

국산 디지털 유방 촬영기 영상의 화질 평가: 최첨단 외산 장비와의 비교

장정민¹ · 하수민¹ · 조미정²

¹서울대학교병원 영상의학과, ²디알텍 연구소

목적: 국산 디지털 유방 촬영기에서 얻은 유방촬영술 영상과 외산 최첨단 디지털 유방촬영술 영상의 화질을 비교 평가하고 영상 화질 개선이 필요한 증례에 대하여 영상 후처리 알고리즘을 적용하여 화질 개선 효과를 평가하고자 하였다.

대상 및 방법: 유방암 검진을 목적으로 하는 79명의 여성 (평균 연령, 47.5세)을 모집하여 국산 디지털 유방 촬영기 (AIDIA, DRTECH Corp, Seongnam, Gyeonggi-do, Korea)를 이용하여 유방촬영술을 시행하였다. 모든 여성은 2년 이내에 시행한 외산 디지털 유방촬영술 영상 (Selenia Dimensions, Hologic, Bedford, MA, USA)을 가지고 있었다. 두 명의 유방영상 전문의가 수집된 유방촬영술 영상 (A, 국산 디지털 유방촬영 영상; B, 외산 디지털 유방촬영술 영상)에 대해 대조도, 선예도, 정상 구조물의 가시도를 비교하여 종합적인 품질을 외산 우수, 국산과 외산 비등으로 비교하였다. 외산장비에서 획득된 영상이 더 우수한 화질을 보인 증례를 따로 수집하여 국산 장비 영상에 TruviewM2 (DRTECH corp., Seongnam, Gyeonggi-do, Korea) 영상 후처리 알고리즘을 적용한 후 개선된 영상을 영상 후처리 적용 이전 영상 및 외산 장비 영상과 비교하여 평가하였다.

결과: 영상 획득이 가능했던 전체 78명의 여성에서 국산 디지털 유방촬영술 영상을 획득하였고, 유방 밀도는 71명에서 치밀 유방 [Grade C (n=45명), Grade D (n=26명)], 7명에서 지방형 유방 (Grade B)을 보였다. 국산 디지털 유방촬영술 영상과 외산 유방촬영술의 영상화질을 비교하였을 때, 64명의 여성에서는 국산 유방촬영술의 전반적인 영상화질이 외산 유방촬영술 대비 비등하거나 우월하였으나, 14명의 여성에서는 국산 유방촬영술 영상이 열등하였다. 열등한 항목은 대조도 감소, 선예도 감소, 부적절한 노출 및 피부 가시도 저하 등이었다. 특히 유방이 매우 작은 경우, 대조도와 선예도 표현이 열등하였고 부적절한 노출 현상이 관찰되었으며, 유방이 큰 경우는 피부 가장자리 표현이 불분명하였다. 이러한 영상 화질의 문제점을 개선하기 위해 영상 후처리 작업을 진행한 결과, 14명의 여성 모두에서 영상 화질이 개선되었고, 개선된 영상은 외산 유방촬영술과 비교할 때 비등한 영상 화질을 보여주었다.

결론: 국산 디지털 유방촬영술 영상은 외산 최첨단 유방촬영술 대비 대부분의 경우 비등한 영상 화질을 보였고, TruviewM2의 영상 후처리 알고리즘은 영상 화질 개선에 도움이 되었다.

Index words: Detector; Image quality; Digital Mammography; Image post-processing

본 연구는 보건복지부의 재원으로 한국보건산업진흥원의 보건 의료기술연구개발사업 (과제고유번호: HI15C1532)과 서울대병원 위탁과제 (과제번호 06-2020-2310) 지원에 의하여 이루어짐.

통신저자: 장정민

(03080) 서울시 종로구 대학로 101, 서울대학교 의과대학 영상의학교실

Tel. (02) 2072-0190, Fax. (02) 743-6358

E-mail: imchangjm@gmail.com

서 론

유방암은 서구 여성에서 발생하는 암 중 빈도가 가장 높으며, 우리나라 여성암 중 1위이다. 유방촬영술은 무작위 대조군 연구를 통해 유방암으로 인한 사망률을 감소시키는 것으로 입증된 유일한 유방암 선별검사법이다 (1). 2000년대 후반부터 디지털 유방촬영술이 스크린 필름 유방촬영술을 대체해왔으며, 기존의 스크린 필름 유방촬영술에 비해 디지털 유방촬영술은 50세 이전의 젊은 여성, 치밀 유방을 가진 여성, 그리고 폐경 전 또는 폐경 이행중인 여성에서 진단 성적이 더 높다고 알려져 있다 (2, 3). 하

지만, 국내외 많은 병원은 여전히 아날로그 방식의 스크린 필름 유방촬영 시스템을 이용하여 유방암 검진을 시행하고 있는데, 그 이유는 디지털 유방촬영기기의 비용이 높기 때문이다. 스크린 필름 유방촬영술은 디지털 유방촬영술에 비해 대조도 등 전반적인 영상 품질이 낮고, 필름의 현상 절차가 번거롭고 현상된 필름의 저장공간 부족 등의 문제가 있고, 컴퓨터보조진단 (computer-aided diagnosis) 시스템을 적용하기 어렵다는 단점이 있다.

최근 국내에서 디지털 유방 촬영술 관련 기술 개발이 가속화 되고 있으며, 국내 기업들에서 개발되어 시중에 보급되고 있다. 사용자의 선호도에 따라 직접방식이나 간접

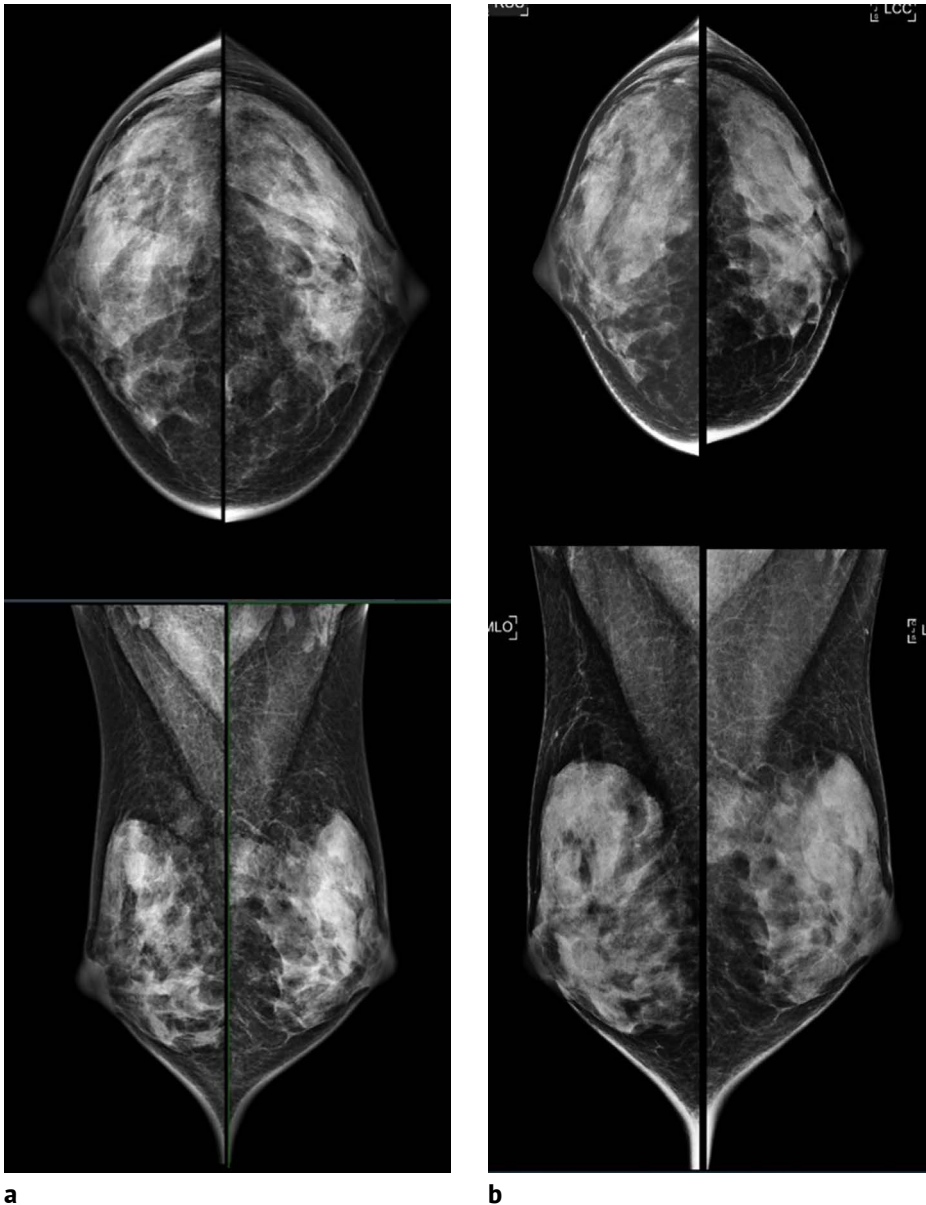


그림 1. 41세 여성의 국산 디지털 유방촬영술 영상 (a) 및 1년전 시행한 외국산 디지털 유방촬영술 영상 (b). 두 영상은 모두 검진 목적으로 시행되었으며 영상의 전반적인 화질은 비등하다고 평가됨.

방식 디텍터를 선택할 수 있고, 각 방식에 최적화된 영상 처리 기술을 바탕으로 고품질 유방 영상을 제공해 유방암의 중요 소견인 작은 종괴와 미세 석회 검출율을 높이는 데 도움을 줄 수 있다. 또한 Tungsten 튜브를 사용해 고선질의 x-ray를 출력하고 환자 유방의 치밀도에 따라 로듐 (Rh)과 은 (Ag) 필터가 자동으로 변환되는 Automatic Switching Dual Filter 기능이 적용되어 유방 두께와 크기에 최적화된 선량과 선질을 조사하여 저선량으로 영상

을 획득하는 기술을 구현하고 있다. 그러나, 이러한 우수한 기술력을 가진 국산 디지털 유방촬영기는 현재 일부 중소병원 위주로 보급이 되어 있는 상태로 해당 장비들을 이용한 연구가 활발히 이루어 지지 않아, 최신 국산 디지털 유방촬영기 영상의 품질이 외산 디지털 유방촬영술 영상에 상응하는지는 알려져 있지 않다. 본 연구는 국내에서 개발되어 제작된 디지털 유방촬영기의 영상 화질을 외국산 최첨단 장비와 비교 평가하고, 문제점이 발견된 영상에

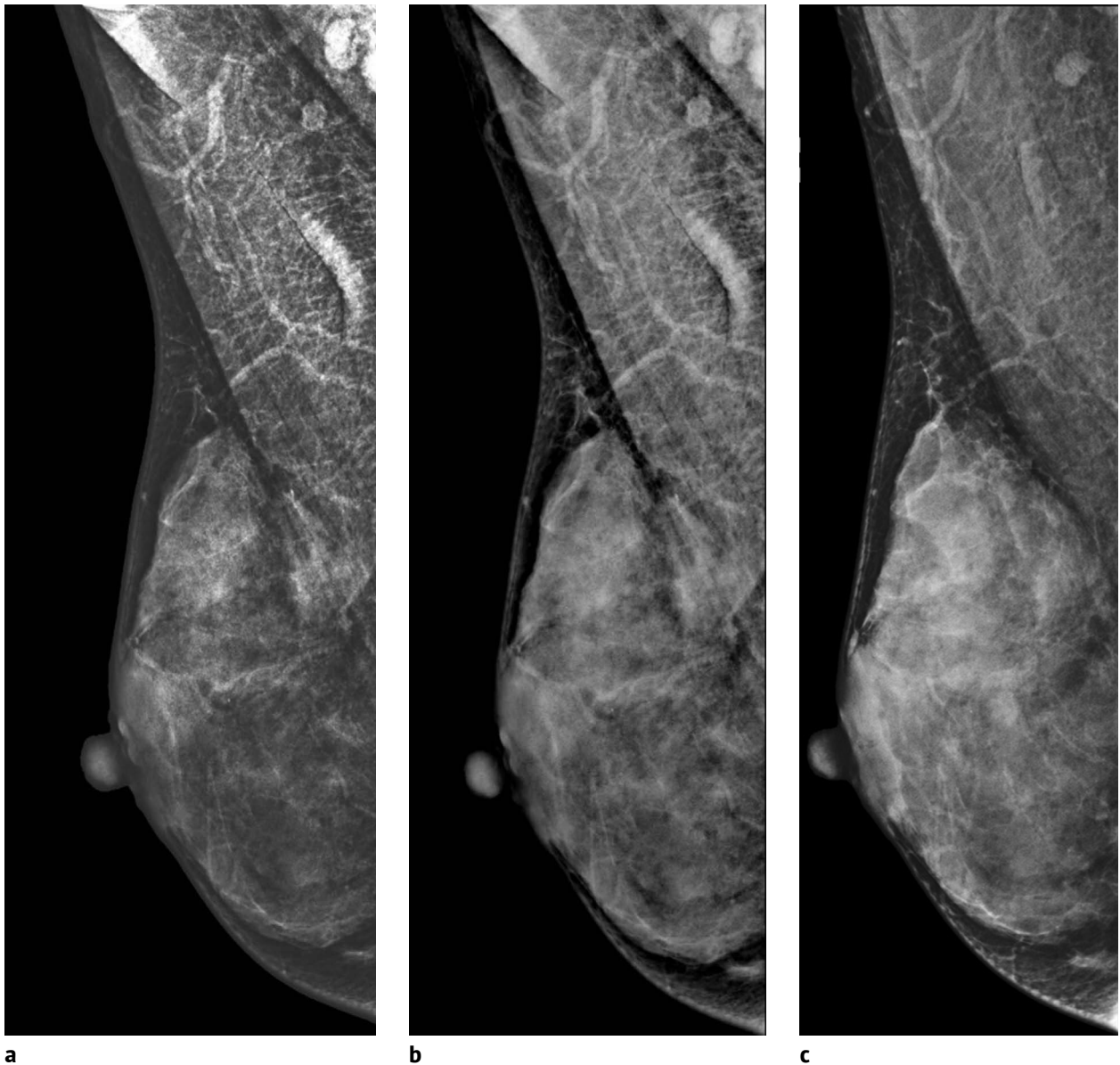


그림 2. 49세 여성의 디지털 유방촬영술 영상. (a) 국산 디지털 유방촬영술 영상으로 내외사위 영상의 유방 하부의 유방 밀도가 매우 낮아 보이며, 액와부 및 대흉근내에 거칠고 대조도가 강한 선상음영이 강조되어 보임. (b) TRUVIEWM2 영상 후처리 알고리즘 적용 후 국산 디지털 유방촬영술 영상으로 (a) 영상과 비교할 때 유방 하부 유방 밀도가 올라가서 전반적으로 균질한 치밀 유방으로 보이고 있으며 액와부 및 대흉근 내의 거칠고 대조도가 강한 선상음영은 사라짐. (c) 외국산 디지털 유방촬영술 영상으로 (b) 영상과 비등한 화질을 보여주고 있는 것으로 재평가됨.

대해서는 영상 후처리 알고리즘을 적용하여 영상 화질을 개선할 수 있는지 알아보고자 하였다.

대상 및 방법

2020년 7월부터 2021년 4월까지 서울대병원에서 유방암 검진 목적으로 유방촬영이 예정된 만 30세 이상의 여성 중 최근 2년 이내에 본원이나 외부에서 시행한 디지털 유방촬영술 영상 (Selenia Dimensions, Hologic, Bedford, MA, USA)을 가지고 있는 사람을 대상으로 모집하였으며, 총 79명의 여성 (평균 연령, 49세; 연령 범위, 32-66세)이 본 연구 참여에 동의하였고 78명의 여성에서 영상 획득이 시행되었다. 이들 여성은 모두 무증상이었다. 연구에 참여하는 여성들은 양측 유방에 대해 국산 유방촬영기 (AIDIA, DRTECH Corp, Seongnam,

Gyeonggi-do, Korea)를 이용하여 표준 영상인 상하위 (craniocaudal view) 및 내외사위 (mediolateral oblique view) 유방 촬영을 시행하였다. 국산 유방촬영기의 영상 획득 과정은 다음과 같다. 압박한 유방을 투과한 X선이 디텍터에 도달하면 비정질 셀레늄 (A-Se) 사용하여 X선 에너지를 전기적 전하로 직접 변화시켜 전기장에 의한 축전기 capacitor에 수집되어 디지털 데이터로 변환된다. 이 디지털 데이터는 의료영상저장전송시스템 (picture archiving and communication system, PACS) 서버에 전송되어 영상 판독에 사용되었다. 디텍터의 해상도는 4608×3684 픽셀, 픽셀 사이즈는 $65 \mu\text{m}$ 로 입력화면의 크기는 30×24 cm이며, TRUVIEWM2 (DRTECH Corp, Seongnam, Korea)라는 영상 후처리 알고리즘을 통해 영상의 대조도 및 선예도를 향상 시켰다.

모든 여성은 본원 또는 외부병원에서 최근 2년 이내

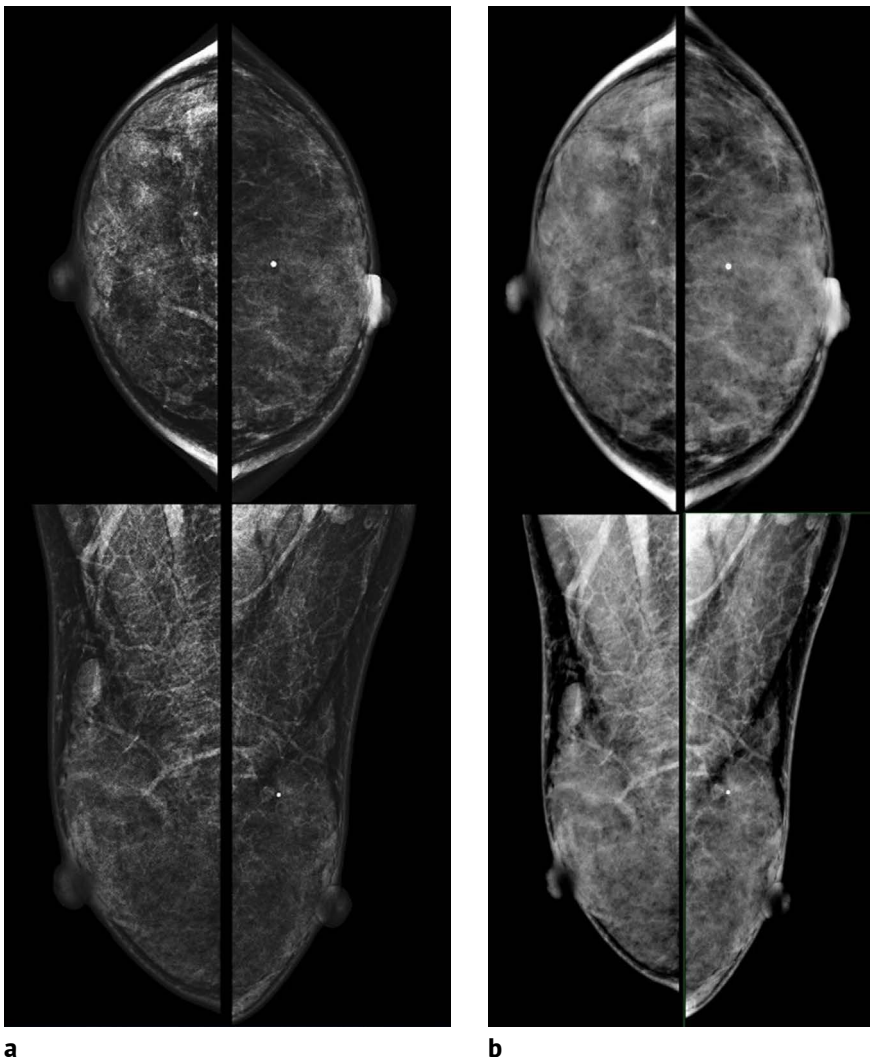


그림 3. 45세 여성의 디지털 유방촬영술 영상. (a) 국산 디지털 유방촬영술 영상에서 유방이 전반적으로 검게 보이며 내부 유선 조직이 잘 보이지 않고 과노출로 인하여 전반적으로 검게 표현되어 있으며 유선 및 액와부 조직은 거친 선상 음영이 다량 보임. (b) TRUVIEWM2 영상 후처리 알고리즘 적용 후의 국산 디지털 유방촬영술 영상으로 전반적인 유방 실질 부분의 밀도가 올라갔으며 영상의 대조도 및 선예도가 개선됨.

에 시행한 표준 디지털 유방촬영술영상을 가지고 있었으며, 이전 영상 촬영시기와의 간격은 평균 14개월 (중앙값, 13 개월; 범위, 5-24개월) 이었다. 비교를 위한 외산 영상은 최첨단 디지털 유방촬영장비 (Hologic, Selenia Dimension, Bedford, MA, USA)를 이용하여 시행되었다. 78명의 여성에서 얻어진 디지털 유방촬영술 영상에 대해 각각 7년과 14년의 경험을 가진 두 명의 유방 영상 전문의가 유방밀도와 병변의 유무, Breast Imaging Reporting and Data System (BI-RADS) 최종 카테그리를 평가하였다. 더불어, 총 78 쌍의 외산 및 국산 디지털 유방촬영술 영상의 대조도(contrast)와 선예도(sharpness), 피부, 흉벽, 액와부 등 정상 구조물의 가시도(visibility)를 종합한 전반적인 영상 품질(overall image quality)을 평가하였다. 평가 시 영상을 획득한 유방촬영 장비에 대한 정보는 주어졌으며 전반적인 영상품질은 “외산 우수 (국산 열등)” 또는 “국산과 외산 비등”의 두 가지 범주로 비교 평가하였다. 이후 “외산 우수(국산 열등)”로 평가된 영상을 선별하여 국산 유방촬영술의 열등한 항목

의 원인을 분석하고, 이를 개선하기 위하여 TRUVIEWM2 영상 후처리 알고리즘을 적용하여 영상을 수정한 후 외산 영상과 비교하여 재평가하였다.

결 과

78명의 여성의 유방밀도는 산재된 섬유유선조직형 (Grade b) 7명(9%), 비균질 치밀유방 (Grade c) 45명(58%), 고도 치밀유방 (Grade d) 26명(33%)이었다. BI-RADS 최종 카테그리는 정상(category 1) 48명(61%), 양성(category 2) 28명(36%), 양성 추정 (category 3) 2명(3%) 이었다.

국산 디지털 유방촬영 영상과 외산 유방촬영술의 영상 화질을 비교하였을 때, 78명의 여성 중 64명의 여성에서는 국산 유방촬영술의 전반적인 영상화질이 외산 유방촬영술 대비 비등하거나 우월하였으나 (그림 1), 14명의 여성에서는 국산 유방촬영술 영상이 열등 (외산 우수) 하였다. 열등한 항목은 대조도 감소 (5명), 선예도 감소 (6

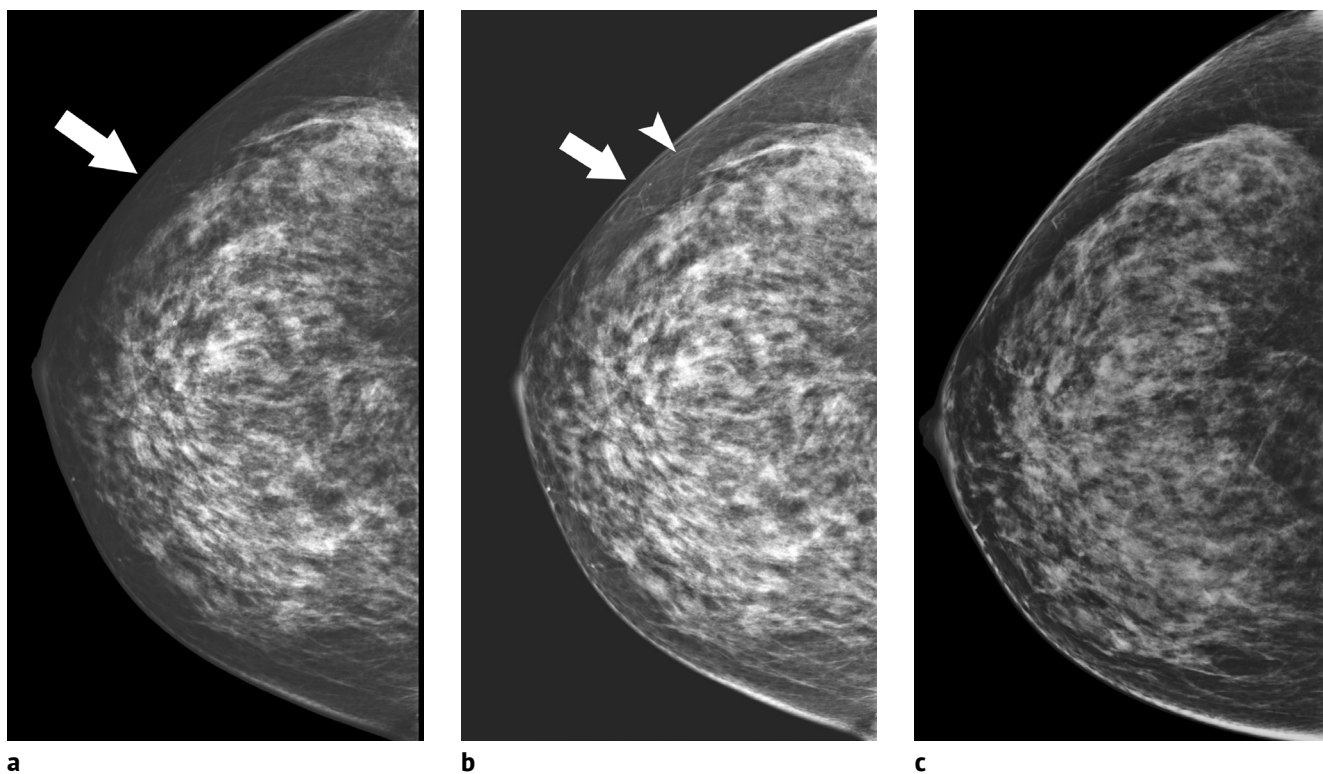


그림 4. 45세 여성의 디지털 유방촬영술 영상. (a) 국산 디지털 유방촬영술 영상에서 유방 내부의 실질의 선예도 및 대조도는 양호한 편이나 피부 변연의 라인 (화살표)이 잘 보이지 않고, 피하지방도 영역이 검게 표현되어 있음. (b) TRUVIEWM2 영상 후처리 알고리즘 적용 후의 국산 디지털 유방촬영술 영상으로 전반적인 유방 실질 부분의 밀도가 올라갔으며 피부 변연의 라인 (화살표)이 잘 보이며, 피하 지방 부위에 보이지 않았던 쿠퍼씨 인대 (화살촉)가 선명하게 보임. (c) 외국산 디지털 유방촬영술 영상으로 영상 후처리 작업을 거친 국산 유방촬영기 영상 (b)과 비등한 영상 화질을 보이고 있음.

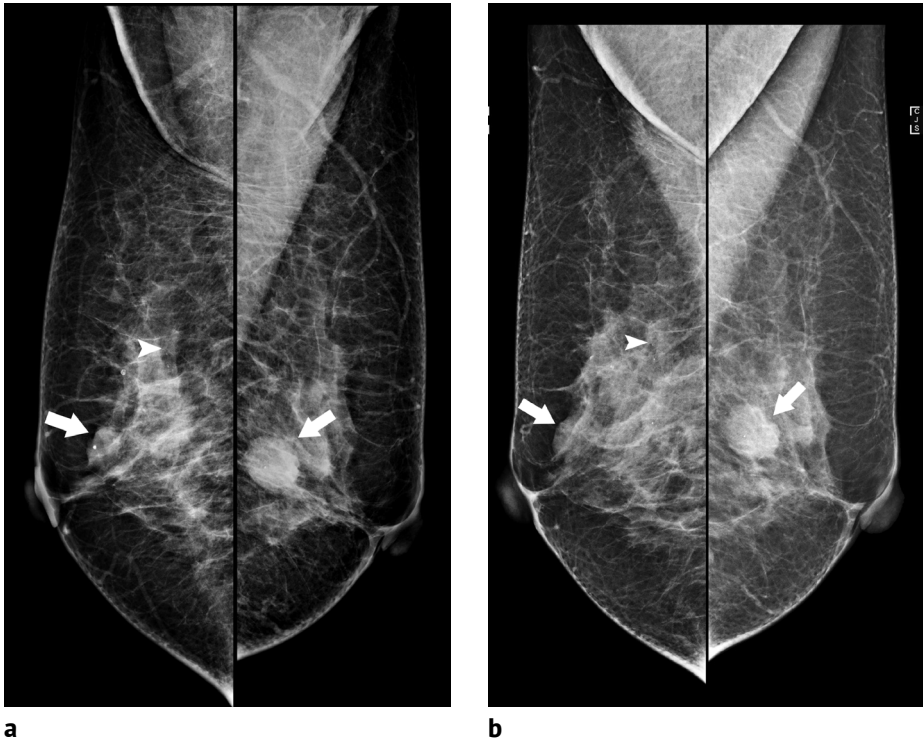


그림 5. 53세 여성의 디지털 유방 촬영술 영상. (a) 국산 디지털 유방 촬영술 영상에서 양측 유방의 타원형 종괴들 (화살표)과 산재된 석회 (화살촉)를 확인할 수 있음. (b) 외산 디지털 유방촬영술 영상에서도 비등한 대조도와 선예도로 병변들을 확인할 수 있음.

명), 부적절한 노출 (3명) 및 피부 가시도 저하 (5명) 등이었다. 특히 유방이 매우 작은 경우 대조도와 선예도 표현이 열등하고 부적절한 노출 현상이 관찰되었고, 유방이 큰 경우는 피부 가장자리 표현이 불분명하였다. 해당 영상에 TRUIVIEWM2 영상 후처리 알고리즘을 적용한 결과, 14명의 여성 모두에서 영상의 전반적인 대조도와 선예도는 개선되었다. 특히 부적절한 노출로 인한 저음영 양상으로 보였던 작고 치밀한 유방형에서 영상 후처리 작업을 진행한 결과 유방의 밀도 표현 및 전반적인 선예도와 대조도의 개선을 확인할 수 있었다 (그림 2, 그림 3). 또한 유방의 크기가 큰 여성에서 유방 실질의 대조도 및 선예도는 외산과 비등하나 피부 및 피하 지방영역의 가시도가 떨어진 증례에서 영상 후처리 작업을 통하여 영상 화질은 개선되었고 개선된 영상은 외산 유방촬영술과 비교할 때 비등한 영상 화질을 보여주었다 (그림 4).

전체 여성 중 30명에서 양성 석회 또는 2년 이상 변하지 않는 종괴 (그림 5) 및 비대칭 음영이 확인되었는데, 해당 증례들에서 병변의 가시도는 국산 디지털 유방 촬영술 및 외산 촬영술에서 큰 차이를 보이지 않았다.

고 찰

본 연구의 결과에 따르면 최근 국내에서 개발된 디지털

유방 촬영기의 영상은 높은 수준의 영상 품질을 보였으며, 같은 환자에서 외산 디지털 유방촬영술 장비로 획득한 유방촬영 영상과 비교하였을 때 많은 증례 (72%)에서 비등한 영상 화질을 보여주었다. 그러나 일부 증례 (18%)에서 대조도, 선예도, 노출 및 피부 가시도가 떨어지는 경우가 있었으나, 영상 후처리 작업을 통하여 개선이 가능한 부분임을 확인할 수 있었다.

이 연구에 이용된 장비의 직접방식 디텍터를 사용하는 경우, 선예도가 높은 영상획득이 가능하지만 이러한 영상에 과도한 영상처리를 적용하게 되면 영상의 노이즈가 부각되어 거친 영상 보여지게 되어 최적화가 필요하다. 또한 피부 변연의 라인까지 섬세하게 보이도록 하기 위해서는 피부영역의 신호 변화를 줄여 평탄화 시키고 대조도를 확보하는 기술이 필요하다. 기존의 처리 방법에서는 평탄화가 과도하게 적용되어 과노출 영상으로 보이는 영상이 일부 발생되었으나, 새로운 TruviewM2 영상 후처리 알고리즘을 적용함으로써, 실질의 밀도는 잘 유지하면서 피부 영역을 평탄화가 가능하였다. 또한 TruviewM2에서는 Multi-scale processing 영상처리 기법을 적용하여 영상의 노이즈를 감소하고 대조도 및 선예도를 향상시킬 수 있었다. 향후 이러한 기술을 전향적으로 기기에 적용하여 영상을 획득한다면 대조도 및 선예도를 모두 향상시키면서 유방의 피부에서부터 실질까지 균질하게 화질이 우수

한 영상을 구현할 수 있을 것으로 기대된다.

본 연구는 몇 가지 제한점이 있다. 본 연구는 한 개의 기관에서 제한된 수의 환자에게 시행한 영상으로 연구 결과를 일반화하기엔 그 수가 적다. 또한, 외산 최첨단 디지털 유방촬영기 한 종류에 대하여서만 비교평가를 시행하였다. 따라서 다른 외산 디지털 유방 촬영기를 이용한 비교 평가도 필요하겠다. 국산 장비와 비교를 위하여 사용된 외산 유방촬영 영상을 같은 여성에서 평균 14개월 이전에 얻은 디지털 유방촬영술 영상으로, 이러한 시간 간격은 유방 병변의 평가에 영향을 줄 수 있다. 하지만 모든 증례가 정상이거나 오랫동안 변화가 없는 양성 병변을 가진 증례들로 구성되어 결과적으로 두 영상에서 유방 자체의 변화는 거의 없었다고 평가된다. 본 연구에서는 악성 병변을 가진 대상은 포함되지 않았으며 국산 유방촬영기를 이용한 악성 병변의 화질 평가도 향후 필요할 것으로 판단된다. 마지막으로 2명의 유방영상 전문의가 합의에 의해 영상 화질을 평가하였으며, 따라서 관찰자간 일치도에 대한 평가가 이루어질 수 없었다.

결론적으로, 국산 디지털 유방촬영 영상은 외산 최첨단 디지털 유방촬영기와 비교할 때 상당부분 비등한 영상 품질을 보였고, TRUVIEWM2 영상 후처리 알고리즘은 영상 화질 개선에 도움이 되었다.

참 고 문 헌

1. Myers ER, Moorman P, Gierisch JM, et al. Benefits and Harms of Breast Cancer Screening: A Systematic Review. JAMA 2015;314:1615-1634
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;353:1773-1783
3. Pisano ED, Hendrick RE, Yaffe MJ, et al. Diagnostic accuracy of digital versus film mammography: exploratory analysis of selected population subgroups in DMIST. Radiology 2008;246:376-383

Prospective Study Comparing Image Quality Between Domestic Mammography and High-End Digital Mammography

Jung Min Chang¹, Mi Jung Jo²

¹Department of Radiology, Seoul National University Hospital, Seoul, Korea

²R&D Center, DRTECH Corp., Seongnam, Gyeonggi-do, Korea

Purpose: To compare the image quality of mammograms obtained with a domestic digital mammography and the foreign high-end digital mammography.

Materials and Methods: Mammograms were prospectively obtained with a domestic digital mammography unit (AIDIA, DRTECH Corp, Seongnam, Gyeonggi-do, Korea) in 79 women (mean age, 47.5 years) who had previous mammograms obtained with the digital mammography unit (Selenia Dimensions, Hologic, Bedford, MA, USA). Two blinded radiologists reviewed the pairs of mammograms to evaluate overall image quality considering the contrast, sharpness, degree of exposure, and visibility of normal structures in consensus. The overall image qualities were assessed as two scales of "Superior image quality of foreign digital mammography unit", or "Superior or equivalent image quality of domestic digital mammography unit."

Results: A total of 78 women underwent screening mammography with domestic digital mammography unit. There were 71 women with dense breasts (45 grade C, 26 grade D), and 7 women with fatty breasts (grade B). When comparing the overall image quality of domestic digital mammography with foreign digital mammography, "Superior or equivalent image quality of domestic digital mammography unit" was noted in 64 women. In 14 women, "Superior image quality of foreign digital mammography unit" were noted and the causes for inferior image quality of domestic digital mammography were low contrast, low sharpness, inadequate exposure, and low skin line visibility. In cases of thin and small breasts, low contrast, low sharpness, and inadequate exposure were major problems and in large breasts, skin line was less visible. After using image post-processing algorithm, improved image quality was noted in all 14 women, and the image quality was equivalent to those of foreign high-end digital mammography.

Conclusion: The image quality of the mammograms obtained with the domestic digital mammography was comparable with that of foreign high-end digital mammography. TruviewM2 post-processing algorithm was helpful to improve image quality of domestic digital mammography.

Index words: Detector; Image quality; Digital Mammography; Image post-processing

Corresponding author: Jung Min Chang, M.D.