대한방사선의학회지 2000;42:241-247

하지 동맥의 폐쇄성 질환에서 Gadolinium 조영 증강 자기공명 혈관조영술의 진단적 가치: 고식적 디지털 감산 혈관조영술과의 비교[1]

신상준 · 고영환 · 차주희 · 김현범 · 정진욱 · 박재형

목적 : 하지 동맥의 폐쇄성 질환에서 gadolinium 조영 증강 자기공명 혈관조영술의 민감도, 특이도 등을 고식적 디지털 감산 혈관조영술을 기준으로 비교하여 진단적 가치를 알아보고자 하였다.

대상과 방법 : 하지 동맥 협착의 증상이 있어 gadolinium 조영 증강 자기공명 혈관조영술(CE-MRA)과 디지털 감산 혈관조영술(DSA) 두 검사 모두를 1주일 이내 실시한 환자 26명을 대상으로 하였다. gadolinium 조영 증강 자기공명 혈관 조영술은 3차원 경사 에코(3D gradient echo)기법으로 gadolinium(0.2mmol/kg) 주입 후 2회 연속으로 영상을 얻었다. 23명에서는 대동맥 분지로부터 발까지 하지 동맥 전체를, 3명에서는 병변이 의심되는 부위의 영상을 얻었다. 세 명의 방사선과 의사가 합의에 의해, 하지 동맥을 20분절(편측 10분절)로 나누어 CE-MRA 소견과 DSA 소견을 각각, 경미 또는 정상(mild, 50% or none), 협착(stenosis, 50%-99%), 폐쇄(occlusion, 100%)로 분류하여 비교 하였다.

결과 : DSA 소견상 전체 462개의 비교가능 분절중 하지동맥의 협착 또는 폐쇄 병변은 99개 분절(협착33, 폐쇄66)이었다. Gadolinium 조영 증강 자기공명 혈관조영술은 병변이 보이는 분절이 102 분절(협착 39, 폐쇄 63)이었으며, DSA에서의 판정과 비교했을 때 94 병소는 일치(협착32, 폐쇄 62)하였고, 7병소는 협착이 과대 평가, 4병소는 과소 평가되어, 전체 462하지 분절에서의 CE-MRA의 민감도는 96%, 특이도는 98%, 진단적 정확도는 98%, Gamma static value G = 0.995 ($P<0.001$) 이었다. 2예에서는 DSA에서 동맥 천자에 의한 연축이 협착으로 판정되었으나, 반복 시행한 DSA에서 정상 이었고, 불일치한 11개 분절 중 3분절은 DSA상 폐쇄로 보였으나 CE-MRA에서 느린 원위부 혈류를 보여 CE-MRA가 심한 협착 원위부를 보는 데는 DSA보다 정확 하였다.

결론 : Gadolinium 조영 증강 자기공명 혈관조영술은 민감도, 특이도, 진단적 정확도가 고식적 디지털 감산 혈관조영술에 비견될 만하며, 연축이 없고 느린 혈류에 민감한 장점이 있어 하지 동맥 폐쇄성 질환의 진단 및 치료에 유용할 것으로 생각된다.

하지 동맥의 폐쇄성 질환에서 고식적인 디지털 감산 혈관조영술은 검사 후 즉시 영상을 얻을 수 있고 단위 시간 내에 여러 영상을 얻을 수 있으며, 선택적 혈관조영술을 통한 최종적 진단 뿐만 아니라, 즉시 중재적 시술을 할 수 있다는 점에서 여전히 표준적인 검사이다. 그러나, 디지털 감산 혈관조영술은 동맥 천자를 필요로 하는 침습적인 검사로, 요오드 화합물 조영제의 사용, 전리 방사선의 사용, 좁은 촬영야(FOV)등의 단점이 있다 (1, 2). 비침습적 검사로 시도된 기존의 자기공명 혈관조영술(MRA) 기법은 2차원 혹은 3차원 유체속도강조(Time of flight, TOF)기법 또는 위상차(phase contrast, PC)기법 (3-5)으로 모두 0.90내외의 민감도, 특이도가 보고 되어 있다. 유체속도강조(TOF)기법은 위상차(PC) 기법에 비하여 신호강도가 커 신호 획득 시간이 짧으나 와류에서 신호손실로 협착을 강조하여 폐쇄와 구분하는 데 어려움이 있고, 넓은 범위의 영상을 얻는 경우 및 동일 수평면 혈류의 포화에 의한 제한점이 있다. 위상차 기법에서는 속도 분포 정보를 줄 수 있으며, 포화에 의한 신호 감쇄가 적으나 신호 대 잡음비가 낮아 영상 획득 시간이 길고 적절한 속도 민감도를 조절하는 데 어려움이 있다 (2, 6-10). 반면 새로 개발된 3차원 경사 에코(3D gradient)기법의 gadolinium 조영 증강 자기공명 혈관조영술은 조영제를 사용하여 혈류의 T1 시간을 짧게 하여 신호강도를 증가 시켜, 신호 대 잡음비가 증가되고, 영상 획득 시간을 짧고, 스핀(spin) 포화도가 유체 속도 강조(TOF)기법보다 적어 복부대동맥 전장의 영

[1]서울대학교의과대학방사선과학교실, 서울대학교의학연구원방사선의학연구소
이 논문은 1999년 9월 20일 접수하여 1999년 11월 29일에 채택되었음.

상을 얻을 수 있는 45cm 내외의 비교적 넓은 촬영야(FOV)를 제공할 수 있으며, 3차원 영상 획득 및 재구성으로 360도 회전하며 다양한 시점의 3차원영상을 제공할 수 있다 (11-18). 또한 조영제로 사용 되는 gadolinium은 요오드 화합물 조영제와는 달리 신독성이 거의 없다 (19-22). 따라서 gadolinium 조영 증강 자기공명 혈관조영술은 DSA에 사용하는 요오드 화합물 조영제 보다 안전한 gadolinium을 사용하여 기존의 MRA 보다 짧은 영상 획득 시간에 신호 대 잡음비가 높은 영상을 얻을 수 있다. gadolinium 조영증강 자기공명 혈관조영술을 장골 동맥(iliac artery) 폐쇄에 적용한 연구 (14-17)에서는 고식적 디지털 감산 혈관조영술과 비교하여 100%에 가까운 민감도와 특이도가 보고 되고 있다. 따라서 하지 동맥의 폐쇄성 질환에서도 gadolinium 조영 증강 자기공명 혈관조영술이 진단적으로 유용할 것으로 기대 되어 고식적인 전산화 감산 혈관 조영술과 비교하여 그 유용성을 알아 보고자 하였다.

대상과 방법

96년 12월부터 97년 1월까지 1년간 하지 동맥 폐쇄 증상이 있어 gadolinium 조영 증강 자기공명 혈관 조영술(이하 CE - MRA로 약술함)과 디지털 감산 혈관조영술(이하 DSA로 약술함) 두 검사 모두를 1주이내의 간격으로 실시한 환자 26명을 대상으로 하였다. 대상환자의 남녀 비는 25:1 이었고, 연령은 33세에서 75세까지로 평균 52.8세였다. 임상소견 및 위의 검사 결과 26명중 8명이 Buerger씨 병, 18명이 동맥경화증(ASO)으로 진단되었고, 그 중 2명이 슬하 절단술을 6명이 혈관 우회술을 받았는데, 이중 3명은 aortobifemoral graft, 3명은 in situ safenous femoropopliteal graft를 시행 받은 상태 였다.

CE-MRA는 1.0T 의 자기공명 영상 장치(Magnetom Expert, Siemens, Erlangen Germany)의 표준 체부 코일(standard body coil)을 이용하여 3차원 경사 에코(3D gradient echo)기법(TR 7.5msec, TE 2.4msec, Flip angle 25, FOV 48cm, coronal slab thickness 80mm)으로 조영 전 영상을 얻은 후 kg당 0.2mmol의 Gadolinium을 50 초에 걸쳐 수동으로 주입 하며 gadolinium을 주입 시작한 10초 후부터, 58초의 scan을, 환자간의 혈류 순환 시간 차이에 의한 동맥기 실패를 막기 위해, 2번 연속으로 얻어 시간 지연이 다른 2 벌의 영상을 얻었다. 대동맥 분지로부터 발까지의 영상을 얻기 위해, 위의 방법을 대동맥 분지로부터 오금동맥(popliteal artery, POA) 이상부, 및 그 이하로 나누어 2 회 반복하였고, 3예에서는 폐쇄가 의심되는 부위만의 영상을 얻었다. DSA는 우측 또는 좌측 대퇴동맥을 천자 하여 5F pig tail(Royal flush plus, Cook, Bloomington, U.S.A.)카테타를 대동맥의 2번 또는 3번 요추 부위에 두고 1024 matrix의 DSA 기계(Angiostar, Siemens, Erlangen Germany)의 distal runoff angiography mode를 사용 일시에(bolus) 30cc의 조영제를 주사한 후 대동맥 분지로부터 발까지 영상을 얻었다. 한 사람의 편측 하지정맥을 총장골동맥(common iliac artery, CIA), 내장골동맥(internal iliac artery, IIA), 외장골동맥(external iliac artery, EIA), 총대퇴동맥(common femoral artery, CFA), 얕은대퇴동맥(superficial femoral artery, SFA), 깊은대퇴동맥(deep femoral artery, DFA), 오금동맥(popliteal artey, POA), 전경골동맥(anterior tibial artery, ATA), 후경골동맥(posterior tibial artery, PTA), 비골동맥(peroneal artery, PEA)으로 전체 20 분절로 구분하였다.

동일한 3명의 방사선과 의사가 토의에 의해, 각각 CE-MRA와 DSA를 비교 하지 않고, 각 분절의 동맥 폐쇄 정도를 경미 또는 정상(<50%), 협착(50%-99%), 폐쇄(100%), 3가지로 각각 진단 한 후. DSA에서의 동맥 폐쇄 정도를 기준으로


A

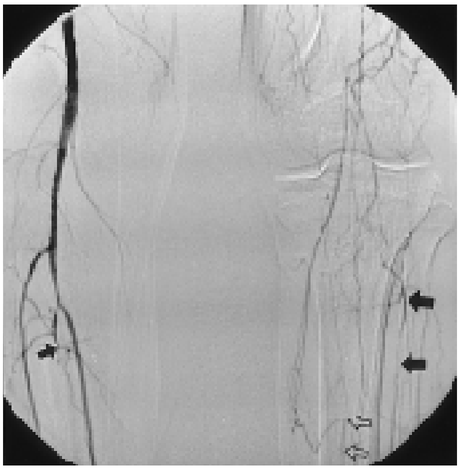

B

Fig. 1. 71-year-old man with arteriosclerosis obliterance
A. Contrast-enhanced MR angiography shows occlusion of peroneal artery in right leg (small arrow) and occlusion of superficial femoral popliteal and proximal tibioperoneal arteries of left leg. Reconstitution of the anterior (arrows) and posterior(open arrows) tibial arteries are well demonstrated.
B. Digital subtraction angiography confirms the occlusive disease of the same arteries in both legs (occlusion of peroneal artery (small arrow), Reconstitution of the anterior(arrows) and posterior(open arrows) tibial arteries)

하였을 때 CE-MRA에서 협착이 과대 평가된 분절을 위양성(false +)으로 과소 평가된 분절을 위음성(false -)으로 분류하여 민감도, 특이도 및 진단적 정확도를 구하고 두 검사간 차이의 원인을 분석하고자 하였고, Gamma static value를 구하여 두 검사 방법이 유의한 상관 관계가 있는 지 확인 하였다. 또한 CE-MRA의 동맥 우회로 수술 후 검사로서의 유용성을 알아보고자 동맥 우회로 수술을 받은 환자만(aortobifemoral graft n=3, in situ femorotibial graft n=3)을 별도로 하여 인공혈관에 의한 인공물(artifact)유무, 개통도 및 수술 부위의 협착 정도를 DSA와 비교 하였다.

결 과

전체 26명 환자의 영상에서 분석 가능한 분절은 462개 였다. 이 중 DSA에서는 363분절이 경미 또는 정상, 33분절이 협착, 66분절이 폐쇄로 판정 되어서 임상적으로 유의 하다고 여기는 50%이상의 동맥폐쇄가 있었던 분절은 총 99(21%)분절이었다. CE-MRA에서는 462분절중 360분절이 경미 또는 정상, 39분절이 협착 63분절이 폐쇄로 판정되었고 357분절에서 경미 또는 정상으로, 32분절에서 협착으로 62분절에서 폐쇄로 DSA와 일치된 판정을 내렸다 (Fig. 1). CE-MRA는 DSA에서 정상으로 판정한 6분절을 협착으로, DSA에서 협착으로 판정한 1분절을 폐쇄로 판정하였고, DSA에서 폐쇄로 판정한 4분절 중에서 1분절을 협착으로, 3분절을 정상으로 판정하였다 (Table 1).

DSA와 CE-MRA에서 모두 병변이 없다고 판정되거나, 일치된 정도의 병변으로 판정 된 경우를 진음성(true -), 진양성(true +)으로, CE-MRA가 DSA보다 병변의 정도를 과장 또는 과소 평가한 경우를 각각 위양성(fale +), 위음성(false -)으로 분류하여 10분절에서 각각의 민감도, 특이도, 진단적 정확도를 구하였다 (Table 2), 전체 하지 동맥에서 CE-MRA에 의한 진단은 민감도 95%, 특이도 98%, 진단적 정확도 98%이었고 Gamma static value를 구하여 상관 관계를 보았을 때 전체는 G=0.995(P<0.001), 오금동맥(POA)를 기준으로 나누어 상부 총장골동맥(CIA)에서 오금동맥(POA)까지는 민감도 98%, 특이도 99% G=1(P<0.001), 오금동맥(POA) 이하부는 민감도 94%, 특이도 96%, G=0.9712(P<0.001)으로 특히 오금동맥 이상부의 진단적 가치가 높았다.

Graft는 6명의 환자에서 7개가 있었고, 그 중 인공 혈관을 이용 aortobifemoral graft 수술을 받은 사람이 3명으로 인조혈관에 의한 인공물은 없었으며, DSA, CE-MRA 모두에서 graft는 개통되어 있었으며, 문합부 협착은 없었으며 근위 및 원위부 혈관의 평가는 동일 하였다. 3명의 환자의 4개의 in situ femorotibial graft에서 우회로 폐쇄가 1예, 근위 및 원위 문합부의 협착이 각 한 분절씩 있었으나, DSA와 CE-MRA 모두에서 동일한 평가를 내렸다.

고 찰

연구가 후향적으로 진행되었고 환자의 수가 26명으로 제한적이었지만 CE-MRA의 DSA에 대한 전체 하지동맥의 진단적 가치는 민감도 96%, 특이도 98%, 진단적 정확도 98%, Gamma static value G=0.995(P<0.001)로 높았고, 더욱이 1.0T

Table 1. Truth Table for CE-MRA in the Evaluation of Arterial Occlusive Lesions of 462 Vascular Segments with DSA as the Standard of Reference

Severity of Disease with CE-MRA	Severity of Disease with DSA			
	None	Stenosis (50-99%)	Occlusion	Total
None	357	0	3	360
Stenosis(50-99%)	6	32	1	39
Occlusion	0	1	62	63
Total	363	33	66	462

Gamma static value G=0.995, P<0.001

Table 2. Sensitivity, Specificity, and Diagnostic Accuracy of CE-MRA Compared with DSA in the Evaluation of Lower Extremity Arterial Occlusive Disease in 26 Patients

	True +	True -	False +	False -	Sensitivity	Specificity	Diagnostic Accuracy
CIA	5(3/2)	39			1.0	1.0	1.0
EIA	8(3/5)	34	1(1/0)	1(1/0)	0.89	0.97	0.95
IIA	5(0/5)	39			1.0	1.0	1.0
CFA	6(2/4)	42			1.0	1.0	1.0
SFA	10(3/7)	37	1(1/0)		1.0	0.97	0.98
DFA	3(1/2)	44	1(1/0)		1.0	0.98	0.98
POA	11(2/9)	37			1.0	1.0	1.0
ATA	15(8/7)	27	2(2/0)	2(0/2)	0.88	0.93	0.91
PTA	14(5/9)	32			1.0	1.0	1.0
PEA	17(5/12)	26	2(2/0)	1(0/1)	0.94	0.92	0.93
Total	94(32/62)	357	7(7/0)	4(1/3)	0.96	0.98	0.98

(stenosis/occlusion)
CIA : common iliac artery, EIA: external iliac artery, IIA:internal iliac artery, CFA : common femoral artery,
SFA : superficial femoral artey, DFA : deep femoral artery, POA : popliteal artery, ATA : anterior tibial artery,
PTA : posterior tibial artery, PEA : peroneal artery

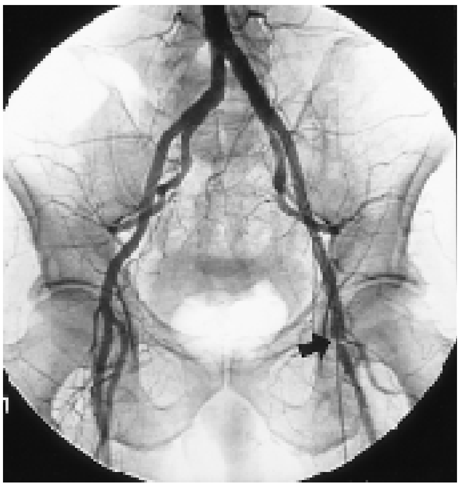
MR 자기공명 영상 장치를 사용하였지만 1.5T 자기공명 영상 장치를 사용한 유사한 연구 (18)와 비슷한 결과를 얻어 1.0T 자기공명 영상 장치를 이용 하더라도 CE-MRA가 매우 유용한 방법임을 알 수 있었다. CE-MRA가 제한된 matrix 수에도 불구하고 이렇게 높은 민감도, 특이도를 보인 원인으로는 조영 증강하지 않은 자기공명 혈관조영술보다 훨씬 큰 신호 대 잡음비, DSA 보다 넓은 촬영야(FOV), DSA에서는 볼 수 없는 삼차원 영상으로 입체적으로 분석할 수 있으며, 조영 정도가 다른 조기 동맥기와 후기 동맥기 또는 동맥기와 조기 정맥기의 2별의 영상으로 혈류 순환 속도 차이를 보정해 볼 수 있기 때문으로 생각된다(1-2). CE-MRA에서 검사 병소가 DSA 보다 과장(false +)되어 보인 7 분절 중 6 분절은 오금동맥(POA) 미만의 혈관들이고 나머지 1 분절도 내장골동맥(IIA)의 분지로 CE-MRA의 해상도의 한계로 인해 가는 불규칙한 내면을 협착으로 의심하였으나, DSA 결과를 알고 보았을 때는 국소적 협착 없는 동맥 경화에 의한 변화로 볼 수도 있었다. 이는 CE-MRA가 DSA보다 matrix의 수 가 적어 생긴 일종의 인공물, 또는 해상도의 한계로 생각된다.

본 연구에서 distal runoff mode의 DSA를 기준검사로 비교하였으나, Oser등 (22)에 의하면, DSA 자체가 오금동맥(POA)

A

B

Fig. 2. A 74-year-old man with arteriosclerosis obliterance
A. Digital subtraction angiography reveals severe arterial occlusive disease without opacification of any tibial arteries in right leg. Left leg was amputated previously.
B. Contrast-enhanced MR angiography shows good opacification of reconstituted anterior tibial artery(arrows). The patient was managed to undertake bypass surgery to the anterior tibial artery.



A

B

Fig. 3. A 60-year-old man with arterial spasm in digital subtraction angiography
A. Severe arterial spasm of puncture site is seen at left common femoral artery (arrow). The opacification of left femoral artery is delayed due to the spasm.
B. Contrast-enhanced MR angiography shows no significant abnormality of arteries in both lower extremities in an oblique view.

이하에서 민감도92%, 특이도95%를 갖는다고 보고 되어 있다. Owen등 (23), Cortel (24) 등은 심한 협착 부위 상부에서 일시에 대량의 조영제를 주입하면, DSA에서 심한 혈류 시간 지연에 의한 잘못된 결과를 보일 수 있어 오금동맥(POA) 이하 분절에서는 두경부 코일(head coil)로 영상을 얻는 등의 특수한 조건에서, MRA가 오히려 재건되는 원위부 혈관에서 정확 하게 진단하고, 22% 까지 중재적 시술 및 수술 계획에 영향을 줄 수 있다고 주장 하고 있다. 본 연구에서도, 오금동맥(POA) 이하에 초점을 맞추지 않았으나, 세 분절에서 느린 혈류를 가진 전경골동맥(ATA)및 비골동맥(PEA)이 DSA에서 영상화 되지 않았으나 CE-MRA에서 영상화 되었고, 그 중 1예에서는 동시에 시행한 도플러 초음파로 혈류가 있음을 증명할 수 있었다 (Fig. 2). 따라서, DSA를 기준 검사로 한 본 연구는 절대 기준 설정의 제한이 있으며 실제 CE-MRA의 민감도는 더 높을 것으로 예상되며, 절대적인 민감도, 특이도, 진단적 정확도를 알기 위해서는 일부 연구 (24, 25)와 같이 수술 소견이나, 또는 초선택적 혈관조영술을 기준검사로 하여 CE-MRA와 DSA를 비교하는 연구가 필요하다고 생각 된다.

일정하지않은 혈류 순환 시간에 따른 동맥기의 지연 또는 조영제 주입이 느리거나 촬영 시간이 길어질 때 정맥기가 중복될 수 있는 문제가 있어 자동 주입기를 사용하고 촬영 시간이 빨라지고 tracking기법을 이용할 경우 좀더 적절한 동맥기 설정으로 더 좋은 영상이 기대 된다. DSA에서는 외장골동맥(EIA), 총대퇴동맥(CFA) 협착으로 보였고 수 분 후 반복한 혈관조영술에서 협착이 보이지 않아 동맥 천자에 의한 연축임을 확인 할 수 있었던 2명에서 CE-MRA에서는 정상혈류로 보여서 (Fig. 3). 진단만을 위한 선별 검사로 합병증의 가능성이 낮다는 장점도 보였다.

CE-MRA의 물리적 배경을 고찰하면, gadolinium을 혈관 내로 급속히 주입하면, 예를 들어 0.1mmol/kg, 혈액의 T1 시간은 1200msec에서 100msec로 급격히 감소하여, T1 신호강도가 증가되어 T1강조 3차원 경사 에코(3D gradient source) 영상 또는 MIP 영상의 혈관계와 주위조직의 대조도가 급격히 증가한다. 혈관 내로 주입된 gadolinium의 83%가 배설되려면 6시간 이상이 필요하나 혈관 내로 주입된 후 첫 통과(first pass)를 거치면서 전체 혈액(blood pool)에 혼합되고, 세포외액으로의 재분포가 되며, 신장 배출을 거치면서 혈액의 T1 시간은 15분내에 급격히 낮아지게 된다 (11,25). 따라서 연속해서 CE-MRA을 2회 반복 할 수 있고 대동맥 분지부터 발까지 영상을 얻을 수 있으며 연속적인 영상획득이 실제영상의 질 및 신호 대 잡음비에 큰 영향이 없음이 보고되었다 (18). 본 연구에서는 오금동맥(POA) 이상부의 영상을 얻고 이어서 오금동맥(POA) 이하부에서 영상을 얻었는 데 배경 잡음으로 인한 영상질의 저하로 분석에 장애를 보인 분절은 없었다.

CE-MRA는 연속하여 2번 또는 3번의 반복되는 조영제의 주입과 영상획득으로 통상적인 조영 증강 자기공명 영상보다 다량의 gadolinium을 사용하게 되어 일부 연구에서 조영제를 줄여 시행하는 시도가 있었고, 민감도나 특이도의 차이가 없다고 보고 되어 있다 (26), 하지만 농도가 0.1mmol/kg로부터 0.3mmol/kg까지 증가함에 따라 조영증강 되는 신호 강도가 증가 되며 (25), 0.3mmol/kg이상의 gadolinium사용도 이전의 연구에서 DSA에서 사용하는 요오드 화합물 조영제보다 훨씬 안전함이 알려져 있으므로, 향 후 조영제의 양을 줄여 시행하는 문제는 검사의 정확도를 해치지 않는 범위내에서 조심스럽게 접근할 필요가 있다 (27,28).

Graft 수술을 받은 사람의 수가 6명으로 많지 않았지만, CE-MRA와 DSA 모두에서 일치되는 소견을 보였고 인공물(artifact)은 볼 수 없었다. 심한 동맥 폐쇄성 질환을 수술한 환자는 적절한 동맥 천자 부위를 찾기 어렵고, 동맥 천자와 관련된 합병증의 위험이 증가된다는 점등을 고려한다면 CE-MRA가 Graft 수술 후 추적검사에도 매우 유용하리라 생각되며 보다 많은 연구가 필요 하리라 생각 된다.

결론적으로 Gadolinium 조영증강 자기공명 혈관조영술은 민감도, 특이도, 진단적 정확도가 고식적 디지털 감산 혈관조영술에 비견될 만하며, 특히 일부 재건되는 원위부의 혈관은 보다 정확한 결과를 보여, 하지동맥 폐쇄성 질환의 진단 및 치료에 유용할 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

1. Waugh JR, Sacharias N. Arteriographic complications in the DSA era. *Radiology* 1992;182:243-246
2. Mistretta CA. Relative characteristics of MR angiography and competing vascular imaging modalities. *J Magn Reson Imaging* 1993;3:685-698
3. Glickerman DJ, Obregon RG, Schmiedl UP, et al. Cardiac gated MR angiography of entire lower extremity : a prospective comparison with conventional angiography. *AJR* 1996;167:445-451
4. Yucel E, Kaufman J, Geller S, et al. Prospective evaluation of two dimensional time-of- flight MR angiography in lower extremity artherosclerotic occlusive disease. *Radiology* 1993;187:637-641
5. Steffens JC, Link J, Muller-Hulsbeck S, Freund M, Brinkmann G, Muller M. Cardiac gated two-dimensional phase-contrast MR angiography of lower extremity occlusive disease. *AJR* 1997;169:749-754
6. Doumolin CL, Hart HR Jr. Magnetic resonance angiography. *Radiology* 1986;161:717-720
7. Axel L. Blood flow effects in magnetic resonance imaging. *AJR* 1984;143:1137-1166
8. Graves MJ. Magnetic resonance angiography. *Br J Radiol* 1997;70:6-28
9. Bradley WG Jr, Waluch V, Lai K, Fernadez EJ, Spalter C. The appearance of flowing blood on magnetic resonance images. *AJR* 1984;143:1167-1174
10. von Schulthess GK, Higgins CB. Blood flow imaging with MR: spin phase phenomena. *Radiology* 1985;157:687-695
11. Prince MR. Gadolinium-enhanced MR aortogrphy. *Radiology* 1994;191:155-164
12. Shetty AN, Shirkhoda A, Bis KG, Alcantara A. Contrast enhanced three dimensional MR angiography in a single breath hold : a novel teqnique. *AJR* 1995;165:1290-1292
13. Strouse PJ, Prince MR, Chenevert TL. Effect of the rate of gadopentetate dimeglumine administration on abdominal vascular and soft tissue MR imaging enhance patterns. *Radiology* 1996;201:809-816
14. Snidow JJ, Aisen AM, HarrisVJ, et al. Iliac artery MR angiography :

comparison of three dimensional gadolinium enhanced and two dimensional time-of-flight techniques. *Radiology* 1995;196:371-378

15. Poon E, Yucel EK, Pagen-Marin H, Kayne H. Iliac artery stenosis measurements : comparison of two dimensional time of flight and three dimensional dynamic gadolinium enhanced MR angiography. *AJR* 1997;205:163-169
16. Hany TF, Debatin JF, Leung DA, Pfammatter T. Evaluation of the aortoiliac and renal arteries: comparison of breath-hold, contrast enhanced three dimensional catheter angiography. *Radiology* 1997; 204:357-362
17. Douek PC, Revel D, Chazel S, Falise B, Villard J,Amiel M. Fast MR angiography of the aortoiliac arteries and arteries of lower extremity : value of bolus-enhanced whole volume substraction technique. *AJR* 1995;165:431-437
18. Earls JP, Patel NH, Smith PA, DeSena S, Meisner MH. Gadolinium-enhanced three dimensional MR angiography of the aorta and peripheral arteries : evaluation of a multistation examination using two gedopentate dieglumine infusions. *AJR* 1998;171:599-604
19. Prince MR, Arnoldus C, Frisoli JK. Nephrotoxicity of high dose gadolinium compare with iodinated contrast. *J Magn Reson Imaging* 1996;6:162-166
20. Rofsky NM, Weinreb JC, Bosniac MA, Libes RB, Birnboum BA. Renal lesion charaterization with gadolinium-enhanced MR imaging : efficacy and safety in patients with chronic renal failure. *Radiology* 1991;180:85-89
21. Niendorf HP, Haustein J, Cornelius I, Alhassan A, Clauss W. Safety of gadolinium DTPA: extensive clinical experience. *Magn Reson Med* 1991;22:222-228
22. Oser RF, Picus D, Hicks ME, Darcy MD, Hovespian DM. Accuracy of DSA in the evaluation of patency of infrapopliteal vessels. *J Vasc Interv Radiol* 1995;5:589-595
23. Owen RS, Carpenter JP, Baum RA, Perloff LJ, Cope C. Magnetic resonance imaging of angiographically occult runoff vessels in peripheral arterial occlusive disease. *N Eng J Med* 1992;326:1577-1581
24. Cortell ED, Kaufman SC, Cambria RP, Rivitz SM, Waltman AC. MR angiography of the tibial runoff vessels : imaging with the head coil compared with conventional angiography. *AJR* 1996;167: 147-151
25. Strouse PJ, Prince MR, Chenevert TL. Effect of the rate of gadopentate dimeglumine administration on abdominal vascular and soft tissue MR imaging enhance patterns. *Radiology* 1996;201: 809-816
26. Rofsky NM, Johnson G, Adelman A, Rosen RJ. Peripheral vascular disease evaluated with reduced dose gadolinium enhanced MR angiography . *Radiology* 1997;205:163-169
27. Niendorf HP, Hausen J, Louton T, Beck W, Laniado M. Safety and tolerance after intravenous administration of 0.3mmol/kg Gd-DT-PA : result of a randomized controlled clinical trial. *Invest Radiol* 1991;26(suppl1):221-223
28. Yuh WT, Fisher DJ, Runge VM, et al . Phase 3 multicenter trial of high dose gadoteridol in MR evaluation of brain metastases. *AJNR* 1994;15:1037-1051

J Korean Radiol Soc 2000;42:241- 247

Gadolinium-Enhanced MR Angiography of Arterial Occlusive Disease in Lower Extremity: Comparison with Conventional Digital Substraction Angiography[1]

Sang June Shin, M.D., Young Hwan Koh, M.D., Joo Hee Cha, M.D.,
Hyun Beom Kim, M.D., Jin Wook Chung, M.D., Jae Hyung Park, M.D.

[1]*Department of Radiology, Seoul National University College of Medicine and the Institute of Radiation Medicine, SNUMRC*

Purpose : To compare the diagnostic value of gadolinium-enhanced MR angiography with that of conventional digital substraction angiography for the evaluation of lower extremity arterial occlusive diseases.

Materials and Methods : In 26 patients with symptomatic lower extremity arterial occlusive disease, both conventional digital substraction angiography(DSA) and gadolinium-enhanced MR angiography (CE-MRA) were performed during the same week. MR angiography was performed using three-dimensional gradient-echo acquisition before, and two sequential acquisitions after, the administration of gadolinium(0.2 mmol/kg). In 23 patients, two separate, contiguous areas were scanned using additional doses. In three patients, only one field with a suspicious lesion was scanned. Three radiologists independantly analysed the CE-MRA and DSA findings of each vascular segment(20 segments per arterial tree) for the presence of obstructive lesions; the grade assigned was either mild or none (< 50 %), stenotic(50 %-99 %),or occlusion(100 %).

Results : From among a total of 462 segments, DSA detected 99 which were significantly narrowed (stenosis, 33; occlusion, 66). Using MR angiography, 102 segments(stenosis 39; occlusion, 63)were identified, and 94 lesions (stenosis, 32; occlusion 62) were graded correctly. Seven lesions were overestimated and four were underestimated. For the detection of hemodynamically significant stenosis or occlusions using MR angiography, sensitivity, specificity, and diagnostic accuracy were 95 %, 98 %, and 98 % (G = 0.995, P < 0.001), respectively . To prove the absence of lesions, we repeated DSA in two patients with arterial spasm due to puncture. Three occluded segments seen on DSA, which revealed intact segments on MR angiography, suggested slow distal flow after reconstitution.

Conclusion : For the evaluation of lower extremity arterial occlusive disease, the diagnostic value of gadolinium-enhanced MR angiography is comparable with that of digital substraction angiography. The advantages of the former are the absence of puncture-related spasm and visualization of slow distal flow.

Index words : Angiography, comparative studies
Arteries, extremities
Arteries, stenosis or obstruction
Magnetic resonance (MR), comparative studies
Magnetic resonance (MR), contrast enhancement

Address reprint requests to : Jae Hyung Park MD., Department of Radiology, Seoul National University College of Medicine
#28, Yongon-Dong, Chongno-Gu, Seoul 110-744, Korea.
Tel. 82-2-760-2512 Fax. 82-2-743-6385

2000년도 대한방사선의학회 중요행사 일정 (II)

대 회 명	일정		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 예정
	초록마감 사전등록마감 의료기기 전시 신청마감	00. 3. 31(금) 00. 4. 29(토) 00. 4. 29(토)	학회 사무국
장학생 선발 공모	2001년도 Scholarship 신청 마감	00. 7. 31(월)	국제협력위원회
	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	제56차 학술대회 및 총회	00. 10. 26(목)-10. 28(토)	호텔롯데월드
	초록마감 의료기기 전시참가 신청마감 사전등록마감	00. 7. 31(월) 00. 7. 31(월) 00. 9. 15(금)	학회 사무국
대한자기공명의과학회 추계학술대회	대한자기공명의과학회 추계학술대회	00. 11. 4(토)	미정
86th RSNA	86th RSNA(북미방사선의학회)	00. 11. 26(일)-12. 1(금)	Chicago, USA
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) 〃	〃