

족부혈관 평가에 있어서의 3차원 Gadolinium 조영증강 자기공명혈관조영술의 유용성 : 디지털 감산 혈관조영술과의 비교

광주보건대학 방사선과 · 조선대학교부속병원 방사선과*
지연상 · 이봉재*

- Abstract -

Usefulness of 3-Dimensional Gadolinium-enhanced MR Angiography for the Evaluation of Pedal Artery. : Comparison with digital subtraction angiography

Youn Sang Ji · Bong Jae Lee*
Dept. of Radiological Technology, Kwang-ju health College
*Dept. of Diagnostic Radiology, Chosun University Hospital**

The purpose of this study is to compare the 3-dimensional MR angiography(MRA) with digital subtraction angiography(DSA) for the evaluation of pedal artery. MR angiography was performed using three-dimensional FISP acquisition before, and four sequential acquisitions after the injection of gadolinium(0.2 mmol/kg, 3 ml/sec). MRA was compared with DSA for a correct identification of the arterial segment. Out of 168 segments, 32 segments were invisible in both MRA and DSA. At the level of ankle, 48 segments were visible in both examinations, and 18 segments were visible only in MRA. In the foot area, 34 segments were visible in MRA, but not in DSA. Three arterial segments were visible only in DSA. 3D MRA is comparable to DSA for the evaluation of pedal artery, thus it gives additional information for the planning of treatment in lower extremity artery.

I. 서론

질병을 진단하기 위해 인체 내부 구조를 들여다 보고자 하는 바램을 오랫동안 가지고 있었다. 이 소망은 독일의 물리학자 W.C.Roentgen에 의해서 이루어졌다. 그 이래 오늘날에 이르기까지 X선상의 임상의학에 있어서 영상진단법의 주류를 이루어 왔으나, X선상이라고 하여도 생체 내부의 모든 것을 보여 줄 수 있는 것은 아니다. 특히, 생체 연부조직, 내강벽, 혈관 등은 X선을 이용하여 입체적 생체구조를 2차원 평면에 중복하여 나타내므로 정보의 손실이나 진단의 오류를 가져올 수 밖에 없었다. 이러한 여러 가지 문제점을 해결하고자 1970년대 초에 CT(Computed Tomography)가 진단방사선 분야에서 중요한 자리를 잡았고, 1970년 후반에 MRI(Magnetic Resonance Image), DSA(Digital Subtraction Angiography)가 인체 단층영상을 얻어내므로 X선상의 단점을 보완해주고 또한 영상의 선명화 뿐만 아니라 영상의 컴퓨터 인식에 의한 자동진단 가능성을 기대하게 하였다.

최근의 기술적 진보로 MRA(자기공명 혈관조영술), DSA(디지털 감산 혈관조영술)는 다양한 영상기법을 통한 혈관질환의 검사법으로 중요하게 사용되고 있다. 특히 방사선 조영 증강제를 사용한 3차원 영상기법을 이용하면 인체내 혈관질환인 혈관의 협착, 폐쇄, 유입혈관, 유출혈관을 볼 수 있을 뿐만 아니라 우회술을 시행할 경우 이식 혈관의 개통성을 평가할 수 있고, 동정맥 기형의 경우 유출정맥을 확인할 수 있다.

본 연구에서는 위와 같은 병명으로 내원한 환자를 검사할 때 MRA와 DSA 중 어떤 장비의 검사를 먼저 시행함으로써 환자의 경제적 부담을 덜어주고 보다 명확한 진단을 빠르게 얻어 효율적인 치료계획을 수립할 수 있는가에 대한 유용성을 연구하고자 한다.

II. 연구내용 및 방법

1. 연구내용

족부를 포함한 하지의 혈관을 살펴보면 전경골동맥, 비

골동맥, 후경골동맥, 내측족저동맥, 외측족저동맥, 족배동맥 등의 여러개의 혈관이 중복되어 이루어져 있어 단순한 정면, 측면, 사방향으로 많은 혈관을 단순촬영하여 병명을 관찰하기는 어렵다. 그러므로 하지의 중복되어 있는 혈관을 관찰하기 위해서는 3차원 입체영상촬영에서 얻은 영상과 조영제를 혈관에 주입시킨 혈관조영촬영술의 영상을 비교 관찰할 때 정확한 정보를 얻을 수 있을 것이다. 3차원 혈관조영술을 시행할 수 있는 MRI와 DSA 장비를 이용하여 동일 환자의 검사부위를 대상으로 두 가지 검사를 시행하여 얻은 영상으로 두 장비간의 유용성을 비교하였다.

2. 연구대상

2000년 1월부터 2001년 6월까지 족부를 포함한 하지혈관의 평가를 위해 의뢰된 24명의 환자 168개 하지를 대상으로 하였으며 남자 16명, 여자가 8명이었고, 환자의 평균나이는 49.5세(21~78세)였다. 환자 24중 동맥경화증이 8명, 당뇨병성 혈관병증이 6명, Buerger씨병 2명, 피부판 이식 수술을 계획하는 외상환자 2명, Calciphylactic 동맥병증이 4명, 동정맥기형이 2명이었다.

3. 연구방법

환자를 대상으로 MRI와 DSA 검사를 1주일 간격으로 시행하여 3차원 영상을 얻은 후 7개부위(전경골동맥, 비골동맥, 후경골동맥, 내측동맥, 내측족저동맥, 외측족저동맥, 족배동맥, 족궁)의 비교를 원칙으로 한다. 비교방법은 다음과 같은 실험을 통해서 실시한다.

1.5T의 MRI 장비에서 3차원 FISP(Fast Image in Steady state Precession)기법으로 조영제를 주입하여 얻은 영상을 MIP(maximum intensity projection)기법으로 재구성하여 DSA영상과 비교하였다.

4. 검사조건

① MRA는 1.5T의 자기공명영상 장치에 사지코일(extremity coil)을 이용하였으며 환자의 움직임을 최소화하기 위하여 코일과 발사이에 스펀지를 여러장 끼워 넣고 고정시켜 환자의 발부터 장치내로 들어가도록 하였다. 3차원 FISP(Fast Image in Steady state Precession, TR 7.8 msec, TE 2.0 msec, Flip angle 60, FOV 25 cm, matrix 128 × 256)기법으로 환자의 발끝이 포함되도록 조영전 영상을 얻은 후 체중 kg당 0.2 mmol의 gadolinium을 초당 3 ml의 속도로 수동주입하고 생리식염수 10 ml를 정맥주사하였고 gadolinium을 주입 후 10초부터 20초간의 스캔을 10초 간격을 두고 4차례 시행하였다. 각각의 영상에서 조영전 영상을 감산한 후 MIP(maximum intensity projection)기법으로 재구성하였다.

② DSA는 우측 또는 좌측 대퇴동맥을 천자하여 5F Omni 카테터를 표피대퇴동맥 또는 원위부 복부 대동맥에 위치시키고 DSA기기를 이용하여 35~70 cc의 조영제를 초당 3~15 cc 속도로 주사한 후 족부의 정맥까지 또는 원위부의 동맥이 더 이상 보이지 않을 때까지의 정면영상과 측면영상을 얻었다.

5. 평가 방법

족부의 혈관을 전경골동맥(anterior tibial artery), 비골동맥(peroneal artery), 후경골동맥(posterior tibial artery), 내측족저동맥(medial plantar artery), 외측족저동맥(lateral plantar artery), 족배동맥(dorsalis pedis artery), 족궁(pedal arch)의 7개 분절로 나누어, 두 검사에서 각 분절이 보이는지 두 명의 방사선과 전문의가 합의에 의해서 판단하였다.

6. 연구의 제한점

연구의 제한점으로는 다양한 질환을 대상으로 하였으나 대상환자의 수가 적어 그 결과가 일반화 하기는 어렵다는 점이다. 하지만 앞으로 한가지 질환을 가진 더 많은 환자를 대상으로 한다면 그 결과가 통계적인 의미가 있을 것으로 생각된다.

7. 장비 및 재료

- 자기공명 영상장치 1.5T(Magnetom vision, Siemens, Erlangen, Germany)
- 디지털 감산 혈관장치(SX-VA30, Ceiling-travel type C-arm tube support stem, HITACHI, Japan)
- 조영제(Gadolinium, Iodine)
- 5F Omni카테터
- 생리식염수

Ⅲ. 결 과

24명의 환자 168개 하지에서 MRA영상과 DSA영상을 비교하였을 때 전체 168개의 동맥 중에 32개의 동맥은 두 검사에서 전혀 볼 수 없었으며 나머지 136개의 동맥은 두 검사 중 적어도 하나에서 볼 수 있었다.

표 1에서 나타난 것처럼 발목부위의 전경골동맥, 비골동맥, 후경골동맥은 두 검사 모두에서 볼 수 있는 경우는 각각 16, 14, 18예이었고, MRA에서만 보이는 경우 각각 6예였으며 DSA에서만 보이는 경우는 없었다.

발목이하 부위 혈관에서 내측족저동맥은 두 검사에서 볼 수 있는 경우가 10예, MRA에서만 보이는 경우가 8예, DSA에서만 보이는 경우는 2예였다. 외측족저동맥은 두 검사에서 볼 수 있는 경우가 8예, MRA에서만 보이는

Table 1. Identification of vessel segments with MRI versus DSA in 24 patients

| Artery | Both | Neither | MRA only | DSA only | Total |
|------------------|------|---------|----------|----------|-------|
| Anterior tibial | 16 | 2 | 6 | 0 | 24 |
| Peroneal | 14 | 4 | 6 | 0 | 24 |
| Posterior tibial | 18 | 0 | 6 | 0 | 24 |
| Medial plantar | 10 | 4 | 8 | 2 | 24 |
| Lateral plantar | 8 | 6 | 8 | 2 | 24 |
| Dorsalis pedis | 6 | 6 | 12 | 0 | 24 |
| Peal arch | 6 | 10 | 6 | 2 | 24 |
| Total | 78 | 32 | 52 | 6 | 168 |

경우가 8예, DSA에서만 보이는 경우가 2예였다. 족배동맥은 두 검사 모두에서 보이는 경우가 6예, MRA에서만 보이는 경우가 12예, DSA에서만 보이는 경우는 없었으며, 족궁은 두 검사 모두에서 보이는 경우가 6예, MRA에서만 보이는 경우가 6예, DSA에서만 보이는 경우가 2예였다.

총 168개의 동맥혈관 중에서 DSA에서 보이지 않은 혈관이 MRA에서 보이는 경우는 52예였고(Fig. 1), MRA에서 보이지 않는 혈관이 DSA에서만 보이는 경우는 6예였다.

IV. 고찰

동맥경화증, 당뇨병성 혈관병증, Buerger씨병 등에 의한 하지 동맥 폐쇄성 질환의 수술방법에는 절단과 우회술^{1,2)}이 있으며 이의 결정에 있어서 족부혈관의 평가는 매우 중요하다. 족부혈관의 혈류유무에 따라 수술방법이 결정되고 절단부위 혹은 우회술의 원위 집합부위가 결정되기 때문이다.

고식적인 혈관조영술은 혈관 질환의 치료에 있어서 해부학적인 정보를 제공하는 기본검사이다. 그러나 고식적인 혈관조영술은 침습적이며 요오드 화합물 조영제 사용, 전리방사선에의 노출, 좁은 촬영야 등의 단점이 있다. 특히, 족부혈류가 적으면서 혈관 폐쇄가 있는 경우, 고식적 혈관 조영술로는 우회술에 필요한 원위부의 개통된 혈관을 찾을 수 없으므로³⁻⁶⁾, 용적묘기장치(Plethysmography), 도플러 초음파 등이 추가적으로 이용되고 있다. 자기공명 혈관조영술은 유체속도강조(Time of Flight, 이하 TOF)기법이나 위상차강조(Phase Contrast, 이하 PC)기법 등의 개발로 신체 여러부위의 혈관을 검사하는데 많이 응용되고 있으며, 특히 하지에서 2차원 TOF 기법이 고식적인 혈관 촬영술에서 보이지 않는 개통된 혈관을 보여주어 원위부 동맥의 평가에 도움을 주는 것으로 보고되었다⁷⁻⁹⁾

MRA는 다양한 영상기법의 개발과 최근의 기술적 진보로 혈관 질환의 비침습적 검사방법으로 중요한 위치를 차지하고 있다. PC기법은 혈류의 속도와 방향에 대한 정보를 줄 수 있지만 신호 대 잡음비가 낮아 영상획득 시간

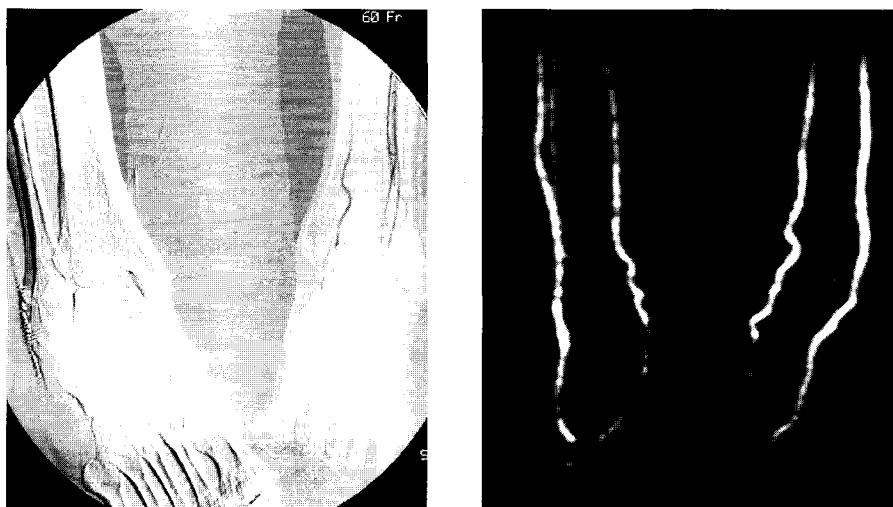


Fig. 1. 64-year-old man atherosclerotic stenoses in both common iliac arteries.
 A. DSA shows only anterior tibial, posterior tibial and peroneal artery in left ankle. No other arteries were not detected for 120 seconds after contrast injection.
 B. MRA clearly shows patent anterior tibial, posterior tibial, peroneal artery in both ankle and dorsalis pedis, lateral plantar artery in both foot.

간이 길고, 속도민감도를 조절하기가 어려워 대부분 TOF가 많이 쓰이고 있으며 3D TOF 보다는 2D TOF가 느린 혈류에 대하여 더 민감하기 때문에 정맥이나 하지에서는 2D TOF가 더 많이 쓰인다. 그러나 TOF 기법은 정보를 얻는 시간이 길어 환자의 움직임에 의한 인공물의 발생이 쉽고, 하지혈관에서의 박동성에 의한 인공물 발생, in-plane flow로부터의 스핀포화, MIP로 재구성했을 때 계단모양 인공물(step ladder artifact) 발생 등의 단점을 가지고 있다¹⁰⁾. 또 2D TOF는 원위부에서 올라오는 정맥의 신호를 포화시키기 위한 presaturation pulse를 FOV 아래에 위치시켜야 하므로 FOV를 MRA처럼 발등까지 포함시킬 수 없어서 족부혈관의 검사에는 어려움이 있다.

본 논문에서 실험비교한 MRA는 최근 개발된 FISP 기법으로 유동관련증강을 이용하지 않고 gadolinium의 T1 시간 단축효과를 이용하여 혈류의 신호강도를 증가시켜, 신호 대 잡음비가 증가되고, 영상획득시간이 짧고, 스핀포화도가 TOF기법보다 적으며 와류에 의한 신호소실이 적고, 역류하는 혈관을 볼 수가 있으며 계단모양 인공물이 없어 TOF기법보다 더 우수한 방법¹¹⁾이며 Rofsky¹²⁾ 등은 이러한 전반적인 면을 고려하여 하지의 폐쇄혈관질환에 있어서 MRA기법중 FISP가 기본적인 선별 검사로 우수하다고 하였다.

초기 Unger¹³⁾의 연구에서는 MRA에서는 정맥이 조영되어 동맥과 겹쳐보이기 때문에 2D TOF와 DSA를 병행하여 검사하는 것이 더 정확한 동맥검사법이라 하였다. 그러나 이들의 연구는 조영제가 이미 정맥에 들어간 시기에 영상을 얻었기 때문에 저자들의 연구처럼 60초 이내에 영상을 얻을 경우 정맥과 겹치는 현상은 피할 수 있을 것으로 생각된다. kreitner¹⁴⁾ 등의 연구에서 혈류가 하지를 순환하는 시간과 혈관조영제의 양을 토대로 병명에 따라서 2D DSA에서는 전경골동맥, 후경골동맥, 내측족저동맥을 제외한 모든 하지 동맥의 관찰이 용이하고,

2D TOF기법에서는 혈관 협착, 폐쇄, 이식혈관의 개통성을 평가하기 용이하다고 보고되었다. 또한 당뇨병이 있는 환자에서 원위부 이식에 적합한 족부혈관을 찾는 데 DSA에서 보이지 않았던 혈관이 MRA에서 보이는 경우 24명 중 9예(38%) 있었으며 이중 7명이 MRA의 결과 때문에 치료방향이 바뀌어 원위부 족부혈관에 우회술을 받을 수 있었다고 하였다¹⁵⁾.

Calciphylaxis는 혈액투석이나 신장이식이 필요한 만성 신부전 환자나 이차성 부갑상선 항진증에서 발생하는 드문 질환으로 주로 사지의 말단에 발생하여 혈관내 섬유소 응결과 석회화를 특징으로 하며 점차적으로 허혈성 괴사를 일으키는 질환이며¹⁶⁾, 심한 경우는 피부나 근육이 외의 전신 기관에 침범할 수 있다¹⁷⁾.

본 연구에 포함된 증례는 64세 남자 환자로 7년전 당뇨병의 합병증으로 만성신부전이 생겼고 2개월전 우측 하지에 괴사가 발생하여 조직검사에서 Calciphylaxis로 진단되었다. 3D FISP기법의 MRA와 3D DSA에서 전경골동맥, 후경골 동맥, 내측족저동맥을 제외한 모든 하지 동맥이 막혀 있었고, 다발성 협착이 동반되었다.

MRA는 조영제가 관심부위에 도달하는 시점에 영상을 얻어야 하는데 이 시점은 예측할 수 없으므로 가능한 가장 빠른 시간에서부터 연속적으로 여러번 영상을 얻어야 할 것으로 생각하여 본 연구에서는 조영제 주입 10초 후부터 4회의 영상을 얻었다. MRA에서는 혈관의 협착이나 폐쇄, 유입혈관, 유출혈관을 볼 수 있을 뿐만 아니라 우회술을 시행할 경우 이식혈관의 개통성을 평가할 수 있고, 동정맥기형의 경우 유출 정맥을 확인할 수 있다^{18, 19)}.

본 연구의 동정맥기형 환자 증례에서도 동맥기형에 정맥이 조영되어 조기 유출 정맥이 있음을 알 수 있었다 (Fig. 2). 스캔시간을 길게 하여 신호 대 잡음비를 높이면 더 좋은 영상을 얻을 수 있을 것으로 예상하고, 연구 초기에 5명의 지원자를 대상으로 스캔시간을 대상으로

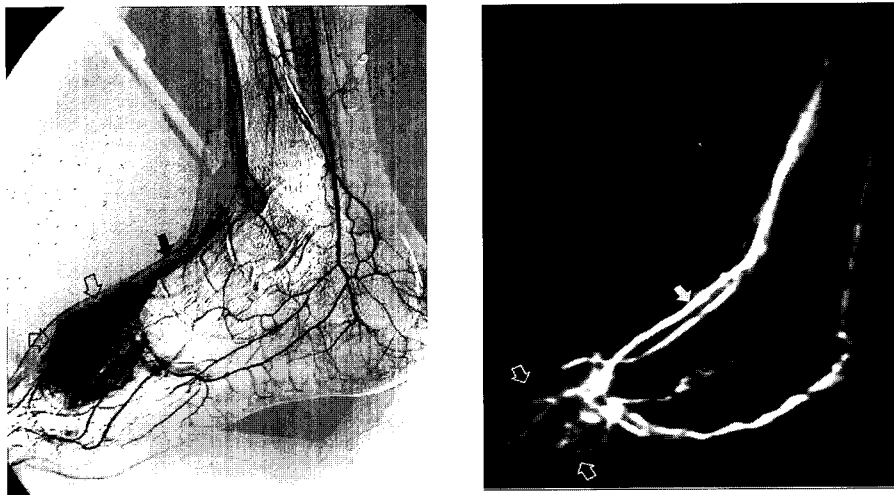


Fig. 2. 19-year-old woman with arteriovenous malformation. Both DSA(A) and MRA(B) shows nidus(open arrows) with early draining vein (closed arrow)

20초(Fig. 3), 30초, 40초, 50초, 60초로하여 비교하여 보았으나 큰 차이가 없었다. 따라서, 24명의 환자들은 스캔 시간을 20초로 하여 연속하여 4회의 영상을 얻었으며 대부분의 환자에서 두 번째 스캔에서 최상의 영상을 얻을 수 있었다.

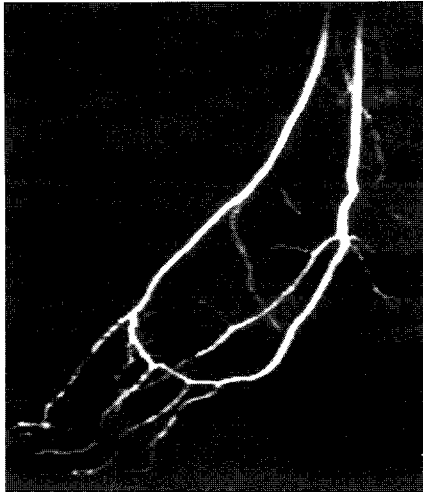


Fig. 3. 26-year-old male normal volunteer MRA acquired with the scan time of 20 seconds shows all seven arterial segments in ankle and foot.

V. 결 론

3D 영상의 하지혈관에서 MRA와 DSA의 유용성 비교를 통한 결과는 전체 168개의 동맥분절 중에 32개의 동맥은 두 검사 모두에서 전혀 볼 수 없었으며 발목 부위의 분절들에서는 두 검사 모두에서 보이는 경우가 48예, MRA에서만 보이는 경우가 18예였고 DSA에만 보이는 경우는 없었다. 발목이하 부위에서는 MRA에서만 보이는 경우가 34예였으며, DSA에서만 보이는 경우는 6예였다. 이처럼 족부혈관의 평가에 3D MRA성적은 DSA와 비교할 만하며, 이에 따라 하지의 다양한 혈관 질환의 치료계획에 MRA와 DSA를 병행함으로써 추가적인 정보를 얻을 수 있을 것으로 생각한다. 두 검사의 우선 순위를 결정지어야 할 경우 먼저 MRA검사를 시행함으로써 DSA 검사에서 나타나지 않는 부위를 볼 수 있을 것으로 사료된다. 앞으로 우리인체의 다른 부위까지도 이 기법을 사용할 수 있도록 기술적인 부분을 정립하면 많은 환자의 진단과 치료에 적용시킬 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

1. Debus ES, Timmermann W, Sailer M, et al. Arterial reconstruction in diabetes and peripheral arterial occlusive disease : result in 192 patients *Vasa*, 27:240-

- 243, 1998.
2. Eckstein HH, Schumacher H, Maeder N, et al. Pedal bypass for limb-threatening ischemia : an 11-year review. *Br J Surg*, 83:1554-1557, 1996.
3. Patel PR, Semel L, Clauss RH. Extended reconstruction rate for limb salvage with intraoperative preconstruction angiography. *J Vasc Surg*, 7:531-537, 1999.
4. Scarpato R, Gembarowicz R, Farber S, et al. Intraoperative preconstruction arteriography. *Arch Surg*, 116:1053-1055, 1981.
5. Flanigan DP, Williams LR, Kiefer T, et al. Prebypass operative angiography. *Surgery*, 92:627-633, 1982.
6. Oser RF, Picus D, Hicks ME, et al. Accuracy of DSA in the evaluation of patency of infrapopliteal vessels. *J Vas Interv Radiol*, 6:589-594, 1995.
7. Owen RS, Baum RA, Carpenter JP, et al. Symptomatic peripheral vascular disease : Selection of imaging parameters and clinical evaluation with MR angiography. *Radiology*, 187:627-635, 1993.
8. Carpenter JP, Owen RS, Holland GA, et al. Magnetic resonance angiography of the aorta, iliac, and femoral arteries. *Surgery*, 116:17-23, 1994.
9. McCauley TR, Monib A, Dickey KW, et al. Peripheral vascular occlusive disease : accuracy and reliability of time-of-flight MR angiography. *Radiology*, 192:351-357, 1994.
10. Kaufman JA, McCarter D, Geller SC, et al. Two-dimensional time-of-flight MR angiography of the lower extremities : artifacts and pitfalls. *AJR*, 171:129-135, 1998.
11. Watanabe Y, Dohke M, Okumura A, et al. Dynamic subtraction contrast-enhanced MR angiography: technique, clinical applications, and pitfalls. *Radiographics* 2000; 20:135-152.
12. Rofsky NM, Adelman MA. MR angiography in the evaluation of atherosclerotic peripheral vascular disease. *Radiology*, 214:325-338, 2000.
13. Unger EC, Schilling JD, Awad AN, et al. MR angiography of the foot and ankle. *J Magn Reson Imaging*, 5:1-5, 1995.
14. Kreitner KF, Kalden P, Neufang A, et al. Diabetes and peripheral arterial occlusive disease: Prospective comparison of contrast-enhanced three-dimensional MR angiography with conventional digital subtraction. *AJR*, 174:171-179, 2000.
15. Adrogué HJ, Frazier MR, Zeluff B, et al. Systemic calciphylaxis revisited. *Am J Nephrol*, 1:177-183, 1981.
16. McAuley K, Devereux F, Walker R. Calciphylaxis in two non-compliant patients with end stage renal failure. *Nephrol Dial Transplant*, 12:1061-1063, 1997.

17. Kent RB, Lyerly RT. systemic calciphylaxis. South Med J. 87:278-281, 1994.
18. Peripheral arteries: clinical indications. In prince MR, Grist TM, Debatin JF. 3D Contrast MR angiography 2nd ed. Berlin: springer; 135-150, 1999.
19. 신상준, 고영환, 차주희, 김현범, 정진욱, 박재형. 하지 동맥의 폐쇄성 질환에서 Gadolinium 조영증강 자기 공명혈관조영술의 진단적 가치: 고식적 디지털 감산 혈관조영술과의 비교. 대한방사선의학회지, 42:241-247, 2000.