대한방사선의학회지 2001;45:175 - 182

조영제를 이용한 다중시기 복부자기 공명 혈관 조영술에 있어서 디지털 감산 기법의 유용성[1]

이희중 · 염헌규 · 권재현 · 이상권 · 장용민 · 김용선 · 김용주 · 강덕식

목적: 복부 소화기계 혈관을 평가하기 위한 조영제를 이용한 다중시기 자기공명혈관 조영술(magnetic resonance angiography, 이하 MRA)에 있어서 디지털 감산 기법의 유용성에 대해 알아보려 하였다.

대상과 방법: 소화기계 질환으로 조영제를 이용한 복부 MRA를 시행한 25명의 환자를 대상으로 하였다. MRA는 1.5 - T MR 기기를 이용하여 3D turbo - FLASH 방법으로 시행하였다. 동맥기와 문맥기의 감산 MRA는 각각 동맥기 영상에서 비조영 영상, 문맥기 영상에서 동맥기 영상을 감산한 후 최대강도투사(maximum - intensity projection, 이하 MIP) 방법으로 3차원 재구성을 하여 얻었다. 감산과 비감산 MRA 간의 전체적인 영상의 질을 비교하였고 동맥기와 문맥기 MRA에서 정상 소화기계 혈관의 보이는 정도를 분지 서열을 기준으로 점수화 하여 비교 분석하였다. 또한 동맥의 이상분지와 문맥압 항진증 환자에서의 측부 혈관, 양성 혹은 악성 질환에 의해 폐쇄 또는 협착을 보인 비정상 문맥을 발견하는 정도를 함께 비교하였다.

결과: 주관적인 영상의 질은 동맥기와 문맥기 모두 감산과 비감산 MRA 간에 차이가 없었다 ($p>0.05$). 동맥기 감산 MRA에서 비감산 MRA에 비해 좌위동맥과 상장간막동맥의 보다 말초의 분지까지 볼 수 있었으며 전체 대상 동맥의 평균에서도 감산 MRA에서 더 말초의 혈관까지 보였다($p<0.05$). 문맥기 감산 MRA에서는 상장간막정맥($p<0.01$), 비정맥($p<0.05$), 좌간문맥($p<0.05$)에서 더 말초의 분지를 볼 수 있었으며 대상 정맥 전체의 평균에서도 더 말초 분지가 보였다 ($p<0.01$). 동맥의 이상분지가 있었던 5예, 문맥의 폐쇄 또는 종양 침범이 있었던 5예는 감산 및 비감산 MRA에서 모두 발견되었다. 총 6명의 환자에서 문맥계의 측부 혈관이 발견되었으며 감산 MRA에서는 17개의 측부 혈관이 발견되었으나 비감산 MRA에서는 7개의 측부 혈관만 발견되었다.

결론: 조영제를 이용한 복부 MRA에 있어서 감산 기법은 영상의 질 저하가 없으면서 동맥과 문맥계 혈관을 감산 기법을 사용하지 않은 경우 보다 더 세밀하게 영상화할 수 있으며 특히 문맥계의 측부 혈관의 발견에 우월하여 유용한 방법으로 생각된다.

복부 혈관에 대한 자기공명혈관조영술(magnetic resono - mce angiography, 이하 MRA)은 환자의 호흡이나 장기 자체의 운동성에 의한 인공물, 그리고 혈관 주행의 복잡성과 혈류속도의 다양성과 함께 문맥계라는 특수한 순환계가 존재하므로 조영제를 이용하지 않는 기존의 TOF(time - of - flight)나 PC(phase contrast) 기법으로는 양질의 영상을 얻기가 어렵다는 기술적인 문제점과 고식적 혈관촬영과 달리 치료적 시술을 함께 할 수 없다는 점으로 인하여 제한적으로 사용되어 왔다 (1 - 6). 그러나 최근에 와서 조영제의 혈류 역학에 대한 연구의 성과와 짧은 TR과 TE 값을 갖는 경사자장 반향 기법 등 자기공명 영상의 고속촬영의 기법의 발전으로 조영제를 이용한 양질의 MRA를 얻을 수 있게 되었다. 조영제를 이용한 MRA는 영상 절편에 대한 혈류의 방향에 무관하게 혈류를 영상화하기 때문에 위상포화와 같은 인공물을 방지하고 외부 혈류에 의한 혈류신호의 결손이나 협착 후의 와류와 같은 인공물을 방지할 수 있을 뿐 아니라 (7 - 10), 조영제에 의한 T1 시간 단축으로 인하여 혈류의 MR 신호 강도를 증가시킬 뿐만 아니라 움직임에 의한 인공물이 적으며, 시기 별 복부 혈관 촬영을 얻을 수 있는 장점이 있어, 근래에 와서 복부 소화기계 혈관의 평가에 널리 이용되고 있다 (11).

그러나 조영제를 이용한 MRA의 경우 짧은 영상획득 시간에도 불구하고 혈류의 복잡성으로 인해 동맥, 문맥, 정맥의 조

[1]경북대학교 의과대학 진단방사선과학교실
이 논문은 2001년 2월 15일 접수하여 2001년 7월 12일에 채택되었음.

영이 혼재할 수 있고 혈관 주위의 정지 조직이 조영증강 될 수 있어서 혈관과 주위조직 간의 대조도가 떨어져서 작은 혈관이 잘 보이지 않는 제한점이 있는 것으로 알려져 있어 (12). 조영제의 주입 방법, 영상획득 방법, 영상획득후 처리 등에 관한 최적 환경에 대해서는 논란의 여지가 있지만 이러한 단점을 극복하기 위하여 고식적인 혈관촬영에서의 감산 기법을 적용하여 여러 시기에 따른 연속적인 영상 획득 후 원하는 시기의 영상에서 다른 시기의 영상을 감산하여 양질의 디지털 감산 MRA를 얻는 방법 등이 시도되어 우수한 결과가 보고되고 있다 (13 - 15). 저자들은 복부 소화기계 혈관을 평가하기 위해 적절한 조영제 주입 후 영상 지연 후 연속적인 영상 획득을 하여, 감산기법 등의 이용은 디지털 감산 기법을 적용하고 비감산 MRA와 비교함으로써 감산 기법의 효과와 유용성을 알아보았으며, 임상적 응용에 대하여 알아보고자 하였다.

대상과 방법

1998년 9월에서 1999년 8월까지, 소화기계 질환으로 조영제를 이용한 복부 MRA를 시행한 25명의 환자를 대상으로 하였다. 남자가 15명 여자가 10명이었으며, 평균연령은 48세 (19 - 78세)였다. 대상 환자 중 4명은 간세포암에 대한 경동맥 화학색전술 중에 간동맥 혈관 촬영과 상장간막동맥을 통한 문맥 촬영을 했으며, 2명은 경경정맥 간내 문맥정맥 단락술 (Transjugular Intrahepatic Portosystemic Shunt, 이하 TIPS) 시술 중 문맥조영술을 시술 받았다. MRA의 적응증은 간종양과 췌장암의 수술 전 혈관 평가를 위한 경우가 각각 15명과 5명이었고 간이식 공여자가 3명, TIPS 시술 전의 혈관 평가를 위한 경우가 2 명이었다. 자기공명 영상은 1.5 T 기기 (Magnetom Vision Plus, Siemens, Erlangen, Germany)기기와 phased array body surface coil을 이용하여 경사각 (flip angle) 30도의 three - dimensional turbo fast low angle shot (3D turbo - FLASH) 기법 (6)으로 얻었다. 먼저 관상면으로 120 mm 두께 (slab)를 영상 하여 1.5 mm 두께로 재구성 영상을 얻었으며 이를 MIP 방법으로 재구성하여 다양한 각도의 3차원 MRA를 얻었다. 위상부호화수는 관심 영역의 크기에 따라 150에서 180으로 하였으며, repetition time (TR)과 echo time (TE)은 각각 4.0와 1.6 milliseconds 로 영상 획득 시간은 11 초였다. Martix 수는 256×180으로 하였다. MRA를 시행하기 전에 조영제 (Omniscan, Nycomed Imaging AS, Oslo, Norway) 2 mL를 주입 후, 1분간 얕은 호흡을 하도록 하며, 복강동맥 기시부의 대동맥에서 시간 - 농도 곡선을 구하여 대동맥의 최대 조영 증강 시기를 구하였다. MRA와 동일한 방법으로 비조영 영상을 얻은 다음, 자동 주입기 (Medrad, Indianola, PA, U.S.A.)를 이용하여 조영제 0.1 mmol/kg를 초당 2 mL 속도로 주입한 후 대동맥 최대조영 시기가 동맥기 영상획득 시간의 중앙에 오도록 지연시간을 두어 영상을 시작하였다. 이를 위해 지연 시간은 대동맥 최대 조영증강 시간에서 영상획득 시간의 반을 뺀 값으로 설정하였다. 이와 같은 방법으로 1회 호흡 정지 기간 동안 동맥기 영상을 포함하여 연속적으로 3시기의 영상을 얻었다. 영상 획득 시간 동안의 숨참기가 불가능한 환자를 위해서는 호흡을 돕기 위해서 필요시 사용하기 위해 산소 공급을 위한 기구를 확보해 두었다. 동맥기 비감산 MRA는 첫 시기, 문맥기는 2번째와 3번째 시기 중에서 문맥이 더 잘 보이는 시기의 영상을 3차원 재구성하여 얻었다. 동맥기 감산 MRA는 동맥기 영상에서 비조영 영상을, 문맥기 감산 MRA는 문맥기 영상에서 동맥기 영상을 감산하여 비감산 MRA와 동일한 방법으로 3차원 재구성을 하여 얻었다.

감산과 비감산 MRA간에 영상의 질과 정상 혈관의 보이는 정도 그리고 동맥 분지 변이와 비정상 문맥의 발견율을 비교 분석하였다. 감산과 비감산 MRA 간의 전체적인 영상 질은 3명의 방사선과 의사가 각 영상의 혈관음영, 판독의 용이도, 영상의 밝기와 대조도, 등을 기준을 주관적 판단으로 점수화 (1 =excellent, 2=good, 3=average, 4=fair, 5=poor)한 후 그 평균점을 비교하는 방법으로 분석하였다. 동맥기와 정맥기에 혈관이 보이는 정도는 혈관 분지의 차수를 기준으로 말초 혈관이 보일수록 높은 점수를 주는 방법으로 점수화하여 비교 분석하였다. 이를 위해 동맥기의 경우는 복강동맥, 좌우 간동맥, 비동맥, 좌위동맥, 상장간막동맥을 그리고 문맥기에는 주문맥, 좌우 간문맥, 비정맥, 상장간막정맥, 좌위정맥을 대상으로 비교 분석하였다. 또한 동맥기에 동맥분지의 변이를 발견하는 정도를 비교하였다. CT, 초음파 그리고 자기공명영상에서 확인된 췌장암 자체 혹은 담도암에 의한 주위의 림프절에 의한 문맥

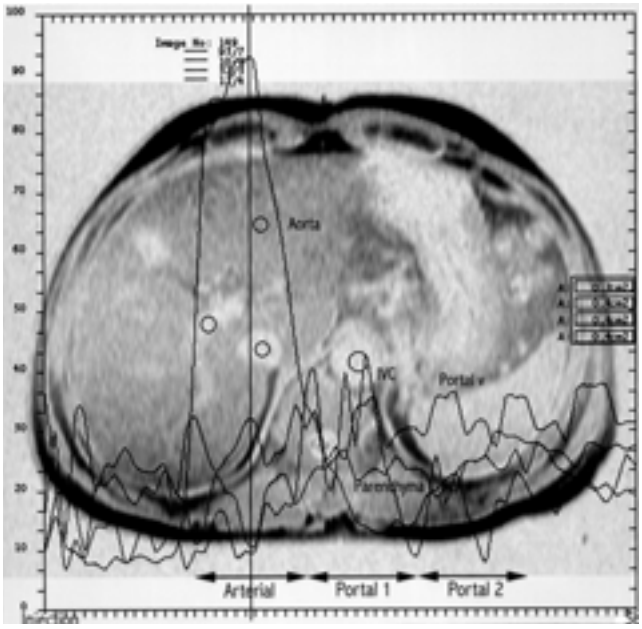

Fig. 1. Time-intensity curve. The circulation time was checked with time-intensity curve analysis by test bolus injection method. The peak aortic enhancement time was detected with ease, whereas the time-ehance curves of IVC and portal vein were fluttered and gradual increasing tendency. The scan delay time was calculated by our own formula (aortic peak enhancement time - acquisition time /2). After a scan delay, three successive sets (arterial and portal 1 and portal 2 phase) of images were obtained during a single breath-holding period.

기에 폐쇄 또는 협착을 발견하는 정도를 비교하였으며 문맥압 항진증이 있었던 환자에서는 측부 혈관이 보이는 정도를 측부 혈관의 수를 위치에 따라 비교하였다. 고식적 혈관촬영을 함께 시행한 환자들의 경우 MRA와 영상의 질을 주관적으로 비교해 볼 수 있었으나 대상 환자의 수가 적어서 이를 객관적으로 비교 분석하지는 않았다. 결과의 통계적 분석을 위해서는 Wilcoxon matched - pair single ranked test를 이용하였다.

결 과

복강 대동맥에서의 최대 조영 증강은 조영제 주입 후 14 - 26초 (평균 16초)에서 이루어졌으며, 문맥에서의 조영증강은 대동맥에서의 최대조영 증강 후 넓은 편차를 가지며, 서서히 증가하였다 (Fig. 1). 동맥기에서 감산과 비감산 MRA 간의 영상 질의 비교에서는 감산 영상이 우월한 경우가 12예, 차이가 없는 경우가 12예, 비감산 영상이 우월한 경우가 1예였으며, 평균점은 감산이 2.24, 비감산이 2.42이었으나, Wilcoxon matched - pair single ranked test로 분석 시 유의한 차이가 없었다 (p=0.32). 문맥기 MRA의 영상 질의 비교에서도 감산 영상이 우월한 경우가 15예, 동일한 경우가 6예, 비감산 영상이 우월한 경우가 4예였으며, 평균점은 감산이 2.87 비감산이 3.14이었으나, Wilcoxon matched - pair single ranked test로 분석 시 유의한 차이가 없었다 (p=0.21). 전체 대상 동맥의 평균에서는 감산 MRA에서 비감산 MRA에 비해 더 말초의 혈관까지 보였다 (p<0.05), (Table 1), (Fig. 2). 동맥분지의 변이는 모두 5명의 환자에서 발견되었으며 좌위동맥에서 좌간동맥이 분지된 경우가 4명, 상장간막 동맥에서 고유간동맥이 분지 된 경우가 1명 이었다. 이들의 경우 모든 환자에서 감산과 비감산 MRA에서 공히 발견되었다 (Fig. 3).

대상 문맥 중 상장간막정맥 (p<0.01), 비정맥 (p<0.05), 좌간문맥 (p<0.05)에서 더 말초의 분지를 볼 수 있었으며 대상 정맥 전체의 평균에서도 더 많은 말초 분지가 보였다 (p<0.05), (Table 2), (Fig. 4).

동맥기 감산 MRA에서 비감산 MRA에 비해 좌위동맥, 상장

Table 1. Visibility of Normal Arterial Branches

Name of Artery	Subtraction MRA	Non-subtraction MRA	*p*-value
Gastroduodenal	1.26	1.26	0.31
Left hepatic	1.6	1.4	0.04
Right hepatic	2.12	2.04	0.50
Left gastric	1.16	1	0.14
Superior mesenteric	2	1.75	0.02
Mean	1.62	1.49	0.00

Note- Numbers are average score given by their branching orders (nonvisualized 0, visualization of parent vessel only 1, visualization to the first order branches 2, visualization of second order branches 3,...).

Table 2. Visibility of Normal Portovenous Branches

Name of Vein	Subtraction	Non-subtraction	*p*-value
Superior Mesenteric	2.12	1.56	0.00
Splenic	2	1.75	0.04
Left Gastric	0.48	0.4	0.11
Right Portal	2.24	2.12	0.18
Left Portal	1.48	1.4	0.02
Mean	1.66	1.45	0.00

Note- Numbers are average score given by their branching orders (nonvisualized 0, visualization of parent vessel only 1, visualization to the first order branches 2, visualization of second order branches 3,...).

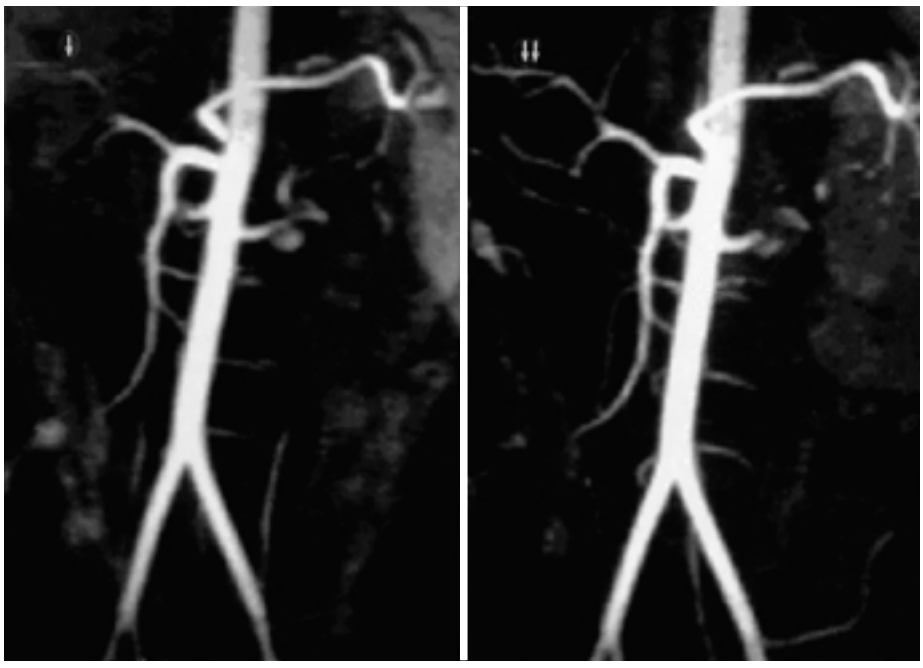

Fig. 2. A 42-year-old male who had a replaced hepatic artery from the superior mesenteric artery. Proximal portion of the hepatic artery is well visualized on both the subtraction (right, double arrows) and non-subtraction (left, arrow) MRAs. However, subtraction MRA shows more peripheral branches of the hepatic artery than non-subtraction image.

간막동맥의 보다 많은 말초 분지까지 볼 수 있었으나 (p<0.05), 위십이지장 동맥과 우간동맥, 상장간막동맥에서는 유의한 차이를 보이지 않았다. 비정상 문맥은 주문맥의 폐쇄 (n=3) 또는 협착 (n=2)을 보인 5예와 문맥 분지의 폐쇄 또는 협착을 보인 3예 (좌문맥, 상장간정맥과 비정맥의 종양 침범이 각각 1예) 등 모두 8예가 있었으며 감산과 비감산 MRA에서 공히 발견되었다 (Fig. 5). 문맥압 항진증 환자들 중 감산 MRA에서는 6명의 환자에서 17개의 문맥계 측부 혈관이 발견되었으나 비감산 MRA에서는 6명의 환자에서 7개의 측부 혈관만 발견되어 감산 MRA가 우월한 경향을 보였다 (p<0.05) (Table 3).

고 찰

복부 소화기계 혈관의 MRA에 디지털 감산 기법을 적용하려면, 각 시기에 맞는 영상획득의 시간의 조절과 획득 시간동안의 움직임을 최소로 하는 것이 필수적이다. 동맥기의 영상획득을 위해서는, 조영제 주입 후 영상을 얻기 시작하는 적절한 지연시간을 결정하여야 하며, 지연시간 결정을 위해서는 황산마그네슘 혹은 인도시아닌 염색액 등을 이용한 간접법과 시간조영곡선을 구한는 직접법이 있다 (16, 17). 전산화 단층 촬영

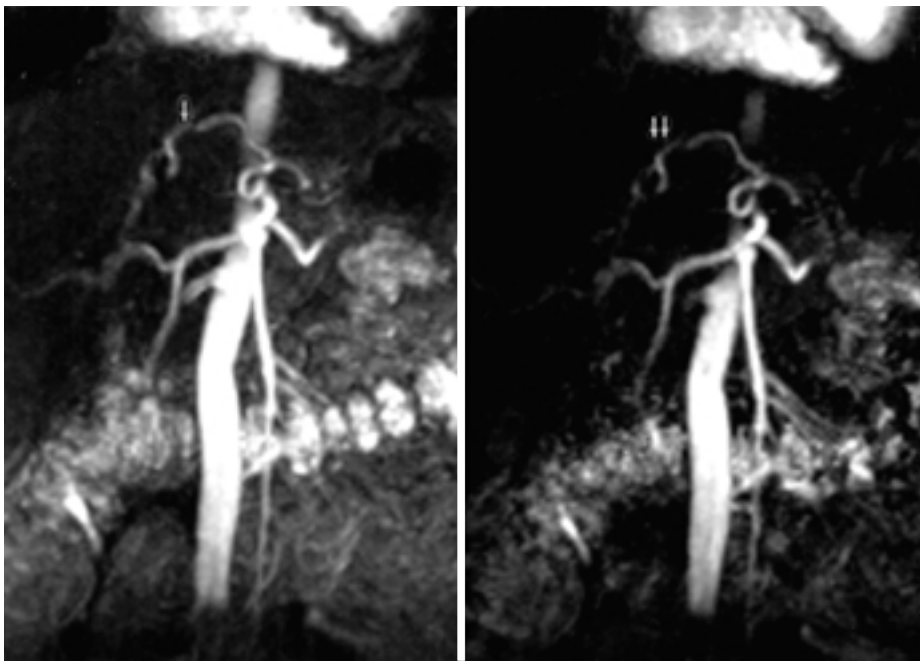

Fig. 3. A 24-year-old male who had a replaced left hepatic artery originated from the left gastric artery. Both the non-subtraction (left, arrow) and subtraction (right, double arrows) MRAs clearly show the replaced left hepatic artery along its course.

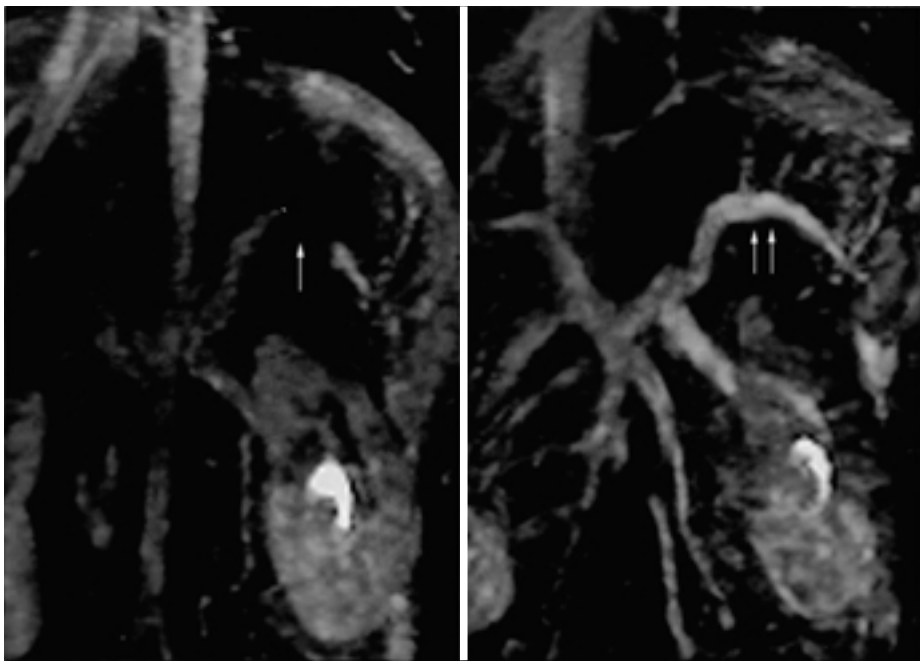

Fig. 4. A 67-year-old female with pancreatic carcinoma. Subtraction MRA (right, double arrows) clearly shows proximal portion of the splenic vein and its branches which are not defined on the non-subtraction MRA (left, arrow).

Table 3. Visibility of Portal Venous Collaterals in 6 Portal Hypertesion Patients

Name of Collaterals	Subtraction	Non-subtraction
Lesser Omentum	8	7
Retroperitoneum	4	0
Abdominal wall	2	1
Paraesophageal	1	0
Mesentery	1	0
Total	17(6)	8(6)

Note- Numbers are total visualized collateral vessels and numbers in parentheses are numbers of patients

혈관 조영술과는 달리, MRA는 방사선 피폭의 우려가 없으므로 직접법으로 손쉽게 지연시간을 구할 수 있다. Bae 등(18)에 의하면 조영 증강 곡선은 심박출량 등 내부의 요인 뿐 아니라, 주입 속도 주입량 등 외부적인 요인에 의해서도 영향을 받는다. 시험 일시 주사에서 대동맥의 조영증강은 10에서 14초 정도의 동맥기를 형성하였으며, 최대 조영은 조영증강 시작 3에서 5초에 이루어 졌다. 엄밀한 의미에서는 조영증가의 시작점은 심박출량에 영향받으며, 최대조영증강은 주입기간과 관련이 있으므로, 조영제의 주입기간이 다른 시험 일시 주사와 영상획득 시의 조영증강의 시작점은 동일하나 최대 조영 증강

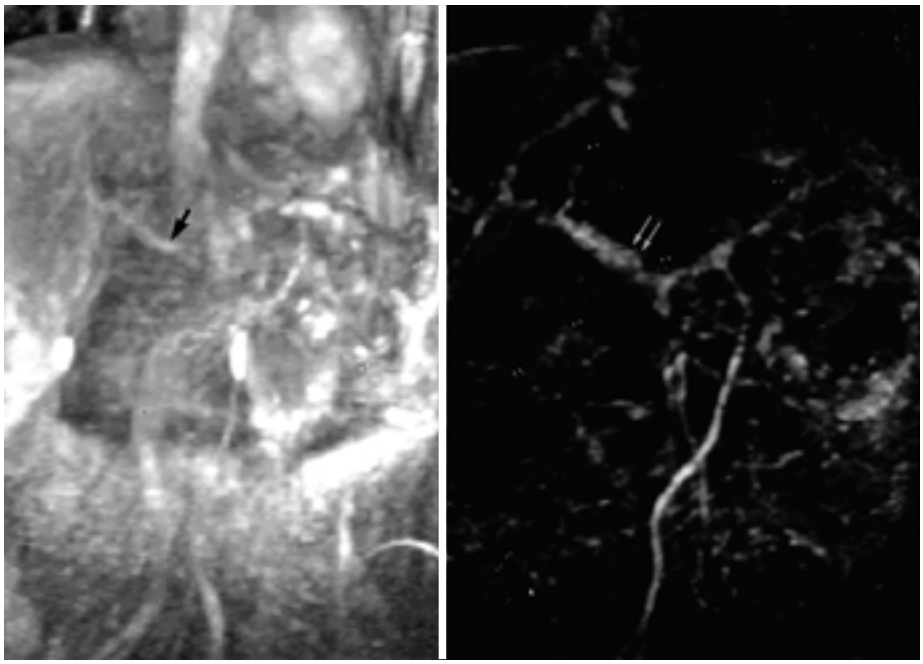

Fig. 5. A 54-year-old male with pancreatic carcinoma. Subtraction (right) and non-subtraction (left) MRAs. Stenotic main portal and splenic veins and obstructed superior mesenteric vein are more clearly visualized on subtraction MRA than on the non-subtraction MRA. In this case, overall image quality is also better with subtraction image.

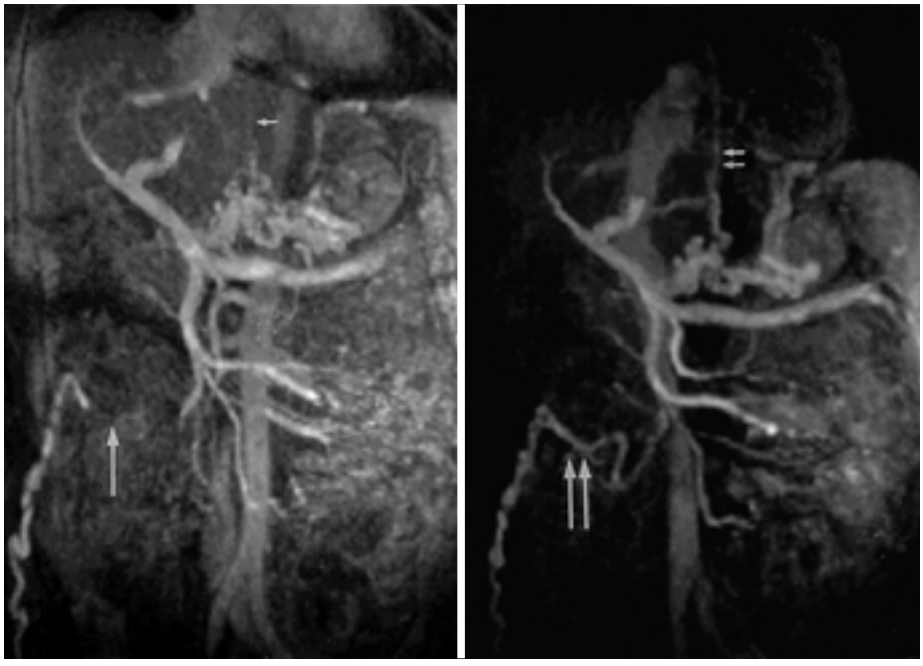

Fig. 6. A 55-year-old male with portal hypertension. Occlusion of the main portal and splenic veins and gastric varices are visualized on both the subtraction (right) and non-subtraction (left) MRAs. However, subtraction MRA shows gastroesophageal varices (small double arrow) more completely and a collateral vein in the abdominal wall (larger double arrows), which are not detected completely on the non-subtraction image (small and larger arrows).

시점은 다르다. 실제 영상 획득에서의 최대 조영은 이보다 약간 늦게 이루어 질 것이다. 그러나 그 차이는 1 - 2초로 영상에 영향을 미칠 정도는 아닐 것으로 생각한다. 한편 Sivanathan 등(19)에 의하면 대동맥과 하대정맥간의 최대 조영 증강의 시간차이는 10 - 25초 이며, 문맥기는 환자에 따라 넓은 편차를 보이며, 짧은 점적 길이(blous length)를 보이는 동맥기와는 달리 문맥기와 정맥기의 경우 조영제 확산에 의해 점적 길이가 길어져 분명한 신호강도의 최대점과 하강을 찾기 어렵다. 보다 선택적인 시기에 영상획득을 얻기위해서는 영상획득의 기준점으로 기저점과 최대 조영점을 결정한 후 중간값을 채택하는 방식을 채택할 수 있으나, 연속적인 세 번의 영상 획득 시간중에 문맥기의 최대 조영점이 포함 된다는 점과 디지털 감산을 위해서는 화소의 이동을 막기위해 숨참기가 계속되어야 한다는 점을 때문에, 문맥기 영상 획득을 위해서 한번의 숨참기에 연속적인 영상획득을 얻은 후 뒤의 두가지 영상중 보다 나은 영상을 세 명의 방사선과 의사가 합의한 후 결정하였다. 25예 중 8예에서 세 번째 영상이 문맥기 영상으로 채택되었으며, 그 중 7명은 미만성 간질환을 가지고 있는 환자이었다.

혈관 촬영의 영상을 얻기 전, 심호흡을 실시하였으며, 시험일시 주사하여, 시간 - 조영 증강 곡선을 얻기위한 영상획득시간에 호흡 곤란을 겪는 환자를 위해서는 분당 5리터의 산소를 공급하면서 수회의 심호흡을 시킨 후, 호흡 중지 후 영상 획득하면 보다 많은 예에서 숨참기 실패를 막을 수 있을 것이다. 이 번 대상에 포함된 환자의 경우에서는 특별한 부가적 처치 없이 양질의 MRA를 얻을 수 있었다.

이 연구에서 디지털 감산 MRA에서 비감산 MRA에 비해 동맥기와 문맥기 공히 보다 말초 분지의 혈관을 관찰할 수 있었는데 이는 감산을 함으로 인하여 가는 혈관 주위에 고신호강도를 보이는 정상 구조물과 조영증강되는 조직을 배제할 수 있었기 때문으로 생각된다. 따라서 특정 혈관을 선택하여 시행하는 고식적 혈관촬영과의 비교는 어렵겠지만 MRA가 고식적 혈관촬영에 비해 작은 혈관의 인식율이 떨어지는 점 (20)을 디지털 감산 MRA가 어느 정도 보완해 줄 수 있을 것으로 생각한다.

대상 환자 중에서 동맥의 협착이나, 폐쇄 등의 이상 소견을 보인 경우는 없었다. 5예의 동맥 분지의 변이를 발견하였으나, 감산과 비감산 MRA 간에 차이가 없었으며, 이러한 점으로 미루어보아 근위부 동맥의 이상을 발견하는 데는 두 방법 간에 차이가 없을 것으로 생각된다. 비정상 문맥의 폐쇄 혹은 협착의 발견에 있어서도 감산과 비감산 MRA 사이에 차이가 없었다. 그러나 대상 환자가 모두 근위부의 문맥에 이상을 보인 경우였다. 이 등 (21)에 의하면 디지털 감산 MRA는 경골 비골동체 보다 큰 혈관의 협착을 판정할 때 90% 이상의 높은 민감도를 보였다고 하며, 종양의 근위부 혈관 침범에 의한 협착이나 폐쇄의 경우 MRA는 높은 민감도를 보여 줄 것으로 생각한다.

디지털 감산 MRA가 문맥압 항진증 환자에서 문맥 측부 혈관을 보다 완전하게 영상화 할 수 있었는데 이는 역시 감산 영상에서 주위의 복잡한 구조물과 조영되는 조직을 배제 할 수 있었기 때문에 동일한 관심영역 내에서 비감산 MRA에 비해 주위 조직과 혈관과의 대조도가 증가하기 때문으로 생각된다. 문맥의 MRA는 문맥 촬영의 여러 가지 방법 중 비침습적이면서도 우수한 것으로 알려져 있으며 (5, 15), 2명의 환자에서 TIPS 시술 중에 다수의 문맥 분지를 선택하여 시행한 침습적인 문맥 촬영에 비해서도 대등한 질을 보여 매우 우수한 검사로 생각된다. 그러나 이러한 저자들의 결과가 실제 환자의 진단과 치료방침의 결정에 얼마나 도움이 될 것인가는 현재로서는 판단하기가 어렵고 이를 위해서는 향후에 보다 많은 수의 환자를 대상으로 연구되어야 한다고 생각한다.

이 논문에서는 MRA를 최적화 하기 위한 방법들에 대한 것이며, MRA가 작은 혈관을 평가하는데 많은 제한점을 가진다는 문제점을 조영제 주입의 최적화와 감산기법이 어느 정도 극복할 수 있을 것인가에 대하여 알아보고자 하였다. 그러나, 이 논문은 질병의 혈관 침범에 대한 증례가 적어서, 질병진단을 위한 MRA의 특이도나 민감도를 측정하지 못하여, 다른 검사법에대하여, 새로운 검사방법으로서의 MRA 가치를 충분히 평가하지 못하였던 점에서 제한 적이라고 할 수 있다. 선택적 혈관촬영이 시술 자체의 문제점 뿐 아니라 혈류를 역행하는 부위를 평가하는 데에는 미흡한 점이 있으며, 초음파, CT 역시 복부의 혈관을 평가하는 완전한 검사법은 아니어서 MRA의 임상적 응용은 증가 할 것으로 생각하며, 각 질환에 대한 진단도구에 따른 차이와 임상적 응용을 정할 수 있을 것으로 생각한다.

결론적으로 조영제를 이용한 복부 MRA에 있어서 감산 기법은 영상의 질 저하가 없으면서 동맥과 문맥계 혈관을 감산기법을 사용하지 않은 경우 보다 더 세밀하게 영상화할 수 있으며 특히 문맥계의 측부 혈관의 발견에 우월한 방법으로 생각하며, 향후 비침습적인 복부 MRA의 많은 임상적 응용이 있어 보다 유용한 결과가 있을 것을 기대한다.

참 고 문 헌

1. Edelman RR. MR angiography: present and future. *AJR Am J Roentgenol* 1993;161:1-11
2. Prince MR. Gadolinium enhanced MR angiography. *Radiology* 1994;191:155-164
3. Kaufman JA, McCarter D, Geller SC, et al. Two-dimensional time-of-flight MR angiography of the lower extremities: artifacts and pitfalls. *AJR Am J Roentgenol* 1998;171:129-135
4. Arlart IP. MR angiography: abdominal veins. *Radiologe* 1997;37: 554-565
5. Hany TF, Debatin JF. Leung DA, Pfammatter T. Contrast-enhanced magnetic resonance angiography of the renal arteries. Original investigation. *Invest Radiol* 1998;33:653-659
6. Losself SV, Ravjan SS, Patt RH, et al. Gadolinium enhacned magnitude contrast MR angiography of popliteal and tibial arteries. *Radiology* 1992;184:349-355
7. Douek PC, Revel D, Chazel S, et al. Fast MR angiography of the aortoiliac arteries and arteries of the lower extremity: value of bolus-enhanced, whole-volume subtraction technique. *AJR Am J Roentgenol* 1995;165:431-437
8. Ostergaard L, Simonsen CZ, Vestergaard PP, et al. NC100150-en-

hanced 3D-SPGR MR angiography of the common carotid artery in a pig vascular stenosis model. Quantification of stenosis and dose optimization. *Acta Radiol* 1999;40:282-90

9. Ferrucci JT. Advances in Abdominal MR Imaging. *Radiographics* 1998;18:1569-1586
10. Manning WJ, Atkinson DJ, Parker JA, et al. Assessment of intracardiac shunt with gadolinium-enhanced ultrafast imaging. *Radiology* 1992;194:357-361
11. Ernst O, Asnar V, Sergent G, et al. Comparing Contrast-Enhanced Breath-Hold MR Angiography and Conventional Angiography. *AJR Am J Roentgenol* 1998;174: 433-439
12. Okumura A, Watanabe Y, Dohke M, et al. Contrast-enhanced Three-dimensional MR Portography. *Radiographics* 1999;19:973-987
13. Adamis MK, Li W, Wielopolsky PA, Kim D, Sax EJ, Kent KC, Eldelman RR. Dynamic contrast enhanced subtraction MR angiography of the lower extremity: initial evaluation with multisection two dimension time of flight sequence. *Radiology* 1995;196:686-695
14. Leyendecker JR, E Rivera, Jr, Washburn WK, et al. MR angiography of the portal venous system: techniques, interpretation, and clinical applications. *Radiographics* 1997;17:1425-1443
15. Wang Y. Jonhston DL. Huston J 3rd. Jack CR. Julsrud PR. Kiely MJ. King BF. Riederer SL Eldman RL. Dynamic MR digital subtraction angiography using contrast enhancement, fast data acquisition, and complex subtraction. *Magn Reson Med* 1996;36:4 551-556
16. 김병기, 이희중, 이종민, 김용주, 강덕식 황산마그네슘을 이용한 전신순환시간 측정의 유용성: 전자선단층촬영을 이용한 시간-조영 곡선과의 비교. *대한방사선의학회지* 1999;41:111-1115
17. Harmon BH, Berland LL, Lee JY. Effect of varing rates of low-osmolarity contrast media injection for hepatic CT: correlation with indocyanine green transit time. *Radiology* 1992;184:379-382
18. Bae KT, Heiken JP, Brink JA. Aortic peak enhancement at CT: Effect of contrast medium injection rate-pharmacokinetic analysis and experimental porcine model. *Radiology* 1998;206:455-464
19. Sivananthan UM, Ridgway JP, Bann K, et al. Fast magnetic resonance angiography using turbo-flash sequence in advanced aortoiliac disease. *Br J Radiol* 1993;66:1103-1110
20. Hany TF, Debatin JF, Leung DA, Pfammatter T. Evaluation of the aortoiliac and renal arteries: comparison of Breath-hold, contrast-enhanced, three-dimensional MR angiography with conventional catheter angiography. *Radiology* 1997;204:357-362
21. 이종민, 장용민, 김용선, 김용주, 강덕식, 표준용량 이하에서 Gadolinium chelate를 이용한 조영증강 자기공명혈관촬영술: 고식적 디지털 감산 혈관촬영술과의 비교. *대한방사선의학회지* 2000;42:909-917

J Korean Radiol Soc 2001;45:175 - 182

Usefulness of Digital Subtraction Technique in the Contrast-enhanced Multi-phasic Abdominal MR angiography[1]

Hui Joong Lee, M.D., Hun Kyu Ryeom, M.D., Jae Hyun Kwon, M.D,
Sang Kwon Lee, M.D., Yong Min Jang, Ph.D., Yong Sun Kim, M.D.,
Yong Joo Kim, M.D., Ph.D., Duck Sik Kang, M.D., Ph.D.

[1]Department of Diagnostic Radiology, School of Medicine, Kyungpook National University, Kyungpook National University Hospital

Purpose: To assess the usefulness of digital subtraction contrast-enhanced multi-phase magnetic resonance angiography (MRA) for evaluation of the vessels of the gastrointestinal system.

Materials and Methods: Twenty-five patients who underwent abdominal MRA for evaluation of the vessels of the gastrointestinal system were included in this study. MRA was performed using a 1.5-T scanner and the 3-D turbo-FLASH sequence. Subtraction images of the arterial and portal venous phases were obtained by subtracting arterial phase images from mask images and portal venous phase images from arterial phase images, respectively. Each set of images was processed using a maximum-intensity projection (MIP) algorithm to produce three-dimensional angiograms. We compared overall image quality and the visibility of normal and abnormal vessels between subtraction and non-subtraction MRA.

Results: In terms of subjective image quality, subtraction and non-subtraction MRA was similar both the arterial and portal venous phases ($p > 0.05$). During the arterial phase, subtraction MRA visualized more peripheral branches of the left gastric and superior mesenteric arteries than non-subtraction MRA ($p < 0.05$), and during the portal venous phase, subtraction MRA demonstrated more peripheral branches of the superior mesenteric ($p < 0.01$), splenic ($p < 0.05$) and left portal vein ($p < 0.05$) than non-subtraction MRA. In addition, overall visibility of the arterial and portal venous branches was superior with subtraction MRAs than with non-subtraction MRA. Both of these detected all anomalous arterial branching (n = 5) and abnormal (encased or obstructed) portal veins (n = 5). Subtraction MRA visualized 17 portal venous collaterals in six patients, whereas non-subtraction MRA visualized only seven collateral veins.

Conclusion: In contrast-enhanced abdominal MRA, the digital subtraction technique permits visualization of more distal branches of the vessels of both the arterial and portal venous systems without significant degradation of image quality. The technique is particularly useful for the detection of portal venous collaterals in patients with portal hypertension.

Index words : Magnetic resonance(MR), angiography
Digital subtraction angiography
Abdomen, MR

Address reprint requests to : Hui joong Lee, M.D., Department of Diagnostic Radiology, School of Medicine, Kyungpook National University, Kyungpook National University Hospital, 50, Samduk-dong 2 Ga, Chung-gu, Taegu 700-721, Korea.
Tel. 82-53-420-5390 Fax. 82-53-422-2677 E-mail: antiwto@hanmail.net