

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

장정민 · 김원화 · 류은비

서울대학교 병원 영상의학과

목적: 국내에서 개발한 간접 전환 방식 CMOS 검출기를 사용한 디지털 유방 촬영 장비에서의 미세석회화 병변의 가시도, 영상 대조도 및 노이즈를 고려한 영상 화질을 외국산 기기와 비교하여 후향적으로 평가해 보고자 하였다.

대상 및 방법: 본 병원에서 검진 또는 진단 목적으로 국산 유방 촬영기를 이용하여 유방 촬영을 시행한 여성 중 외국산 기기 영상을 보유하고 있으며, 미세석회화를 가지고 있는 것으로 판명된 46명의 여성을 대상으로 하였다. 국산 장비를 이용하여 영상을 촬영한 뒤 영상을 저장하고, 이전에 시행한 영상 또는 추가 검사를 위해 시행한 외국산 영상을 함께 저장하였다. 두 명의 유방전문 영상의학과 의사가 병변 및 기기에 대한 정보를 모르는 채로, 5단계 점수 체계를 이용하여, 미세석회화 병변의 가시도 및 대조도를 매우 우수 (5점)에서 매우 부족 (1점)으로, 노이즈를 거의 없음 (1점)에서 영상 평가 불가함 (5점)로 점수화 하여 평가하였다. 이후 각 항목별 점수의 평균을 paired t-test를 이용하여 비교하였다.

결과: 두 명의 영상의학과 의사가 국산 디지털 유방촬영 장비 및 외국산 장비로 획득한 영상에서 평가한 미세석회화의 가시도의 평균 점수는 4.4 ± 0.9 , 4.5 ± 0.9 점, 대조도는 4.4 ± 0.5 , 4.3 ± 0.7 점으로 비교적 우수하였으며, 외국산 기기와 비교할 때, 유의한 차이를 보이지 않았다. 한편, 국산 기기의 평균 노이즈 점수는 2.1 ± 0.7 , 2.1 ± 0.7 점으로 국산 시험기기에서 외국산 기기 비해 통계적으로 유의하게 높은 것으로 나타났다.

결론: 국내에서 개발 시판중인 간접 전환 방식 CMOS 검출기를 사용한 디지털 유방 촬영기를 이용한 유방 영상은 미세석회화 평가에 있어, 전반적으로 우수한 가시도와 대조도를 보였다. 향후, 영상의 노이즈를 줄이는 노력을 계속한다면, 미세석회화 평가에 있어서, 보다 나은 영상 화질을 제공할 수 있을 것으로 기대된다.

Index words: Digital Mammography; Domestic mammographic unit; Image quality; Microcalcifications, CMOS detector

서 론

유방암 조기진단을 위한 정기적 선별 유방촬영술은 유

방암 사망률을 감소시키는 유일한 영상검사법으로 알려져 있다 (1). 필름-스크린 유방촬영술은 유방암진단을 위한 일차적이고 가장 기본적인 진단 방법으로, 과거 20-30년간 유방암진단을 위한 선별 검사로 성공적으로 이용되어왔으나, 필름-스크린 방식은 대조도, 인공물 발생, 영상 획득, 저장 및 디스플레이 방식의 한계를 가지고 있어, 이를 극복하는 디지털 유방 촬영술이 현재 널리 사용되고 있다. 디지털 유방촬영의 효용성은 미국대학 방사선 의학회 영상 네트워크(ACRIN) 주도로 시행한

본 연구는 중소기업청에서 시행한 의료기기 비교임상 및 성능평가 지원사업에 의하여 이루어진 것임

통신저자 : 장정민

(110-744) 서울시 종로구 연건동 28, 서울대학교병원 영상의학과

Tel. (02)2072-2584, Fax. (02)743-6358

E-mail: imchangjm@gmail.com

디지털 유방촬영과 필름 유방촬영을 선별유방촬영에서 비교하는 대규모 연구(digital mammographic imaging screening trial, DMIST)를 통해 알려졌으며, 특히 치밀 유방을 가진 50세 이하의 여성에서 진단능은 필름-스크린 방식에 비해 우위를 보이고 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, 국내에서 처음으로 간접 전환 방식의 CMOS 타입의 검출기를 사용한 유방촬영기가 등장하였는데, 이러한 방식의 유방촬영 영상은 그 동안의 간접 전환 방식의 유방 촬영 영상보다 더 우월한 영상을 보여줄 것으로 기대되고 있다. 특히 유방암 조기검진의 관점에서 환자들의 예후를 좋게 만들 수 있는 관상피내암 경우에는 선별 유방촬영술에서 미세석회화가 주된 소견이므로, 선별 유방촬영술에서 석회화 병변을 발견하고 판정하는 것은 매우 중요하다 (4-6).

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, 2012년 9월부터 2012년 10월까지 2개월간 본 대학병원에 유방 검진 및 진료를 위해 내원한 환자 중 본 연구에 동의한 사람들에게 대해서 시행되었다. 아래의 조건을 충족시키는 여성 중 자원자에 한하여 국산 유방 촬영기기 (Sizgraphy D1000[EVA], Rayence, Hwaseong-Si, Korea) 로 유방촬영을 시행하였다. 선정 기준은 30세 이상의 건강한 여성으로, 양측 유방의 유방 촬영술을 시행하기에 부적합하지 않은 여성 중 검진 목적으로 또는 병변 평가를 위해 유방 촬영술을 시행하고자 하는 여성이었다. 이들 중 임신 중이거나 수유중인 경우는 대상에서 제외되었다. 총 209명의 여성이 임상 시험에 참여하였고 이들 중 유방 촬영 상에 미세석회화가 보이는 경우 70명이었다. 유방 영상을 5년 이상 전공한 한 명의 영상 의학과 의사가 70명의 여성 중 외국산 기기의 과거 영상에서 동일한 미세석회화를 관찰할 수 있는 경우 (33명)

와 시험기기로 미세석회화가 발견되어, 정밀 검사를 위해 재 촬영한 외국산 장비 영상이 있는 경우 (13명)를 확인하였다 (Senographe 2000D: GE Healthcare, Waukesha, WI: Selenia: Hologic, Bedford, MA). 비교 영상이 확보된 46명에 대하여, 해당 여성의 유방 촬영 영상은 PACS에 저장된 후 5M 해상도를 가진 LCD 판독용 모니터에서 판독되었다. 과거 영상이 있는 경우 미세석회화가 보이는 두 방향 영상 (상하위, 내외사위)을 모두 평가하였고, 정밀검사를 위해 재촬영 경우에는 시험기기의 내외사위 영상과, 외국산 기기의 내외사위 영상을 비교하였다. 영상을 평가하는 과정에서 PACS 모니터에서의 확대 장치를 이용한 영상 확대는 허용되었다. 각 병변에 대하여 ACR BI-RADS 체계에 따라 미세 석회화를 분류하였다.

이 후, 비교 영상이 확보된 46명에 대하여, 2명의 다른 영상의학과 의사가 기기 정보 및 병변에 대한 정보 없이, 미세 석회화 병변의 가시성, 주관적인 대조도를 매우 우수 (5점), 우수 (4점), 보통 (3점), 부족 (2점), 매우 부족 (1점)의 1-5단계로 하였고, 노이즈의 정도를 거의 없음 (1점), 약간 있음 (2점), 보통 (3점), 많음 (4점), 영상 평가 불가함 (5점)으로 하는 점수 체계를 이용하여 평가하였다. 이후 각 영상에서의 점수를 항목별로 집계하여, 국산 기기와 외국산 기기의 미세석회화 가시성, 대조도 점수간의 차이가 있는지 알아보았다.

결 과

전체 46명의 환자에서 지방형(almost entirely fatty, 1형) 유방 1례, 유선 산재형(scattered fibroglandular, 2형)이 7례, 중등도 치밀형(heterogeneously dense, 3형)이 25례, 고등도 치밀형(extremely dense, 4형)은 13례이었다. BI-RADS 병변 분류 체계에 따라 미세 석회화를 분류한 결과 양성(Category 2) 34례, 양성 추정 (Category 3) 4례, 악성 의심 소견(Category 4) 6례, 강한 악성 소견 (Category 5)은 2례였다. 이 중 조직검사 또는 수술을 시행 받은 9례 중 3례는 양성 병변으로 판명되었고, 나머지 6례 중 1례는 상피내암(Ductal carcinoma in situ), 그리고 5례는 침윤성 관상피암 (Invasive ductal cancer) 으로 확인되었다. 비교 대상이 될 수 있는 타회사 유방 촬영 장비 영상 중 시험장치와 같은 간접 방식 검출기를 이용한 영상을 가진 경우가 28명이 있었고, 직접 방식 검출기를 이용한 경우가 18명이었다.

두 명의 영상의학과 의사가 독립적으로 미세석회화 가시도, 대조도 및 노이즈를 비교하였을 때, 각 영상의학과

의사의 시험 국산 기기의 경우 평균 가시능 점수는 4.4 ± 0.9 , 4.5 ± 0.9 점, 평균 대조도 점수 4.4 ± 0.5 , 4.3 ± 0.7 점, 평균 노이즈 점수 2.1 ± 0.7 , 2.1 ± 0.7 점 이었다. 비교 대상인 된 외국산 기기의 평균 가시능 점수는 각각 4.7 ± 0.5 , 4.5 ± 0.5 점, 평균 대조도 점수 4.6 ± 0.5 , 4.5 ± 0.5 점, 평균 노이즈 점수 1.5 ± 0.5 , 1.3 ± 0.5 점이었다. 두 명의 영상의학과 의사 모두에게서, 평균 가시능과 대조도 점수는 기기간 유의한 차이를 보이지 않았으나, 노이즈 점수는 국산 시험기기에서 외국산 기기에 비해 통계적으로 유의하게 높은 것으로 나타났다 (Figs. 1, 2).

고 찰

본 연구에서는 국내에서 처음으로 개발된 간접 전환 방식의 CMOS 타입의 검출기를 사용한 국산 디지털 유방 촬영기기를 이용하여 유방 촬영을 시행한 여성의 미세 석회화의 영상 화질 및 그 소견을 분석하였다. 주관적 영상 평가 척도를 이용한 결과, 미세석회화 병변의 평균 가시도와 대조도는 국산 기기와 외국산 기기에 있어, 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았으나, 영상의 노이즈 관련 화질은 외국산 기기에 비해 상대적으로 열등한 것으로 나타났다. 실제로 병변의 발견에 있어 가장 중요한 것은 병변의 가시도이며, 비록 영상 화질에 차이가 있더라도, 진단 성능은 영향을 받지 않는 경우가 많음을 고

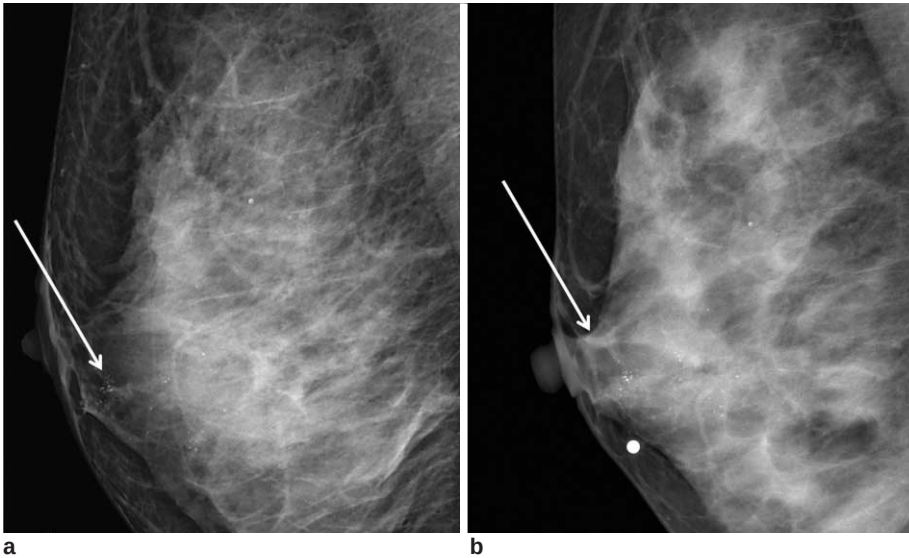


Fig. 1. Diagnostic mammography in a 50 year-old female with ductal carcinoma in situ. BI-RADS breast density grade 3, heterogenous dense parenchymal pattern is noted on right breast (a: mediolateral oblique projection of domestic vendor, b: mediolateral projection of foreign vendor, BB marker in the area of microcalcifications). Segmental distributed fine pleomorphic microcalcifications are noted in the subareolar area of the right breast. Both image shows equivalent visibility and contrast for microcalcifications.

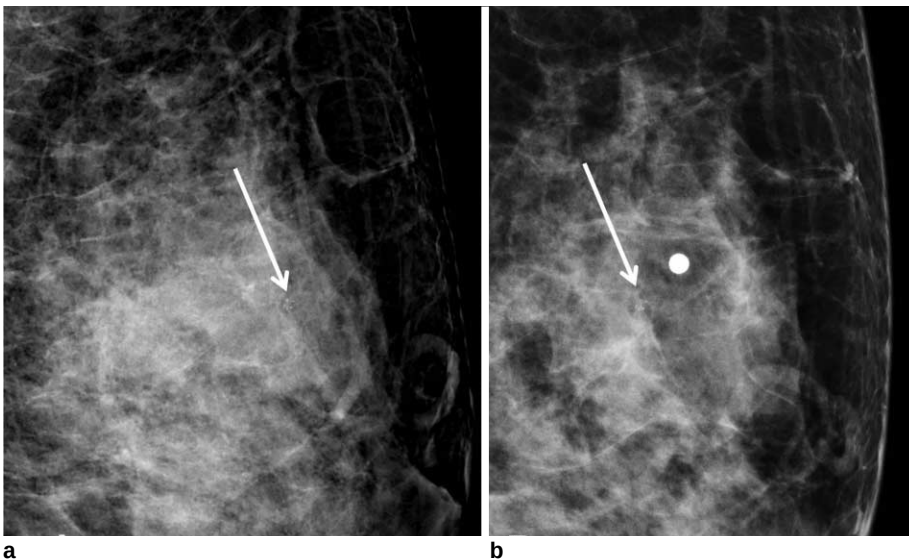


Fig. 2. Screening mammography in a 52 year-old female. BI-RADS breast density grade 3, heterogenous dense parenchymal pattern is noted in the left breast. craniocaudal projection in both images (a: mediolateral oblique projection of domestic vendor, b: mediolateral projection of foreign vendor, BB marker in the area of microcalcifications). Clustered microcalcifications were noted in the left upper breast with equivalent visibility. Mammography guided needle localization excision was performed and final pathology was columnar cell change with microcalcifications.

려할 때, 국산 기기의 병변 가시도 및 대조도가 외국산 기기와 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않음은 매우 고무적인 결과라 할 수 있다. 그러나, 노이즈가 많은 영상은 영상의학과 의사의 피로도를 증가시키며, 정상 조직을 이상 소견으로 오인하게 하거나, 이상 소견의 대조도를 떨어뜨려, 진단에 일부 영향을 줄 수 있음을 고려한다면, 노이즈를 줄이는 작업은 매우 중요하다고 하겠다.

현재 상용화되고 있는 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 (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. 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. 반면, 형광체(phosphor)가 필요 없는 직접방식의 영상이 팬텀 점수나 임상화질 평가에서 비결정 실리콘을 이용한 간접방식보다 우수한 것으로 알려져 있으나(8, 9), 주위 환경에 민감한 광도전체의 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 (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, 고해상도인데, 과거에는 기술적으로 대면적화가 어려워 이용에 제한이 있었다. 그러나, 대면적 초정밀 공정이 안정화됨에 따라 대면적화에 따른 수율 및 가격 측면에서 많은 개선이 이루어졌고, 이러한 변화로 CMOS 센서를 이용한 고해상도의 유방 영상을 기대할 수 있게 된 것이다. 현재까지, CMOS 타입의 국산 유방촬영기에서의 영상과 외국산 영상과 비교한 논문은 없었다. 본 연구에서 주관적 평가에 의한 미세석회화 병변의 가시도 및 대조도 부분의 점수는 예상대로 우수했으나, 알려진 저노이즈의 장점과는 다르게, 노이즈 부분의 점수는 외국산 기기에 비등하지 못했다.

본 연구에는 몇 가지 제한점들이 있다. 첫째로, 영상 비교를 위하여, 같은 환자에게서 여러 번 영상을 얻는 것

이 환자의 방사선 피폭 선량을 늘리는 결과를 초래하게 되어 시행하기 어려우므로 이전 영상을 비교하거나, 추가 검사를 위해 시행한 영상을 사용하는 방식의 통일되지 않은 방식의 비교를 시행하였다는 것이다. 두번째로 추가 검사를 위해 시행한 사진만 비교한 경우는 국산 기기의 내외사위 영상과 외국산 기기의 내외위가 비교되었으며, 상하위 영상 비교가 시행되지 않아, 비교 결과에 일부 제한이 있을 수 있다. 세 번째로 비교가 가능한 영상을 가진 대상수가 매우 작으며, 비교의 대상이 된 타사 장비가 서로 같은 장비가 아니며 간접 및 직접 방식의 디지털 유방 촬영기기가 함께 섞인 관계로, 비교의 결과를 일반화할 수는 없다는 문제점이 있겠다. 마지막으로 본 연구는 두 명의 영상의학과 의사가 영상 평가를 시행하였는데, 관찰자에 따른 차이가 있을 수 있음을 고려한다면, 더 많은 영상의학과 의사들로 하여금 더 많은 영상을 평가하게 하는 방식을 취하는 것이 필요할 것으로 생각된다.

결론적으로 디지털 유방 촬영술에서 미세석회화를 평가하는데 있어 국산 개발 기기는 기존 외국 기기와의 병변 가시도 및 대조도 측면에 있어 비등하게 우수한 화질을 보인다는 것을 알 수 있었다. 향후, 영상의 노이즈를 줄이는 노력을 계속한다면, 미세석회화 평가에 있어서, 보다 나은 영상 화질을 제공할 수 있을 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

1. Kerlikowske K, JAMA Efficacy of screening mammography
2. Pisano ED, Gatsonis C, Hendrick E, 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, et al. Mammographic breast density and race. *AJR Am J Roentgenol* 2007;188:1147-1150
4. Ernster VL, Ballard-Barbash R, Barlow WE, et al. Detection of ductal carcinoma in situ in woman undergoing screening mammography. *J Natl Cancer Inst* 2002;94:1546-1554
5. 고은영, 한부경, 신정희, 강석선, 한수연. 유방암 검진에서 발견된 순수 관상피내암의 영상 소견. *대한유방검진학회지* 2008;5:106-109
6. 유근영, 노동영, 이은숙. 유방암의 조기 검진. *대한의사협회지* 2002;45:992-1004
7. 조나리아, 차주희, 문우경. 디지털 유방촬영술. *대한영상의학회지* 2005;52:225-231
8. Schulz-Wendtland R, Hermann KP, Lell M, Böhner C, 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, et al. Microcalcification detectability for four mammographic detectors: flat-panel, CCD, CR, and screen/film. *Med Phys* 2002;29:2052-2061
10. 대한 유방 영상의학회 편. 유방영상진단학. 서울 : 일조각, 2006; 107-110

Evaluation of the Microcalcifications of Indirect Conversion Type Digital Mammography Using CMOS Detector

Jung Min Chang, MD, Won Hwa Kim, MD, Eunbi Ryu, MD

Department of Radiology, Seoul National University Hospital

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

Materials and Methods: We included 46 women who performed routine mammography for screening or diagnostic purpose using domestic test digital mammography, and who had routine mammography images from foreign manufacturer, and finally identified to have microcalcifications. Two breast radiologists used 5 point scale to assess the visibility of microcalcifications and image contrast (5: excellent, 1: poor) and noise (1: absent, 5: impossible to interpret). For each case, visibility of microcalcifications, image contrast and noise were compared using paired t-test.

Results: The mean scores of visibility of microcalcifications for two radiologists were 4.4 ± 0.9 , and 4.5 ± 0.9 , respectively. The mean scores of image contrast were 4.4 ± 0.5 , and 4.3 ± 0.7 ; and no significant differences were noted compared to mammography of foreign manufacturer. However, mean scores of noise were 2.1 ± 0.7 , and 2.1 ± 0.7 for each radiologist, and significant higher noise score was noted for image noise in domestic mammography.

Conclusion: Digital mammography using indirect conversion CMOS detector made by domestic manufacturer showed optimal visibility for microcalcifications and image contrast compared to foreign vendors. With the effort to reduce noise level, better image quality could be achieved by using domestic digital mammography.

Index words: Digital Mammography; Domestic mammographic unit; Image quality; Microcalcifications, CMOS detector

Corresponding author: Jung Min Chang, M.D.