

# Clinical Application of Abdominal CTA

이원재  
삼성서울병원

..... Helical CT는 움직이는 물체를 촬영하기 때문에 정지된 물체를 촬영하는 conventional CT에 비해 longitudinal resolution이 떨어질 수 밖에 없다는 약점을 가지고 있다. 그러나 helical CT는 scan time이 짧기 때문에 환자가 숨을 한번 참을 수 있는 동안에 IV bolus injection한 조영제가 우리가 원하는 장기를 가장 잘 enhancement를 잘시키는 시기에 scanning할 수 있고, 우리가 원하는 부위를 continuous data acquisition을 하기 때문에 그 volumetric data내에서는 우리가 원하는 임의의 axial image를 얻을 수 있다는 장점을 가지고 있다. 이런 이유때문에 helical CT는 conventional CT에 비해 motion artifact를 최소화할 수 있고, 호흡에 의한 misregistration artifact를 제거할 수 있으며, overlapping image를 얻을 수 있을 뿐만 아니라 원하는 혈관이 가장 잘 enhancement를 보일 때 촬영이 가능하게 되었다. 이런 장점들이 helical CT를 이용하여 양질의 two-dimensional(2D) 및 three-dimensional(3D) multiplanar image를 얻을 수 있는 근거가 되겠고, 그중에서도 특히 CT angiography(CTA)는 이러한 helical CT의 장점들을 이용하여 noninvasice하게 보고자 하는 혈관의 영상을 얻을 수 있는 CT영상의 꽃이라 할 만하다.

본 강의에서는 복부의 장기중 gastrointestinal 및

hepatobiliary system의 혈관들 중에서 현재 진단에 이용되고 있는 CTA과 그 문제점 및 전망에 대해 토의하고자 한다.

## 1. CT Angiographic Evaluation of Chronic Intestinal Ischemia

Chronic intestinal ischemia(CII)라는 질환은 atherosclerosis 등에 의해 위장관의 혈액을 공급하는 celiac artery(CA)나 superior mesenteric artery(SMA)의 기시부가 막히거나 좁아져서 충분한 혈류를 공급할 수 없어 식후에 복통을 일으키는 만성적 장 질환이다. 식후 복통이 있을 때 이 질환으로 확진하려면 위궤양 등의 다른 질환이 아님을 확인하고 conventional angiography로 위의 혈관들이 막히거나 의미있을 정도로 좁아져 있음을 확인하는 것이 되겠다. 그러나 실제 이러한 증상으로 이 질환을 의심하여 conventional angiography를 시술하는 것이 쉽지는 않은데 CT만 하여 진단이 가능하다면 매우 도움이 되겠다.

삼성서울병원(SMC)에서는 CA와 SMA의 기시부의 CTA를 얻기 위해 다음과 같은 방법을 사용한다.

먼저 precontrast scan을 하여 CA와 SMA의 기시부를 확인하여 contrast-enhanced scanning할 때 포함시켜야 할 범위를 정한다. 그 다음 contrast-enhanced scanning할 timing을 얻기 위해 min test로서 초당 4 cc의 조영제를 power injection한 후 2초 간격으로 CA level에서 scanning 하고 이 때 각 image에서 aorta의 CT number를 재어 aorta가 가장 잘 enhance될 때의 시간을 측정한다. 미리 정해진 level과 timing에 맞춰 contrast-enhanced scanning을 하게 되는데 thickness는 3 mm, pitch는 1로 하여 조영제를 120 cc를 초당 4 cc의 속도로 power injection 한 후 scanning한다. 얻어진 volumetric data를 1.5 mm thickness로 reconstruction한

후 이 image들을 workstation으로 보내 editing하게 되는데 주로 maximum intensity projection(MIP) 및 surface shaded display(SSD)의 영상을 얻는다.

SMC에서 CII를 의심하고 CTA와 conventional angiography를 모두 시행한 환자에서 그 진단 및 협착의 정도와 image quality를 양자간에 비교해 보았는데 CTA가 conventional angiography를 대체할 만하다는 결론을 얻었다. CTA중에서도 MIP와 SSD의 장단점을 비교하면 MIP 영상은 혈관이 증첩되어 보이는 단점이 있는 반면에 calcification을 볼 수 있어 CII의 원인을 알 수 있다. CTA와 conventional angiography를 비교하면 물론 CTA가 noninvasive하며 calcification의 여부를 알 수 있고 여러 각도 영상을 얻을 수 있어 false negative가 적다는 장점이 있는 반면 motion artifact에 의해 진단이 힘든 경우가 있고 실제보다 병변이 과장되어 보이는 경향이 있었다.

## 2. CT Angiographic Evaluation of Pancreatic Neoplasms

Pancreatic neoplasm의 resectability의 여부를 판단할 때 여러 가지 점을 고려해야 되겠지만 CA나 SMA의 invasion 여부와 그 정도도 중요한데 과거에는 이에 대한 정보를 conventional angiography로 얻었다. helical CT로는 노문(다른 장에도 없다는 것을 삽입) SMC에서 pancreas CT때 18초로 CII와 비슷하게 시도했고 성적은...

## 3. Three-dimensional CT during Arterial Portography

간 절제술을 받을 간 종양 환자에 있어 종양의 위치, segmental venous anatomy, arterial anomaly의 유무

등을 수술 전에 알아야 하는데 이에 대한 정보도 역시 과거에는 conventional angiography로 얻었으나 helical CT를 이용한 multiplanar reformation(MPR)이나 3D rendering의 영상들은 noninvasive하게 이에 대한 필요한 정보를 제공해 줄 수 있게 되었다.

Helical CT로 간 종양에 대한 정보를 얻기 위해서는 CT during arterial portography(CTAP)나 IV contrast-enhanced scan으로 axial image를 얻게 되는데 그 때 병변의 위치는 Couinaud classification에 의한 vascular landmark에 근거하여 정하게 된다. 이 때 병변의 위치와 혈관과의 관계는 3D의 입체 영상으로 보면 가장 도움이 되는데 병변과 혈관의 농도차를 극대화할 수 있는 CTAP는 high-threshold model 및 low-threshold model로 각각 혈관 및 병변의 3D 영상을 얻은 후 이를 중복 시킴으로써 가능하게 할 수 있다. Contrast-enhanced scan은 병변과 혈관의 농도차가 많이 나지 않기 때문에 이런 technique 가능하지가 않다. helical CT로 HA는 그럴 수 있고 anomaly 등은 가능 but PV은 안됨. CTAP, CTHA technique 소개. CTHA로 HA물론됨.

#### 4. Pitfalls, Limitations, and Future Directions

Helical CT의 등장으로 우리가 원하는 혈관의 CTA를 얻을 수 있게되었고 이로 인해 각종 혈관 질환의 진단이나 어떤 질환의 혈관 침범 정도 등을 conventional CT보다 더 쉽고 정확하게 평가할 수 있게 되었다. 심지어 혈관 질환의 진단에 있어서는 gold standard라 할 수 있는 conventional angiography보다 그 진단에 있어 CTA가 우월한 점도 설명하였다. 그러나 CTA도 여러 가지 면에서 극복해야 할 함정이나 한계가 많고 이를 앞으로써 CTA가 나아가야 할 방향이 제시될 수 있겠다.

먼저 복부 영상을 얻기 위해서는 호흡정지가 가장 중

요한데 호흡정지가 제대로 안되어 생기는 misregistration artifact가 있고 같은 혈관이라도 환자에 따라서 보고자 하는 혈관의 적정의 enhancement를 보이는 시간이 다를 수 있다는 점 등이 있다. 기술적으로는 CTA를 만들기 위한 postprocessing의 과정이 time-consuming하다는 점이 있고, 현재 사용되고 있는 여러 workstation에서 technologist들이 비교적 쉽게 각종 technique들을 배울 수 있으나 각종 혈관의 해부학적 variation의 여부를 판단하여 이에 대한 적절한 영상을 얻고 artifact가 포함되지 않게 할려면 radiologist가 이 과정에 참여를 해야한다는 점이다. 그러나 가장 문제가 되는 것은 postprocessing과정 중에서 thresholding이나 disarticulation을 할 때 pseudostenosis같은 artifact를 만들 수 있다는 점인데 이를 방지하기 위해서도 역시 radiologist가 같이 참여해야 한다는 것이다.

앞으로는 detector의 배열을 종축 방향으로 더 많이 포함되게 하여 단시간에 더 많은 부위를 scanning할 수 있게 하고, 일종의 인공 지능인 smart technique을 사용하여 혈관의 조영 정도가 원하는 수준에 다다랐을 때 scanning을 함으로써 더 적은 양의 조영제로 일정한 정도를 enhancement를 유지할 수 있게 하는 연구도 많이 진행되고 있다. 이런 문제의 해결은 misregistration artifact나 환자간의 혈액학적인 다양성을 많은 부분 보완해 줄 수 있을 것이다. 그 외 workstation의 조작성을 더 쉽게 하고 더 많은 양의 data를 빨리 처리하게 하여 virtual reality 또는 fly-through technique을 이용하여 많은 장기들을 내시경적으로 볼 수 있게 하는 technique도 더 쉽고 정확하게 사용할 수 있게 될 것이다. 나아가 workstation의 기능을 더욱 다양하게 하여 telepresent surgery나 robot-assisted surgery의 surgical simulator의 역할을 할 날이 현실로 다가올 수 있으리라 기대된다.

## References

1. Zeman RK. Vascular system and three-dimensional CT angiography. In: Zeman RK, Brink JA, Costello P, Davros WJ, Richmond BJ, Silverman PM, Vieco PT, eds. *Helical/spiral CT: a practical approach*. New York, NY: McGraw-Hill, 1995; 265-297
2. Rubin GD, Jeffrey RB. 3D spiral CT angiography of the abdomen and thorax. In: Fishman EK, Jeffrey RB, eds. *Spiral CT: principles, techniques, and clinical applications*. New York, NY: Raven Press; 183-195
3. Zeman RK, Silverman PM, Vieco PT, Costello P. CT angiography. *AJR* 1995; 1079-1088
4. Rubin GD. Three-dimensional helical CT angiography. *RadioGraphics* 1994; 14: 905-912
5. Rubin GD, Dake MD, Napel SA, McDonnell CH, Jeffrey RB. Three-dimensional spiral CT angiography of the abdomen: initial clinical experience. *Radiology* 1993; 186: 147-152
6. Zeman RK, Davros WJ, Berman PM, et al. Three-dimensional models of the abdominal vasculature based on helical CT: usefulness in patients with pancreatic neoplasms. *AJR* 1994;162:1425-1429
7. Fishman EK, Wyatt SH, Ney DR, et al. Spiral CT of the pancreas with multiplanar display. *AJR* 1992; 159: 1209-1215
8. Soyer P, Roche A, Gad M, et al. Preoperative segmental localization of hepatic metastases: utility of three-dimensional CT during arterial portography. *Radiology* 1991; 180: 653-658
9. Soyer P, Bluemke DA, Bliss DF, Woodhouse CE, Fishman EK. Surgical segmental anatomy of the liver: demonstration with spiral CT during arterial portography and multiplanar reconstruction. *AJR* 1994; 163: 99-103