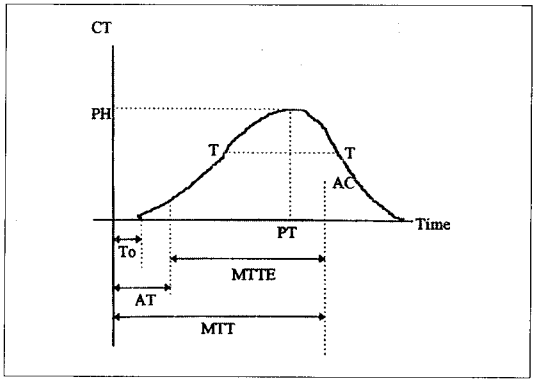
Blood flow analysis in CTA and tumor

진정헌
서울중앙병원 진단방사선과

I. 서 론

• • • • • 환자의 진단에 있어서 혈액의 동태를 관찰하는 일은 그 조직을 파악하는 중요한 수단이 된다. CT가 현재와 같이 발전하기 이전에는 Angiography가 혈류를 관찰할 수 있는 주 수단이었다. 현재 CT는 나선형 CT와 EBT CT의 개발로 연속적인 scan이 가능해 졌다. 이는 경정맥으로 조영제를 주입하여 연속적으로 scan하여 혈류상태를 관찰할 수 있는데 오늘날 초음파의 color Doppler나 MRI와 함께 혈류동태를 파악할 수 있는 수단으로 환자의 검사폭이 더욱 다양해져서 특정환자에 선택가능한 적합한 검사가 이루어져 의료계에 밝은 환경을 제시하였다.



Time density curve

(이들 data로 부터 각종 파라메터를 해석할 수 있는데)

PH (peak highest)

AC (area under curve)

AT (appearance time)

PT (peak time)

MTT (mean transit time) : 평균통과 시간

MTTE (effective mean transit) : 평균통과 시간 보정

TT (transit time)

To (fitting start time)

2. RI 화상 해석 장치에 대한 혈액동태의 검토

CT 본체나 TDS-01A 등으로도 각종 파라메터 마다 image를 얻을 수 있지만 퍼스널 computer를 이용하여 data를 RI image 해석장치로 일어 들이도록 format하고, 해석장치로 읽어들인 후 다음의 각종 파라메터마다 image을 작성한다.

① time to max(TTM) : 조영제가 관심 영역에서 최고 농도에 달하는 시간

② up slope time(UST) : 조영제가 임의의 어느 소정의 농도에 달하는 시간
예를 들면 최고 농도의 50% 혹은 75%에 달하는 시간

③ mean transit time : 조영제의 평균 통과 시간

3. 임상응용

● 신 장

종양은 Injection초기에 진하게 염색되기 시작하여, 시간이 경과함에 따라 신장의 다른 조직보다도 빨리 조영효과가 엷어져 간다. 또한 병소의 일부는 거의 조영되지 않는 것처럼 보인다. 이것을 화상처리하면 TTM에서는 조영효과가 있는 부위는 신속하게 최고농도에 달하는 것이 화상으로서 파악할 수 있다. MTT에서는 종양 조직내에서도 혈류가 늦고 빠르기가 있음을 나타내고 있다. 또 단순 CT에서 괴사라고 생각되었던 부위에도 늦기는 하지만 조영제의 유입이 있음을 알 수 있다. 이는 TTM과 함께 해석하므로서 종양주위가 급격히 조영됨을 알 수 있고 또, 종양 내부에도 혈행동태가 다름을 알 수 있다. integral에서는 황색보다 적색부가 혈류가 풍부함을 나타내고 있지만, 조영제가 투여된 종양부가 신피질과 같은 정도로 혈류총량이 많음을 알수 있다. 따라서 이 종양은 조영제에 의해 급속히 염색되며, 혈류가 풍부한 조직이고, 종양의 염색의 빠르기나 정도 범위가 잘 묘사되어 있다. 또 종양의 중앙에 ROI의 r-curve 보정을 보면, 초기부터 최고 농도까지는 약간 급격히 염색되고, 시간과 함께 점차 저하됨을 알 수 있다.

● 간 암

단순CT상에서는 간우엽에 경계가 명료한 간 실질보다 비흡수치를 나타내는 종양이 있다.

Spiral dynamic CT에서는 종양은 진하게 염색되는 혈류가 풍부한 조직으로서 묘사된다. 이들 image을 UST와integral에서는 농염된 종양 범위가 명백하고, 게다가 종양색전도 주병소와 같은 조영효과를 나타냄을 알 수 있다. 또 조영제에 의하여 염색되는 속도는 처음에는 느리고(50%정도), 그 후 급격(75%까지)한 것을 알 수 있으며 급격한 농엽상을 나타내고, 단시간에 조영효과가 저하되는 것을 알 수 있다.

● Lung : Imaging pulmonary embolism

conventional chest radiography는 일반적인 급성과 만성 embolism환자에서 비 특이적인 소견을 보이며, 이 검사는 thrombi의 윤곽을 직접적으로 나타나지 못하고 검사환자중 급성 embolism 환자의 1/3정도만 찾아내고 있다. 이 검사에서는 부분적으로 혈관 감소와 (regional oligemia)와 central pulmonary arteries의 확장 (dilatation), right heart enlargement 흉막의 삼출 (plueral effusion)등의 소견은 잘 나타나지 않고 비 특이적인 소견의 횡격막의 상승과 무기폐등의 소견이 보인다. 만성 pulmonary thromboembolism chest radiography는 정상으로 나타나기도 하며, 때때로 residual infarctions(잔류경색증), pulmonary angiography인데 이 검사는 직접적으로 intravascular clots(혈관내 응혈)을 보여준다. 그러나 invasive한 이 방법은 다음과 같은 위험이 수반되는데 그 종류는 다음과 같다.

cardiac arrhthmia(부정맥)
cardiac perforation(심장내천공)
endocardial(심장내의 심근질환)
myocardial injury(심근내 손상)
death(사망)

또한 central pulmonary arteries의 large embolism은 angiography에서 진단하기가 매우 어려워진다. 그리고 embolism이 vascular wall에 위치할 때에도 진단하기 어렵다.

DSA(digital subtraction angiography)는 기술적으로 쉽게 시행할 수 있고 부작용이 적은점이 있으나 dyspnea환자에서는 motion artifacts가 발생하여 곤란한 점이 있으며, 이러한 환자에서는 DSA가 pulmonary arterial system을 적절하게 보여주지 못한다.

● PE에 있어서 CT의 역할

CT는 Noninvasive한 imaging method로서 pulmonary vasculature와 lung parenchyma(폐조직) 그리고 cardiac geometry를 고해상능으로 제공하여 주고, invasive method의 단점을 보완하여 주며, 특히 central thrombi detection이 매우 뛰어나다. 또한 높은 조영효과에 의하여 peripheral artery의 embolism까지 detection 할 수 있는 상태이다.

1981년 dog의 lobar arteries와 segemental arteries의 embolism에 CT를 이용한 연구가 report 되었으며, 이 report에 기초하여 conventional CT에서 조영효과에 의한 pulmonary embolism이 detection되기 시작하였다. 현재 conventional CT와 fast CT (spiral, EBT)에서 pulmonary vessels과 intravascular filling defects의 발전이 가능하지만, 긴 검사등으로 conventional CT는 적절하지 않다. 그 이유는 continued high image quality와 rapid CT scanning이 가능한 spiral CT는 한번의 breath-hold로 lung을 cover할 수 있는 기능으로 conventional CT와 구별되어진다. 그리고 폐엽에서 가장 중요한 요소인 motion artifact의 감소가 image quality를 높여주고 있다. 더욱이 spiral CT에서는 높은 조영효과를 기대할 수 있는 점이 resolution에 매우 큰 도움이 되고 있다. Spiral CT에서의 scan중 호흡중단은 매우 바람직한 요소이지만 급성 dyspnea환자에게서는 scan중 호흡정지가 매우 어려우며 이런 환자에게서도 lung window에서는 motion artifact가 보이지만 mediastinal window에서는 보이지 않는다.

따라서 최근의 의학계에서는 spiral CT의 PE에서 보다 높은 진단적 가치의 기대가 크다고 하겠다.

4. 임상적용

CT에 있어서 월등한 조영효과를 기대하려면 조영제의 주입속도와 양, delay time 그리고 scan time등이 잘 control되어야만 pulmonary arteries에서의 high concentration의 조영효과를 얻어낼 수 있다. 따라서 종전의 일반적인 chest CT에서의 PE의 detection이 낮은 것은 위의 여러조건들이 일치하지 않았기 때문이다.

본원에 설치되어 있는 Siemens somatom plus-s는 volumetry scanning time이 40초까지 가능하다. 일반적인 routine chest CT에서 PE가 의심되지 않는 환자는 precontrast로 lung parenchyma(폐실질)을 먼저 관찰하고 조영제를 bolus injection한 후 hilum과upper(종격동)까지 vessels의 윤곽과 lymph nodes를 잘 detection하기 위한 조건이 선택된다. 따라서 이 검사에는 table speed가 4mm/sec,increment(recon interval)가 4mm로 선택되어 진다.

spiral CT에서의 lung의 전체적인 묘사는 lung의 base에서 apex까지로 table speed는 5~7mm/sec이고 slice thickness는 5~7mm/sec, increment는 5~7mm/sec로 주어진다.

brachiocephalic veins의 조영제에 의한 high concentration에 기인한 beam-hardening을 최소화하기 위하여 spiral CT scan diraction을 left artrium(좌심방)의 base에서 apex까지 caudo-cranial로 scan하여 aquisition한다. 위의 volume scanning에서는 metabolism을 포함시켜야만 한다. 만약 spiral CT에서 PE을 찾을 목적으로 scan을 한다면 CT protocol은 당연히 pulmonary arteries를 잘 볼 수 있는 조건을 택하여야 한다.

또 다른 본원의 PE detection protocol의 방법은 cranial angle아래 1cm에서 같은 location에서 18~20번 정도 scan하여 time density curve를 구하여 최고 density가 되는 time을 구할 수 있다. 이 delay time을 start delay로 하여 spiral CT protocol으로 scan하면 pulmonary artery에서의 최대 high concentration의 조영효과를 얻으면서 intravasculra filling detection이 용이하게 된다.

이 protocol은 asscending aorta와 pulmonary artery의 최고 density로 정확히 구별하여 주는 장점이 있으며 본원에서는 환자의 성별, 연령별, 몸무게, 신장등에 따른 최고의 high concentration조영효과의 delay time이 환자에 따라 다른 이유로 먼저 time density curve를 구하여 spiral CT를 함으로써 좋은 결과를 얻었다.

만성 PE에서 보이는 색전물질은 동맥의 벽에 부착되어 있거나 irregularly marginated한 동맥의 벽에 붙어 있는 경우가 있으며 단면으로 보면 반원형의 혈전이 벽에 형성되어 있어 가끔 혈액을 재소통하여 주기도 한다.

급성 PE에서는 특히 pulmonary hypertention이 나타난다. 또한 급성 PE에서는 심장의 형태가 바뀌는데(right ventricular enlargement)Main pulmonary artery 굵기가 커지거나 폐엽의 artery의 굵기가 커지기도 한다. 급성 PE환자의 CT scan시 pulmonary arteries의 폐쇄나 Bronchial arteries의 굵기가 커지는 것이 드물게 관찰되기도 한다. 이것은 막힌 혈관의 혈류량을 보상하기 위한 것이다. 흉막의 삼출액은 급성과 만성의 모든 PE에서 관찰되며 일반적으로 폐경색에 수반한다. 또한 CT는 색전과 혈관내에 육종(sarcoma)를 구분할 수 있는데 육종에서는 Hemorrhage와 necrosis가 생기며 조영제를 주입하였을때 조영증강이 된다. Fast CT는 빠르고 noninvasive diagnostic한 방법으로 급성과 만성의 pulmonary emboli를 보여주는 장점이 있으며 보다 진보된 protocol과 조영제의 효과에 의한 central pulmonary vasculature와 폐실질(lung parenchyma)그리고 cardiac geometry에 대한 정보를 제공하여 주며 이러한 정보의 자료가 angiography나 scintigraphy를 보

완하여 보다 향상된 진단결과를 얻을 수 있다.

5. 혈류분석에 있어서 CT의 역할과 문제점

정상 장기나 종양의 혈류를 관찰하는 경우 통상의 조영 CT에서는 혈관 밖에 분포한 조영제의 효과를 관찰하는 것이 된다. 생체에 있어서 주요 장기의 혈액순환은 time density curve가 나타내 주고 있으며 통상 25sec간이다. 따라서 혈행 동태를 정확하하게 검토하기 위해서는 25sec동안에 가능한한 세밀한 data를 수집할 필요가 있다.이들은 각종 파라메타로부터 혈류의 유속이나 유량등의 해석, 화상화가 가능하다. 또 MRI에서도 유속이나 흐르는 방향으로부터 혈류를 화상화하여 혈행동태를 파악하는 일이 가능해지고 있다. 그래서 spiral CT가 출현하고 나서는 연속 scan이 가능하게 되었고 이것으로부터 얻어진 data는 종양의 혈행동태를 시간적으로 등간격으로 연속적으로 표시하는 것이다.

이 datad의 연속성은 화상처리를 실시하는데 있어서 최적인 것이다. 게다가, time density curve는 종양의 혈류패턴이 특징을 표시하고 있고 특정조직을 해석하는데 있어서 매우 유용하다. 또, 각각의 파라메타마다 칼라화한 분포도는 조영제를 지표로서 최고 농도가 되기까지의 경과, 흐름의 속도, 양등을 시간 인자와 상관한 등고선으로 표시하는 것을 가능하게 하였다. 종양의 혈행동태를 각종 파라메타에 관하여 계량화하고, 그것을 모양도로서 표시하므로서 그 실태를 파악하는 일이 쉽게 가능해 진다. 즉 종양의 내부에서 혈류가 많은 부분, 적은 부분이 확실히 관찰된다. 문제로서는 약 30초간의 호흡정지가 곤란한 경우가 있으며, 조영제의 급속한 주입에 있어서 정맥주사침의 천자 부위나 심장기능에 의한 혈류속도의 개인차가 생기고 질병의 경과 관찰은 가능하지만 질병간의 절대적인 비교에는 더 해결하지 않으면 안되는 문제가 있다.