

CT ANGIOGRAPHY 및 3-D의 현황

이보삼 · 김문찬 · 정 환
삼성서울병원 영상의학과

1. 개 요

..... Vascular imaging의 방사선학적 방법으로는 conventional angiography와 doppler sonography, MR angiography(MRA) 및 CT angiography(CTA) 등이 있으며, 지속적인 software의 개발과 상호 비교연구를 통한 vascular structure의 새로운 평가가 이루어져 왔다.

특히 helical scan에 의한 CT angiography는 인체 각 부위의 적용과 3차원적인 multi-directional display의 장점으로 인해 vascular질환의 유용한 진단 방법으로서 medical therapy, surgery여부를 결정하는 중요한 비교의 관심이 되고 있다.

본문에서는 helical CT로 얻어진 raw data를 CT angiography software를 이용하여 재구성한 새로운 system의 CT angiography 및 3-D의 현황에 대해 기술하고자 한다.

2. 검사 방법

- 1) Preparation
 - 6hrs NPO
 - 18G. IV Route

2) Pre-contrast scan

Scan lesion의 결정을 위해 axial scan을 시행하며 또한 helical scan시 thickness/pitch를 결정한다.

3) Cine test scan

정확한 prep. delay time의 결정을 위해 시행하며 실제 scan과 동일한 속도로 주입하되 20cc 정도 주입한다. 2-5 초 간격으로 test 시간을 결정하여 15초간 반복적인 scan을 하고 scan후 원하는 vessel의 최대 조영증강을 time density curve로 결정한다. 지연시간은 복부 대동맥의 경우 12-25초이며, 흉부 대동맥 또는 경동맥인 경우 8-20초 이다.

4) Helical scan

- ① Thickness/pitch : 1-5 mm/1-1.5
- ② Scan number : 30-40 slice
- ③ Contrast media : 3-5 ml/sec, total 100 - 150 ml

5) Reconstruction

Helical scan으로 얻어진 raw data는 일반적으로 thickness의 반으로 increment하며 DFOV는 필요한 vascular structure가 충분히 포함되게 한다. (DFOV : 22-28)

3. 조영제 주입

비이온성 조영제를 18G needle 또는 catheter를 통해 주입한다. Antecubital vein이 통상적인 경로이며 상대 정맥의 high density artifact를 피하기 위해 하지의 정맥에 주입하기도 하나 이러한 경우는 delay time을 예측하기 어렵다. 주입 속도는 3-5 cc/s 이며 4 cc/s 이하이면 작은 혈관의 낮은 조영제 밀도로 partial volume

effect가 renal artery, superior mesenteric artery에 발생할 수 있다. 조영제의 총량은 90-150 cc 이다.

4. Bolus timing

이상적인 목표는 표적혈관이 조영되고 주위조직은 조영되지 않는 것이다. 그러나 현재의 나선식 CT로도 bolus의 속도를 따라갈 수 없다. bolus가 속도 V로 T초 동안 주입된다면 bolus가 지나는 길이 L은 $L = V \times T$ 이며 bolus가 대상 부위에 도착하는 즉시 scan을 시작한다고 하였을때 scan speed (V)로 T초 동안 검사한 길이 (L) 는 $L = V \times T$ 이다. Scan 이 끝나는 순간에도 bolus는 scan plane에 남아 있어야 하므로 scan이 끝나는 시점, 즉 bolus의 선단은 $V \times T$ 의 거리에 있고 scan plane의 선단은 $V \times T$ 의 거리에 있는데 bolus의 길이가 bolus선단과 scan plane의 선단 사이의 거리 (D) 보다 길어야 한다. 따라서 $L > D$ 즉 $T \times V > V \times T - V \times T$ 이다. 그러므로 $T > T(V - V) / V$ 따라서 V 를 무시하면 $T > T$ 즉 bolus 주입기간은 scan time 보다 길어야 한다. Scan time이 길어지면 정맥과 주위조직이 조영증강되므로 table speed를 빨리하여야 한다. Table speed가 빨라지면 X-선 노출량도 증가되어야 하나 그렇지 못한 경우 잡음이 증가한다. 원하지 않는 조영증강을 감소하기 위하여서는 scan time과 bolus의 지속시간을 가능한 짧게하고 대상부위에 조영제 bolus가 들어오는 즉시 scan을 시작하여야 한다.

순환 시간은 개인차이가 있으므로 (특히 심부전등 심기능 이상이 있을 때에 감소된다) test injection을 시행한다.

5. Scan time, collimation, and pitch의 선택

고해상의 영상을 얻고자 하면 slice thickness를 줄이고 scan 범위를 좁게 해야 한다.

Scan 범위와 해상도간의 비중을 저울질하여 결정하면 각 해부학적 부위에 따라 달라진다. 예를 들면, Circle of Willis부위는 1mm collimation에 1 mm/s table speed (pitch 1:1)로 30-35초간 scan 한다.

복부 대동맥은 18cm 정도를 검사하여야 하며 30초 호흡정지가 가능할때 6 mm/s의 table speed를 채택한다면 collimation을 6mm (pitch 1), 5mm (pitch 1.2), 4mm (pitch 1.5), 3mm (pitch 2.0)중 하나에 맞출 수 있다.

6. 부위별 CT angiography 및 3-D 적용

1) Head and Neck

① Intracranial angiography

Aneurysm의 외과적 수술 전 마지막 정밀검사로 aneurysm, subarachnoid hemorrhage를 detection 하기 위해 시행하며 1mm collimation, 1:1 pitch, 3cc/s, total 120cc delay time을 18-25sec로서 intracranial bifurcation 1cm 아래 부터 위로 30-35slice를 얻는다. CT angiography는 conventional angiography와 비교하여 stenosis, thrombosis, spasm 등의 발견에 뒤지지 않지만 MIP image 에서는 fresh hemorrhage, vascular calcification으로 인해 aneurysm을 가릴 수 있는 문제점도 있다.

② Carotid angiography

수술전 초음파 검사로 발견된 이상 소견을 확인하기

위해 시행하며 3mm collimation, 1:1pitch, 3cc/s, total 120-150cc, scan delay 18-25초로 scan 한다. 100 HU threshold로 SSD image를 만들며 internal과 external bifurcation 방향을 따라 oblique, sagittal, reformation image를 얻는다.

Calcification이 있어도 lumen을 잘 볼 수 있고, sonography에서 발견된 병변에 대해 noninvasive technique으로 평가하고자 할 때 CTA를 시행한다.

2) Thorax

① Aortic angiography

입체적으로 aneurysm과 branch들의 involvement를 알기 위해 시행하며, aortic의 disease를 분류하면 다음과 같다.

A. Aneurysm

Abdomen aortic aneurysm은 CT의 흔한 적응증이다. Aortic size는 axial plane에 가장 잘 나타나며 3D image로 모양과 상하로의 범위를 알 수 있다. 특히 renal artery와 iliac artery와의 관계 및 침범유무를 알 수 있다. 이것은 수술에 중요한 정보이며 stent-graft를 삽입할 때도 CTA가 중요한 정보를 제공한다. 조영제 주입은 일반적으로 3 cc/s주입속도로 30-40초 delay후에 scan하며 abdominal area만 scan 하는 경우 3mm collimation, pitch 1:1-2 pitch로 scan한다.

Celiac artery와 renal artery를 2-3mm collimation 1:1 pitch로 scan하고 5-7초 호흡하게 한 다음 5-6mm 두께로 aneurysm부위와 iliac artery를 scan하는 것도 한 방법이다.

Thoracic aortic aneurysm은 arch직하부나 횡경막 수준에 가장 흔히 관찰되며 SSD는 수술전의 입체적 관찰에 유용하고 특히 subclavian artery와 aneurysm의 관계를 잘 볼 수 있다.

B. Dissection

Aortic dissection이 의심되는 환자의 응급검사로써 CT angiography가 유용하다.

Intimal tear site, dissection의 extent, branch involvement가 밝혀져야 하며 우선 noncontrast scan (10mm thickness, pitch 2)로 thoracoabdominal aorta전장을 scan 한다.

Dissection이 있는 경우 동맥확장과 고밀도의 비후된 대동맥벽을 알 수 있다.

Renal function이 나쁜경우 noncontrast scan만으로도 검사를 종료할 수 있다.

Splanchnic artery나 renal artery의 involvement가 임상적으로 의심되면 abdominal area를 먼저 scan 한다. 대부분의 경우 thoracic aorta를 먼저 scan 한다.

Thoracic area를 3mm collimation, 2:1 pitch, 3-4 cc/s로 32초간 scan하며 8-20초의 interscan delay를 가진 다음 동일한 방식으로 abdominal aorta를 scan하면 고해상도의 영상을 얻을 수 있다. 다만 abdominal aorta의 조영밀도가 낮게 되는 것이 단점이기 때문에 본원에서는 5mm thickness, 1-1.5:1 pitch로 thoracic aorta를 scan후 inter scan delay를 갖고 5-7mm thickness 1-1.5:1 pitch로 abdominal aorta를 scan하고 있다.

C. Congenital anomaly

Aortic arch abnormality의 3-D image가 형태학적 진단과 수술 계획에 유용하다.

D. Takayasu arteritis

Aorta의 내강직경의 변화뿐 아니라 mural change를 볼 수 있다.

E. Post operative state

Post operative anatomy, patency, complication (stenosis, pseudoaneurysm, graft infection, leakage)등을 비침습적으로 관찰할 수 있으며 metallic stent내의 vascular luminal patency를 MIP로 관찰할 수 있다.

② Pulmonary angiography

Pulmonary embolism, arteriovenous fistula, pulmonary sequestration, lung의 systemic hypervascularization등을 진단하기 위해 시행하며 5mm collimation, 1:1 pitch, 3-5cc/s, total 120-150cc, scan delay 5초로 scan한다.

3) Abdomen

① Splanchnic angiography

Intestinal angina나 tumor encasement가 있을때 유용하며 20-30초 delay, 3mm collimation, 1:1 pitch, 2.5-4cc/s, total 120cc으로 scan 한다.

② Renal angiography

Renal stenosis로 인한 hypertension을 screening하기 위해 시행하며 4cc/s, total 120-150cc, delay 18-25sec, 3mm collimation, pitch 1-1.5:1로 scan한다.

③ Pancreas angiography

Pancreas mass주위의 vessel들의 invasion을 알기 위해서 시행하며 technique은 3cc/s, total 120-150cc, delay 18-20sec, 3mm collimation, pitch 1:1로 scan 한다.

④ CT arteriography

수술전 helical CT에서 보이지 않는 hidden nodule을 찾기 위한 것이며, 또한 tumor의 vascularity (양성, 악

성)를 판별하기 위해 시행한다. technique은 precontrast scan후 2cc/s, total 120cc, delay 30sec, 5-7mm collimation, pitch 1:1로 scan 한 후 10초 intergroup delay 후 동일 부위를 재 scan한다.

CT HA에 있어서는 1-1.5cc/s, total 30-45cc, delay 5sec로 scan한다.

⑤ Iliac arterial angiography

Iliac artery는 Doppler sonography로써 잘 평가하기 어려우나 CTA에 있어서 30-40초 scan으로 iliac artery를 잘 관찰할 수 있다. Abdominal aorta로부터 20-30cm을 5mm collimation으로 scan한다. 호흡에 따른 artifact는 무시될 수 있는 부분이므로 환자의 비만도에 따라 적절한 pitch를 적용한다.

CTA는 iliac artery stent에 대한 평가와 합병증 관찰에도 유용하다.

4) 기타

① 3-D airway

Endobronchial obstruction이나 TB로 생기는 tracheobronchial structure change, trachea의 질병들을 관찰하기 위해 시행하며 right middle lobe bronchus로부터 distal trachea까지 검사한다.

Technique는 3mm collimation, pitch 1:1, single breath hold로 이루어진다.

virtual 3-D endoscopy software와 병행하여 사용된다면 보다 정확한 진단을 내릴 수 있으리라 생각된다.

② 3-D stomach

Cancer extent, gastric outlet obstruction등의 위치를 관찰하기 위해 시행하며, 환자는 공복상태가 되어야 하고 발포제 8g을 먹게 한 후 트림없이 검사한다.

이러한 것은 wall과 stomach lumen의 contrast차이를 이용하여 stomach의 3-D를 나타내게 하는 것이다. Technique는 5mm collimationpitch 1:1을 사용한다.

③ 3-D cholangiography

CBD duct의 obstruction이나 narrowing의 원인 확인 및 수술을 위해 정확한 level을 관찰하기 위해 시행하며 P.T.B.D 환자의 drainage관을 통해 55cc(조영제 (1):saline (10))를 주입한다.

Technique는 3mm thickness, pitch 1:1로 scan한다.

REFERENCES

1. Napel SA. principles and techniques of 3D spiral CT angiography. In Fishman EK and jeffery, jr. RB, eds. spiral CT:principles, techniques and clinical application. NEW YORK: Raven press,1995:167-182
2. Rubin GD, Dake MD,Semba CP. Current status of three dimensional spiral CT scanning for imaging the vasculature. Radiol Clin north Am 1995:33:51-70
3. Galanski M, prokop M, Chavan A, et al. Renal artery stenosis:spiral CT angiography. Radiology 1993:189:185-192