

CMOS 검출기를 사용한 간접 전환 방식 디지털 유방 촬영 영상의 화질 평가

장정민 · 문우경

서울대학교병원 영상의학과

목적: 국내에서 개발한 간접 전환 방식 CMOS 검출기를 사용한 디지털 유방 촬영 장비의 화질을 전향적으로 평가해 보고자 하였다.

대상 및 방법: 본 병원에서 유방 검진 또는 수술 예정인 96명(정상 71명, 양성 유방 질환 환자 17명, 유방암 8명)의 여성을 대상으로 하였다. 국산 장비를 이용하여 영상을 촬영한 뒤, 유방전문 영상의학과 의사가 임상 영상 평가표에 맞게 내외사위 및 상하위 자세잡기, 압박, 대조도와 노출, 인공물 등의 항목에 대해 각각의 영상을 점수화하였고, 화질의 정성적 평가를 위하여, 해부학적 구조물들의 분해능을 5단계로 점수화하여 기록하였다. 외국산 유방촬영 장비를 이용한 이전 영상이 있는 18명의 여성에서는 병변의 가시성, 주관적인 해상도, 대조도 및 인공물 등의 영상 화질을 비교 평가하였다.

결과: 국산 디지털 유방촬영 장비로 획득한 영상 화질평가의 자세잡기, 압박, 대조도와 노출, 인공물 항목에서, 각각 자세잡기(내외사위 영상) 27점, 자세잡기(상하위 영상) 19.9점, 압박 10점, 대조도와 노출 11.6점, 인공물 14점이었고 평균점수는 97.89 ± 1.67 (범위: 93-100점) 이었다. 정성적으로 평가한 해부학적 분해능 점수는 4.05 ± 0.51 (범위: 3-5점)였다. 외국산 유방촬영장비로 획득한 영상과 비교하였을 때, 전반적인 해상도, 대조도 및 병변 가시도는 비등한 결과를 보였다.

결론: 국내에서 개발 시판중인 간접 전환 방식 CMOS 검출기를 사용한 디지털 유방 촬영기를 이용한 유방 영상은 전반적으로 우수한 영상 화질을 보였으며, 외국산 유방촬영장비로 획득한 영상과 비교하였을 때 비등한 결과를 보였다.

Index words: Digital mammography; Domestic mammographic unit; Image quality; CMOS detector

서 론

유방암 조기진단을 위한 정기적 선별 유방촬영술은 유방암 사망률을 감소시키는 유일한 영상검사법으로 알려져 있다 (1). 유방에 증상이 있는 경우 행하는 진단적 유

방촬영술뿐만 아니라 무증상 여성을 대상으로 유방암 조기 진단을 위한 선별 유방촬영술이 전국의 의료기관에서 한 해에 수십만 건씩 시행되고 있으며 그 검사건수는 매년 증가하고 있다. 필름-스크린 유방촬영술은 유방암 진단을 위한 일차적이고 가장 기본적인 진단 방법으로, 과거 20-30년간 유방암진단을 위한 선별 검사로 성공적으로 이용되어왔다. 그러나, 필름-스크린 방식은 대조도, 인공물 발생, 영상 획득, 저장 및 디스플레이 방식의 한계를 가지고 있어, 이를 극복하는 디지털 유방 촬영술이 현재 널리 사용되고 있고, 미국대학 방사선 의학회 영상 네트워크(ACRIN) 주도로 시행한 디지털 유방촬영과 필름 유방촬영을 선별 유방촬영에서 비교하는 대규모 연

본 연구는 휴먼레이 연구비지원(H1104-085-359)에 의하여 이루어진 것임.

통신저자 : 문우경

(110-744) 서울시 종로구 연건동 28

서울대학교 의과대학 영상의학교실

Tel. (02)2072-3928, Fax. (02)743-6358

E-mail: moonwk@snu.ac.kr

구(digital mammographic imaging screening trial, DMIST)는 디지털 유방 촬영 시스템에서 획득한 영상이 기존의 필름-스크린 시스템에서 획득한 영상보다 치밀 유방을 가진 50세 이하의 여성에서 그 진단능에서도 우위를 점하고 있음을 밝히고 있다 (2).

국내에서도, 디지털 유방 촬영기의 보급률은 계속 증가하고 있으나, 현재 국내 디지털 유방 촬영기기는 아직도 상당 부분 수입에 의존하고 있다. 특히 우리나라 여성들의 유방은 구미 여성들보다 유방촬영술상 치밀한 밀도로 보이는 경우가 많아 유방암의 발견이 쉽지 않으므로 양질의 유방촬영술을 시행하여야 검진의 성과를 거둘 수 있다(3). 최근, 국산 유방 촬영기 개발이 점점 가속화되고 있으며, 국산 장비 개발의 증가는 그 화질 및 성능이 인정된다면, 상대적으로 적은 부담으로 디지털 유방 촬영기의 보급을 점차적으로 늘릴 수 있겠다. 아울러, 국내에서 처음으로 간접 전환 방식의 CMOS 타입의 검출기를 사용한 유방촬영기가 등장하였으며, 이러한 방식의 유방촬영 영상은 그 동안의 간접 전환 방식의 유방 촬영 영상보다 더 우월한 영상을 보여줄 것으로 기대되고 있다. 이에, 본 연구에서는 국내 몇몇 기관에서는 이미 상용화된 간접 전환 방식의 CMOS 타입의 검출기를 사용한 유방촬영기를 이용한 디지털 유방 촬영 영상의 영상

화질을 평가하고, 그 진단 성능을 정상 및 유방 질환을 가진 환자를 통해 알아보고자 하였다.

대상 및 방법

본 연구는 임상 윤리 심의 위원회에서 승인한 연구로, 2011년 10월 1일부터 2011년 10월 31일까지 1개월간 본 대학병원에 유방 검진 및 진료를 위해 내원한 환자 중 본 연구에 동의한 사람들에 대해서 시행되었다. 아래의 조건을 충족시키는 여성 중 자원자에 한하여 국산 유방 촬영기기(Sizgraphy, Humanray, Hwaseong-Si, Korea)로 유방촬영을 시행하였다. 선정 기준은 30세 이상의 건강한 여성으로, 양측 유방의 유방 촬영술을 시행하기에 부적합하지 않은 여성 중 검진 목적으로 또는 수술을 앞두고, 병변 평가를 위해 유방 촬영술을 시행하고자 하는 여성이었다. 이들 중 임신 중이거나 수유중인 경우는 대상에서 제외되었다.

모두 96명의 여성이 참여하였으며, 대상군의 연령 분포는 30세에서 71세로 평균 연령은 47세였다. 방사선사가 피험자를 대상으로 시험용 의료기기를 이용하여 기본 유방촬영을 실시하여 영상을 저장하였다. 이후 유방영상을 5년 이상 전공한 한명의 영상의학과 의사가 임상영상

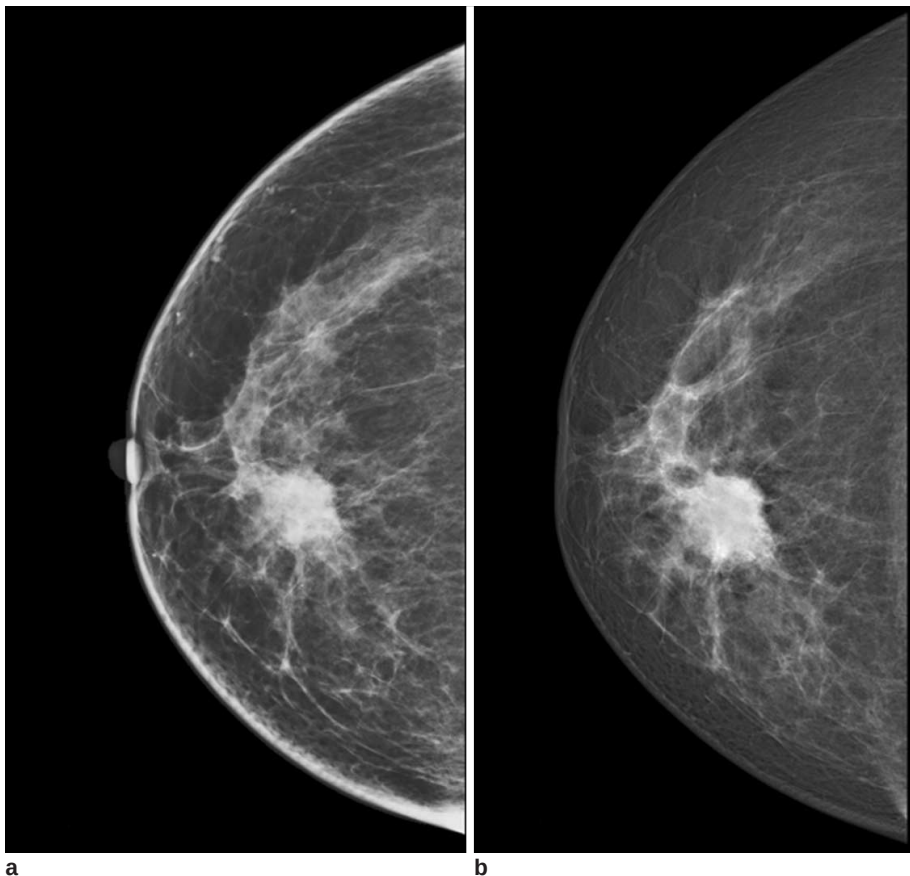


Fig. 1. Diagnostic mammography in a 57-year-old female with infiltrating duct carcinoma. BI-RADS breast density grade 2, scattered fibroglandular parenchymal pattern is noted on right craniocaudal projection in both images (**a**: foreign vendor, **b**: domestic vendor). An irregular shaped hyperdense mass is noted in the inner breast. Both image shows equivalent conspicuity for mass visualization. The skin lines are more exaggerated in **a**. Equivalent spatial and contrast resolution is noted in both images.

평가표를 기준으로 하여 유방 촬영 영상 화질을 채점하였다. 촬영 표지(9점), 자세잡기(내외사위 영상 29점, 상하위영상 20점), 압박(10점), 대조도와 노출(12점), 잡영과 인공물 (14점), 기타 사항(6점)의 항목을 평가하였으며 100점 만점에 60점 미만을 불합격으로 판정하였다. 보다 정밀한 영상 화질 평가를 위하여, 유방 내 해부학적 작은 구조물 (혈관, 쿠퍼씨 인대, 섬유 유선 조직 등)을 분해해 내는 능력을 주관적으로 평가하여, 분해능의 우수한 정도에 따라, 매우 우수 (5점), 우수 (4점), 보통 (3점), 부족 (2점), 매우 부족 (1점)으로 단계화한 점수를 기록하였다. 유방 촬영술 이상 소견이 있는 경우 외국산 장비에서 추가적으로 유방 촬영술 또는 압박 및 확대 촬영술을 시행하였거나, 과거에 다른 타사 장비로 시행된 영상이 있는 경우에 한하여서, 병변의 가시성, 주관적인 해상도 및 대조도 등의 영상 화질을 시험기기 영상 우월, 동등, 시험기기 영상 열등으로 구분하여 비교

평가하였다.

결 과

전체 96명의 환자에서 지방형(almost entirely fatty, 1형) 유방 5명, 유선 산재형(scattered fibroglandular, 2형)이 16명, 중등도 치밀형(heterogeneously dense, 3형)이 47명, 고등도 치밀형(extremely dense, 4형)은 28명이었다. 임상영상평가표로 판정시 전체 96례의 외국 기기 및 국산 기기로 촬영한 유방촬영 영상 중 불합격은 없었으며, 국산 기기를 통한 영상의 화질 점수 총점은 97.89점이었다. 평가 항목별 평균 득점은 촬영 표지 9/9(100%), 자세 잡기(내외사위 영상) 27/29(93.1%), 자세 잡기 (상하위 영상) 19.9/20(99.5%), 압박 10/10(100%), 대조도와 노출 11.6/12(96.7%), 잡영과 인공물 14/14(100%), 기타 사항 6/6(100%)이

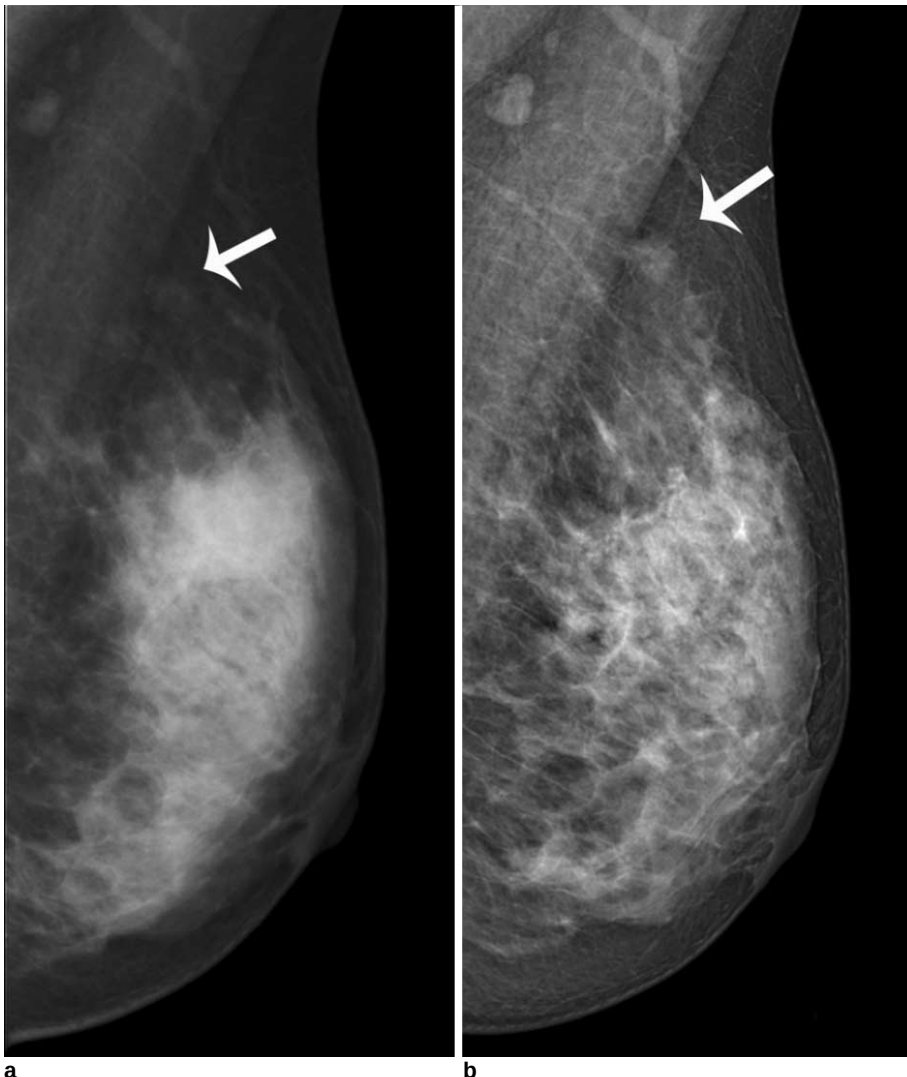


Fig. 2. Diagnostic mammography in a 41-year-old female with pain in the left breast. BI-RADS breast density grade 3, heterogenous dense parenchymal pattern is noted on left craniocaudal projection in both images (**a**: foreign vendor, **b**: domestic vendor). Focal asymmetry was noted with better conspicuity in **b**, and fibroglandular tissues were more separated by fat in **b**. Percutaneous biopsy revealed fibroadenoma in the left breast.

었다. 유방 밀도별 분석에서는 저밀도 유방 28명의 평균 점수는 98점, 고밀도 유방의 평균 점수는 97.89점 $\pm$ 1.67 (범위: 93-100점)이었으며 통계학적으로 유의한 차이는 없었다. 유방 내 해부학적 작은 구조물 (혈관, 쿠퍼씨 인대, 섬유 유선 조직 등)을 분해해 내는 능력의 주관적 평가에서는 평균 4.05점 $\pm$ 0.51(범위: 3-5점)으로 우수한 분해능을 보였다.

전체 96명의 여성의 유방촬영술에서, 71명은 정상 소견, 5명은 양성 석회화 소견을 보였으며, 나머지 20명에서 비정상 소견을 보였는데, 이는 국소 비대칭 음영 (8명), 종괴 또는 결절 (5명), 석회화와 동반된 종괴 (3명), 의심스런 석회화 (3명), 그리고, 비대칭 음영과 동반된 피부 및 피하지방층 변화 (1명)였다. 이들 중 8명에서 침윤성 유방암과 1명에서 침윤성 관상피암 및 소엽암 혼재형이 확인되었고, 점액양 종양, 섬유선종, 섬유낭 종성 변화의 양성 병변이 4명에서 발견되었다.

비교 대상이 될 수 있는 타회사 유방 촬영 장비 영상을 가지고 있는 경우가 18명 (미세석회화 3명, 비대칭 음영 2명, 석회화를 동반하는 종괴 2명, 정상 11명)이 있었고, 이들에 대하여, 병변 가시능(병변 있는 경우), 해상

도, 및 대조도를 비교하였을 때, 이상 소견을 가진 7명의 경우, 6명에서는 동등, 1명에서는 본 시험 기기가 더 우수한 가시능을 보여주었다. 전반적인 해상도는 시험기기가 2명에서 우수, 14명에서 동등한 수준을 보였으며, 2명에서 열등하였다. 대조도의 경우는 4명에서 우수, 13명에서 동등, 그리고 1명에서 열등하였다 (Fig. 1-3).

고 찰

본 연구에서는 국내에서 처음으로 개발된 간접 전환 방식의 CMOS 타입의 검출기를 사용한 국산 디지털 유방 촬영기기를 이용하여 유방 촬영을 시행한 여성의 영상 화질 및 그 소견을 분석하였을 때, 임상 평가에 의한 화질 점수는 매우 우수하였으며, 유방 내 작은 구조물들을 구별해 내는 분해능에서도 비교적 높은 성적을 보여주었다.

식생활의 서구화, 출산을 감소, 모유 수유 기피 및 기타 여러 이유로 유방암의 발생률은 계속 높아지고 있는 추세이고, 조기 유방암의 진단은 유방암 완치율을 높이고, 유방에 대한 변형도 최소화할 수 있다. 우리나라에서

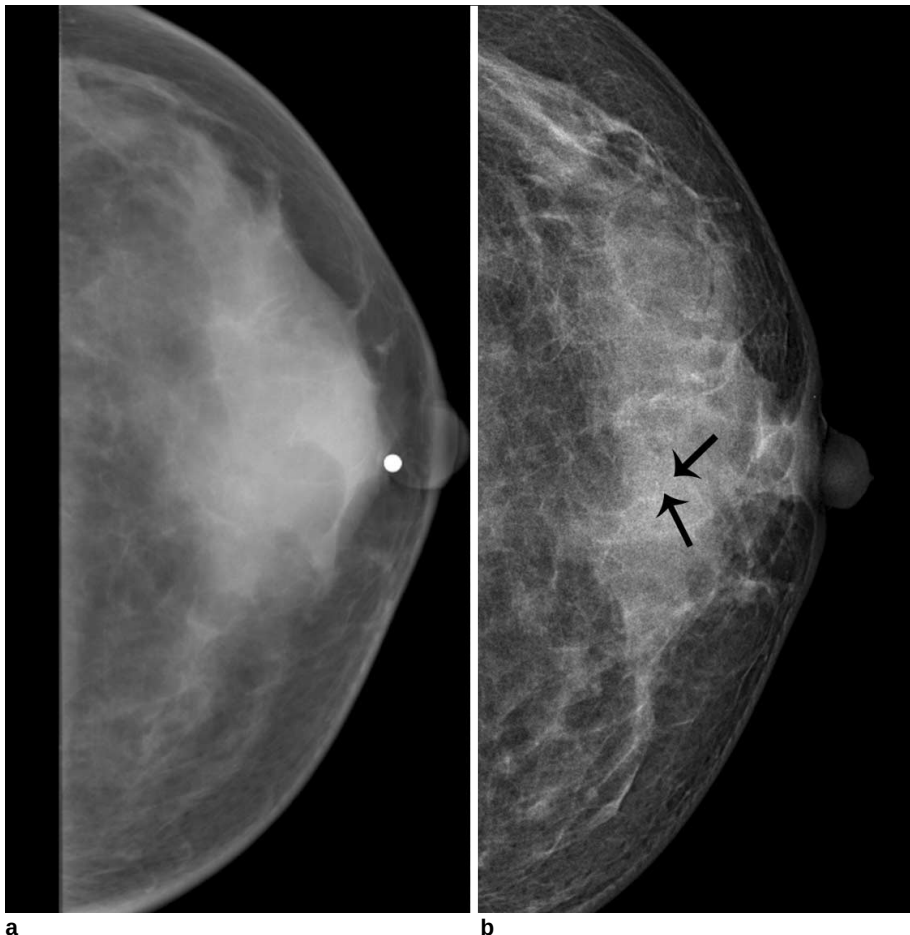


Fig. 3. Screening mammography in a 35-year-old female. BI-RADS breast density grade 3, heterogenous dense parenchymal pattern is noted on left craniocaudal projection in both images (**a**: foreign vendor, **b**: domestic vendor). Round and punctate microcalcifications was noted with better conspicuity in **b**, and fibroglandular tissues were more separated by fat in **b**. Breast ultrasonography revealed suspicious mass in the left upper breast, and percutaneous biopsy revealed fibroadenoma in the left breast.

도 특정암 검진사업에 유방촬영술을 이용한 유방암 검진이 포함되었고, 이로 인해 여성들의 선별 유방촬영술 검사건수도 급격히 증가하고 있다. 그러나 아직 디지털 유방 촬영기를 보유하지 않은 기관이 많으며, 우리나라 유방촬영기의 품질관리가 미흡하여 화질관리가 제대로 되지 않아 조기 유방암을 놓치거나 오진할 가능성이 많았으며, 실제로 이러한 사례가 법정 소송으로 이어지는 등 사회 문제화 되고있다 (4, 5). 따라서 조기발견을 위한 정기적인 검진이 필수적이며, 미세 석회화 단계에서부터 검출 및 진단할 수 있는 정밀한 유방암 진단기의 수요가 계속 증가하고 있는 추세이다.

디지털 유방 촬영기는 소모품인 필름에 비해 반영구적으로 재사용 가능하여, 자원절약 및 필름 보관이 불필요하다. 또한, 높은 대조도 및 X선에 대한 대조도의 선형적 응답으로 환자 피폭선량이 저감될 수 있고, 높은 공간 해상도를 보이는 장점을 가지고 있다. 영상 처리 및 CAD를 이용한 유방암 진단능 증대 및 PACS와의 연동 가능한 부분도 필름 유방 촬영 영상보다 우월한 부분이라 하겠다 (6).

현재까지 디지털 유방 촬영기는 수입 외국 장비가 사용되어 왔다. 최근 개발된 국산 장비의 등장은 높은 비용을 감수하고 외산 장비에 의존하고 있는 국내 병원에 큰 도움이 될 것으로 본다. 국내 자체 개발 디지털 유방 촬영기 외에, 현재 상용화된 디지털 유방촬영기는 Fischer Senoscan, Fuji CR, GE 2000D, Lorad Selenia 등으로 각각은 해상도 (pixel pitch), 행렬 수, 비트 깊이, 검출기 크기 및 종류에 차이가 있다 (Table 1) (7). X-선 에너지를 빛으로 전환하는 방식에 따라 중간 매개체를 이용하는 간접방식 (Fischer Senoscan, Fuji CR, GE 2000D)과 필요로 하지 않는 직접방식(Lorad Selenia, Brestige)으로 나눌 수 있다. 형광체(phosphor)가 필요 없는 직접방식의 영상이 팬텀 점수나 임상화질 평가에서 비결정 실리콘을 이용한 간접방식보다 우수한 것으로 알려져 있으나(8, 9), 주위 환경에 민감한 광도전체

의 특성, input X-ray에 대하여 적절한 signal를 발생시키기 위해 sensor에 필요한 고전압, 이로 인한 추가적인 전기적 노이즈 등은 직접 방식이 가지는 문제점이라 할 수 있다. 반면, 간접 방식은 형광관에 의해 X-ray가 광변환 되어 Photodiode, CMOS 등의 영상 센서를 통해 영상을 획득하는 방식으로, 영상을 빠르게 얻을 수 있다는 장점이 있으나, 검출기가 고가이고, 기계의 형식을 변화시키기 힘들며, 화소 크기가 100 μm 로 커서 해상도 부분에 한계가 있는 것으로 알려져 왔다 (10).

본 연구에 사용된 유방촬영기는 CMOS 영상 센서를 통해 간접 방식으로 유방 영상을 획득하는 방식을 취하고 있다. CMOS 영상 센서는 CMOS (상보성 금속산화막 반도체)를 이용한 고체 촬상 소자이다. CMOS 센서의 가장 큰 장점은 저노이즈, 고감도, 고해상인데, 과거에는 기술적으로 대면적화가 어려워 이용에 제한이 있었으나, 최근 세계적 반도체 기술 경쟁으로 인한 CMOS 공정 개발의 발달로, 대면적 초정밀 공정이 안정화됨에 따라 대면적화에 따른 수율 및 가격 측면에서 많은 개선이 이루어졌고, 이러한 기술의 발달로 고해상도의 유방 영상을 기대할 수 있게 된 것이다.

본 연구에서는 시험 장비 영상의 객관적 평가를 위하여 영상 화질 평가 기준표를 이용하여 점수를 기록하는 방식을 채택하였다. 또한, 화질 평가를 위해서, 정성적 분석으로 점수체계에 따른 영상의 작은 구조물의 분해능을 평가하였다. 같은 환자에게서 여러 번 영상을 얻어, 최신 외국산 장비와 직접 비교하는 방식이 가장 객관화된 비교를 가능하게는 하나, 이 방식은 환자의 방사선 피폭 선량을 늘리는 결과를 초래하게 된다. 이에, 과거 영상 또는 이상 소견이 발견되어 추가적으로 영상을 시행한 18명에 대해서만, 타사 장비와 영상을 비교하였는데, 전반적인 해상도나 대조도, 병변 가시도 등은 큰 차이를 보이지 않았다. 단, 비교가 가능한 영상의 개수가 매우 작으며, 비교의 대상이 된 타사 장비가 서로 같은 장비가 아닌 관계로, 비교의 결과를 일반화 할 수는 없다. 또한,

Table 1. Digital Mammography Systems

Model	Pixel Pitch	Detector type	Matrix Size	Bit Depth	Detector Technology
Humanray Sizgraphy	70 μ	Indirect	2.4×3.3 K 3.3×4.9 K	14	CMOS
Medifuture Brestige	85 μ	Direct	2×2.8 K 2.8×3.5 K	13	a-Se
Fischer Senoscan 12	50 μ	Indirect	4×5.6 K	12	Csl, CCD, Slot scan
Fuji CR	50 μ	Indirect	4.7×6 K	10	dual side reader
	100 μ	Indirect	2.4×3 K	10	single side reader
GE 2000D	100 μ	Indirect	2×2.3 K	14	Csl on a-Si
Lorad Selenia	70 μ	Direct	3×4 K	14	a-Se

본 연구는 한 명의 영상의학과 의사가 영상 평가를 시행하였는데, 관찰자에 따른 차이가 있을 수 있음을 고려한다면, 더 많은 영상의학과 의사들로 하여금 영상을 평가하게 하는 방식을 취하는 것이 필요할 것으로 생각된다.

결론적으로 디지털 유방 촬영술에 있어 국산 개발 기기는 기존 외국 기기와의 영상 화질 측면에 있어 비등하게 우수한 화질을 보인다는 것을 알 수 있었다. 영상의 대조도 및 노출 부분이 조금 더 보완된다면, 기존 제품보다 우수한 영상 화질을 제공할 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

1. Kerlikowske K. JAMA Efficacy of screening mammography
2. Pisano ED, Gatsonis C, Hendrick E, Yaffe M, Baum JK, Acharyya S, et al. Diagnostic performance of digital versus film mammography for breast-cancer screening. N Engl J Med 2005;(27)353:1773-1783
3. Carmen MGD, Halpern EF, Kopans DB, Moy B, Moore RH, Goss

- PE, et al. Mammographic breast density and race. AJR Am J Roentgenol 2007;188:1147-1150
4. 유근영, 노동영, 이은숙. 유방암의 조기 검진. 대한의사협회지 2002;45:992-1004
5. 김철중. 유방암촬영기부정확-오진우려. 조선일보, 서울. 2000년 2월 7일
6. 조나리아, 차주희, 문우경. 디지털 유방촬영술. 대한영상의학회지 2005;52-225-231
7. Yaffe MJ. Detectors for digital mammography. In Pisano ED, Yaffe MJ, Kuzmiak CM. Digital mammography. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2004:15-26
8. Schulz-Wendtland R, Hermann KP, Lell M, Bohner C, Wenkel E, Imhoff K, et al. Phantom study for the detection of simulated lesions in five different digital and one conventional mammography system. Rofo 2004;176:1127-1132
9. Rong XJ, Shaw CC, Johnston DA, Lemacks MR, Liu X, Whitman GJ, et al. Microcalcification detectability for four mammographic detectors: flat-panel, CCD, CR, and screen/film. Med Phys 2002; 29:2052-2061
10. 대한유방영상의학회 편. 유방영상진단학. 서울: 일조각, 2006; 107-110

Evaluation of the Image Quality of Indirect Conversion Type Digital Mammography Using CMOS Detector

Jung Min Chang, MD, Woo Kyung Moon, MD

Department of Radiology, Seoul National University Hospital

Purpose: The purpose of this study was to evaluate image quality of the digital mammographic image using indirect conversion CMOS detector, made by domestic manufacturer.

Materials and Methods: Routine mammography was performed in a total of 98 women who came for screening or prior to surgery using domestic test digital mammography. One breast radiologist evaluated each image using standard criteria for clinical image evaluation. Position, compression, contrast and exposure, and artifacts in each mammogram were evaluated. In addition, image resolution was assessed on a 5 point scale. Breast density and the findings were assessed using BI-RADS category, and in 18 cases having prior routine mammography image using other vendors, lesion visibility, subjective resolution, and contrast were compared.

Results: At clinical image evaluation by domestic test digital mammography, the mean scores for position (mediolateral oblique view, 27; craniocaudal view, 19.9), compression (10), contrast and exposure (11.6), and artifacts (14) in each mammogram were noted. The total scores of image quality using domestic digital mammography unit was 97.89 ± 1.67 (range: 93-100), and mean score of qualitative resolution was 4.05 ± 0.51 (range: 3-5). Overall image resolution, contrast and lesion visibility were equivalent to mammography images of foreign vendors.

Conclusion: Digital mammography using indirect conversion CMOS detector, made by domestic manufacturer showed optimal image quality, and equivalent image quality was noted compared to foreign vendors.

Index words: Digital mammography; Domestic mammographic unit; Image quality; CMOS detector

Corresponding author: Woo Kyung Moon, M.D.