

디지털 화상시스템의 현황과 미래

고려대학교 보건전문대학 방사선과
허 준

The Present and Future of Digital Imaging System

Joon Huh

Dept. of Radiotechnology, Junior College of Public Health and
Medical Technology, Korea University

1. 디지털화상의 도입

방사선진단의 급격한 발전에 따라 방사선진단장치는 새로운 방향으로 나아가고 있어 진단기술 자체에 큰 변화가 오고 있다. 그 중에서도 컴퓨터를 이용한 electronic imaging에 있어서는 현저하다. 이와같은 시점에서, 과거를 회고하고 미래를 전망하는 것은 그 뜻이 크다고 하겠다.

X선필름은 렌트겐이 1895년 X선을 발견한 이후 근 1세기에 걸쳐서 진단에 이용되어 왔다. X선필름을 이용한 기술의 발전과 X선진단화상 응용이 증대됨에 따라 X선필름의 수요는 확대되고 있다. 그동안에 텅스텐산칼슘을 주로 하는 형광증감지가 이용되어 많은 종류의 X선필름이 제조 판매되었다.

최근에 새로운 방법의 진단화상기술의 발전과 컴퓨터기술의 응용에 따라 X선분야가 electronic 화상으로 변화되어 X선필름을 이용한 진단이 감소될 것이라는 예측을 하게 된다. 이와같은 미래를 전망하기 이전에 진단화상에 관한 실질적인 변화와 앞으로 발전가능성을 타진하면서 이해하는 것이 중요하다.

과거 20여년간 급격한 기술의 발전에 따라 방사선진단법과 진단방사선기기 및 진단사진에는 큰 변화가 왔으며, 이와같은 변화는 진단가능성의 향상, 경비의 절감, 환자나 의사에 대한 risk의 저감이라는 점에 중점을 두고 이루어졌다.

1950년 초기에 X선투시로 형성된 화상을 개선할

목적으로 image intensifier가 X선화상제통에 도입되었다. 그후에 투시화상을 기록할 필요성이 요구되어 spot film camera가 개발되고 70mm~120mm 필름이 사용되게 되었다. 이와같은 기술개발이 계기가 되어 ortho film이 개발되고 spot film를 이용한 진단화상은 증대되었으며, 이것은 1970년대 중반기까지 증가되었다. 그 이유로서는 인구의 증가, 수명연장에 따르는 고령자의 증가, 의료보험의 실시와 이에 수반되는 병원의 증설, 의료에 대한 기대심리 등보다 향상된 건강관리 대책의 추진 등을 들 수 있다.

X선필름의 사용량이 증가되는 것은 X선영화검사 등의 새로운 기술도입보다는 인구 증가에 따르는 것이라 하겠다. 1960년대에 도입된 핵의학검사와 초음파검사는 화상진단영역을 새롭게 확대시키게 되었다. 그러나, 특이한 변화는 1973년에 개발된 CT의 도입이라 하겠다.

CT는 금세기 들어서 최대의 진단화상으로 높은 평가를 받고 있으며, 많은 사람들은 그 당시 CT가 진단X선데이터로서 종전의 X선화상에 대치될 것으로 예측하였다. CT는 종전의 X선화상과는 전혀 틀리는 새로운 진단정보를 제공하고 있으나, 그 에너지의 근원으로는 X선이 사용되고 있다.

CT는 종전의 X선화상이 인체 전체의 투영상인데 대해서, 인체의 단층상을 제공하는 것으로 다음과 같은 점이 실증되고 있다.

1) 방사선과의사가 digital data를 분석하거나 해

석하는 것이 아니라 image display로 쉽게 해독할 수 있다.

2) 진단화상은 video display를 사용하여 관찰할 수 있다.

3) 방사선과 의사에 의한 화상의 해독과 정보수집의 필요에 따라 hard copy film으로 표시할 수 있다.

필름은 multi-imaging camera로 사용된다. CRT에서 비디오사진을 촬영하기 위해서 새로운 ortho film을 개발하므로써 hard copy film의 필요성에 대처하였다. 그 결과, 필름의 제조는 종전의 X선필름, spot film, video imaging film으로 확대되었다.

CT의 개발과 응용에 따라 초음파검사와 핵의학검사의 발전에 새로운 기술이 보완되었다. 즉, hard copy로서 video imaging film이 필요하게 되었다.

최근, 방사선진단에 새로운 발전을 오게 한 NM은 1946년부터 수소원자핵을 위시하여 특정한 원자핵에 대해서 그 자신과 주위의 기타 원자핵과의 미세한 결합상태를 높은 정도(精度)로 또한 비침습 측정으로 물성·화학·약학·생화학 등 여러분야에 이용되어 왔으나, 1971년에 악성종양조직의 완화시간이 정상조직보다 2배가 길다는 보고가 있는 것을 계기로 본격적으로 임상의학에 응용되기 시작하였으며, 1978년 이후부터는 인체에 대한 진단장치가 개발되어 임상연구가 활발해지고 그 유효성이 확인되었다.

장치에 대해서는 공간분해능의 향상, 주사시간의 단축, 대조도분해능의 향상을 위해서 많은 개량이 이루어져서 실용화 되었다. 이와같은 새로운 진단장치는 모두 video imaging camera로서 video imaging film이 사용되고 있다. 표 1은 새로운 방식으로 인체의 특성과 성질, 병변의 구성에 대해서 정보를 인출 묘사하는데 각기 다른 에너지를 이용한 것으로 이들은 서로 보완함으로써 완전하게 된다.

Table 1. Data source

Modality	Image Data Source
Computed tomography	Electron density (전자밀도)
Ultrasound	Tissue interface (조직계면)
Nuclear medicine	Physiological function (생리학적 기능)
Magnetic resonance	Proton behavior (양자의 행동)

이와같은 새로운 화상기술이 발전하는데 따라 종전의 기술에 대처하여 X선필름은 별로 쓸모가 없어 된다는 것이 일반의 예측이었으나, 표 1과 같이 각기 종전의 X선화상과는 다른 진단정보를 묘사하는 것이다. 화상진단의 관점에서 어떤 것은 종전의 X선화상보다 적절한 진단이 가능하다는 것이 입증되고 있어, 이런 점으로 보면 진단방식은 X선화상과 대체될 것으로도 사료가 된다. 이와같은 결과로 진단을 위한 화상필름의 소모는 일정상태로 지속이 될 것이나, 새로운 video imaging film의 사용량은 서서히 증가되고 있으며 또한 증가될 것으로 사료된다.

화상진단 중에서 가장 발전한 것은 image intensifier와 컴퓨터기술의 연결이라 하겠다. 종전의 화상진단을 TV monitor면에 표시하는 것과는 달리 TV 화상데이터를 digital화하여 컴퓨터로 화상을 처리하는 것이다. 이 digital subtraction angiography (DSA)은 혈관조영에 가장 적당한 방법으로, 맥관계통에 흐르는 조영제가 인체의 타부분의 영상에 간섭을 받지 않고 관찰이 된다. 이와 같은 새로운 진단방식인 DSA는 digital data를 컴퓨터로 처리한 화상을 CRT면에 표시하는 것이다. 즉 디지털진단 데이터의 이용이 가능하게 되어 진단화상의 디지털 데이터는 모든 것이 방사선과내에서 기록 보관하여 검색할 수 있는 종합화상처리 시스템의 필요성이 생기게 되었다. 과내에서 수집한 디지털화상을 중앙의 진단화상센터로 전송하는 것은 information communication method로서 최대의 관심사가 되고 있다. 이것이 미래의 PACS로 집대성 되는 것이다(표 2참조).

여기서 생기는 의문점은 종전의 X선필름을 이와같은 데이터처리 시스템과 어떻게 연결시키느냐에 있다. 모든 진단 데이터는 컴퓨터로 처리하고, 또한 디지털 정보로서 과내와 병원내는 물론이고 원격지의 도시를

Table 2. Information communication method

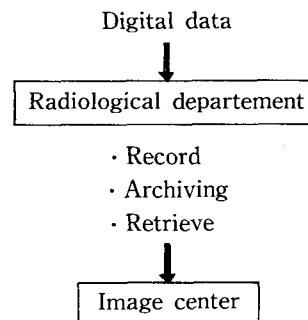


Table 3. Medical image data content

Image type	Matrix size	Bit depth	Data content (Megabits)
Nuclear medicine	128×128	10	0.16
Ultrasound	256×256	8	0.52
Computed tomography	512×512	12	3.14
14"×17"	3500×3500	4	60

연결하여 전달할 수 있다. 이와같은 착상에 자극되어 X선필름은 digital 또는 electronics system으로 변화된다는 예측을 하게 되었다. 진단화상을 전부 디지털정보로 대치하기 위해서는 많은 량의 데이터처리가 필요하다. 이와같이 다량의 데이터처리 및 기록을 보관한다는 것은 경비가 많이 소요되어 실현시키는 데 큰 장애가 되고 있다. 표 3은 종전의 X선기술에 의한 진단화상과 새로운 방식에 따른 디지털방법으로 나타낸 진단화상에서 단일 화상데이터량을 비교한 것이다. 14×17인치 크기의 X선필름의 정보는 100 micro-pixel로 4Bit depth의 용량이 필요하다. 이 수는 1화상당 50에서 100million bit로 변화한다고 생각된다. 이 데이터량은 방대한 것으로 종전의 진단 X선필름은 풍부한 정보를 가지고 있다. 계산에 따르면 1매의 X선필름 중에 포함되는 데이터는 20권의 책 내용과 같은 분량이라고 한다.

Kansas 대학(600 병상)에서 1년만에 작성되는 화상의 수로 환산하면 1.6×10^{13} (16million) bit의 데이터가 진단되는 화상을 디지털데이터로 변화시키는 것이 된다. 종전의 방사선화상으로는 그 양의 96% 이상이 표현되는데 비해서 새로운 화상처리에서는 검사수의 25% 정도만 처리할 수 있다. 이와 같은 데이터량을 현재 CT에서 쓰여지는 magnetic tape으로 보관할 경우에 연간 89,000개의 tape가 필요하며, 그 가격은 약 150만불이 된다. 또 bit 디스크를 쓸 경우에 1600개의 싱글 bit 디스크가 필요하며, 10bit 1매의 bit 디스크의 가격이 100불이라 하면 16만불이 필요하다. 기타 데이터처리기와 데이터 보존, 데이터 전송 등도 필요하다. 즉, X선화상정보를 필름에서 디지털계통으로 변환 표시하는 것은 고도의 기술과 막대한 경비가 필요하다는 것이 문제가 된다. 앞으로 10년만에 이 문제점이 해결된다고 가정하면, 이와 같은 하이테크의 기기가 큰 의료기관에는 도입 될 것으로 기대된다. 그러나 중소병원이나 개인병원

에서는 상당기간 X선필름을 이용한 종전의 진단화상은 계속 이용될 전망이다. 현재 선진국에서 소비되는 X선필름의 약 반을 쓰는 시설이 앞으로 10년만에 모두 새로운 기기로 대체된다고는 생각되지 않는다.

앞으로 10년간 의료시설에 미치는 중요한 요인의 하나는 보험산업에 직면하는 것으로 극도의 경비억제책이며, 이와같은 시스템을 이용하여 고도의 기술에 의한 진단의 정확도가 개선될 가능성이 있으나, 의료비가 삭감되는 등의 이유가 없는 한 자본의 유출을 정당화 하는 것은 더욱 어렵다. 이에 반해서, 인구는 수명의 연장으로 고령화되는데 따라 진단화상에 대한 요망은 한층더 커질 것이다.

방사선과 의사가 진단과 정보전달을 위해서 hard copy 화상이 요망된다고 가정하면 앞으로 상당기간에 걸쳐서 필름은 계속 사용될 것이며, 제품은 새로운 것으로 그 변화가 심하게 될 것이다.

한편, 새로운 필름으로 vidio imaging이나 laser film 등은 서서히 새로운 electronics 기술의 개혁에 따라 어느 정도까지는 X선필름에 대체될 것이다. 새로운 기술과 경비삭감, 생산성, 인구증가, 그리고 고령화 사회 등의 상반되는 경향을 생각할 때에 지금까지 사용되던 X선필름과 새로운 필름을 포함하는 필름의 총사용량은 큰 변동없이 앞으로 10년간은 계속될 것이다.

2. 기대되는 정보전달

병원에서 컴퓨터의 이용은 급격한 증가를 보이고 있으며, 컴퓨터의 보급에 따라 진단·치료업무와 관리업무의 효율화가 이루어지고 있다. 병원에서 컴퓨터는 환자접수와 등록으로부터 시작되어 병원경영과 관리까지 널리 이용된다. 선진각국에서는 많은 병원 에서 원무, 회계, 경영관리 등에 많이 이용하고 있고, 재고관리, 임상검사정보, 병원 차아트관리, 식사요법

관리 등 다양화되고 있다. 이와같은 이용은 병원 내에서 쓰여져 왔으나, 현재는 의사에게 전문적인 정보를 제공하는 것으로부터 일반가정에 대한 건강정보나 의료에 관한 정보를 제공하고, 가정에서 치료중인 환자에게 영양지도나 운동처방을 하는 등 그 응용은 확대되고 있다(표 4 참조). 그 예로서 M회사의 AMS (advanced medical information service)는 의사가 요망하는 전문정보의 제공을 시도하는 것으로부터 팩시밀리를 이용하여 일반가정에 건강진단 서비스를 제공하는것, VAN(value added communication net work)을 이용하여 임상병리검사에 응용되어 검사성적의 요구, 결과의 출력, 각종 통계자료를 청구할 수 있으며, 또 임상병리과에서 시약의 발주와 대금의 결제까지 가능하다.

원거리에 있는 의료기관에 대한 것으로는 1967년 미국에서 Masatusettu General Hospital 과 Rogan Airport Clinic 을 연결한 것이나 1975년 Chicago 병원연구협회의 공동이용형 병원정보시스템 SMS (Shared Medical System)를 들 수 있다. 일본에서도 병원과 병원을 연결한 원격의료의 시도가 많이 시도되고 있다. 특히 1988년 3월 일본 Tokyo에서 개최된 JMCP에서 「X선화상의 인공위성에 의한 송신에 관한 토의」는 주목된 바 있으며, 주사선 1500개의 고선예(高鮮銳) 모니터를 쓰고 九州大學과 회의장을 연결하여 화상을 송신하여 토의하는 것이 시도되었다.

정보전달의 방식은 표 5와 같이 두 개의 media로 분류할 수 있다.

Old media는 편지, 서류, 말로 전달하는 것으로 기본적으로 사람의 손을 거치는 것이다. 인쇄물인 잡

Table 4. Medical information system by using computer

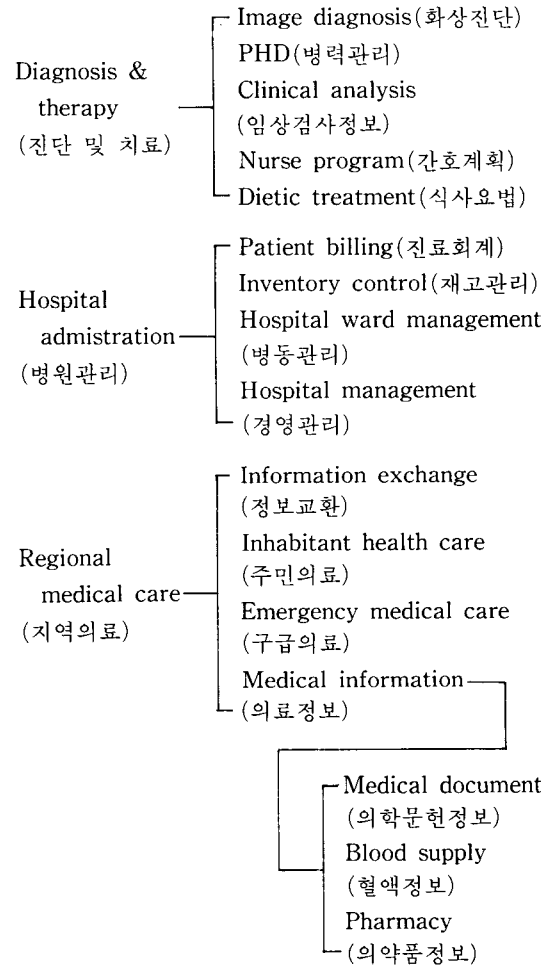
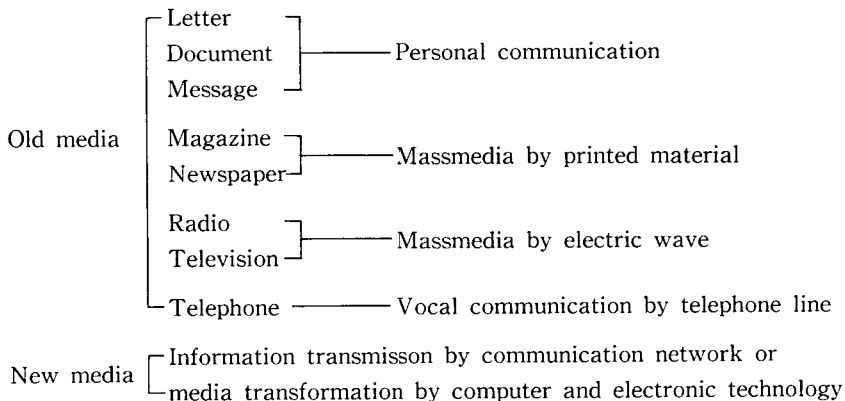


Table 5. Media for information communication old media vs new media



지나 신문에 의한 전달, 또는 리더오나 TV 같이 전파를 통하는것, 전화회선을 이용하는 유선에 의한 정보전달 등을 들 수 있다. 이와같은 정보전달방식은 단일방향의 전달방식으로 상대방으로부터의 레스폰스 전달은 전화를 제외하고는 real time로서는 전달할 수 없다.

New media는 통신을 통한 정보전달이 주류가 되고 있으며, 이것에 컴퓨터나 전자기술을 구사한 것으로 정보전달 뿐만 아니라 정보변환을 가능케 한 것이다. 이것들의 정보전달은 문자나 그림, 도형을 위시하여 화상을 전송할 수 있다. 팩시밀리, 비디오텍스를 이용하여 문자나 도형 등을 전화회선을 이용하여 전송하거나 CAPTAIN center와 TV수상기를 연결하여 수복되는 정보를 TV화면에 나타나게 하는 정지화상 통신시스템, telemail sketch phone을 이용하여 묘사통신시스템에 의해서 사람이 쓴 글자나 그림을 신호로 분해 real time로 전송하는 방식 등을 들 수 있다. 또 TV 전화, CATV-VRS 등에 의한 유선을 통하여 TV수상기로 수신할 수 있는 시스템이나 VAN-LAN과 같이 통신회선을 통해서 컴퓨터를 결합하여 일반통신과는 다른 컴퓨터 통신시스템 등이 개발되어 실용화 단계에 있다(표 6 참조).

이들 new media라 하는 정보전달은 표 7과 같이 무선계와 유선계로 나눌 수 있다.

Table 6. Communication by new media

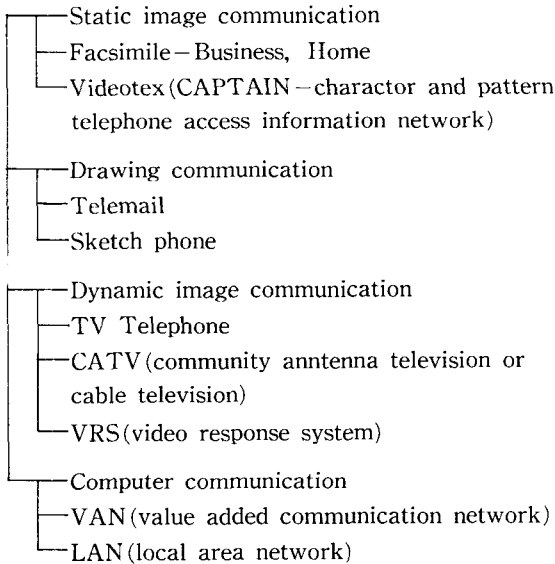
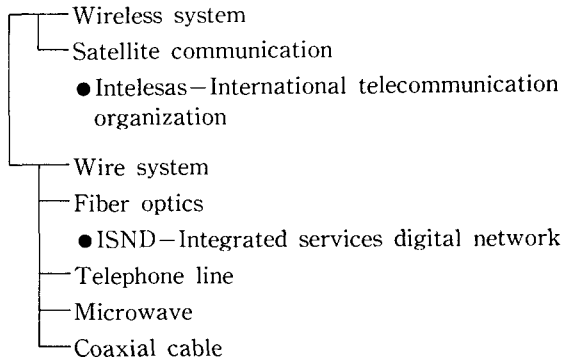


Table 7. Communication network



무선계에서는 통신위성이나 방송위성을 통해서 각국의 TV중계가 가능하게 되었으며, 자기나라 신문을 외국에서도 동시에 읽을 수 있게 되었다.

유선계에서는 빛 fiber, 전화회선, microwave 등 축 cable 등을 통한 통신이 고안되어 넓은 영역의 신호를 장거리 전송하는 것이 기대되고 있으며, 방사선 화상의 디지털신호 전송은 앞으로 발전할 주축이라 하겠다.

3. 진단화상의 미래

CT가 출현한 후에 컴퓨터를 이용하는 화상진단은 급격한 발전을 하게 되었으며, 지금까지 아날로그 화상으로는 충분히 표시 못하던 질병의 검출이 디지털 화상으로 표시하게 되어 방사선진단에 큰 기여를 하고 있다. 그러나 디지털화상의 미래를 전망할 때 해결 못한 점은 아직 많이 남아 있다. 특히, 의료비가 증가되는 추세에서 과연 새로운 장치의 가격과 그 효과관계를 어떻게 타협시키느냐에 있다. 현재의 디지털화상은 완성된 것이 아니며, 자기 제작회사 단독으로 독자적인 기술로 일부분을 담당하고 있는데 불과하다. 이것 등이 모두 통합되어 종합된 의료용 화상시스템(PACS)으로 완성시키는데는 제작회사 단독으로는 불가능하며, 각 제작회사의 기술을 집약함으로써 완성이 될 것이다. 그 기술을 대별하면, 화상전문기술, 컴퓨터기술, 통신기술이라 하겠다. 그림 1은 방사선화상을 PACS로 통합시킨 것을 나타낸 것이다.

진단화상의 디지털화는 컴퓨터를 구사한 전자기술의 진단장치, CT, DSA, ECT, US, MRI 등 고

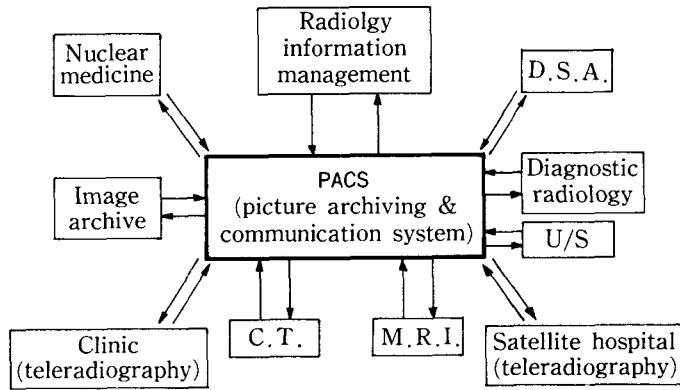


Fig. 1. Tomorrow's radiology department

가의 화상진단장치의 개발과 보급, 그 실시에 따라 많은 종류로 많은 량의 의료용화상을 효과적으로 임상적인 가치를 올리면서 응용하게 한 것이다.

최근에 첨단기술이나 하이테크산업, 즉 광통신, 빛 디스크, 고밀도 전자회로, 음성의 인식기술 등의 향상으로 PACS의 보급은 증대되고 있다. 그러나, PACS는 앞으로 해결해야 할 많은 문제점이 남아있다.

1) 화상디지털화의 문제점

디지털화상의 데이터량으로 화상을 충실하게 재현시키기 위해서는 분해능, 개조능을 세밀하게 표현할 필요가 있다. 한장의 화상데이터량을 증가시키자면 컴퓨터 처리속도, 데이터의 전송속도, 메모리의 용량,

보관용량을 고려하지 않으면 안된다(표 8 참조). 그리고 보관에 필요한 경비는 무시할 수 없을 것이다(표 9 참조).

2) CRT 진단의 문제점

앞으로 PACS에 대한 기대는 자기 방식에 따라 나타난 화상을 디지털 데이터로서 on-line으로 수집하여 빛디스크로 대용량을 보관하고 더욱 병원내의

Table 9. Kansas university-600 beds

Total data per year

1.6×10^{13} (16 million M million) bits

Data storage

● Magnetic tape.....89000 rolls(\$1,500,000)

● Disc optical.....1600 sheets(\$160,000)

Table 8. Medical imaging modalities data requirements

	Data matrix	Bit depth	Mega bits	Mega bytes
Digital				
Nuclear medicine	120×120	12	2	1/40
Ultrasound	512×512	8	2	1/4
Computed tomography	512×512	12	3	3/8
Magnetic resonance	512×512	24	6	3/4
Digital subtraction angiography	1024×1024	8	8	1
Digital radiography (future)	2040×2040	12	48	6
Non-digital				
Film radiography 14"×17" (5IP/mm)	4096×4096	12	192	24

"Digital modalities account for only 7% of the total data"

Source : Opportunities in Electronic Medical Imaging, Drew Consultants Inc., 1984.

여러곳에 설치된 화상표시 단말기에서 요구에 따라 호출하여 CRT진단을 하는 것을 이상으로 한다. 또 전화회선이나 빛 fiber 등을 통하여 병원밖으로 연결하는 것을 teleradiography라 한다.

현재 CT, MRI, NM, DSA 등의 디지털화상은 모두가 hard copy film으로 진단되고 있다. 앞으로 진단 화상을 CRT로 독영할 경우에 다음과 같은 몇가지 장애가 되는 것이 있다.

1. 해상도가 저하된다.
2. 눈이 쉬 피로하게 된다.
3. 기계의 조작이 곤란하다.

그러나, X선필름은 여전히 분해능이 좋고 그 범위가 넓어서 가치있는 화상으로 인정이 될 것이다.

14×14인치 필름 전체를 해상도 200μm로 CRT 표시할 경우에 CRT주사선 2000개 이상이 필요하다. 현재 CRT는 1000개 정도의 것은 그 가격이 엷거나, 2000개의 모니터가 사용되게 되면 그 가격은 1계단이 높아진다. 이것을 병원내에 많이 설치한다는 것은 경제적으로 매우 곤란하다고 하겠다.

4. 종합의료용 화상시스템(PACS)의 도입

의료정보화 사회로 급속히 이행되는 것은 컴퓨터를 도입한 의료업무 중에서 원무, 회계, 경영관리, 임상 검사 등의 부문에서는 이미 실용화 되고있다.

이들 시스템에서는 문자정보를 주제로 하는 시스템으로서 화상정보나 아날로그정보를 고려한 것은 아니다.

PACS는 방사선진단 부문에서 새로운 화상진단장치로 급속한 발전과 도입으로 진단화상은 새로운 시스템으로 변형시키게 되었다. PACS는 picture archiving and communication system의 머릿자로서 PACS의 기능으로 보아 다음과 같지도 불린다.

- 화상처리 보관 통신시스템
Processing archiving and communication system
- 주변장치통합형 디지털화상관리시스템
Peripheralized digital image management system
- 다양식 화상시스템
Multi-modality imaging system

또한 PACS에 기대되는 이득으로서는 원내의 각 부처간에 화상을 신속하게 호출할 수 있으며, 진단의 정확도 개선, 진단하는 의사에게 전달되는 전달도의 개선, 그리고 필름 보관비용이 경감되는 점 등을 들 수 있다. 가격면에서는 기존장치에 비해서 고

가이나 앞으로 가격이 낮아질 것으로 기대된다.

시스템성능에 대한 기대로서는 현재 hard copy film으로 보관되고 있으나 앞으로는 전자신호로 보관이 되므로 CRT진단은 증가될 것이다. PACS의 도입에 앞서 먼저 방사선의학정보시스템의 응용이 선행되면 그 다음 진단화상의 신속한 호출이 가능하게 되고, 이어서 전송화상이 보낸 화상과 근사하게 되는 등의 변화를 거쳐서 PACS는 완결이 될 것이다. 그 기능으로서는 다양한 방법이 있으며, 동시관찰이 가능하게 되어 window level zoom, roam 등이 가능하게 된다. PACS 도입에 장애가 되는 기술적, 경제적, 기능면에 대해서는 표 10과 같다.

Table 10. PACS의 장애

기 술	
• 질이 높은 화상데이터를 획득	
• 대량의 데이터를 보관할 수 있는 능력	
• 신속한 데이터의 전송율	
• 적절한 display 방법	
경제성	
• 경비의 절감/부분시스템의 가격	
• 생산성 향상의 불명확	
• 시장성이 작다	
기능성	
• 여러 방식을 동시 이용(응답시간)	
• 기존필름의 보관, 기록과 호환성	
• CRT 진단에 대한 저항	
• Electronic image 진단에 대한 합법성	
• 환자 데이터의 기밀보전과 안전성	

5. 레이저 카메라

중년까지 US, NM, MRI 등의 기술에 의한 진단 화상은 multiformat video camera(CRT)에 의한 hard copy로 진단에 응용되어 왔으나, 레이저카메라에 의한 hard copy film이 화상의 농도 계조도나 MTF에서 multiformat camera보다 우수하고 진단 정보가 풍부한 hard copy가 작성된다는 것이 실증되고 있어, 앞으로 레이저카메라가 CRT에 대체되어 진단기에 연결 사용될 것이다(표 11 참조). 레이저 카메라에 사용되는 광원으로는 헬륨네온에 의한 적색광(633 nm)과 반도체에 의한 적외광(820 nm)이

Table 11. Medical imaging equipment(laser imaging camera)

Manufacture	3M	Matrix	Hitachi	Canon	Fuji (20I)	Konica
Type	Laser imager	Laser recorder	High depth L. Printer	L. Maltiformat imager	Image recorder	Image hard copy
Film used	3M Laser IR film	Dupont laser film	EK SO-497	EK SO-497	Fuji CR-film	Konica LP film
Film size	14"×17"	14"×17"	14"×11" 10"×12"	14"×17"	B ₄	8"×10"
Format	1, 4, 6, 12	—	—	2, 4, 15, 24	Fixed	—
Image matrix size	4000×5000	4087×5054	2800×3560	4000×5000	2000	2000×2600
Gray scale	256	256	256	1024	1024	1024
Record time	21 sec	10 sec	40 sec	10 sec	45 sec	30 sec
Memory (Std)	2M byte	4×4096 byte	—	—	—	3.6 GB both sides
Magazine recieve	125	—	50	—	100×2	50
Magazine supply	125	Dupont cassette	50	—	100×2	50
Laser spot	—	87μ m	100μ m	100μ m	100μ m	87.5μ m
Processor connection	Optin	—	—	—	Std fixed	—
Laser	IR(LD)	He-Ne	He-Ne	He-Ne	He-Ne	—

Table 12. Laser camera design

Laser type	Emission Color
Gas(helium-neon)	Red(633nm)
Semiconductor	Infrared(820nm)

Design approach

- Film stationary-Laser moves mechanically
- Laser stationary-Film mechanically transported

있다(표 12 참조). 이미 설명한 바와 같이 CRT와 비교하면 레이저 카메라는 우수한 진단화상을 제공해 주지만 주사시간이 길다는 것이 큰 결점이다. 그러나 그것이 개선되는 때는 그리 긴 기간이 걸리지 않을 것으로 사료되어 큰 문제는 없을 것으로 기대된다.

6. 필름-증감지 디지털방사선 사진시스템

X선사진의 투영메이타를 디지털화 하여 의료용화 상에 이용하는 것에 대해서는 많은 기대와 흥미가 집

중되고 있으며, 화상디지털화에 앞서 X선사진의 화상레이타의 포획방식에 대해서 여러 방법으로 검토되고 있다. 지금까지 사용되어 왔던 필름-스크린 시스템의 X선사진 메이타를 검출하는 것은 그 성능이 좋아서 앞으로도 그 이용은 증대될 것이다.

Electronic 기술을 X선사진에 응용하기 시작한 것은 1950년대 초기로 I.I 판의 도입이라 하겠으며, 더욱 최근에는 digital subtraction angiography (DSA)에 응용한 결과 좋은 성과를 얻어 electronics 과 디지털기술은 X선사진 진단에 응용하게 되었다.

X선사진의 투영 메이타를 디지털화 시키는데 대해서 기대되는 것은 디지털화상처리기술로서 메이타의 진단가치를 개선시키는 것이다. 화상처리에서 기대되는 것은 병소부의 검출, 지각의 향상 또는 환자피폭을 증가시키지 않고서 진단의 정확도를 향상시키는 데 있다. 기타 X선사진화상의 디지털화에 연관되는 이득과 그 가능성으로서는,

- ① 메이타의 정량분석이 가능하며,

② 디지털기술에 의해서 화상을 전송하는데 응용할 수 있으며,

③ 통합된 메이타를 PACS에 연결시킬 수 있는 가능성이 있다.

디지털 진단화상에서 시도되는 많은 방법중에서 다른 점은 포획기술이다. 메이타포획과 디지털화 이외의 기타방법은 그리 다른 점이 없다. 종전의 필름-스크린시스템에 의한 데이터포획과 레이저 스캐닝용 X선사진 필름에서 디지털 메이타를 인출하기 위한 장치에 관해서 알아둘 필요가 있다. 필름화상이 디지털화되면 디지털화상처리와 디지털구성의 잠재적 가능성이 모두 실현된 것으로 된다.

X선사진 화상의 메이타 포획시스템(data capture system)과 필름-스크린 시스템의 성능에 관해서 검토하면 다음과 같다.

- Image intensifier(I.I)/TV camera
- Image intensifier(I.I)/Photodiode array
- Photoconductor plate
- Photodiode array/Phosphor
- Film-screen

이상에 대해서는 많은 학술적인 연구와 상업적인 발표가 있었으나, 필름-스크린 시스템의 성능에 대한 발표는 거의 없다.

X선사진화상 포획시스템의 성능평가비교는 다음 4개 사항을 고려해야 한다.

1) Detective Quantum Efficiency (DQE)

포획시스템의 DQE는 이용되는 검출기의 입사량을 기본으로 측정하는데 있다. 보통 DQE의 명확한치는 양자에너지가 변화되므로 특정한 검출기를 지정할 수는 없다. 현재 평가되고 있는 거의 모든 시스템에서 DQE치는 진단에 사용되는 X선에너지의 20~50% 범위로 표시하고 있다.

2) Signal-To-Noise Ratio

Signal-to-noise ratio라 함은 noise(data의 random변화) 대 signal(data에 포함되는 정보)의 비 증폭으로 나타내는 방법이다. 진단용 X선사진 화상에서 X선양자의 고유포아슨분포에 의한 signal의 통계적변화는 X선유통의 강도에 연관되어 signal-to-noise 비는 확정된다. 장치 또는 시스템의 signal-to-noise는 장치 자체의 noise의 기여율과 장치의 출력 signal 증폭율과의 관계를 나타내는 것이다. 보

통 장치는 최고 signal-to-noise 비로 나타낸다. 즉 최고출력 1.0V의 TV카메라에서 1.0mV의 내부 noise가 있다하면 이것은 1000:1의 signal-to-noise 카메라 라고한다. 시스템에서 signal이 감소되면 signal-to-noise는 변화된다는 것을 알아야 한다. 출력 signal이 0.1V로 감소되면 signal-to-noise는 100:1이 된다.

진단화상시스템에서 quantum noise는 기타 어떤 noise원보다도 중요하다. 이 요구를 충족시키기 위해서 포획시스템의 signal-to-noise를 quantum signal-to-noise보다도 높게하여 X선강도 영역까지 올려야 한다. 이와같은 상황에서는 시스템의 contrast sensitivity는 검출기에 입력된 X선량과 DQE에 관계된다.

그렇게 하기 위해서, 적당한 signal-to-noise 특성과 DQE비가 있는 포획시스템은 적당한 contrast sensitivity를 표시하게 된다. 예외로서는 해상력이 한정된 상태나 display contrast가 잘 제어되지 못해서 시각 한계를 방해하는 경우가 있다.

3) Resolution

디지털시스템의 해상도는 포획장치의 MTF 특성에 따라 제약이 된다. 그러나 많은 시스템에서 해상도는 화상메이타 때문에 digital memory matrix size에 의해서 제한된다. 입사량에 대한 contrast sensitivity와 해상도 사이에는 상관관계가 성립된다. 해상도, 노이즈, 지각 등의 상호작용은 중복되어 나타난다. 따라서 방사선의학에서 여러가지 진단능과 명확한 진단화상을 요구하는 것은 당연한 처사라 하겠다.

4) Useful Dynamic Range

Useful dynamic range라 함은 X선 입사강도 또는 입사량의 range로 정의된다. 여기서도 quantum noise가 포획장치의 noise를 지배하는 것으로 된다. 진단화상메이타 포획장치는 보통 인정되고 있는 dynamic range보다 일반적으로 작다. 예를들면, 1000:1 최고 signal-to-noise가 있는 TV camera는 dynamic range 1000:1이라 하나, 방사선 화상시스템에서 contrast sensitivity가 1%로 설계될 경우 그 TV camera의 useful dynamic range는 10:1 이하의 display가 될 것이다.

(1) Film-Screen Performance

필름과 증감지의 연결에 따라 결정되는 것으로 Cro-

nex 4 - QIII 을 연결할 경우의 데이터를 예로 들면 다음과 같다.

DQE = 0.5 80kVp

Resolution > > LP/mm

Signal-to-noise = 1000 : 1

(1mm² Resolution Element)

Useful dynamic dyng = 20 : 1

필름의 signal-to-noise 성능은 useful dynamic range 전영역에 걸쳐 거의 일정하다. 필름의 useful dynamic range 는 설계의 parameter 이고 1000 : 1 이상으로 만들 수 있다. 종래의 필름-스크린 시스템으로 나타내는 이상의 유효한 parameter 는 투영화상 데이터 포획시스템의 검출기로 구하는 것은 불가능하다.

(2) Film-Based Digital Radiography

필름디지털화상은 진단 X선 필름에 포함되는 정보를 디지털 투영화상 데이터로서 인출시키는 방법이다. 현재 electronic 기술이나 레이저 스캐닝 기술에 따라 noise 를 증폭시키지 않고 필름 데이터를 디지털 변화시키는 것은 가능하다. 따라서 레이저 스캐닝에 의한 디지털 변환으로 필름-스크린 화상을 포획하는 것은 질이 높은 디지털투영 화상 데이터를 내는 좋은 방법이다. 이 방법에 따라 얻어진 디지털 데이터는 디지털 데이터 처리를 하는데 디지털 구성에서 많은 장점을 제공하는 것이다.

(3) Film DRS(Film Digital Radiography System)

이 장치는 필름 스캐닝(film scanning), 디지털처리(digitizing), 데이터보관(data storage), 화상처리(image processing), 화상표시(image display)의 기능으로 구성되고 있다. 이 필름 DRS는 진단화상 처리와 투영데이터의 정량분석 평가를 촉진하기 위해서 조립된 것이다.

실용장치는 다음 특징을 가지고 있다.

- Data matrix - 2000 × 2000
- Pixel depth - 12 Bits (log)
- Scan time - 60 seconds ... (DR S II 60 sec)
- Scan area - 14" × 17"
- Soft display - 1050 line video
- Image processing
- Window and level
- Magnification/Roam
- Unsharp masking
- Edge enhancement

(4) Tone Scale Reversal

필름을 사용한 디지털 화상평가의 프로그램으로 화상처리능력을 확대시키고 시간차분법(potential subtraction), 에너지 차분법(energy subtraction), 디지털 데이터의 정량평가를 포함한 계획이 있다.

(5) Wide Dynamic Range Film

그림 2는 보통 대조도의 필름과 WDR 필름의 특성곡선을 표시한 것이다. Useful dynamic range 를 특성곡선에 나타난 평균계조도의 1/2의 점을 노광범위로 한정한다면 다음과 같은 수치로 비교된다.

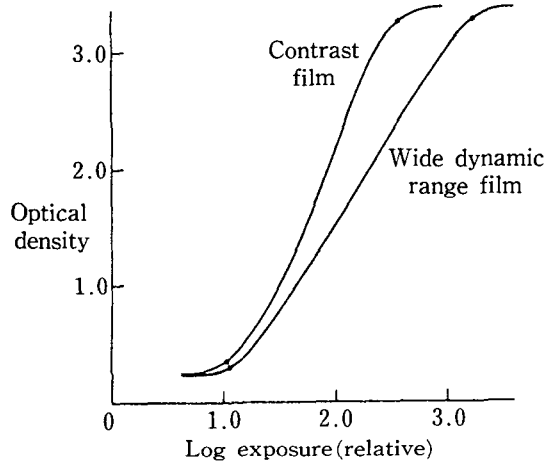


Fig. 2. H & D curves illustrating dynamics range differences

$$DR(\text{Dynamic Range}) = \log^{-1}(\Delta \text{Log E})$$

Film	$\Delta \text{Log E}$	Useful dynamic range
Contrast film	1.3	20 : 1
WDR	2.0	100 : 1

이와같이 특수한 필름을 설계함으로써 필름을 사용한 디지털 화상 중에서 종전의 진단용 필름의 관용도 한계를 극복하고 유효범위를 확장시키는 것이 가능하게 되었다.

즉, 이 필름은 useful dynamic range 100 : 1을 목표로 하여 설계되었다. 이 결과에 따라 1매의 필름에 1회의 X선조사로 연부조직에서 뼈까지 광범한 데이터를 인출 포획할 수 있게 되었다. 특히 혈관동맥이나 정맥의 촬영에서 그 효과가 있다. 또한 관용도가 광범위하여 만일에 촬영을 잘못해도 관용도가 넓어진다. 그리고, 필름농도가 제한되므로 광범위한 subtraction mask film을 작성할 수 있다. 또한 이 필름을 촬영조건에서 곤란한 점이 있는 병실타입에

이용하면 고관용도 필름의 특징인 독영범위가 넓은 X선사진으로 되어 진단에 효과적이라 하겠다.

7. 끝맺음

이상의 시스템은 종전의 카세트 촬영의 X선사진 데이터를 포획하여 디지털처리를 할 수 있도록 설계된 것이다. 이상과 같은 결과를 분석하고 성능 평가하면, contrast sensitivity가 특수필름을 사용함으로써 광범위해지고 또한 디지털 처리와 투영화상의 정량분석의 가능성을 포함하여 디지털 구성의 잠재적인 이점을 달성하는 방법이 가능하게 된다. 이 시스템은 앞

으로 PACS에 연결시킬 수 있는 가능성이 있다.

필름 digitizer의 output은 전화회선이나 인공위성 통신과 같은 데이터 전송시스템 연결이 될 것이다. 앞으로 대용량 디지털 기록방식이 가능해지면 필름을 통한 디지털 데이터는 집중기록장치에 보관되어 원 필름은 다시 이용이 될 것이다.

필름을 기본으로 하는 디지털회상은 앞으로 방사선과의 주 업무가 될 것이다. 그 이유로서는 X선발생장치, 촬영방법 기술을 변화시키지 않고도 진단 X선 사진을 독영하는 관찰등의 보조로서 필름디지털 시스템을 추가하여 요망은 달성이 될 수 있기 때문이다.