evaluation of the circle of Willis: MR angiography versus intraarterial digital subtraction angiography. *AJNR* 1996;17: 1495-1499

J Korean Radiol Soc 2000;42:575-583

The Usefulness of Enhanced 3D-TOF MR Angiography in the Patients with Cerebral Infarction: Comparison with Conventional Angiography[1]

Nam-Kyu Jang, M.D., Jeong-Jin Seo, M.D., Tae-Woong Chung, M.D., Gwang-Woo Jeong, Ph.D., Jae-Kyu Kim, M.D., Heoung-Keun Kang, M.D., Ki-Hyun Cho, M.D.[2]

[1]*Department of Radiology, Chonnam University Medical School, Research Institute of Radiological Medical Imaging*
[2]*Department of Neurology, Chonnam University Medical School*

Purpose: The aim of this study was to compare the usefulness of enhanced 3D-TOF MR angiography with that of the conventional kind in patients with cerebral ischemic symptoms and to determine the difference between radiologists who have interpreted MR angiograms for less than one year and for more than five years.

Materials and Methods: Seventy-three patients with clinical symptoms of cerebral ischemic infarction who had undergone conventional angiography MR imaging and MR angiography were involved in this study. On the basis of divisions of the internal carotid artery, three groups were designated: Group I, from the bifurcation of the common carotid artery to the bifurcation of the internal carotid; Group II, from the bifurcation of the internal carotid to the bifurcation of the anterior and middle cerebral artery; Group III, the anterior and middle cerebral artery segments distal to their branching. Two radiologists, one who had interpreted MR angiographic findings for less than one year, and the other for more than 5 years, retrospectively reviewed the findings and graded them according to the degree of vascular stenosis. k statistics were used to measure agreement between the two readers and to compare their techniques. Sensitivity and specificity were calculated only if there were abnormal vascular findings.

Results: A total of 438 arteries, 146 in each group, were available. In Group I, agreement between CA and MRA was high; k was 0.538 in reader A and 0.687 in reader B and there was close agreement between the readers(κ = 0.621). For reader A, sensitivity was 82.4% and specificity was 77.7%, while for reader B, the figures were 88.2% and 87.2%, respectively. In Group II, agreement between CA and MRA was high; k was 0.508 for reader A and 0.566 for reader B and again there was close agreement between the two readers(k = 0.622). Reader A showed a sensitivity of 88.2% and a specificity of 73.7%, while for reader B, the corresponding figures were 68.2% and 81.8%. In Group III, agreement between CA and MRA was high; k was 0.508 in reader A and 0.566 in reader B and there was close agreement between (k = 0.622). For reader A, sensitivity was 50.0% and specificity was 77.6%, while for reader B, the corresponding figures were 40% and 89.7%. Overall, in total of 438 arteries, there was good agreement between each reader (k = 0.662). Reader A showed a sensitivity of 81.1% and a specificity of 76.4%, and for reader B, the figures were 83.2% and 86.4%, respectively.

Conclusions: For the evaluation of intracranial vascular disease, e3D-TOF MRA is faster and less invasive than conventional angiography. Regardless of the reader's experience, it shows high sensitivity and there is close agreement between the readers involved. It is thus a useful method for the evaluation of steno-occlusive lesions in patients with cerebral infarction.

Index words : Magnetic resonance (MR), vascular studies
Cerebral blood vessels, diseases
Cerebral angiography, technology

Address reprint requests to : Jeong-Jin Seo, M.D., Department of Radiology, Chonnam University Medical School
8, Hak-dong, Dong-ku, Kwangju, 501-757 Korea.
Tel. 82-62-220-5745 Fax. 82-62-226-4380

2000년도 대한방사선의학회 중요행사 일정 (II)

대 회 명	일 정		장 소
	내 용	일 정	
전공의 평가고사	2000년도 전공의 평가고사	00. 5. 27(토) 14:00-예정	전국 7개 지역
	사전등록마감	00. 4. 29(토)	학회 사무국
한일학회 및 전문의 연수교육	제11차 한일학회 및 제22차 전문의연수교육	00. 6. 9(금)-10(토)	제주KAL호텔
	초록마감 사전등록마감 의료기기 전시 신청마감	00. 3. 31(금) 00. 4. 29(토) 00. 4. 29(토)	학회 사무국
	2001년도 Scholarship 신청 마감	00. 7. 31(월)	국제협력위원회
장학생 선발 공모	2001년도 Fellowship 신청 마감	00. 7. 31(월)	국제협력위원회
2001년도 학술일정 제출 마감	지회, 연구회 2001년도 학술일정 제출 마감	00. 9. 30(토)	학회 사무국
	제56차 학술대회 및 총회	00. 10. 26(목)-10. 28(토)	호텔롯데월드
제56차 학술대회 및 총회	초록마감 의료기기 전시참가 신청마감 사전등록마감	00. 7. 31(월) 00. 7. 31(월) 00. 9. 15(금)	학회 사무국
대한자기공명의과학회	대한자기공명의과학회 추계학술대회	00. 11. 4(토)	미정
추계학술대회	86th RSNA(북미방사선의학회)	00. 11. 26(일)-12. 1(금)	Chicago, USA
86th RSNA Imaging Conference	흉부 방사선과학	00. 1. 19(수) 18:00-	삼성의료원 대강당(예정)
	소화기 방사선과학	00. 2. 16(수) 〃	〃
	신경 방사선과학	00. 3. 15(수) 〃	〃
	근, 골격 방사선과학	00. 4. 19(수) 〃	〃
	중재적 방사선과학	00. 5. 17(수) 〃	〃
	소아 방사선과학	00. 6. 21(수) 〃	〃
	비뇨생식기 방사선과학	00. 7. 19(수) 〃	〃
	심장 방사선과학	00. 8. 16(수) 〃	〃
	유방 방사선과학	00. 9. 20(수) 〃	〃
	흉부 방사선과학	00. 10. 18(수) 〃	〃
	소화기 방사선과학	00. 11. 15(수) 〃	〃
	신경 방사선과학	00. 12. 20(수) 〃	〃