

# 말초혈관 질환 진단에서 CT와 MRI 이용

CT and MRI in the Diagnosis of PAD

연세의대 • 최병욱

하지동맥 질환은 죽상경화증에 의한 협착과 폐쇄에 의하여 간헐적 파행 (intermittent claudication), 허혈성 동통, 궤양, 괴사의 증상을 나타낸다. 하지말초동맥 질환의 위험 인자는 고령, 흡연, 고혈압, 고지혈증, 당뇨, 비만, 가족력이 있다. 이러한 질환은 나타나는 양상에 따라 다른데, 간헐적 파행의 경우에는 대개 보존적 치료로 충분하며, 하지 위협 허혈(limb threatening ischemia)의 경우에는 혈관성형술이나 수술적 치료, 하지절단이 필요하다. 그러므로 구체적인 치료의 지침을 정하기 위하여 적절한 질환 심각도의 평가가 필요하다. 동맥조영술은 하지말초동맥 질환 진단의 표준으로 사용되고 있으나 술기에 관련된 합병증, 방사선피로, 요오드 조영제의 부작용이 나타날 수 있다. 여러 가지 다른 영상 진단법 중 CT (computed tomography)와 MRI (magnetic resonance imaging)은 혈관을 고해상도 3차원 영상으로 얻을 수 있는 점에서 매우 각광받고 있는 검사법이다.

### 13.1. 하지동맥의 Computed tomographic angiography (CTA)

하지의 혈관 검사에는 고식적 혈관조영술이 많이 이용되었지만, MDCT (Multi-detector CT)가 등장하면서 하지 전체를 높은 공간해상도로 검사할 수 있게 되어, 진단 목적의 하지혈관촬영술은 상당 부분 CTA로 대체되고 있다.

#### 13.1.1. 장점

- 1) MDCT를 이용한 하지동맥의 촬영은 짧은 스캔시간, 얇은 절편두께(slice thickness)가 가능하여 높은 공간해상도로 긴 해부학적 범위를 빠르게 촬영하고 삼차원영상으로 재구성할 수 있다.
- 2) 환자들이 가장 편하게 받을 수 있는 영상 진단 검사법이며 검사에 따르는 불편함이 매우 적다.
- 3) 혈관조영술에 비하여 3차원 영상을 만들 수 있고, 비대칭의 협착의 발견에 유리하며, 조영제를 정맥 주사하므로 모든 우회혈관을 조영할 수 있어, 완전 폐쇄 동맥의 원위부를 관찰할 수 있다. 혈관 내강 주위의 혈관벽을 관찰할 수 있

어서 동맥류, 혈관외막의 질환 등을 알 수 있다.

- 4) CTA는 MRA(Magnetic resonance angiography)의 금기증인 pacemaker, defibrillators가 삽입된 환자에서도 촬영이 가능하다. Metal clips, stents, prostheses도 MRA에 비교하여 그다지 심한 인공물을 만들지 않는다.
- 5) MRA보다 공간해상도가 높고 혈관벽의 석회화를 잘 보여 준다.

### 13.1.2. 단 점

- 1) 방사선피폭과 요오드조영제에 인한 부작용이 있다.
- 2) 관혈적 혈관조영술에 비하여 공간 해상도가 낮고 정맥이 조영되므로 동맥 병변의 진단을 어렵게 할 수 있다.
- 3) 대개 양쪽 다리를 동시에 촬영하므로 조영 시기가 다른 일부 동맥의 동맥 조영기를 놓칠 수 있다.
- 4) 단면 영상의 수가 많아지면서 이의 전송, 후 처리, 저장에 비용, 시간, 기술이 필요하다.

### 13.1.3. 금기증

신기능이 나쁜 환자에서 요오드조영제를 주의하여 사용하여야 한다.

### 13.1.4. 적응증

AHA/ACC Practice Guidelines에 따르면 아래와 같은 적응증에 사용할 수 있다.

#### Class IIb

1. 하지의 CT 조영술은 하지의 말초동맥 질환이 있는 환자에서 병변의 위치와 병변의 심각성을 진단할 때 사용할 수 있다(Level of Evidence: B).
2. 하지의 CT 조영술은 MRA (magnetic resonance angiography)에 금기증인 환자에서 MRA 대체 방법으로 사용할 수 있다(Level of Evidence: B).

### 13.1.5. 검사의 정확성

여러 연구에서 50% 이상 협착 진단의 민감도는 89~100%, 특이도는

92~100%였다. 최근 16 다검출기 CT를 이용한 연구에서는 70% 이상의 협착을 발견하는 민감도와 특이도가 각각 장골동맥 100%, 99.5%, 대퇴-오금동맥 97.4%, 99%, 오금아래쪽 동맥 98.3%, 99.8%였다.

### 13.1.6. CTA 스캔 기법

CT 조영술은 말초동맥 질환의 협착 정도와 위치를 진단하는 용도로 사용되어 왔다. CT 조영술은 요오드 조영제를 정맥 주사하여 동맥이 조영 증강되는 것을 관찰한다. 조영 증강된 혈관은 여러 개의 단면 영상에서 재구성 된다. 최대투영 영상으로 재구성하면 표준 혈관촬영술의 영상과 유사해진다. 이 영상은 3차원적으로 회전이 가능하며 여러 각도에서 바라볼 수 있다.

#### 1) 조영전 스캔 Precontrast scan

항상 필요하지는 않지만 출혈부위나 벽혈종을 찾아내는 데 유용하다. 검사할 부위를 정확히 정하고 contrast bolus tracing을 위한 위치를 정하는 데에도 도움이 된다.

#### 2) 조영제 주입

Celiac trunk부터 발까지 100~180cc의 조영제로 촬영 가능하다. 35~66초 정도면 영상을 얻는다. 방사선 조사량은 혈관촬영술의 1/4에 불과하다. 그러나 이러한 인자들은 촬영 기계와 방법에 의해 좌우되므로 사용 기계의 성능과 목적을 고려하여 최적화하여야 한다.

- (1) 정맥접근로: 조영제 주입 속도가 빠르므로 적절한 크기의 antecubital vein을 사용하는 것이 좋다.
- (2) Saline chaser: 조영제의 양을 줄인이며 조영 효과를 좋게 할 수 있다.
- (3) 주입 속도: 혈관이 균일하게 조영증강되고 작은 혈관까지 잘 보이게 하려면, 조영제의 농도와 스캔 속도를 고려하여 주입 속도를 최적화해야 한다. Biphasic injection 방법을 사용하면 초기에 빠른 속도로 조영증강이 정점에 도달하고 오래 plateau를 형성할 수 있어 균일한 조영증강으로 혈관을 촬영하는 데 유용하다.

#### (4) 생리적 요인

- 체중: 체내의 혈액 총량은 등의 크기와 비례한다. 일반적으로 체중 1kg당 1.5~2mL의 조영제를 사용한다.
- 심박출량: 심박출량이 낮은 환자에서는 동맥 조영증강이 최고조에 이르기까지 시간이 지연된다.
- 고농도의 조영제: 고농도 조영제를 사용하면 주입 속도와 양을 줄일 수 있다.

### 13.1.7. 후처리

#### 1) 최대투사강도(Maximal intensity projection: MIP)

투사 방향에서 가장 높은 밀도가 표시되며 혈관조영술 사진과 가장 유사하다. 석회화를 매우 잘 보여주지만 협착병변에 겹쳐 협착 진단이 어려울 수 있다.

특히 혈관의 전후 방향 협착을 알기 어렵기 때문에 협착 병변의 정확한 진단을 위해서는 단면영상을 사용하는 것이 좋다.

#### 2) Volume rendering (VR)

투명도를 조절하여 혈관이나 주위 구조물을 표현할 수 있다. 볼륨 안의 모든 voxel이 최종 영상에 관여하며 자르거나 회전이 가능하다. 깊은 정보와 원근감이 표현된다. 그러나 석회화 및 스텐트에서는 내강을 보기 어렵다.

#### 3) Multiplanar reformation (MPR)

빠른 관찰에 유용하다. 혈관벽에 대한 정보를 얻을 수 있다.

#### 4) Curved planar reformation (CPR)

개개 혈관 분석에 이용한다. 비대칭적 병변을 평가하려면 2개 이상의 영상이 필요하다.

### 13.1.8. 임상적 의의

MDCT를 이용한 하지동맥촬영술은 비교적 최근 이용되기 시작했다. CT는 스캔이 간단하고 빠르며 진단이 직관적이어서 환자나 의사에게 선호되는 검사이

며, 기술의 발전이 매우 빨라 곧 각광받는 검사가 될 전망이다. 하지만 임상적 적용을 위하여 surgical planning과 postoperative outcomes에 대한 연구결과가 더 필요하다.

## 13.2. 자기공명혈관촬영술 (Magnetic resonance angiography: MRA)

말초동맥 질환의 위치와 협착 정도를 진단하는 데 매우 유용하며 정확도는 사용된 검사기법에 따라 다르지만 현재는 조영증강 MRA가 가장 정확한 것으로 알려져 있다.

### 13.2.1. 장점

말초동맥 질환의 위치와 협착 정도를 진단하는 데 매우 유용하며 정확도는 사용된 검사기법에 따라 다르지만 현재는 조영증강 MRA가 가장 정확한 것으로 알려져 있다.

### 13.2.2. 단점

- 1) MRA는 협착의 정도를 과도하게 진단한다.
- 2) Metal clip에 의한 인공물은 매우 심각하다.
- 3) MRA 금기증은 촬영을 할 수 없다.
- 4) 조영제의 독성이 없는 것으로 알려져 있으나 크레아티닌 수치가 높은 환자에서 신독성을 나타낼 수 있다.
- 5) 조영증강 MRA는 foot을 평가하는데는 정확도가 떨어진다.
- 6) Stent 내강을 평가하기 힘들다

### 13.2.3. 금기증

- 1) Pacemaker나 defibrillator 삽입 환자
- 2) 폐쇄공포증 환자

### 13.2.4. 적응증

AHA/ACC Practice Guidelines에 따르면 아래와 같은 적응증에 사용할 수 있다.

### Class I

1. 하지의 MRA는 말초동맥 질환의 위치와 협착 정도를 진단하는 데 유용하다(Level of Evidence: A)
2. 하지의 MRA는 Gadolinium 조영증강을 해야 한다(Level of Evidence: B)
3. 하지의 MRA는 하지의 말초동맥 질환이 있는 환자에서 혈관내 중재술의 대상자를 선택하는 데 유용하다(Level of Evidence: A).

### Class IIb

1. 하지의 MRA는 하지의 말초동맥 질환 환자에서 수술적 우회술의 대상자를 선택하고 수술적 문합의 장소를 결정하는 데 사용될 수 있다(Level of Evidence: B).
2. 하지의 MRA는 하지의 말초동맥 질환이 있는 환자의 혈관재개통 후 평가에 사용될 수 있다(Level of Evidence: B).

## 13.2.5. 검사 기법

### 1) 조영증강 MRA

조영제에 의하여 T1값이 매우 짧아져서 포화가 아주 적어 우수한 대조도의 영상을 얻을 수 있다. 장점은 혈류의 속도 방향이 다양한 작은 말초동맥에서도 우수한 영상을 얻을 수 있다는 점이다. 난류에 의한 신호 소실, 호흡에 의한 인공물이 적다. 조영제의 양은 일반적으로 많을 수록 좋지만 2배 이상이 되면 효율성이 떨어진다. 조영제 주입시간과 촬영 시점을 결정하는 방법으로 test bolus, bolus tracking의 방법을 사용할 수 있다. 기술의 발전으로 모든 phase를 촬영하는 time resolved MRA도 가능하다.

MRA는 CT와 달리 DSA 기법과 비슷하게 주변 조직의 신호를 완전히 제거할 수 있다. TOF(Time of flight) 기법에 비교하여 더 정확하며 Persegment 분석에서도 50% 이상의 협착을 진단하는 데 90% 이상의 민감도와 특이도를 보인다.

## 2) Time of flight (TOF)

In-flow effect, flow-related enhancement effect, 즉, 움직이는 혈류와 정지된 주위 조직간의 포화정도의 차이를 이용하여 혈관영상을 얻는 기법이다. 포화 정도에 따른 불균질성을 극복하기 위하여 MOTSA (multiple overlapping thin slab angiography), TONE (tilted optimized non-saturating excitation) 기법 등을 사용할 수 있다.

영상을 좋게 하기 위하여 MT (magnetization transfer), Gradient moment nulling (GMN, flow compensation) 기법을 추가한다. 하지만 In-plane saturation 때문에 신호강도가 떨어지며, 방향이 서로 다른 혈관을 평가하기 어렵고, 완전폐쇄 원위부 혈관의 개방성을 평가하기 힘들다.

## 3) 위상대조 MRA

속도에 따른 위상차를 사용하므로 background의 신호억제가 매우 우수하다. 영상획득 시간이 짧아서 혈류의 속도를 알기 위해 많이 사용한다. 혈류 속도의 정량적 평가가 가능하다. 외류의 신호 손실이 크다.

### 13.2.6. 후처리 및 판독

MIP 방법으로 재구성하면 쉽게 평가가 가능하지만, off-axis projection에서 해상도가 떨어지는 점을 염두에 두어야 한다. 단면영상의 장점을 활용하여 cross-sectional view를 활용하여야 한다. MRA에 나타날 수 있는 artifacts에는 ghosting artifact에 유의해야 하며, 신호강도가 낮아서 MIP에서 협착으로 오인될 수 있는 점도 염두에 두어야 한다.

### 13.2.7. 검사의 정확성

MRA와 혈관조영술은 비슷한 정확도를 가진다. 정상혈관의 진단 민감도와 특이도는 81~85%이다, 정상 혈관에 대하여 고식적 혈관조영술은 MRA보다 민감도는 낮지만 특이도는 높다(77% vs. 82%), (92% vs. 84%). 메타분석에 의하면 조영증강 MRA의 민감도와 특이도는 모두 90%~100%이다. MRA와 혈관조영술의 일치도는 91~97%이다. 칼라 Duplex 초음파와 비교한 연구의 메타분석에



의하면 50% 이상 협착 발견에 대한 민감도는 MRA가 우수하고 특이도는 비슷하다 (98 vs. 88%), (96% vs. 95%). Critical Limb Ischemia 환자에서 말단 부위 혈관 진단에 MRA가 혈관조영술보다 우수하다는 결과가 있다.

### 13.2.8. 임상적 의의

MRA는 수술 전의 계획에 사용될 수 있고 혈관조영술과의 일치도는 90%에 달하여 실제 수술 전에 혈관조영술을 생략하기도 한다. 우회혈관내에 협착을 90~100%의 정확도로 진단한다. Angioplasty site의 즉각적인 평가에서 혈관조영술과의 일치도는 80~95%이다.

### 참고문헌

1. 인터벤션영상의학회 편. 인터벤션영상의학. 1st ed. 서울: (주) 일조각 2007. p. 93-110.
2. Hirsch AT, Haskal ZJ, Hertzner NR, et al. ACC/AHA Guidelines for the Management of Patients with Peripheral Arterial Disease (lower extremity, renal, mesenteric, and abdominal aortic): a collaborative report from the American Associations for Vascular Surgery/Society for Vascular Surgery, Society for Cardiovascular Angiography and Interventions, Society for Vascular Medicine and Biology, Society of Interventional Radiology, and the ACC/AHA Task Force on Practice Guidelines (writing committee to develop guidelines for the management of patients with peripheral arterial disease) Endorsed by the American association of cardiovascular and pulmonary rehabilitation; national heart, lung, and blood institute; society for vascular nursing; transatlantic inter-society consensus; and vascular disease foundation. *Circulation* 2006;113:e463-654.
3. Collins R, Cranny G, Burch J, et al. A systemic review of duplex ultrasound, magnetic resonance angiography and computed tomography angiography for the diagnosis and assessment of symptomatic, lower limb peripheral arterial disease. *Health Technol Assess* 2007;11:III-IV, XI-XIII, 1-184.
4. Collins R, Burch J, Cranny G, et al. duplex ultrasonography, magnetic resonance angiography, and computed tomography angiography for diagnosis and assessment of symptomatic, lower limb peripheral arterial disease: systematic review. *BMJ* 2007;334:1257.