대한방사선의학회지 2001;44:317 - 323

경동맥 3차원 조영증강 자기공명혈관조영술에서 시험 조영제 주입법의 유용성[1]

박범진 · 김명규[2] · 서상일 · 홍석주 · 조규란 · 서보경 · 이기열[2] · 이남준 · 김정혁

목적: 시험 조영제 주입방법을 이용하였을 때, 고정 지연시간을 사용한 경우와 비교하여 경동맥 조영증강 자기공명혈관조영술의 화질을 향상시킬 수 있는지 알아보고자 하였다.

대상과 방법: 경동맥 질환이 의심되는 환자를 임의로 60명(남:여=30:30, 평균 60.1세)을 추출하여 고정 지연시간을 이용한 군(30예, A군)과 시험 조영제 주입방법을 사용한 군(30예, B군)으로 나누어 경동맥 조영증강 자기공명혈관조영술을 시행하였다. 오른쪽 전주정맥을 통한 조영제 수동주입방식을 이용하였고, 고정 지연시간은 일괄적으로 5초 지연시간 후 시행하였으며, 시험 조영제 주입방법은 1 mL 조영제 주입 후 얻어진 경동맥의 신호강도 - 시간곡선을 통해 계산된 지연시간으로 시행하였다. 이 방법들을 통해 얻어진 영상들의 화질을 정성적, 정량적으로 분석하였다. 전체적인 영상의 화질을 excellent, good, moderate, poor의 4등급으로 분류하였고, 다른 정성적 분석방법으로 경동맥 영상의 경정맥 영상과의 혼재도와 판별력에 따라 4등급으로 구분하였다. 자료의 객관화를 위한 정량적 방법으로 두 군의 경동맥 대 경정맥의 대조도 대 잡음비를 계산한 후 비교하였다.

결과: 시험 조영제 주입방법을 이용한 군(B군)에서 전체적인 영상의 화질은 총 30예 중 excellent등급과 good등급이 각각 23예(76.7%)와 5예(16.7%)를 차지하였고, 고정 지연시간을 이용한 군(A군)에서는 총 30예 중 각각 13예(43.3%)와 9예(30.0%)를 차지하여, 이는 통계적으로 유의하게 두 군간의 차이가 있었다(p<0.05). 경정맥 영상과의 혼재도와 판별력에 따른 분류에서도 시험 조영제 주입방법을 이용한 군에서의 영상은 4등급과 3등급이 30예 중 28예(93.3%)인데 반하여, 고정 지연시간을 이용한 영상은 20예(66.7%)에 불과하였다(p<0.05). 경동맥 대 경정맥의 대조도 대 잡음비에 대한 정량적 분석은 A군에서 27.3±17.8, B군에서는 67.1±16.1로써 통계적으로 의미 있게 시험 조영제 주입방법을 사용한 군에서 높았다(p<0.05).

결론: 시험 조영제 주입방법에 의한 영상이 기존의 고정 지연시간에 의한 영상에 비해 우수한 화질을 나타내므로 경동맥 질환이 의심되는 환자의 선별검사로서 조영증강 자기공명혈관조영술을 시행할 때, 시험 조영제 주입방법을 사용하는 것이 유용할 것으로 생각한다.

뇌 허혈성질환의 주요원인중의 하나인 경동맥의 동맥경화성 협착을 평가하는 방법으로 뇌 혈관조영술이 현재 가장 기본적인 방법으로 사용하고 있다. 비침습적 검사방법으로는 경동맥의 듀플렉스 초음파(duplex ultrasonography)가 가장 널리 쓰이고 있다 (1, 2). 그러나 이 방법은 경동맥의 경부구획(cervical segment)만을 검사할 수 있고, 심한 협착에 의한 매우 느린 혈행(very slow blood flow)과 폐색(occlusion)사이의 구분은 현재까지는 매우 힘들거나 불가능한 상태이다. 경동맥을 검사할 수 있는 또 다른 비 침습적 검사방법으로 자기공명 혈관조영술(MR angiography, 이하 MRA)을 이용할 수 있다. MRA는 크게 유체속도 강조기법(time of flight sequence: TOF)과 위상차대조기법(phased contrast sequence: PC)을 이용하여 혈류를 영상화하는데 이러한 방식들은 정상 혈류를 가진 혈관들은 성공적으로 영상화가 가능하였으나 심한 경동맥 협착 및 협착후부 혈류에 대한 영상화는 임상적으로 유용한 결과를 보이지 못하였다 (3 - 6). 이러한 단점을 극복하기 위해, 조영증강 MRA가 Prince 등에 의해 소개된 이후로 혈관 협착 정도 및 혈류에 대한 평가에 광범위하게 그 영역을 넓혀 나가고 있다 (7 - 10). 이 기법은 상자성(paramagnetic) 조영제를 혈관에 주입하고 영상획득을 하는 방법으로 혈관 내 조영제에 의한 T1 단축효과를 이용한다. 삼차원 조영증강 MRA

[1]고려대학교 의과대학 진단방사선과학교실
[2]인제의대 상계백병원 방사선과
이 논문은 2000년 5월 31일 접수하여 2001년 2월 12일에 채택되었음.

는 혈관의 대조도를 높이고 신호 대 잡음비(signal to noise ratio)를 향상시킴으로서 기존의 이차원 유체속도 강조기법에 의한 유동인공물(flow artifact)과 맥박에 의한 제한을 줄여왔다. 조영증강 MRA는 경동맥에서 시행하여 현재 임상적으로 유용하게 사용되고 있으나 경동맥 조영증강 MRA의 가장 큰 단점은 가끔 경정맥이 조영증강되어 영상의 질을 심각하게 저하시킨다는 점이다.

저자들은 경동맥 조영증강 MRA에서 시험 조영제 주입을 사용하여 경정맥이 조영증강되지 않은 경동맥 조영증강 MRA를 얻는 방법을 제시하고 일정기간동안 이 방법으로 영상을 얻어 기존의 고정 지연시간을 이용한 경우와 비교하여 좀 더 우수한 영상을 얻을 수 있는 지를 평가하고자 하였다.

대상과 방법

1997년 11월부터 1999년 3월까지 임상적으로 경동맥질환이 의심되어 경동맥 조영증강 MRA를 시행한 60명의 환자를 대상으로 하였다. 1997년 11월부터 첫 9개월 동안 30명을 임의로 추출하여 고정된 지연시간을 이용하여 검사를 시행하였고, 나머지 8개월 동안 역시 임의로 30명을 추출하여 한 사람의 시술자에 의해 시험 조영제 주입방법을 이용하여 검사를 시행하였다. 남녀 동수였으며 나이는 27세에서 78세까지 평균 60.1세였고 두 군 간에 인구 인류학적 차이점은 없었다.

영상방법

주입속도의 편차를 없애기 위해 조영제의 주입은 일률적으로 오른쪽 전주정맥에 20게이지의 정맥관을 확보한 후 한 명의 방사선과의사가 시행하였고, 경동맥 조영증강 MRA를 시행할 때 조영제는 gadopentetate dimeglumine (Magnevist, Schering, Berlin, Germany)를 모든 검사에서 사용하였고 0.2 mmol/kg의 조영제를 4 mL/sec의 속도로 수동 주입하였다. A군에서는 본원에서 일반화되어있는 방식인 고정 지연시간을 이용한 방법으로 조영제주입 후 5초 뒤에 1초 간격으로 9초씩 3개의 연속적인 영상획득을 얻는 경동맥 조영증강 MRA를 시행하였다 (14).

시험 조영제 주입방법은 우선 시험 조영제 주입 후 얻어진 신호강도 대 시간곡선을 통해 지연시간을 구한 후 경동맥 조영증강 MRA를 시행하는 방법으로 이 방법을 이용한 군을 B군으로 하였다. 시험 조영제주입은 1 mL의 조영제 주입 직후 20 mL 생리식염수를 초당 4 mL정도의 일률적인 속도로 일시에 조영제의 전량이 정맥 내로 주입되도록 하였다. 이와 동시에 경동맥 분지 바로 아래에서 turbo-FLASH sequence (TR/TE/TI=8.5/4.0/100 ms, 숙임각 10°, 절편두께 10 mm)를 이용하여 1 초 간격으로 60초동안 역동적 축상면 연속영상을 얻었다. 60개의 영상에서 경동맥 분지하부의 내부에 관심영역(ROI=region of interest, area=0.2 cm^2)의 cursor를 위치시킨 후 기계회사에서 제공한 소프트웨어를 이용하여 경동맥의 시간-신호강도 곡선을 얻었다 (Fig. 1). 이 곡선에서 조영제 주입 시작부터 최고 동맥 조영증강에 도달하는 순환시

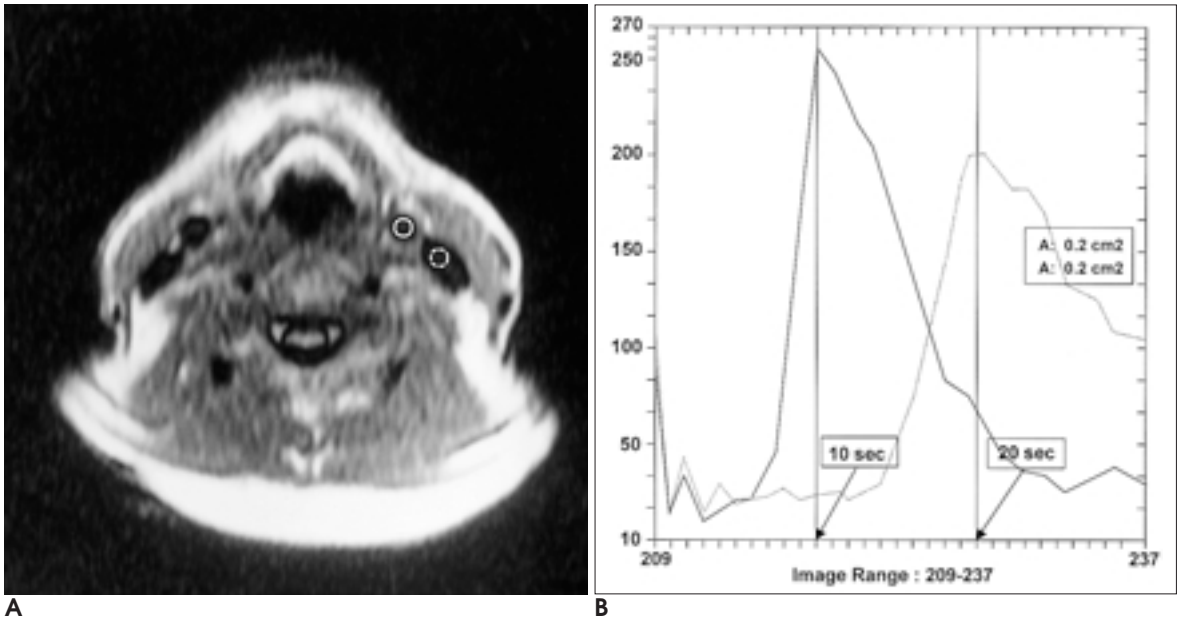

Fig. 1. Test examination with 1mL bolus of gadopentetate dimeglumine and TurboFLASH sequence(8.5/4.0/100, 10 °flip angle).
A. A typical timing image was obtained to calculate the appropriate delay time between the start of contrast agent injection and the start of MR angiographic imaging. The cursor of ROI(region of interest, area = 0.2 cm^2) was located in carotid bulb and jugular vein for plotting of change of the signal intensity to the time.
B. Signal intensity-versus-time curve for calculating transit time of contrast agent. In this case, the peak contrast enhancement of carotid artery was occurred at 10sec with a 10sec cranial circulation time (X axis denotes the image number of timing examination and Y axis denotes the signal intensity in arbitary units, solid line; carotid artery, broken line; jugular vein).

간(transit time)을 기록하였다. 이 순환시간을 경동맥 조영증강 MRA에서 영상획득 지연시간을 결정하기 위해 사용하였다. 영상획득의 지연시간은 다음과 같은 식을 사용하여 계산하였다.

Imaging delay time = transit time + infusion time/2 - (imaging time/2)

1.5T 초전도형 자기공명영상기기(Magnetom Vision, Siemens AG, Erlangen, Germany)를 이용하였고, 경동맥영상을 얻기 위해 CP Neck Array 코일을 사용하여 경동맥의 분지위치가 중심에 오도록 하였다. 경동맥 조영증강 MRA는 3차원 FLASH 영상(TR/TE=3.2/1.1 msec, 숙임각 35°, 행렬(Matrix) 96×160, 영상범위 195×260 mm, 판 두께 80 mm)을 관상면으로 1초 간격으로 각 9초씩 연속하여 3개의 영상을 얻었다. 관상면으로 재구성된 영상을 좌측 90°에서 우측 90°까지 15°간격으로 총 13개의 영상을 최대강도투사(Maximal intensity projection: MIP)를 통해 표시하였으며 이를 이용하여 영상의 화질을 평가하였다.

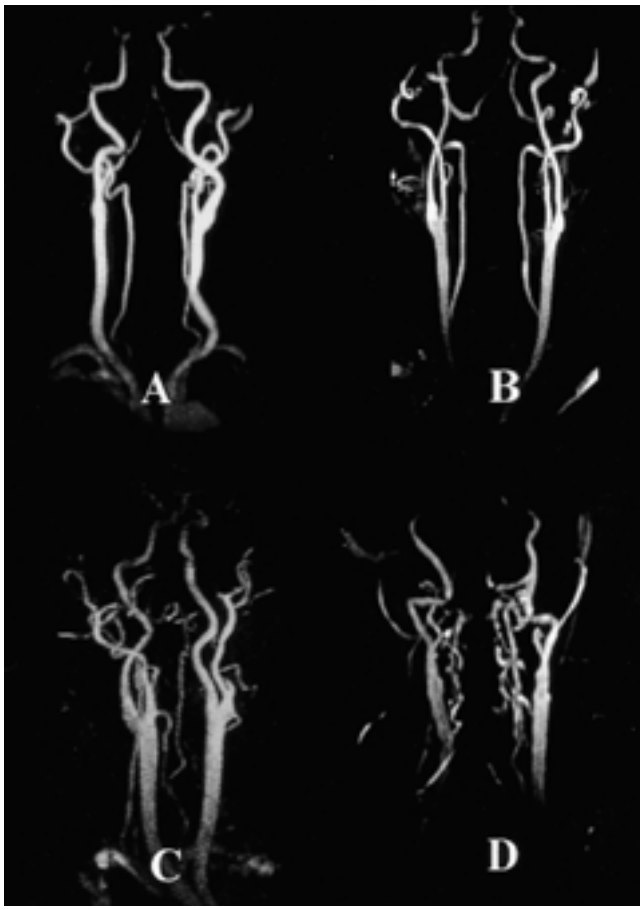

Fig. 2. The grading of the image quality of three-dimensional contrast-enhanced carotid MRA. Four gradings were performed according to homogeneity of signal intensity, uniform distribution and brightness. A. Excellent, B. Good, C. Moderate, D. Poor.

영상분석

재구성된 조영증강 MRA는 두 명의 방사선과의사에 의해, 대상환자들에 대한 임상정보가 주어지지 않은 상태에서 각각 독립적으로 그리고 두 가지의 정성적 방법으로 분석하였다. 먼저 전체적인 영상의 화질을 경동맥의 명확성, 신호강도의 균일성에 따라 4단계로 구분하였다. 경동맥이 주변과 경계가 명확하고 균일한 신호강도를 보일 때 ' excellent ', 영상의 질은 상위등급(excellent)보다 약간 떨어지지만 판독에는 지장을 초래하지 않을 경우 ' good ', 명확도가 떨어지거나 신호강도가 불균등하여 판독에 지장을 초래할 경우 ' moderate ', 그리고 판독에 어려움을 겪을 정도로 영상의 질이 떨어질 경우 ' poor ' 로 단계를 나누었다 (Fig. 2). 두 번째 정성적 방법으로 판독에 영향을 줄 수 있는 요인인 경정맥의 조영증강에 따라 Grade VI에서 I까지 분류하였다. ' Grade VI '는 경정맥이 전혀 조영증강 되지 않고 경동맥만 보일 때, 희미하게 경정맥이 보일 때 ' Grade III ', 경정맥이 현저히 보일 때 ' Grade II ', 그리고 경정맥에 의해 경동맥의 판별력이 떨어져서 판독에 방해를 받을 때 ' Grade I '으로 하였다 (Fig. 3). 앞서의 2가지 방법에 의한 분석은 관찰자의 주관에 따라 객관성이 결여 될 수 있으므로, 자료의 객관화를 위한 정량적 방법으로 경동맥구와, 같은 위치의 경정맥에 관심영역(ROI= region of interest, area=0.2 cm^2)을 그리고, 신호강도를 각각 구하여 경동맥 대 경정맥의 대조도 대 잡음비(contrast to noise ratio)를 다음과 같은 식을 통해 정량화 한 후 두 군간의 차이를 통계 처리하였다.

$CNR(Contrast\ to\ Noise) = (SI_A - SI_V) / BN_{SD}$
SI_A = Signal Intensity of carotid a. in carotid bulb
SI_B = Signal Intensity of internal jugular v.
BN_{SD} = Back ground noise standard deviation

저자들은 전체적인 영상의 화질과, 경동맥의 경정맥 영상과의 분별력의 척도는 전체적인 영상의 화질에선 excellent와 good등급이, 경동맥의 경정맥 영상과의 분별력은 Grade IV와 III가 전체에서 차지하는 비중이라고 생각하고 통계처리는 상기사항에 대한 두 군간의 차이로 시행하였으며 Chi - square test를 이용하였고, p value 0.05이하를 통계적으로 유의한 것으로 판정하였다. 또한 결과의 객관화를 의해 측정한 대조도 대 잡음비는 Student t - test를 이용하여 검정하였다.

결 과

고정 지연시간 및 시험 조영제 주입방법을 이용하여 시행한 경동맥 조영증강 MRA 60 예 중 7 예(Group A: 3예, Group B: 4예)에서 경동맥 협착 또는 폐색이 발견되었고 모두 조영제에 의한 부작용 없이 성공적으로 시행되었으며, 시험 조영제주입방법을 시행한 전 예에서 조영제 주입부위와 영상화 부위간에 이행시간을 어려움 없이 구할 수 있었다. 시험 조영제 주입을 한 후 지연시간을 도출하는데 소요된 시간은 약 5 - 7 분이었다. 신호강도 - 시간곡선과 계산식을 통해 구해진 지연시

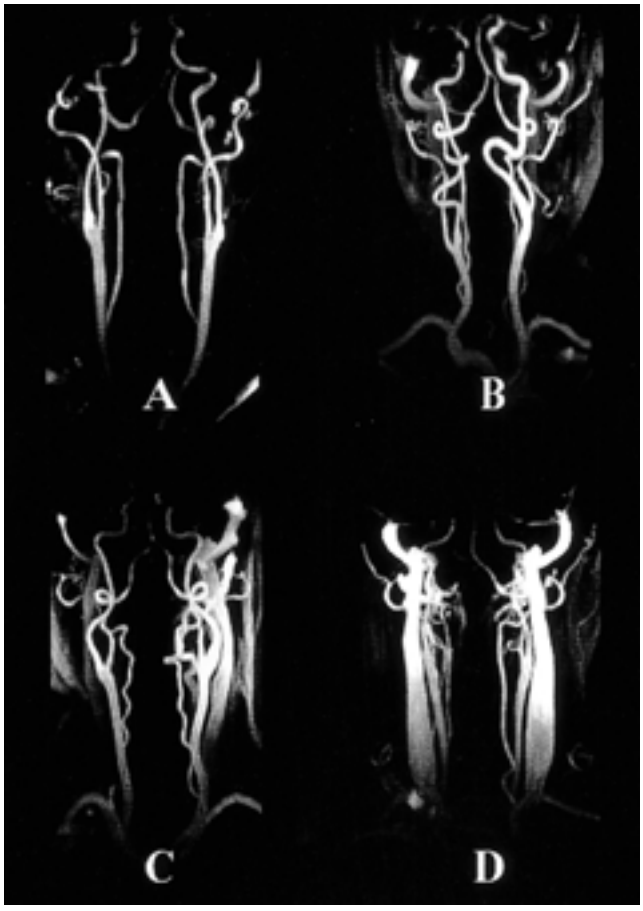

Fig. 3. The grading of the discrimination of the arterial phase from the venous phase on three dimensional contrast enhanced carotid MRA.
A. Grade IV; Visualization of carotid artery, only.
B. Grade III; Visualization of carotid artery and subtle jugular venous enhancement.
C. Grade II; Visualization of carotid artery and prominent jugular venous enhancement.
D. Grade I; Obscuring of carotid artery by marked jugular venous enhancement.

간은 최단 0초에서 최장 12초로 평균 4.2초였고, 고정 지연시간과 일치하는 5초의 지연시간을 이용한 경우는 30 예 중 단 3 예에 불과하였다.

경동맥의 명확성, 신호강도의 균일성에 따라 구분된 전체적인 영상의 화질에 있어서 excellent와 good 등급은 고식적인 방법인 고정 지연시간을 이용한 경우(A군)는 총 30예 중 각각 13예(43.3%)와 9예(30.0%)였고 시험 조영제주입방법을 사용한 경우(B군)는 23예(76.7%)와 5예(16.7%)로써 두 군간에 유의한 차이를 보였다 (Table 1). 또한 경정맥의 조영증강에 따른 구분으로 정의된 등급에서는 판독에 지장을 주지 않는 Grade VI과 III가, A군에서는 20예(66.7%)였고 B군에서는 28예로써 93.3%에 달하였다 (Table 2). 특히 경동맥과의 판별력이 현저히 떨어져서 판독에 영향을 미치는 Grade I의 경우 B군에서는에서는 1 예도 발견되지 않았다. 결과적으로 전체적인 영상의 질 ($p<0.05$)과 경정맥과의 분별력

Table 1. Image Quality of Carotid Artery on Ultrafast Contrast-Enhanced MR Angiography

	Excellent	Good	Moderate	Poor
Group A* (n=30)	13(43.3%)	9(30.0%)	5(16.6%)	3(10.0%)
Group B† (n=30)	23(76.7%)	5(16.7%)	2(6.6%)	0(0%)

*, Group using fixed delay time
†, Group using delay time of test bolus examination

Table 2. Image Discrimination of Carotid Artery from Jugular Vein on Ultrafast Contrast-Enhanced MR Angiography

	IV	III	II	I
Group A* (n=30)	14(46.7%)	6(20.0%)	6(20.0%)	4(13.3%)
Group B† (n=30)	27(90.0%)	1(3.3%)	2(6.6%)	0(0%)

*, Group using fixed delay time
†, Group using delay time of test bolus examination

($p<0.05$)에 있어서 두 군간에 통계적으로 유의한 차이를 보였다.

결과의 객관화를 위해 측정한 대조도 대 잡음비에 대한 정량적 분석은 양자의 경동맥구에서 측정한 결과, 대조도 대 잡음비 범위(평균±표준편차)는 고식적 방법을 사용한 경우 27.3±17.8이었고, 시험 조영제 주입방법을 사용 시 67.1±16.1로 시험 조영제 주입방법을 사용한 경우에서 통계학적으로 의미있게 높았다 ($p<0.05$).

고 찰

기존의 연구에서는 2차원 및 3차원 유체속도강조, 3D 위상차대조 등의 기법을 이용한 MRA를 경동맥의 평가에 주로 이용하였다 (3-6). 이 기법들은 혈관조영(vascular contrast)을 혈류의 흐름에 의존하기 때문에 정상혈관의 검사에는 유용하게 사용할 수 있었으나 휘어지거나 협착이 심한, 정상 혈류를 갖지 않는 혈관에서는 부적절한 결과를 자주 초래하였다 (11). 협착부위의 난류(turbulence), 뒤틀린 혈관의 in-plane saturation 및 느린 혈류에 의한 포화(slow-flow saturation)등이 신호소실을 일으켜 MRA에서 가장 쉽게 접하는 인공물 및 함정의 주요원인이었다. 이후 혈류에 의존하여 혈관의 신호강도를 만드는 기존의 MRA와 달리 혈류에 비교적 독립적이며 혈관내 조영제를 이용하여 영상을 만드는 조영증강 3차원 MRA가 임상적으로 사용하게되었다 (7-11). 이 기법은 정맥을 통하여 가돌리늄 계통의 조영제를 주입하여 혈액내의 상자성 조영제에 의한 T1 단축을 이용한다. 조영증강 MRA는 더 이상 혈류에 의존하여 영상을 만들지 않으므로 in-plane saturation등과 같은 인공물을 없앨 수 있어 영상의 화질이 개선되고 또한 3차원 경사에코 영상을 이용하여 높은 공간분해능, 빠른 영상획득속도, 그리고 높은 신호 대 잡음비등을 얻을 수 있다. 초기의 조영증강 3차원 MRA는 3분 내지 5분의 영상획득시간으로 검사하였기 때문에 흉부 및 복부 대동맥의 혈관질환

의 선별검사에 주로 사용되었다. 이론적으로는 뇌혈관을 통한 조영제의 이행시간이 너무 빠르고 혈관 - 뇌 장벽(blood brain barrier)이 조영제의 추출을 방해하므로 동맥기의 조영증강 MRA를 얻기는 불가능한 것으로 생각하였다(12). 그 후 향상된 performance gradient가 개발됨에 따라 영상획득시간을 3 - 5분에서 30초 이내로 단축시킬 수 있어 호흡정지동안 영상획득을 할 수 있는 초고속 조영증강 MRA가 가능해졌다. 또한 최근의 보고에 의하면 3차원 MRA의 영상획득시간을 조영제 주입 후 경동맥과 경정맥의 신호강도 차이가 최대가 되는 시점으로 맞추어 영상획득을 하면 선택적으로 경동맥의 동맥기의 조영증강 MRA를 얻을 수 있다고 하고 있다(13). 이런 여러 노력의 결과로 경동맥에서 동맥기 조영증강 3차원 MRA를 얻을 수 있게되어 경동맥 조영증강 3차원 MRA는 여러 영상기관(imaging center)에서 경동맥 질환의 유용한 선별검사로 쓰이고있다 (14, 15).

경동맥 조영증강 3차원 MRA의 가장 큰 문제점은 경동맥에서 경정맥까지 이행시간이 10초 정도밖에 되지 않아 초래되는 경정맥의 조영증강이다 (16). 경정맥이 조영증강이 되면 경동맥을 가리게되어 영상판독에 많은 지장을 준다. 이 문제를 해결하는 방법은 먼저 5 - 10초의 간격으로 연속적으로 영상획득을 하는 time resolved data set방법이 있다. 또 다른 방법으로는 시험주입을 통한 영상획득시간의 결정방법이다. 시험주입을 이용하는 방법은 보다 나은 공간분해능을 제공한다는 장점을 갖고 있다. 저자들은 time resolved data set로 영상획득을 하였으나 경정맥이 조영 증강되어 영상판독에 지장을 받는 경우를 가끔 경험하여 시험주입을 통한 영상획득시간의 결정방법을 시행하게 되었다. 보편적으로 사용하고 있는 고정 지연시간에 의한 조영증강 MRA는 각 환자들의 연령차이 그리고 병력차이에 의한 다양한 심박출량, 혈행장애를 일으킬 수 있는 동맥류나 혈관협착, 조영제를 주입한 말초 혈관의 내경과 조건의 차이 등에 의해서 경동맥에 조영제의 도달시간이 다양하게되어 적절히 조영되지 않는 경우가 있고, 뇌내 혈액순환시간의 다변성에 의해 경정맥과 혼재되는 경우도 있었다. 이론적으로 혈관조영은 혈관내 조영제의 농도가 가장 높은 시점에 영상획득의 중간지점, 즉 케이공간의 가운데 부분이 채워질 때 가장 최대에 도달하며, 그렇지 않을 경우 혈관이 불균등하게 조영되어 영상의 대조도를 떨어뜨린다 (17). 짧은 시간에 영상획득을 하는 조영증강 MRA의 경우 수초차이의 자료획득의 편차에 의해 영상의 질이 심각하게 떨어질 수 있으므로 저자들은 Earls 등이 사용한 시간결정검사의 개념을 사용하였다 (18). 저자들은 시간결정검사를 이용한 경동맥 3차원 조영증강 MRA를 시행하여 영상의 대조도를 높일 수 있을 뿐만 아니라 대부분의 경우에 경정맥이 조영증강 되지 않은 영상을 얻을 수 있었다. 본 연구에서는 임상적으로 중요하고 미세한 부분까지 세밀한 관찰이 요구되는 경동맥을 영상화하는데 있어 시험 조영제주입방법을 이용하여 최적의 경동맥 3차원 조영증강 MRA를 얻어 검사의 정확성을 높이고자 하였다. 현재까지 최적의 지연시간을 구하고자하는 연구에서 발표된 고정 지연시간을 사용한 검사에서는 경정맥과의 혼재나 보고자하는 혈관의 불균등한 조영 등의 단점을 피할 수 없었다. 이번 연구 결과에서도 시험 조영제주입방법을 통한 지연 시간은 최단 0초에서 최장 12초로 평균 4.2초였고, 고정 지연시간으로 정한 5초의 지연시간에 합당한 경우는 30예 중 단 3예에 불과하였다. 불특정다수의 환자 각 개인마다 다를 수 있는 뇌 혈액순환 속도, 심박출량, 나이와 혈관질환 유무에서 오는 편차들을 극복하기 위하여 임의적으로 고정된 시간에 영상을 얻는 대신에 미리 적절한 동맥기를 얻을 수 있는 시점을 알아내어 검사에 이용하는 방법을 사용하였다. 이러한 검사방법으로 얻어진 영상은 기존의 고식적인 방법에 의한 영상에 비해 경정맥과의 혼재도나 영상에 화질에 있어 객관적으로 뛰어났다.

또한 저자들은 오른쪽 전주정맥만을 통하여 조영제를 주입하였는데 반대편 전주정맥을 통해 조영제 주입시 일어날 수 있는 해부학적인 혈관의 경로에 의한 편차를 줄이고자 하였다 (19). 권 등이 지적한 바와 같이 조영제의 수동주입은 한 사람의 시술자에 의해 시행하여 좀 더 일관된 시술과 함께, 환자와의 직접적인 접촉을 통하여 안심을 시키면서 용이하게 시술을 시행하고자 하였다 (14).

시험 조영제 주입방법의 단점으로는 첫째, 조영제 수동주입을 여러 번 시행해야 하는 번거로움이 있으며 둘째, 전체적인 진행과정의 경과시간이 고정 지연시간을 사용했던 조영증강 MRA에 비해 시간이 약 5분 정도 더 소요됨으로써 부가적인 시간이 필요하고 셋째, 아주 적은 양이지만 미리 주입된 시험 조영제에 의해 배경조직의 조영증강 효과가 있다는 점등을 들 수 있으나 다소간의 상기와 같은 처리과정의 번거로움은 검사의 중요성을 고려해 볼 때 충분한 상쇄가 될 수 있고 실제적으로 시험 조영제에 의한 배경조직의 조영증강 효과는 영상판독에 거의 영향을 미치지 않을 만큼 미미하였다.

이 연구의 단점으로는 첫째, 평가대상으로 하였던 경동맥 3차원 조영증강 MRA가 선별검사로 시행되었던 경우로 대부분의 영상이 질환이 없는 정상인 경우가 많았으며 경동맥 협착이나 폐색 등의 질환을 갖고있는 경우는 드물었다. 따라서 경동맥 협착이나 폐색 등의 질환을 갖고 있는 환자를 대상으로 하여 전향적인 임상연구결과가 뒤따라야 한다고 본다. 둘째, 조영제의 수동주입을 들 수 있다. 저자들은 좀 더 일관된 시술을 위해 조영제의 수동주입을 한 사람의 시술자에 의해 시행하였으나 이는 현실적으로 매우 힘든 일로 생각된다. 수동주입하는 개인의 오차를 줄이기 위해서는 자동주입기를 사용하는 것이 좋으며 자동주입기를 사용함으로써 도관 크기에 상관없이 일정한 주입속도를 지킬 수 있고 생리 식염수 정주에 따른 시간오차를 줄일 수 있다.

결론적으로 경동맥 질환을 평가하고자 시행한 시험 조영제 주입방법을 이용한 경동맥의 조영증강 3차원 MRA는 기존의 고식적인 고정 지연시간을 사용했을 경우와 비교하여 경동맥의 명확성, 신호강도의 균일성에 따라 구분된 전체적인 영상의 화질과 경정맥과의 분별력이나 혼재도에 따른 구분에 있어 우수한 결과를 나타내었고 전체적인 진행과정에서 다소간의 복잡성은 피할 수 없었으나 검사의 중요성을 고려할 때 필요

할 것으로 생각한다.

참 고 문 헌

1. Polak JF. Role of duplex US as a screening test for carotid atherosclerotic disease: benenfit without cost? *Radiology* 1995;197:581-582
2. Derdeyn CP, Powers WJ, Moran CJ, Cross DT III, Allen BT. Role of Doppler US in screening for carotid artherosclerotic disease. *Radiology* 1995;197:635-643
3. Huston J III, Lewis BD, Wiebers DO, Meyer FB, Riederder SJ, Weaver AL. Carotid artery: prospective blinded comparison of two-dimensional time-of-flight MR angiography and duplex US. *Radiology* 1993;186:339-344
4. Vanninen RL, Manninen HI, Partanen PLK, Vainio PA, Soimakallio S. Carotid artery stenosis: clinical efficacy of MR phase-contrast flow quantification as an adjunct to MR angiography. *Radiology* 1995;194:459-467
5. De Marco JK, Nesbit JM, Wesbey GE, et al. Prospective evaluation of extracranial carotid stenosis: MR angiography with maximum-intensity projections and multiplanar reformation compared with conventional angiography. *AJR Am J Roentgenol* 1994;163:1205-1210
6. Blatter DD, Bahr AL, Parker DL, et al. Cervical carotid MR angiography with multiple overlapping thin slab acquisition: comparison with conventional angiography. *AJR Am J Roentgenol* 1993;161:1269-1277
7. Prince MR. Body MR angiography with gadolinium contrast agents. *Magn Reson Imaging Clin N Am* 1996;4:11-24
8. Krinsky GA, Rofsky RM, Flyer M, et al. Gadolinium enhanced three-dimensional MR angiography of acquired arch vessel disease. *AJR Am J Roentgenol* 1996;167:981-987
9. Leung DA, Makinnon GC, Davis CP, Pfammater T, Krestin GP, Debatin JF. Contrast-enhanced, three-dimensional MR angiography. *Radiology* 1996;200:569-571
10. 김명규, 오유환, 신규희, 정규병, 서원혁. 시험주입을 이용한 조영증강 3차원 초고속 폐 자기공명혈관조영술의 평가. *대한방사선의학회지* 1999;41:73-78
11. Lentschig ML, Reimer P, Rausch-Lentschig UL, Allkemper T, Oelerich M, Laub G. Breath-hold gadolinium-enhanced MR angiography of the major vessels at 1.0 T: dose-response findings and angiographic correlation. *Radiology* 1998;208:353-357
12. Prince MR. Gadolinium-enhanced MR aortography. *Radiology* 1994;191:155-164
13. Levy RA, Prince MR. Arterial-phase three-dimensional contrast-enhanced MR angiography of the carotid artery. *AJR Am J Roentgenol* 1996;167:211-215
14. 권우철, 정태섭, 주진양, Daisy Chien, Gerhard Laub. 경동맥의 초고속 조영증강 자기공명혈관조영술: 경동맥과 경정맥의 식판별에 대한 시간 조정변수의 최적화. *대한방사선의학회지* 1998;39:825-830
15. Remonda L, Heid O, Schroth G. Carotid artery stenosis, occlusion, and pseudo-occlusion: first-pass, gadolinium-enhanced, three-dimensional MR angiography-preliminary study. *Radiology* 1998;209:95-102
16. Wetzel S, Boos M, Bongartz G, Radu EW. Selection of patients for carotid thromboendarterectomy. *J Comput Assist Tomogr* 1999;23(Suppl.1): S91-S94
17. Mezrich R. Perspective on k space(tutorial). *Radiology* 1995;195:297-315
18. Earls JP, Rofsky NM, DeCorato DG, Krinsky GA, Weinreb JC. Breath-hold single-dose gadolinium-enhanced three dimensional MR aortography: usefulness of a timing examination and MR power injecter. *Radiology* 1996;201:705-710
19. Barmeir E, Tann M, Zur S, Braun J. Improving CT angiography of the carotid artery using the " right " arm. *AJR Am J Roentgenol* 1998;170:1657-1658

대한방사선의학회지 2001;44:317 - 323

J Korean Radiol Soc 2001;44:317 - 323

The Usefulness of Test Bolus Examination in Three-Dimensional Contrast-Enhanced MR Angiography of the Carotid Artery[1]

Bum Jin Park, M.D., Myung Gyu Kim, M.D.[2], Sang Il Suh, M.D., Suk Ju Hong, M.D.,
Kyu Ran Cho, M.D., Bo Kyeong Seo, M.D., Ki Yeol Lee, M.D.[2],
Nam Joon Lee, M.D., Jung Hyuk Kim, M.D.

[1]Department of Diagnostic Radiology, Korea University Hospital
[2]Department of Radiology, Sanggye Paik Hospital, Inje University

Purpose: To compare the usefulness of test bolus examination in three-dimensional contrast enhanced MR angiography of the carotid artery with that of the fixed delay time method.

Materials and Methods: Sixty consecutive patients (mean age, 60.1 years) in whom carotid arterial disease was suspected and who were examined during a 17-month period were divided into two equal groups. For group A, a fixed delay time of 5 secs was used, while for group B, the delay time of the test bolus examination was calculated from the signal intensity versus time curve of the carotid artery, obtained after the test injection of 1 ml contrast material into the right brachal vein. Overall image quality, discrimination between the arterial and the venous phase, and the contrast-to-noise ratio(CNR) of the carotid artery were compared between the two groups. Overall image quality was classified as excellent, good, moderate or poor, and discrimination between the two phases was graded IV-I according to the degree of jugular venous enhancement.

Results: In group A, overall image quality of the carotid artery was classified as excellent or good in 13 (43.3%) and 9 (30.0%) cases, respectively, while in group B the corresponding figures were 23 (76.7%) and 5 (16.7%). The differences between the two groups were statistically significant ($p < 0.05$). In terms of discrimination between the arterial and venous phase, 20 (66.7%) of the 30 cases in group A were assigned grade IV or III, while 28 (93.3%) of the 30 in group B were assigned these same grades ($p < 0.05$). The CNR of the carotid artery was higher in group B(67.1±16.1) than in group A(27.3±17.8), with statistical significance($p < 0.05$).

Conclusion: For examination of the carotid artery, contrast enhanced MR angiography using a test bolus is superior to the fixed delay time method.

Index words : Carotid arteries
Magnetic resonance (MR), vascular studies
Magnetic resonance (MR), contrast enhancement

Address reprint requests to : Myung Gyu Kim, M.D., Department of Radiology, Sanggye Paik Hospital, Inje University,
760-1 Sanggye-7dong, Nowon-gu, Seoul 139-707, Korea.
Tel. 82-2-950-1182 Fax. 82-2-950-1220 E-mail: mgkim@sanggyepaik.or.kr

대한방사선의학회 홈페이지

주소 : http://www.radiology.or.kr