

# X-ray 를 이용한 디지털 영상진단장치

박 광 석\* · 민 병 구\*\*

(\*서울대 의대 의공학교실 조교수, \*\* 동 교수)

## 1. 서 론

1895년 Roentgen에 의하여 X선이 발견된 이후, X선이 의학분야의 진단에 미치는 영향은 거의 절대적이었으며, 10여년 전까지만 해도 유일한 영상진단 방법이었다. 그때까지 신체를 투과하여 진행한 X선을 Film에 직접 감광시키거나, 영상 증폭 스크린(Image Intensifying Screen)과 Film을 조합시켜 환자의 영상을 검출하거나 형광판을 이용하여 영상을 직접 관찰하는 방법으로 진단에 이용하였다. 그러나 1971에 CT(Computerized Tomography)가 소개된 이후, X선을 이용한 디지털 영상진단방법은 매우 급속하게 발전하였으며, 여러 형태의 디지털 X선 진단 방법이 창안되고, 임상진단에서도 가치와 효율성을 인정받아 점차 영상진단장치로서 차지하는 비중이 증가하고 있다.

C.T의 출현은 그때까지의 X선 영상법이 3차원적 물체를 오차원적 영상으로 투영한 방법인데 반하여, 3차원 물체의 단면을 선택하여 2차원적 영상을 그대로 영상화 하는 새로운 형태의 획기적인 방법으로 환자의 진단에 크게 공헌하고 있다. C.T의 기술은 급속하에 발전되어 현재 거의 기술정착단계에 도달했다고 할 수 있다. 이러한 C.T의 발전은 X선을 이용한 디지털 영상진단 장치의 발전은 여러가지 형태로 나타나고 있다. Digital Radiography는 C.T의 출현이후 수년뒤에 창안되었는데, 방사선 전문의사들은 C.T가 진단 방사선 분야의 역할을 획기적으로 확

대 시킨것 이상으로 진단에 변혁을 줄 수 있는 분야로 전망하고 있다. C.T의 경우에 대부분 장치가 새로 설치되는 반면에, D.R의 경우에는 기존의 모든 X선 촬영 장치를 대체할 수 있는 잠재력을 지니고 있기 때문에 차지하는 역할과 비중은 더욱 크다. 이 경우에 경제성등의 여러가지 문제가 고려되어야 하겠지만, 반도체 기술의 급속한 발전 및 이에 따르는 컴퓨터 산업 및 전자공학의 발전은 이러한 전망을 크게 뒷받침하고 있다. 이미 몇몇 대학 및 의료기기 생산업체에서는 보다 정확한 병소의 진단, 환자에게 주는 X선 피폭량 감소, 가격절감 등의 관점에서 임상적인 타당성 및 장점을 확인하고 있다. 여기에서는 D.R(Digital Radio-graphy)에 관하여 그 개념 Imaging System, 그리고 필요성과 장점을 중심으로 소개한다.

## 2. Digital Radiography의 개념.

Digital Radiography의 기본적인 개념은 X선의 영상 진단과정에서 X선을 검출하는 Detector와 검출된 영상을 Display하는 기능을 분리하여 여러가지 장점을 얻고자 하는 것이다. 종래의 방법은 film을 사용하여서 X선 영상을 검출하고, 감광된 film을 film processor를 이용하여 화학처리를 한후, light-box 등에 비추어서 Display해보는 방법을 사용하고 있다.

이러한 경우에는 film이 Detector로서의 기능과

Display를 담당하는 Device로서의 기능을 모두 지니야 하기 때문에 어느 한가지 기능만에 맞추어 효율을 극대화시킬 수 없고, 두가지 기능으로서의 효율을 적당히 만족시키는 선에서 효율이 결정되게 된다. 즉, 종래의 방법에서의 film은 Detector로서도 최적의 효율을 갖기 어렵고, Display Device로서도 최적의 효율을 갖지 못하고 있음을 의미한다.

D.R에서는 Detector와 Display Device를 분리하여서, 각각 다른 기능에는 무관하게 독자적인 기능의 효율을 최적화 시키는 방법으로 설계를 할 수 있으므로 전체적인 진단 장치로서의 효율을 극대화 할 수 있게 된다. 즉, Detector는 신체를 투과하여 진행한 X선의 검출 효율을 최대화 할 수 있는 방향으로 설계 하고, Display Device는 사용자에게 진단에 최대의 효과를 줄수있도록 설계를 할수 있게 된다.

Display Device로는 CRT를 통한 Display 가 보편화 되어 이용되고 있으며, Detector는 X선 영상진단 장비의 목적에 따라서 여러종류의 형태를 이용하고 있다. 이와같이 Detector와 Display Device를 구별하는 경우에는 그 중간과정에 Image processing 과정을 삽입시켜서 Detector에 의하여서 검출된 영상을 원하는 형태로 processing 할 수 있다. 그 대표적인 것이 Digital Subtraction Augiography로 혈관내에 조영제를 투입하기 전과 투입한 후의 영상의 차를 구하는 방법으로 혈관의 영상을 주위 조직의 영상에 비하여 더욱 뚜렷하고 쉽게 관찰할수 있도록 하는 방법이다. 또한, Digital Radiography는 앞으로 기대되는 Film less Radiology Department의 실현에 가장 중요한 전제조건이 되고 있기 때문에, 더욱 큰 비중을 지니고 있다고 할 수 있다. 방사선과 영역에서 사용되는 최신영상진단장치들은 CT, NR과 같은 대형영상 진단장치에서와 같이 독립적인 컴퓨터를 사용하고 있거나, 초음파와 같이 소형 컴퓨터나 processor가 내장되는등 대부분 Digital화된 영상을 직접 발생하고 있다. 이것은 film을 절대적으로 필요로 하지 않고 hard disk,optical disk, magnetic tape등 컴퓨터 주변기기를 이용하여서 의학영상을 저장할 수 있음을 의미한다. 즉, 이와같은 Digital 영상장치의 등장으로 방사선과는 film없이 운영될 수 있으리라고 기대된다. 즉, 모든 영상을 컴퓨터내에 기록하여 원하는 영상을 쉽게 찾아보는 영상 Data base를 구성하고, 각종 영상진단장비및 Worksta-

tion을 연결하여 영상의 저장을 공유하고 영상을 필요한 곳까지 전송해 주는 영상 전송망을 구성할 수 있으며, 각종의 영상처리방법을 적용하여 전반적인 영상진단의 질을 향상 시킬 수가 있다. 이러한 film less department를 위하여 필수적인 것이 Digital Radiography이다. 현재 X선의 촬영이 Digital화 되었을때 차지하는 건수면에서 방사선과 전체건수의 50%이상을 차지하고 data용량의 관점에서 방사선과 전체 data용량의 90%정도를 차지하는 등 그 비중이 매우높다. 즉, film을 사용하지 않는 방사선과를 구성하기 위하여서는 Digital Radiography를 전제조건으로 하고 있어서 더욱 그 비중이 크다고 할 수 있다.

### 3. Digital Radiography 기술의 현황.

D.R System의 개발에 관하여서 현재 국내외의 각 대학 및 연구소에서 진행중인 방법을 보면 크게 두가지 형태로 구분할 수 있다.

첫째로, 선형검출기(Linear detector array)와 Scanning을 위한 구동 장비를 이용하여 2차원의 영상을 얻는 방법이 있고,

둘째로, Image Intensi-fying Tube 나 Imaging Plate를 사용하여서 2차원 영상을 직접 얻는 방식이 있다.

선형검출기를 이용하는 방법은 X선관에서 발생되는 X선을 fan beam 또는 Pencil beam의 형태로 조절하여서 신체의 일부에만 조사하게 하고, fore slit, after slit과 함께 사용하여서, X선 촬영분야에서의 가장 커다란 단점인 산란 효과를 제거한다. 이와같은 방법으로 산란선을 제거시키는 경우에는 Contrast resolution을 향상시키는 장점이 있으나, 촬영시간이 다소 길어져서 그 동안의 Motion artifact와 X선 tube의 heat-loading등이 증가하여 문제점으로 지적되고 있다. 한편 Area방식의 경우에는 현재의 투시 방식을 개선한 것과 film Cassette대신에 Imaging Plate를 사용하여서 X선영상을 검출하는 방법이 있다. 이들 방법들은 촬영시간이 짧은 장점은 있으나, 산란효과를 근본적으로 제거시키기 어렵고, tube에서의 Veiling glare 등의 문제점이 지적되고 있다.

X선을 전기적 신호로 변환 검출하는 데에는 Rare

-earth Screen-Photodiode 결합을 사용하는 방식. Image Intensifying Tube와 Vidicon Camera를 결합하여 사용하는 방식 및 Selenium Imaging Plate와 Laser Scanner를 이용하는 방식등이 사용되고 있으며, 이러한 검출기를 통과하여 나온 전기적인 신호는 A/D변환기를 통과하여 디지털 신호화한 뒤 컴퓨터에 입력된다.

컴퓨터에 입력된 영상은 디지털화된 Data이므로 각종의 디지털 영상 처리 기술을 적용시켜서 개선된 형태로 볼 수 있다. 종래의 film을 사용하는 X선 촬영 방법에서는 불가능했던 Contrast enhancement 등의 방법이 그 효과적인 방법의 하나이다. 이 방법은 진단에 필요한 특정부위의 Contrast를 확정시켜서 미세한 Contrast의 변화도 관찰할 수 있어, 폐암 등의 초기단계에 나타나는 미세한 조직의 변화의 검출에 매우 중요한 역할을 하게 되어 폐암의 조기 진단을 가능하게 한다. 이러한 특성은 기존의 film을 이용한 X선 촬영 방식에서의 5~6:1 정도의 Contrast에 비하면 Data의 bit수에 따라 수십~수백배로 신호대 잡음비가 허락하는 정도까지 높일 수 있어서 기존 방법에서는 구별하기 어려웠던 Pulmonary Nodule등을 검출할 수 있게 되어 진단의 효율을 향상시킬 수 있게 된다. 또한, Data가 Digital format이므로 진단을 정량적 분석을 가능케 한다.

산란 효과가 제거된 X선 영상은 Dual Energy Subtraction의 방법을 가능케 한다. 흉부X선 촬영시에는 높은 Contrast 차이를 갖는 뼈와 폐 조직을 동시에 촬영하게 되는데, 높은 Contrast 차를 갖는 조직들 간의 영상을 동시에 촬영할 때 Display Unit의 Contrast의 한계성에 의하여 작은 Contrast 차를 구별하여 보기 어렵다.

이러한 경우 Dual Energy촬영법을 이동하면 X선 영상을 높은 에너지(Higy KV<sub>p</sub>)에서 촬영하고, 낮은 에너지 상태(Low KV<sub>p</sub>)에서 다시 촬영하여 두 영상으로 부터 알고리즘을 이용하여 높은 Contrast를 나타내는 뼈의 영상과 낮은 Contrast를 갖는 폐조직등 연조직의 영상을 분리하여 얻어내는 방법이다. 이는 신체내의 각 조직들의 X선 투과 특성이 조직의 특성에 의해서도 달라지지만 에너지(KV<sub>p</sub>)가 변화 하였을 때도 같은 조직에서의 투과 특성이 달라지는 것을 이용한 것이다.

이중에너지 영상법은 기존의 film을 사용하는 촬영

장치에서는 불가능한 방법으로 D.R System의 중요한 기능의 하나로 평가받고 있다.

#### 4. D.R의 장단점 및 발전전망

현재 개발중인 D.R들은 대부분 영상용 Monitor에 최종 영상을 출력으로 제시하는 형태로 구성되어 있는데, 영상 Monitor의 Spatial resolution이 지금까지 개발된 것으로는 1024×1024의 정도밖에 되지 않아서 기존의 film을 사용하는 방법에 비하여 Spatial resolution이 떨어지는 문제점이 있다.

D.R의 경우 Spatial resolution이 Film의 경우의 1/2정도인 2.5-1.5/ps/mm정도되나, 그 대신 film의 경우에 비하여 수십배의 Contrast resolution을 갖는 장점이 있다. Spatial resolution과 Contrast resolution 중에서 어느것이 의학적인 관점에서 진단에 더욱 중요한가에 대하여서는 계속 연구단계에 있으나, 현재까지의 연구 결과로는 진단의 정확성과 정밀성에는 Contrast resolution이 보다 큰 의미가 있다는 것이 임상적인 자료로 발표되고 있다.

특히 Spatial resolution이 1,6line pairs/mm 이상이 되는 경우에도 진단의 정확성에는 크게 기여하지는 못한다는 임상 Data에 근거한다면, 현재의 D.R의 resolution으로도 정확한 진단을 하게 될 수 있으리라고 판단된다. 또한 이와 병행하여서 2048×2048의 Display 방식이 연구되고 있으며, 일부는 현재 Digital Radiography System에 이용하고 있어서 D.R의 Spatial resolution을 향상시킬 수 있으리라고 기대된다.

D.R System의 또하나의 문제점은 촬영시간이 기존의 X선 촬영때와 비교할 때 5~10정도 증가하는 것이다. 조사되는 X선의 양을 효과적으로 이용하지 못하여서 tube의 Heat loading을 증가시키고 있으며, motion등에 의한 영상의 왜곡이 생길 가능성이 있다. 이러한 문제점 때문에 선형검출기를 사용하는 경우에 있어서도 Scanning time을 0.1초에 가까이 하여 film의 X선 노출시간에 근접시키려는 노력을 계속하고 있다.

D.R을 기존 촬영장치 수준의 해상도를 갖게하려면, 고해상도의 Display Monitor 이외에, 1장의 영상이 1~4M Byte의 Data량을 갖으므로 이를 수용할 수 있는 저장장치의 개발이 필요하다. 최근 Optical

disk 및 magnetic tape 등의 개발로 이 분야의 문제점 등이 해결되어 가고 있어 D.R의 실용성을 높일 수 있을 것으로 전망하고 있다.

D.R을 film 방식의 촬영 방법에 비하면 다음과 같은 장점을 열거할 수 있다.

(1) 산란효과를 제거하고, 영상을 Digital화 함으로써, 영상처리술을 적용하여 영상의 질을 개선하게 되고, Dual energy subtraction 방법 등의 정량적인 분석을 통하여 진단의 효과를 높일 수 있다.

(2) 컴퓨터 Network과 연결시켜서, 영상을 전송하여 film으로 보관할 때의 관리문제와 운반의 불편함을 제거하고, Data의 저장 및 검색을 컴퓨터를 이용하여 자동화할 수 있다.

(3) 경제적인 관점에서 현재의 film의 사용량을 10% 이하로 줄일 수 있게 되어서, D.R.System의 설치비용을 감안하더라도 약 10년 정도의 사용기간동안을 통하여 볼 때에는 경제성이 있다는 것이 판단되었다. 또한 전자공학분야의 현재 발전상태로 전망하기에는 수년 이내에 D.R에 필요로 되는 각종 Hardware의 가격이 film에 비교하여 월등히 유리하리라고 예상된다.

### 5. D.R의 진단에 미치는 영향

현재의 film을 이용한 X선 촬영 방법을 D.R로 대체하는 경우 앞에 기술한 것 이외에 다음과 같은 중요한 영향을 주게 되리라고 기대된다.

(1) 현재의 진단 방식은 촬영된 film을 근거로한 수동적인 형태에 국한되어 있으나 D.R방식에서는 환자의 영상을 진단하는 과정에서 직접 영상의 filtering parameter라든지 Contrast enhancement의 parameter를 변화시키면서 할 수 있어, 방사선과 의사의 능동적 진단 역할이 훨씬 향상된다. 이와함께, 이러한 능력을 극대화하기 위한 교육 및 훈련이 요구된다.

(2) 영상의 정량화에 의하여, 각 부위의 조직들을 특성화하여 감쇠 상수 등의 정량적 매개 변수를 산출할 수 있어, 현재의 해부학적인 병변의 진단에 국한되었던 film 방식에서, 생리학적 또는 병리학적인 변화에 대하여서도 비관혈적(non-invasive)인 진단이 가능하리라고 판단되어 방사선 분야가 각종 질환의 진단에 미치는 영향이 크게 증대되리라고 기대한다.

(3) Film을 사용하지 않는 Digital department의 실현을 가능하게 한다. 필요한 환자의 영상 및 진단 결과를 신속하고 효율적으로 접할수가 있게 되어서, 환자에 대한 진료의 질을 향상시킬 수 있다. 또한 D.R System의 설치에 영상진단용 Workstation, 임상병동에서 사용할 수 있는 임상용 Workstation 및 이들 Workstation과 각종 영상진단장비들을 연결하여 운영하는 영상저장 및 전송망의 실현을 가능하게 한다.

### 6. 국내에서의 D.R에 관한 연구

현재 국내에서는 서울대학교에서 이 분야에 대하여 5년동안 연구를 진행하여 오고 있다. 현재 진행되고 있는 이 분야의 연구를 요약하여 보면 다음과 같다.

- (1) Digital Radiography System의 개발
- (2) 이중에너지 방법을 이용한 X선 영상법 연구.
- (3) Digital Radiography System의 물리적 특성 및 영상특성의 분석.
- (4) Digital Subtraction Angiography System 개발
- (5) 환자의 흉부영상에서 노둑의 검출을 위한 방법 연구.
- (6) Digital Image의 저장 및 전송을 위한 Digital Image Network 구성
- (7) D.R Image의 잡음 제거를 위한 영상처리 방법 연구.
- (8) D.S.A 에서의 심장병 진단을 위한 매개변수 측정.
- (9) 임상용의 Workstation 개발.

현재의 방사선과를 film이 없어도 운영될 수 있도록 하기 위한 Digital department을 목표로 Digital Radiography System의 개발을 중심으로 이를 뒷받침하기 위한 기초연구 및 개발된 System을 이용한 임상 연구등을 수행하고 있다.

### 참 고 문 헌

[1] S.Nudel man, et.al., "A study of photoelectric -Digital Radiography-part I, II, III" of IEEE vol. 70, No. 7, July 1982, pp. 700-727.

[2] P.Sashin et. al., "Computerized electronic-radiography.," Proc of the 6th Conference on Computer

- 
- Applications in Radiology and Computer-Aided Analysis of Radiological Images, ACR/IEEE Computer Society, pp. 153-158, 1979.
- [3] D.Sashin et al., "Diode Array Digital Radiology: Initial clinical Experience," American J. of Reontology, vol. 139, Dec. 1982, pp. 1045-1050.
- [4] I.A.Cunghan, et. al., "A Photo-diode Array X-ray imaging system for digital angiography," Med. Phys., vol. 11, No. 3, pp. 303-310, May/June, 1984.
- [5] W.D.Fooley, et. al., "The effect of Varying spatial Resolution on the Detectability of Diffuse Pulmonary Nodule," Radiology, vol. 41, pp. 25-31 Oct. 1981.
- [6] G.T.Barnes, et. al., "Radiology, vol. 120, pp. 691-694, Sep. 1976.
- [7] L.T.Nikalson, "Scattered radiation in chest radiography," Med. Phys., vol. 8, pp. 677-681, Sept./Oct. 1981.
- [8] W.R.Brody, "Digital Radiography." 1984, Raven Press
- [9] H.K.Huang, "Elements of Digital Radiology." 1987, Prentice-Hall INC.
-