

Digital Mammography and CAD

김 희 중

연세대학교 의과대학 영상의학과

1. Digital Imaging

최근 컴퓨터와 전산망의 발달로 일부 병원은 PACS를 포함한 통합적인 정보시스템을 구축한 후 디지털병원을 운영하고 있으며 많은 병원이 디지털병원을 진행하거나 준비하고 있는 상황이다. 이는 많은 병원이 PACS를 구축하여 운영한 경험이 큰 도움이 되었다고 생각한다. PACS 구축을 위하여는 디지털 장비에 대한 이해와 준비가 필수적이었으나 digital mammography 도입은 최근에야 증가 추세에 있고 CAD에 대한 관심도 점점 증가하고 있는 상황이다. 디지털 영상의 기본 단위는 숫자로 표시되는 화소(Pixel 또는 Picture Element)로 공간 위치 정보와 색상 및 명암 정보를 동시에 포함하고 있다. 디지털 영상은 연속적인 영상정보를 포함하는 아날로그 영상과는 다르게 각 화소가 차지하는 면적에서 평균 밝기와 평균 색상을 나타낸다. 각각의 화소들을 가로와 세로로 배열하여 영상을 구성하게 된다. 디지털 영상의 화질(Image Quality)을 평가 할 때 영상의 화소수

(Matrix)와 bit depth가 중요한 요소이지만, 영상 화질을 평가하는 기준 자체는 아니다. 화소수(i.e., Image Matrix)가 많다는 것은 고분해능으로 영상을 획득할 수 있는 능력을, bit depth 수가 크다는 것은 세세하게 많은 단계로 명암을 표시(또는 획득)할 수 있는 능력을 지니고 있음을 나타낸다. 우수한 화질의 영상을 획득하려면 검출기에 입사되는 피사체에 대한 영상 정보가 많고, 영상 신호가 크며, 검출기 자체의 검출 능력(분해능)이 우수하여 큰 bit depth로 영상을 획득할 때 가능하다. 또한, 동일한 화질의 디지털 영상에 대해서라도 판독은 판독 환경과 디스플레이 장치의 성능에 따라 달라진다.

2. Digital mammography

Digital mammography는 크게 CR, DR (CCD array type, TFT indirect detection, TFT direct detection) 분야로 나누어 볼 수 있다.

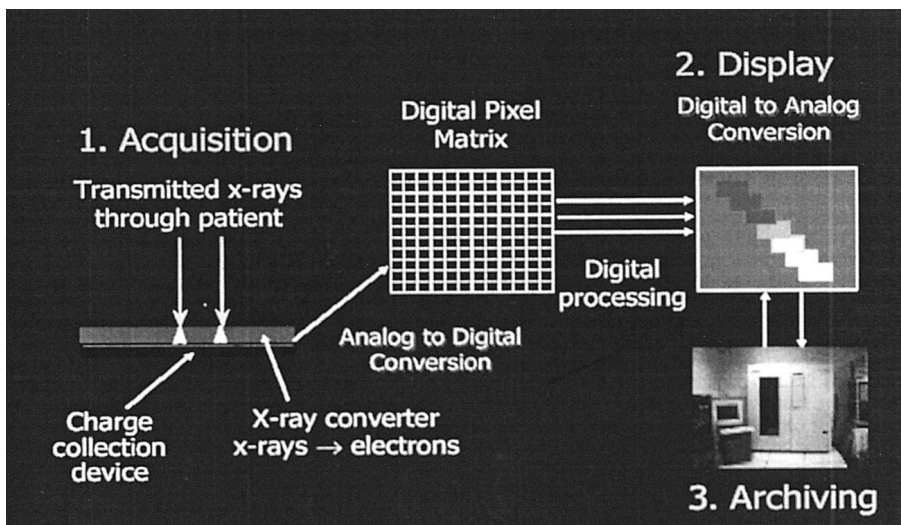


Fig. 1. Data acquisition, display, & archiving of digital image

2.1 CR

Digital mammography는 디지털영상을 획득하는 것이 필수적이다. 최근 PACS의 보급과 함께 많은 병원들이 CR을 구축하고 일반 촬영상을 디지털 영상으로 획득하고 있다. Fig. 2는 mammography용 CR의 예를 보여주고, Fig. 3는 디지털 영상을 얻기 위한 CR 시스템 구성도의 예를 보여준다.

CR에 따라 2 k용 또는 4 k용 CR이 있으며 일반촬영은 대개 2 k를 사용하는 반면 유방영상촬영은 4 k 또는 그 이상을 요구하고 있어 CR 구입 시부터 검사목적을 정한 후 이들을 위한 PACS에 대해서도 고려하여야 한다. CR 영상에서 4 k를 이용하면 한 장 당 약 32 M byte로 매우 큰 용량이 되며 판독시 이전 검사와 비교

할 경우 PACS 속도에 영향을 미칠 수 있고 장기, 단기 저장장치 등 PACS 전반 분야에 대해 영향을 미치게 되므로 초기부터 고려하여야 할 사항이다. CR로 획득된 디지털영상은 기존의 필름에 비해 넓은 범위에 대해 노출된 X-선 양과 IP를 읽어서 만든 디지털 영상의 값들과 선형성을 유지하고 필요에 따라 영상 후 처리가 가능하다. 그러나 CR로 획득한 영상을 디스플레이 하거나 또는 하드카피를 만들 때 다양한 특성곡선을 이용하기 때문에 이에 대한 이해가 매우 중요하다. Fig. 4는 CR 시스템에서 영상처리에 대한 개념을 보여준다. 방사선 영상 전문가는 CR 영상장치의 기기 및 물리적 특성에 대해 충분한 지식을 습득하고 CR로 얻은 영상이 최상의 화질을 유지할 수 있도록 운영하고 관리하는 것이 필요

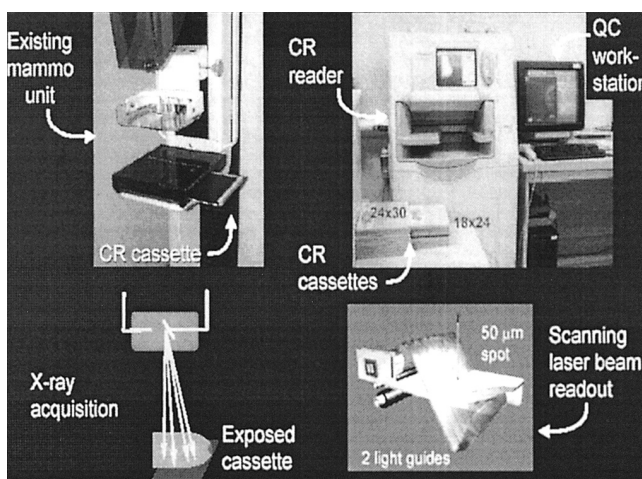


Fig. 2. Cassette-based detector can be used with existing image equipment. CR system includes X-ray unit, IP plate, scanning laser beam readout system.

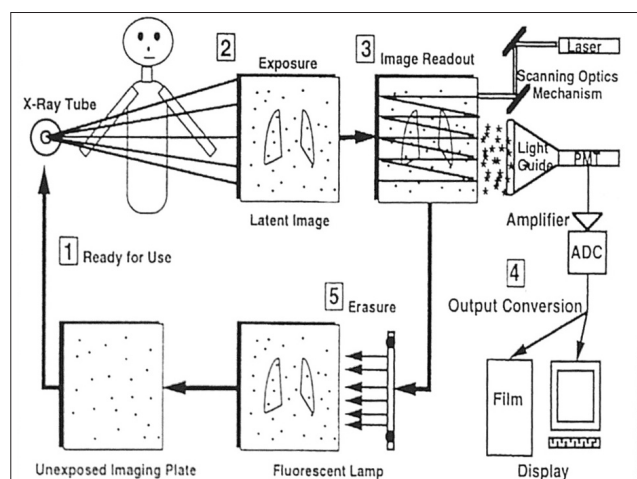
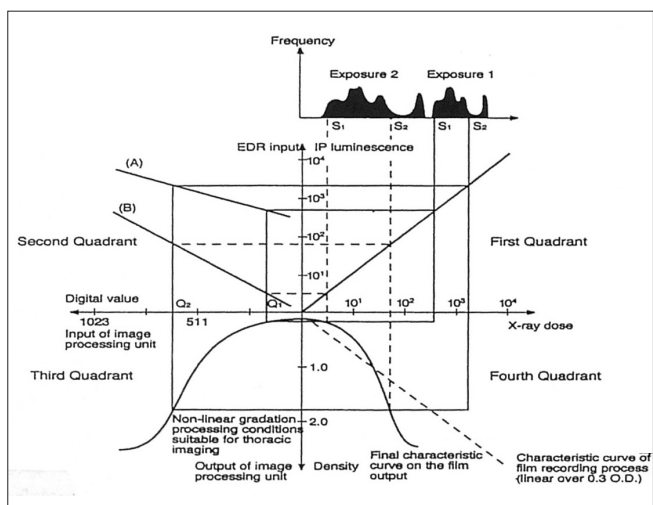
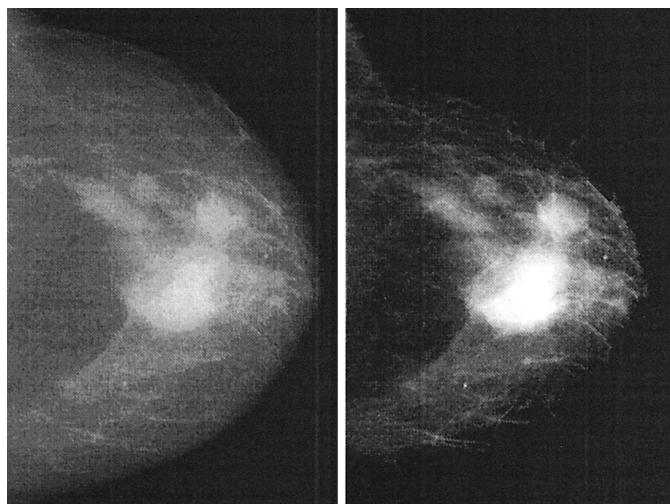


Fig. 3. The image production steps involved in CR. The imaging plate is exposed X-ray, read out by a laser scanning mechanism and erased for reuse. A light guide collects the photostimulated luminescence and feeds it to a photomultiplier tube (PMT) that converts the light signal to an electrical signal.



a



b

c

Fig. 4. Operating characteristics of the CR system (a), image quality with different imaging characteristic curve (b), and curve (c).

하다. 특히 CR로 얻은 디지털 영상은 Fig. 4와 같이 특성 곡선에 따라 영상의 화질이 매우 달라질 수 있어 이들에 대한 정확한 이해를 필요로 하며 검사방법 및 부위 별로 최상의 조건을 찾아서 담당자들이 혼동하지 않고 편리하게 사용할 수 있도록 프로토콜 등을 개발하고 필요한 팬텀 등을 이용한 CR 정도관리를 실행하고 감독하는 것이 필요하다. 병원마다 정도의 차이가 있을 수 있지만 데이터 양의 상당한 부분이 CR 영상인 점을 감안할 때 CR 영상에 대한 정확한 이해와 검사별 또는 질병에 따른 CR 검사결과에 대한 정확한 평가가 성공적인 digital CR mammography를 운영하는데 중요한 역할을 할 것으로 판단된다.

2.2 DR

CR을 이용한 디지털 영상획득은 IP를 이용하게 되어 아날로그 필름시스템에서 필름카세트를 넣고 X-선을 조

사한 후 필름을 현상하여 영상을 얻는 과정이 필요하되 필름을 현상하는 대신 CR장치에 IP를 넣고 레이저광선으로 스캔하여 디지털 영상을 획득하게 된다. DR은 플라스틱 필름이나 IP에 X-선을 조사한 후 현상이나 스캔 등의 중간과정을 거치지 않고 X-선을 디텍터에 직접 조사하여 디지털영상을 획득하고 컴퓨터에 저장하며 PACS를 구축한 병원에서는 필요에 따라 고해상도 모니터에서 직접 영상을 판독하도록 도와준다. DR의 X-선 검출기는 형광체 또는 섬광체와 CCD 카메라를 결합한 시스템, a-Si 또는 a-Se 등과 같은 반도체를 이용한 시스템으로 구분된다. Fig. 5는 이들 검출기 방식들을 보여준다.

DR은 형광체나 섬광체를 이용한 검출기 경우 사용물질에 따라 예민도 해상도 등이 달라지고 같은 물질이라도 두께 등에 따라 그 물리적 특성이 달라진다. Fig. 6은 물질의 두께가 해상도에 미치는 영향을 보여준다. Fig.

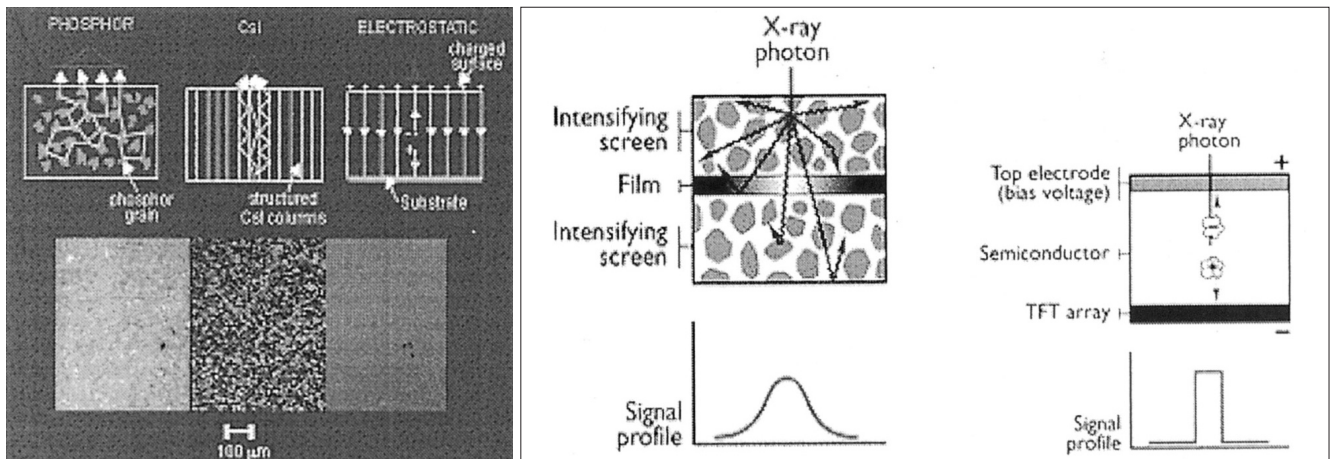


Fig. 5. Comparison of phosphor screen, cesium iodide, and semiconductor detector, Screen film and its response function, DR and its response function.

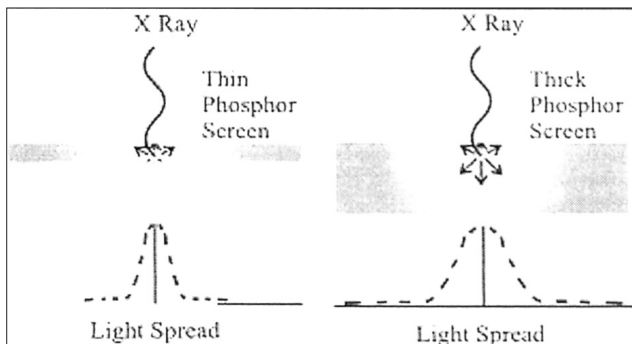


Fig. 6. Effect of phosphor thickness on image blurring.

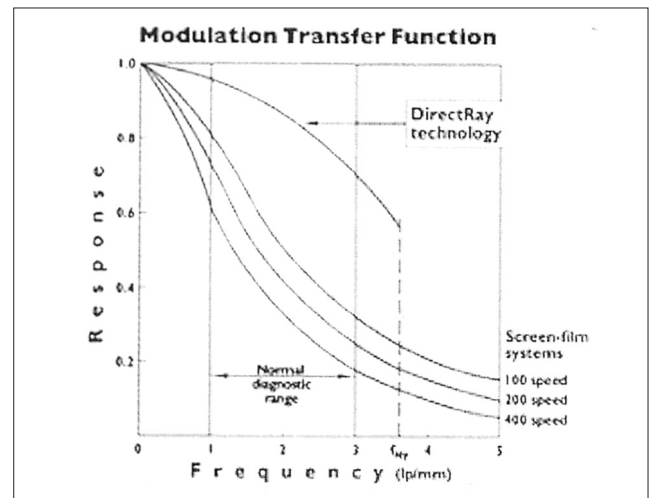


Fig. 7. An example of MTF for DR.

7은 DR 시스템에서의 MTF의 한 예를 보여준다. DR 중 CCD 시스템은 X-선을 빛광자로 변환하기 위한 형광체, 빛을 영상화 하기 위한 CCD, 그리고 CCD안의 정보를 영상화기 위한 readout 시스템으로 구성되며 그 구성과 특성을 이해하는 것이 필요하다.

특히 TFT를 이용한 DR시스템 경우 화소의 크기에 따라 신호를 얻기 위하여 구성되는 readout 시스템으로 인하여 영상신호를 얻을 수 없는 dead zone이 존재하게 된다. 이에 따라 해상도가 높도록 화소크기를 작게 하면 dead zone 부분이 상대적으로 크게 되어 최적의 영상을 획득하는데 한계가 될 수 있다. Fig. 7은 이런 개념을 보여준다. DR영상의 크기는 검출기의 픽셀 수와 각 픽셀의 값을 나타내기 위하여 필요한 bits 수에 따라 다르다. 영상에 따라 2k 이상 또는 필요에 따라 4k 이상을 필요로 할 수도 있고 각 픽셀의 음영을 나타낼 수 있는 bits 수는 10 또는 12를 쓸 수 있지만 현실적으로 byte로 계산하게 되어 2 byte를 쓰게 된다. 이 경우 2 k와 4 k에 해당하는 영상 한 장이 각각 8 Mbyte 또는 32 Mbyte의 크기가 된다. PACS가 임상환경에 보편화되고 있어 CR과 함께 DR도 임상에 적극 활용되는 방향으로 발전하고 있다. DR 사용자는 DR 영상의 화질 평가와 DICOM 연결 및 전송분야에 대한 전문지식을 확보할 필요가 있다. 특히 CR, CCD DR, TFT indirect DR, TFT direct DR시스템에 대한 화질과 임상에서의 영상평가는 매우 중요하다. 이를 위하여 영상을 구성하는 화소크기, bit depth와 함께 해상도, 신호대잡음비, 대조도 및 방사선 선량을 종합적으로 이해할 필요가 있다. 영상의 질을 종합적으로 나타내주는 parameter로 DQE(detective quantum efficiency)를 사용하지만 이를 정확하게 측정하는 것은 이 분야의 전문가를 필요로 한다. DQE는 검

사부위의 실제 SNR과 측정된 SNR의 비율로 얼마나 x 선과 DR시스템을 효율적으로 사용하여 검사부위의 영상정보를 얻었는가를 종합적으로 나타내주는 정량적 수치이지만 이를 정확히 이해함은 물론 이를 위하여는 위의 물리적 parameter를 정확히 이해하는 것이 매우 중요하다. 또한 이들 물리적 수치와 임상에서의 영상정보와의 상관관계를 이해하는 것이 매우 중요하다고 생각된다.

3. CAD

Digital mammography의 발전과 PACS의 도입으로 CAD분야에 대한 관심이 더욱 증가하고 있는 상황이다. CAD는 컴퓨터가 정량적으로 분석한 결과를 토대로 이상 부위를 표시함으로써 영상판독 의사의 과다한 판독 업무를 줄여주며 이상이 있는 것으로 판단되는 영상에 대해서는 정량적 분석결과를 참고로 의사가 최종 진단을 내리도록 도와주는 진단 시스템으로 볼 수 있다. 한국중앙암 등록자료에 의하면 2001년 여성 암 발생 등록 건수가 1위를 차지하였고 특히 유방암은 계속적으로 증가하였고 증가할 것으로 예측되고 있다. 반면, 전체 여성 암 사망자 수 중 유방암에 의한 사망분율은 2.1%로 유방암이 1기에 발견될 경우는 완치율 90%, 2기에는 70 - 80%로 조기에 발견될수록 완치율이 높은 반면 3기로 넘어가면 20%내외로 현저하게 떨어져 치료에 어려움이 있으므로 유방암 환자의 생존율과 직결되어 있는 유방암 조기발견이 무엇보다 중요하다 하겠다. 현재 유용한 진단 방법 중 mammography는 효과적이고 안정적인 방법으로 널리 이용되고 있으며 조기진단에 있어 매우 중요한 의미를 가지고 있다. 이를 위하여 최근에는

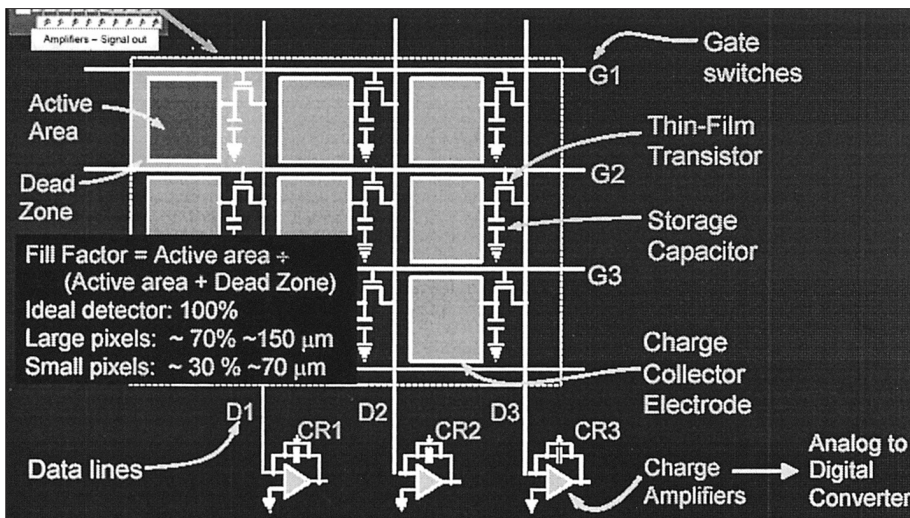


Fig. 8. TFT active matrix array.

컴퓨터 발달과 함께 영상을 시각적으로 분석하고자 하는 연구가 진행되고 있으며 전세계적으로 mammography CAD가 임상에 적용되는 단계에 와 있다. 이와 같은 CAD 시스템은 현재 의사의 육안적 인식과 판별능력의 한계로 인해 피할 수 없었던 진단의 불확실성이 상당히 개선될 수 있으며 폐암, 유방암 등 조기암 발견을 위한 스크리닝 사업에 따르는 국가적 의료 비용을 절감시킬 수 있어 향후 의료기술의 중대한 진전이 있을 것으로 전망된다. 이와 같이 CAD는 컴퓨터 보조 진단의 의미로서 의사의 판독업무를 효율적으로 돕기 위해 사례별 데이터를 축적, 환자의 영상을 검색해 판독의에게 참고의견이나 이중판독의 기능을 수행함으로써 의사의 진단을 도와줄 수 있다. CAD 분야의 선도 업체인 미국의 R2 technology는 mammography CAD 솔루션을 독자형 시스템 및 CAD 결합형 디지털 mammography 형태로서 전 세계적으로 많은 병원에 공급을 한 상황이며, 세계적인 PACS 업체와의 제휴로 PACS와 통합된 CAD 시스템을 공급하고 있다. 국내에서도 몇몇 병원에 CAD 시스템이 도입되었고 이 분야의 경험이 축적되고 있는 상황이다. 특히 국내에서는 PACS의 빠른 확산, digital mammography의 도입이 증가 추세에 있고 IT (information technology) 기술의 발전으로 CAD에 대한 관심이 급격히 증가하고 있는 상황이다. 또한 최근 선진국 및 한국에서 여성암 발생을 1위가 유방암으로 나타남에 따라 유방암과 무증상 정기검진에 대한 국민적 관심이 증가하고 있다. 따라서 유방검사를 받는 여성의 수는 급증하고 있는 반면에 유방전문 방사선과 의사의 수는 절대적으로 부족한 실정으로 mammography CAD의 역할이 점점 증가할 것으로 예측되나 국내에서 CAD의 유용성에 대한 연구도 계속되어야 할 것으로 생각된다.

4. 요약

넓은 의미의 Digital mammography는 CR, CCD DR,

TFT indirect DR, TFT direct DR로 구분할 수 있다. 물론 필름을 스캔하여 컴퓨터에 저장한 영상도 포함할 수 있으나 디지털영상의 특성을 고려하고 디지털영상의 물리적 특성을 고려한다면 필름을 스캔한 경우는 특별한 경우로 생각할 수 있을 것이다. 위의 digital mammography는 영상획득 원리, 시스템 구성, 획득방법 등에 따라 영상화질이 달라질 수 있다. 특히 정량적인 평가를 위하여는 digital mammography 시스템의 원리 및 영상과 관련된 물리적 특성에 대한 정확한 이해가 필요하다. 국내에서는 PACS의 빠른 보급과 digital mammography의 도입이 증가 추세에 있고 IT 기술의 발전으로 mammography CAD에 대한 관심이 급격히 증가하고 있는 상황이다. 이에 많은 병원에서 PACS, digital mammography 및 CAD의 통합 시스템이 구축되고 임상적 유용성에 대한 연구가 지속된다면 국민건강에 기여할 수 있음은 물론 이 분야의 발전에도 크게 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

1. <http://idt.net/~dclunie/>
2. 보건복지부. 2003년 국가 암관리사업 안내; 2003
3. 오기근. 유방영상학. 고려의학; 1995. pp57-84
4. Doi K, Macmahon H, Katsuragawa S, Nishikawa RM, Jiang Y. Computer-aided diagnosis in radiology: Potential and pitfalls. Eur J Radiol 1999;31:97-109
5. Etta DP, Martin JY. Digital mammography, Radiology 2005;234: 353-362
6. Mary L, Michael BN, Eugene E. Comparison of two commercially available computer-aided detection (CAD) systems. Applied radiology 2002;31-35