

Multi-Detector CT의 복부암 진단

삼성서울병원

남 윤 철

— 국문요약 —

2000년 후반부터 국내에 도입된 MDCT는 한번 숨을 참고 검사할 수 있는 volume coverage speed를 향상시킴으로 복부의 검사시간을 단축시켰고 보다 얇은 단면영상획득, isotropic resolution에 의한 reformation의 활용, 다중시기검사, 균일하게 조영된 3차원 혈관영상 획득이 가능해져 미세한 조기 복부암 진단에 주도적 역할을 수행하고있다.

이에 CT의 기술적 발전과정과 MDCT를 이용한 복부암 진단에 대하여 소개하고자 한다.

1. CT의 기술적 발전과정

1) 고식적(conventional) CT

고식적(conventional) CT는 220~480 V의 상용 입력 전압을 받아 변압기에서 80~140 kVp로 승압하여 고압케이블을 통해 갠트리 내의 X-선 튜브에 고압을 전달시켜 X-선을 발생시켰다.

그러나 고압케이블이 튜브와 detector의 회전에 제한을 가하여 400 이상의 회전이 불가능하게 됨에 따라, 한 방향(CW)으로 회전하여 스캔을 시행하면 케이블을 풀기 위해 반드시 다음 스캔은 앞의 스캔과는 반대방향(CCW)으로 회전을 해야 했다. 이에 따라 가속으로 회전하고 있는 회전자(rotor)의 급격한 저지 및 반대방향으로의 회전을 유도하기 위해 delay time이 필요하다. 이로 인한 스캔 사이의 delay(interscan delay, ISD)의 발생과 scan time의 단축에 한계가 있었다(그림 1-가).

또한 고식적 CT에서는 연속적인 볼륨데이터의 획득이 아니고 slice by slice scan에 기초하여 한 단면씩 단절된 영상을 획득하기 때문에 그림 2에 나타난 바와 같이 호흡조절의 잘못으로 인해 검사부위의 부분적인 누락이 발생할 수 있으며 원하는 부위의 영상 재구성이 되지 않을 수 있다.

2) 나선식(helical) CT

고식적(conventional) CT의 이러한 장치의 구조적 한계점을 극복하기 위한 방법으로서 slip ring 기술을 이용하는 나선형(spiral 또는 helical) 스캔 방식의 CT가 개발되었다. 나선형 CT기술은 1989년 RSNA에서 처음 발표되었고 1992년부터 본격적으로 보급되기 시작했다. Slip ring과 brush를 통해 동력 및 데이터를 전달하는 방식을 이용하고 고압케이블을 대체함으로써 높은 열용량의 X-선 튜브가 나선형으로 연속적인 회전을 하면서 X-선을 조사하는 동안 환자의 테이블도 동시에 일정한 속도로 연속적으로 움직이며 갠트리를 통과하여 얻은 볼륨데이터를 여과 중첩 재구성법(filtered back projection)과 나선형 장치에서 꼭 필요한 알고리즘인 보간삽입법(interpolation)을 이용하여 영상을 재구성한다(그림 1-나).

단축된 스캔 시간으로 움직임이 많은 복부 부위의 영상의 질을 개선하였고 동맥기 정맥기 이완기의 multi-phase scan이 가능해졌다.

3) Multi-detector CT

Slip-ring기술을 이용한 나선형CT의 개발로 한 단계 진보된 CT영상 진단기술은 1992년 multi-detector기술의 개발로 더 한층 발전하게 되었다.

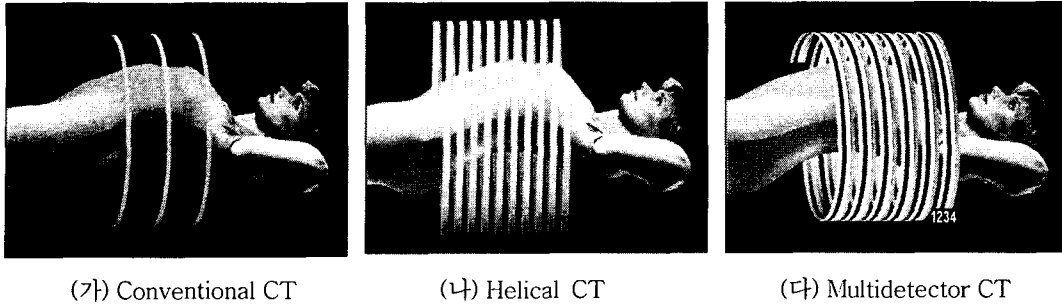


그림 1. CT의 기술적 발전과정

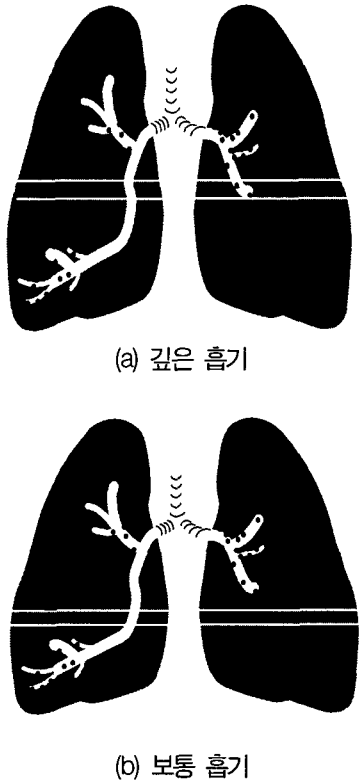


그림 2. 호흡조절로 인해 병변 부위의 부분적인 누락의 예

2개의 array를 채택한 최초의 multi-detector기술은 Elscint사의 나선형 CT 장치에서 적용하여 사용되었으나 전자선빔 CT와 마찬가지로 큰 호응을 받지 못하였다.

그 후 계속된 연구의 결과로 1998년에는 8개 또는 16개의 열을 갖는 detector array를 통해 1회전 당 최대 4개의 영상을 획득할 수 있는 기술을 개발하여 튜브의 일회전에 최대 4개의 영상 획득이 가능해졌고 한번 숨을 참고 검사할 수 있는 volume coverage speed를 향상시킴으로 검사시간을 단축시켰으며 3D영상 획득에 있어 필수적인 thin slice scan과 균일한 조영증강 영상을 얻어 CT Angiography와 3차원 영상을 임상에서 효율적으로

진단에 활용하는 계기가 되었다(그림 1-다).

(1) Volume coverage speed 향상

2002년 후반기에는 16채널 CT가 국내에 도입되었다. GE사의 16채널 MDCT(Multi Detector CT)는 비록 한정된 slice이지만 0.625 mm, 1.25 mm 두께의 16영상을 0.5초에 획득하게 되었고 Siemens사 또한 같은 시기에 0.75, 1.5 mm 두께의 16영상을 0.42 sec에 획득하여 4채널 MDCT 보다 volume coverage speed를 4배, SDCT 보다 16배 향상시켰다(그림 3).

(2) Isotropic 볼륨 데이터의 획득

Isotropic volume 영상 획득이 가능해졌다. 이는 Z-축의 해상능이 X, Y-축의 해상능과 동일함을 의미하며 isotropic 볼륨 데이터의 획득으로 임상적인 면에서 axial 영상의 해상능과 동일한 coronal 이나 sagittal 영상을 얻게 되었다. Isotropic spatial resolution 영상을 얻기 위해서는 얇은 슬라이스 두께로 스캔해야 함은 물론이다.

임상의 영상에서 axial 축(X, Y-축)의 해상능은 스캔 범위 내에서의 픽셀의 크기에 의해 결정된다(그림 4).

예를 들어 abdomen CT에서 32 cm의 scan FOV 에서 512 매트릭스를 사용한 경우 픽셀의 크기는 $320/512 = 0.625$ mm가 된다. 그럼으로 0.625 mm 두께의 슬라이스로 스캔하는 경우 isotropic spatial resolution의 영상을 얻을 수 있다(그림 5).

(3) 다양한 단면영상 재구성

SDCT(Single Detector CT)에서는 beam collimation(detector collimation)과 영상의 slice thickness는 동일한데 반해 MDCT에서는 거의 대부분의 scan에서 beam collimation과 slice thickness는 동일하지는 않다(그림 6-가).

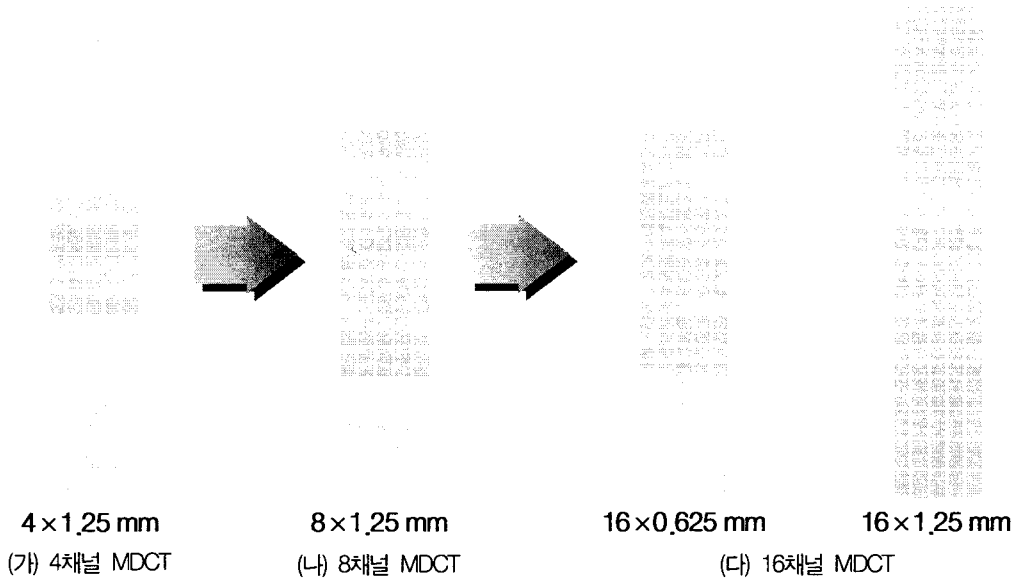


그림 3. GE사의 MDCT 16의 detector구조 및 영상획득

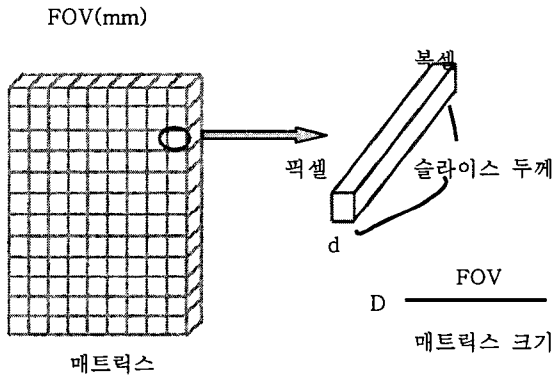


그림 4. 픽셀과 복셀의 개념

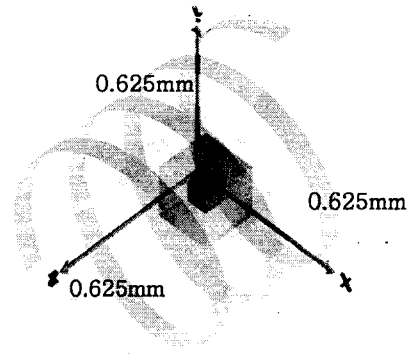
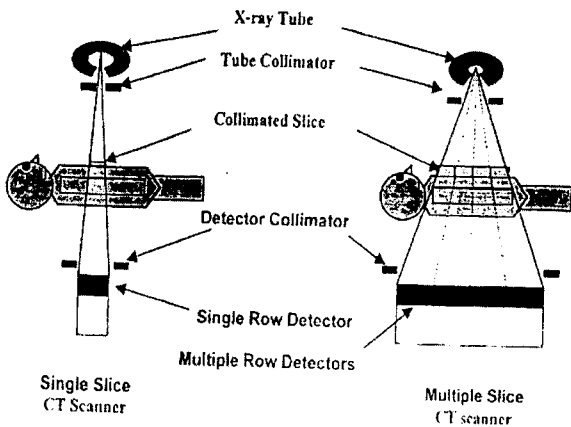
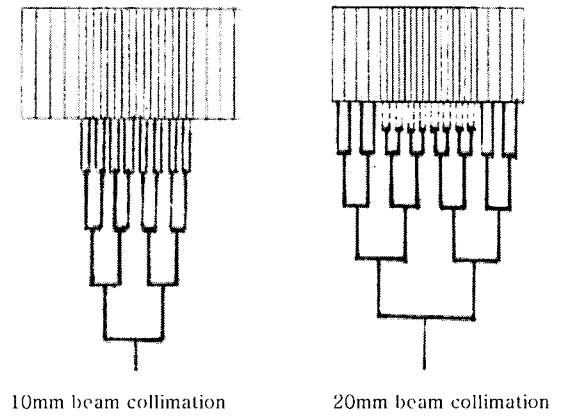


그림 5. Isotropic spatial resolution



(가) Scan geometry



(나) 단면영상 재구성

그림 6. Scan geometry와 단면영상 재구성



(가) Hepatocellular Carcinoma



(나) Metastasis

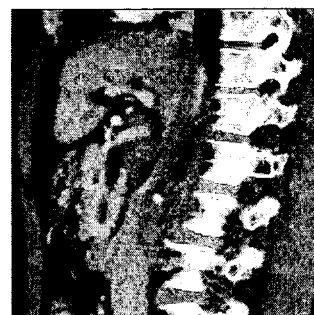


(다) Hemangioma

그림 7. 조영증강 양상에 따른 간 병변 진단



(가) 간의 coronal, sagittal reformation 영상



(나) 담관의 curved reformation 영상

그림 8. 간, 담관의 reformation 영상

SDCT의 helical scan은 slice thickness가 collimation에 의해 결정되는데 비해 DMCT는 사용한 beam collimation과 detector element의 조합 그리고 재구성 알고리즘에 의해 slice thickness가 결정되며 각각의 detector에 연결된 DCB(Data Control Board)에서 고유의 CT number를 인식하고 이를 0.625 mm, 1.25 mm, 2.5 mm, 3.75 mm, 5 mm, 7.5 mm, 10 mm 등의 다양한 단면 영상으로 재구성 할 수 있다(그림 6-나).

2. MDCT의 복부암 진단

1) 다중시기 조영증강(Multi phase scan) CT

MDCT에서 영상획득 시간이 단축됨에 따라 기본 영상의 질적 향상과 보다 얇은 단면 영상을 획득하여 복부암을 조기에 진단하는데 일조하고 있다.

또한 조영제 주입 후 동맥기, 정맥기, 이완기의 다중시기 영상획득이 가능해졌다.

간 암 진단에 있어서 이러한 다중시기 조영증강의 이용은 작은 고혈관 종괴의 검출을 향상시키는 효과 외에도 동맥강조기 영상과 문맥강조기, 이완기의 영상에서 보이는 조영증강 양상으로 다양한 간 병변의 감별진단에 유용한 정보를 제공한다(그림 7).

췌장 암의 검사는 CT와 초음파가 주로 사용되는데 다중시기 조영증강 CT가 종양의 국소침범을 결정하고 치료적 절제가 가능한 환자를 평가하기 위해 가장 많이 사용되는 효과적인 영상 기법이다. 또한, 담관, 부신, 신장 등의 장기에서도 다중시기 조영증강의 검사가 시행된다.

2) MPR(Multi Planer Reformation), 3-dimensional angiography

MDCT는 앞에서 기술하였듯이 helical scan으로 axial 영상 획득 후 다양한 단면 두께로 영상을 재구성 할 수 있다. axial 단면영상은 주로 2.5~7 mm의 영상으로 재구성하여 진단하며 1mm 또는 그 이하의 isotropic에 가까운 영상은 2D MPR, 3D angiography를 이용하여 진단에 활용된다. 그림 8의 (가)는 간암의 coronal, sagittal reformation 영상이고 (나)는 담관암의 curved reformation 영상으로 주변 장기와의 관계를 잘 나타낸다(그림 8).

췌장암은 국소 침범을 하며 심한 결합조직형성 반응을 일으켜서 주변 혈관이나 장기를 침범하는데 혈관은 상장간막동맥, 복강동맥과 그 분지, 상장간막정맥과 문맥을 주로 침범하며 두부의 경우 십이지장과 위, 미부는 비장을

침범한다. 이의 진단으로 췌장 CT후 재구성한 초기 동맥상을 사용하여 동맥상의 3-D 영상(arteriogram)을 재구성하며 정맥상을 사용하여 정맥상의 3-D영상(venogram)을 재구성한다. 그림 9의 (가)는 췌장암으로 인해 상장간막정맥에 (나)는 간으로 전이된 것을 보여주는 정맥상의 3D 영상이다.

3) 위, 대장 가상내시경 CT(CT virtual endoscopy)

볼륨 데이터를 얻어내는 CT 기술과 컴퓨터 그래픽의 급격한 발전으로 가능해진 가상 내시경 기법(virtual endoscopy)은 internal 3-D SSD 기법 또는 endo 3-D SSD 기법이라고도 불린다. 이는 가상현실에서의 체적 데이터를 원근법(perspective)과 광선추적(ray-tracing)이라는 렌더링 기법을 통하여 초 당 15~30 프레임의 실시간 영상표시를 통해 관찰자가 가상환경에서 인체 속을 향해하듯이 관찰하는 기법이다. 원근법과 광선 추적에 의한 영상 디스플레이 기법은 관찰자의 시선이 사물에 접근하면 사물이 크게 보이도록 하여 시선이 마주치는 처음의 복셀이 3차원적으로 재구성되어 보이게 하며, 내시경 tip의 위치에서 보이는 복셀의 거리와 위치에 따라 명암의 차를 줌으로써 깊이를 느끼게 한다.

나선식 CT로 가상현실의 대장경 영상을 얻는 방법은 장을 비우는 전처치 후 대장의 내강에 공기를 주입하여 팽만시켜 대장 내강과 대장벽(대장점막)의 대조도 차이를 충분히 만들고 1mm 두께로 스캔한 후 전용 소프트웨어를 이용하여 내시경 영상을 재구성하며 필요에 따라 2-D reformation 영상과 3-D 영상을 별도로 재구성하여 비교한다. 또한 대장 뿐만아니라 위의 내시경적 검사(virtual gastroscopy)도 확대 사용되고 있다.

가상내시경 검사의 특징은 침습성이 적고 CT영상 데이터만 있으면 반복관찰이 가능하며 병변 주위의 폐색으로 인하여 내시경 기구가 진행할 수 없는 부위도 다양한 각도에서 평가할 수 있어 수술계획을 세우는데 유용하다.

이 외에도 종양의 병리적 진단에 필요한 샘플(specimen)을 뽑아내는 시술법인 CT guided aspiration biopsy와 방사선 치료의 계획수립과 치료시 종양 위치에 방사선이 집중되도록 하기 위해 시행하는 radiation therapy planning CT가 암의 진단 및 치료에 적극적으로 활용되고있다.

향후 CT는 32채널 MDCT가 출시 예정이고 digital flat plate detector를 사용하는 고해상력의 volume CT가 개발단계이기에 앞으로 조기 복부암 진단에 있어서 CT의 역할이 증대될 전망이다.



그림 9. 흉장의 3D영상

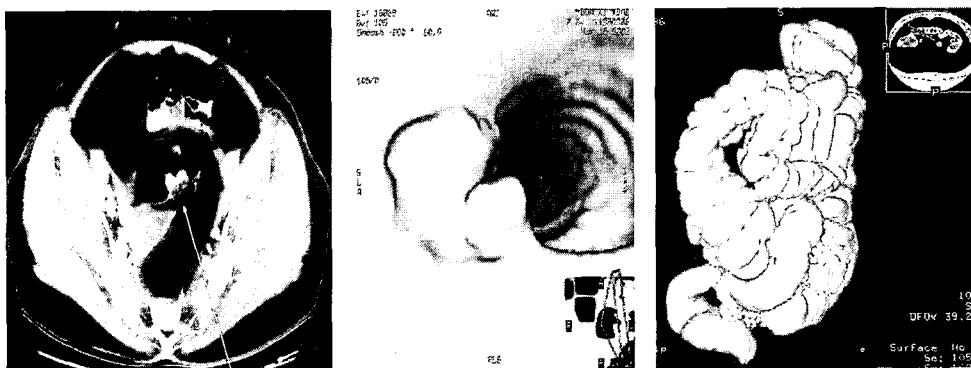


그림 10. 대장암 환자의 CT 가상 내시경 및 2-D 영상

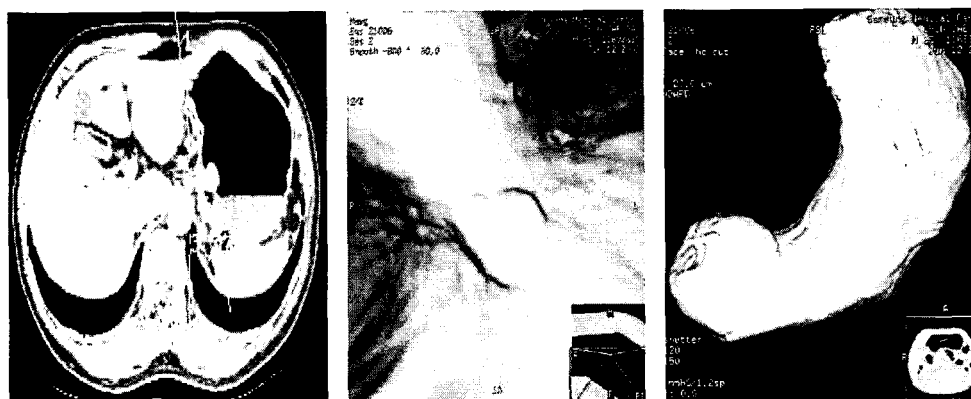


그림 11. 위암 환자의 CT 가상 내시경 및 2-D 영상