

디지털 유방 단층촬영술(Digital Breast Tomosynthesis, DBT)의 유방암 검진

정 진 · 차은숙 · 이지은 · 김정현 · 김다훈

이화여자대학교 목동병원 영상의학과

서론

무작위 대조군 연구에서 유방촬영술은 유방암으로 인한 사망률을 의미 있게 낮추어 준다고 보고 하였다 (1). 유방촬영술은 전체적인 민감도가 약 70-90%이지만, 치밀 유방 조직을 가진 여성에서는 민감도가 약 30-48%에 불과하다 (1-3). 따라서 치밀 유방을 가진 여성에서 유방암 검진을 위한 보조적인 유방암 검진 방법이 요구되고 있다. 디지털 유방 촬영술 (Digital Breast Tomosynthesis, DBT)는 최근 치밀 유방 여성에서 쓰이고 있는 유방암 검진 방법이며 (1, 4)에 대하여 알아보하고자 한다.

디지털 유방 단층촬영술 (DBT)

DBT는 상하위 또는 내외사위로 유방을 압박한 상태에서 여러 각도로 움직이면서 방사선원 (X-ray source)을 여러 방향으로 조사하여 각 단면에서 여러 개의 투사 영상을 얻게 된다 (5-7). 기계 회사마다 x선관이 움직이는 각도는 대략 15-50도, 방사선 노출 수는 약 9-25회 정도이며 스캔 타임 (4-25초)도 다양하다 (Table 1).

획득한 투사영상들은 컴퓨터단층촬영술 또는 자기공명영상과 유사한 알고리즘을 사용하여 재구성되어 삼차원 영상으로 구현된다. DBT는 워크스테이션에서 0.5-1 mm 절편 간격까지 조정하여 판독이 가능하며, 판독 의사는 전체 유방에 대한 부피 데이터를 확인할 수 있다. 이러한

DBT를 이용하여 유방조직의 겹침을 감소시켜 유방촬영술의 문제를 해결할 것으로 기대되는 검사방법이다 (5-7).

방사선량은 기존 유방촬영술과 거의 비슷하나 유방촬영술과 디지털 유방촬영술을 같이 시행할 경우 유방촬영술만 단독 시행한 경우의 약 두 배가 된다 (6, 8). 그러나 국내 의료영상품질관리원과 미국 FDA 방사선 누출 기준인 3 mGy 이내이고 연간 자연 방사선의 1/3 수준이다 (9). 또한 방사선량을 줄이기 위한 노력으로 최근에는 디지털 유방 단층촬영술로부터 영상을 재구성한 (synthesized) 이차원 유방촬영 영상이 개발이 되었다. 이러한 합성 이차원 유방촬영 영상은 디지털 유방 단층촬영술 단독만 시행 가능하게 해주었으며 이로 인하여 방사선량 증가를 피할 수 있게 되었다. 비록 이러한 합성 이차원 유방촬영 영상 기술은 아직까지 일부 기기에서만 가능한 방법이나 방사선량은 증가시키지 않으면서 기존 유방촬영 영상의 진단 성적과 비슷한 결과를 보이고 있다 (10-15). 향후 합성 이차원 유방촬영 영상과 디지털 유방 단층촬영술의 조합이 기존 유방촬영술을 대체할 수 있는지는 추가 연구들이 필요하다.

디지털 유방 단층촬영술 (DBT)을 이용한 유방암 검진

디지털 유방 단층촬영술은 유방 조직의 겹침을 제거 또는 감소시켜 정상 유방 조직이 유방암을 가리거나 정상 유방 조직이 겹쳐지는 중첩 음영에 의한 위양성율을 감소시켜 준다. 디지털 유방 단층촬영술은 기존 유방 촬영술에 비하여 유방암 진단 성적이 향상되고 민감도 이외에도 특이도 역시 향상시켜 주며 소환율 (recall rate)은 감소시키고 전체 암 발견율 (cancer detection rate, cancers

통신저자: Jin Chung, M.D., Ph.D.
Department of Radiology, Ewha Womans University,
Mokdong Hospital, College of Medicine, 1071
Anyangcheon-ro, Yangcheon-gu, Seoul 07985, Korea
Tel. (02) 2057-5977
E-mail: aqua072@ewha.ac.kr

Table 1. Technical Parameters of Digital Breast Tomosynthesis Systems

Parameters	Hologic (Selenia Dimensions)	GE Healthcare (Seno Claire)	Siemens (Mammomat Inspiration)	Philips (Microdose)	IMS (Giotto)
Acquisition angle	15 °	25 °	50 °	11 °	40 °
No of projections	15	9	25	21	13
Tube motion	Continuous	Step & shoot	Continuous	Continuous	Step & shoot
Scan time (sec)	4	7	25	3-10	12
Radiation	W/AI	Rh/Rh	W/Rh	W/AI	W/Rh

Abbreviations: W; tungsten, Al; aluminum, Rh; rhodium

Table 2. Comparative Studies of Mammography and Digital Breast Tomosynthesis

Author	Recall Rate (%)		Cancer Detection Rate	
	2D	2D +DBT	2D	2D +DBT
Haas et al. (16)	12	8.4	5.2	5.7
Skaane et al. (6)	6.1	5.3	6.1	8
Rose et al. (17)	8.7	5.5	4	5.4
Ciatto et al. (7)	4.4	3.5	5.3	8.1
Friedewald et al. (18)	10.7	9.1	4.2	5.4
Zackrisson et al. (19)	2.5	3.6	6.5	8.7
Caumo et al. (20)	4	4.2	5.4	9.3
Cochon et al. (21)	10.4	10.6	2.6	4.9

Cancer Detection Rate: cancers per 1,000 examinations

per 1,000 examinations)은 향상시켰다.

노르웨이에서 Skaane 등 (6)이 발표한 오슬로 연구는 50-69세 여성 12,631명을 대상으로 한 전향적 연구로 유방 촬영술과 디지털 유방 단층촬영술 검사를 모두 시행하였다. 이 연구에 따르면 디지털 유방 단층촬영을 추가 시행한 경우 전체 암 발견율이 1,000명 당 6.1명에서 8.0명으로 27% 증가하였고 (Table 2), 침윤성 암의 발견은 1,000명당 4.4명에서 6.4명으로 40% 증가 조건을 보였다.

Friedewald 등 (18)이 발표한 대규모 후향적 연구는 13개 기관에서 디지털 유방 단층촬영술 도입 전 (기존 유방 촬영 281,187건)과 후 (디지털 유방 단층촬영 176,663건)의 진단 성적을 비교하였다. 이 연구에서는 기존 유방 촬영에 디지털 유방 단층촬영을 추가하였을 때, 전체 암 발견율이 1,000명당 4.2명에서 5.4명으로 29% 증가하였다 (Table 2). 또한 이 연구에서도 앞선 연구들과 같이 침윤성 암의 발견율은 1,000명 당 29명에서 4.1명으로 41% 증가하였다.

디지털 유방 단층촬영술이 특히 치밀 유방을 가진 여성의 유방암 검진에 유용할 것이라는 여러 연구들이 있다.

Phi 등이 치밀 유방 여성에서 디지털 유방 단층촬영술의 유방암 검진에 대한 16개 연구들을 분석한 결과, 기존의 유방 촬영 단독에 비하여 디지털 유방 단층촬영은 전체 암 발견율 (cancer detection rate)이 향상되었다 (22). 특이도는 변화가 없었으나 치밀 유방 여성에서 기존 유방 촬영 (69-86%)에 비하여 디지털 유방 단층촬영 (84-90%)은 민감도는 향상되었다 (22). 치밀 유방 여성에서 유방 촬영술 단독 보다 디지털 유방 단층촬영을 추가한 경우, 16개 연구들 중 14개 연구들에서 소환율 (recall rate)이 의미 있게 감소되었다. Rafferty 등의 연구에서도 지방성 유방과 비교해 치밀 유방에서 디지털 유방 단층촬영술의 진단 정확도가 기존 유방 촬영술에 비하여 두 배 이상 증가하였다고 발표하였다 (5). 또한 Rafferty 등 (5)은 유방암이 아닌 경우 유방촬영의 소환율이 44.2%였으나 상하위 (Craniocaudal) 와 내외사위 (Mediolateral) 디지털 유방 단층촬영의 소환율은 24%로 현저히 낮아 졌다. TOMMY trial (comparison of tomosynthesis with digital mammography in the UK NHS breast screening program)에서도 기존 유방촬영술 보다 디지털 유방 단층촬영에서 특이도가 높았으며, 특히 치밀 유방 여성에서 유

의하게 높은 민감도 (86% versus 93%, $P=0.03$)를 보였다 (11, 23).

디지털 유방 단층촬영술의 장점 및 활용법

디지털 유방 단층촬영술은 여러 각도에서 단명 영상을 얻어 삼차원 유방 영상을 얻는 검사로, 기존 유방촬영보다 유방암은 더욱 분명하게 나타난다 (Fig. 1). 또한 디지털 유방 단층촬영술은 기존 유방 촬영과 비교 시 구조 왜곡의 발견에도 유용하다 (Fig. 2). 이외에도 디지털 유방 단층촬영술은 삼차원 영상으로 기존 유방 촬영에 비하여 크기가 작은 병변을 발견가능 하게하고 (Fig. 3) 병변의 위치를 파악을 하는 데에도 도움이 된다. 기존 유방 촬영 상하위 혹은 내외사위 영상에서만 보이는 유방 병변이 있는 경우, 디지털 유방 단층촬영술을 통해서 위치 파악을 할 수 있다. 디지털 유방 단층촬영은 워크스테이션에서 다양한 절편 간격을 조정하여 관독이 가능해 유방 병변의 크기나 분포를 파악하는 데에도 도움이 될 수 있다.

디지털 유방 단층촬영술은 경계를 분명하게 보여주며 주변의 구조 왜곡 등을 잘 보여주어 크기가 작더라도

진단이 가능하게 도와준다 (Fig. 3). 이와 같이 작은 암도 잘 구분되어 지는 디지털 유방 단층촬영술은 인덱스 암 (index cancer) 이외에도 여러 개의 암 (multifocal/multicentric cancers)을 보여줄 수도 있다. 침윤성 유방암 중 두번 째로 흔한 침윤성 소엽암 (invasive lobular carcinoma)는 경계가 뚜렷하지 않아 영상에서 잘 보이지 않는 경우가 많으며, 양측에서 발생하거나 한쪽 유방에서도 여러 군데에서 발생하는 빈도가 높아 디지털 유방 단층촬영이 도움이 될 수 있다 (24).

삼차원 유방 영상인 디지털 유방 단층촬영술은 기존 유방촬영술과 비교 시 유방의 겹침을 최소화함으로써 비대칭 음영의 비율이 더 낮다. 또한 유방촬영술로 시행한 유방암 검진에서 비대칭 음영이 보일 경우 추가적으로 초음파 혹은 spot compression view 등을 통해서 확인을 하였다. 그러나 최근에는 유방 촬영에서 발견된 비대칭 음영 추가 검사로 spot compression view 대신에 디지털 유방 단층촬영을 많이 시행하고 있다. 치밀 유방을 가진 여성에서 시행한 유방 촬영술에서 비대칭 음영을 포함한 ACR Breast Imaging Reporting and Data System (BI-RADS) category 0로 보인 병변에 대하여 유방 초음파와

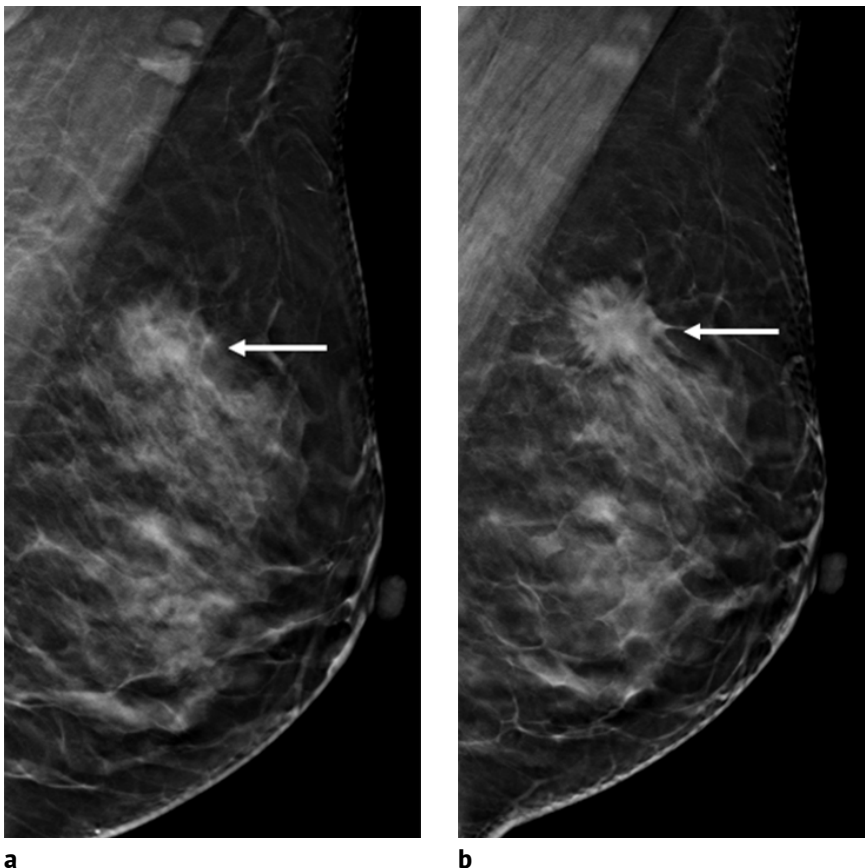


Fig. 1. A 47-year-old woman who underwent conventional digital mammography (DM) and digital breast tomosynthesis (DBT) for screening. **a.** Mediolateral oblique (MLO) view on DM shows an irregular shaped mass (arrow) on left upper breast. **b.** MLO view on DBT shows an evident mass (arrow) with a clear margin on left upper breast. This mass was confirmed as invasive ductal carcinoma.

디지털 유방 단층촬영을 시행하여 비교해 보았다 (25). 그 결과 디지털 유방단층 촬영이 유방 초음파 보다 진단 정확도가 더 높았다 (84.3% versus 61.1%, $P<0.001$) (25). 또한 양성 병변의 조직 검사율도 디지털 유방 단층 촬영이 유방 초음파 보다 더 낮은 결과를 보였다 (50% versus 71.2%)(25). 이와 같이 단순 유방촬영에서 추가적인 검사가 필요한 경우에도 디지털 유방 촬영은 비교적 높은 진단 정확도를 보이면서 불필요한 조직 검사를 줄일 수 있는 검사 방법이다 (25).

디지털 유방 단층촬영의 한계

디지털 유방 단층촬영은 기존 유방 촬영과 비교 시 방사선량이 유사하다고는 하지만 방사선을 이용하지 않는 유방 초음파와 비교하면 방사선 노출에 대한 단점이 있다. 또한 최근에는 디지털 유방 단층 촬영에 synthesized 유방 영상을 이용하여 추가로 유방촬영을 하지 않아도 된다는 보고들이 있지만 여전히 일부 기계에 한정된 단점이 있

다. 특히 유방 촬영과 디지털 유방 단층촬영을 모두 할 경우 방사선은 두 배까지 증가하게 된다. 또한 방사선을 이용하는 검사방법으로 치밀 유방이 많은 젊은 여성에서 검진 목적으로 시행하는 것은 제한이 있다.

기존 유방촬영술과 다르게 디지털 유방 단층촬영은 판독 전용 워크스테이션에서 영상을 보고 판독을 해야 하며 판독하는 시간도 유방촬영술 보다는 많이 소요된다. Skaane 등 (6) 연구에 의하면 디지털 유방 단층촬영의 평균 판독 시간이 91초였으며 유방촬영술 평균 판독 시간은 45초로 유의하게 차이가 났다. 또 다른 Dang 등 (26) 연구에 의하면 디지털 유방 단층촬영 판독의 경험이 많은 영상의학과 판독을 하게 되면 판독 시간이 감소하는 것으로 나타났다. 그리고 디지털 유방 단층촬영 영상을 저장하고 관리하는 문제도 영상의 데이터가 커서 고려해야할 문제이다.

미세석회화는 유방촬영에서 확인해야할 중요한 소견 중 하나이다. Kopans 등 (27)은 미세석회화를 확인하는 데 기존 유방촬영보다 디지털 유방 단층촬영이 우수하다고

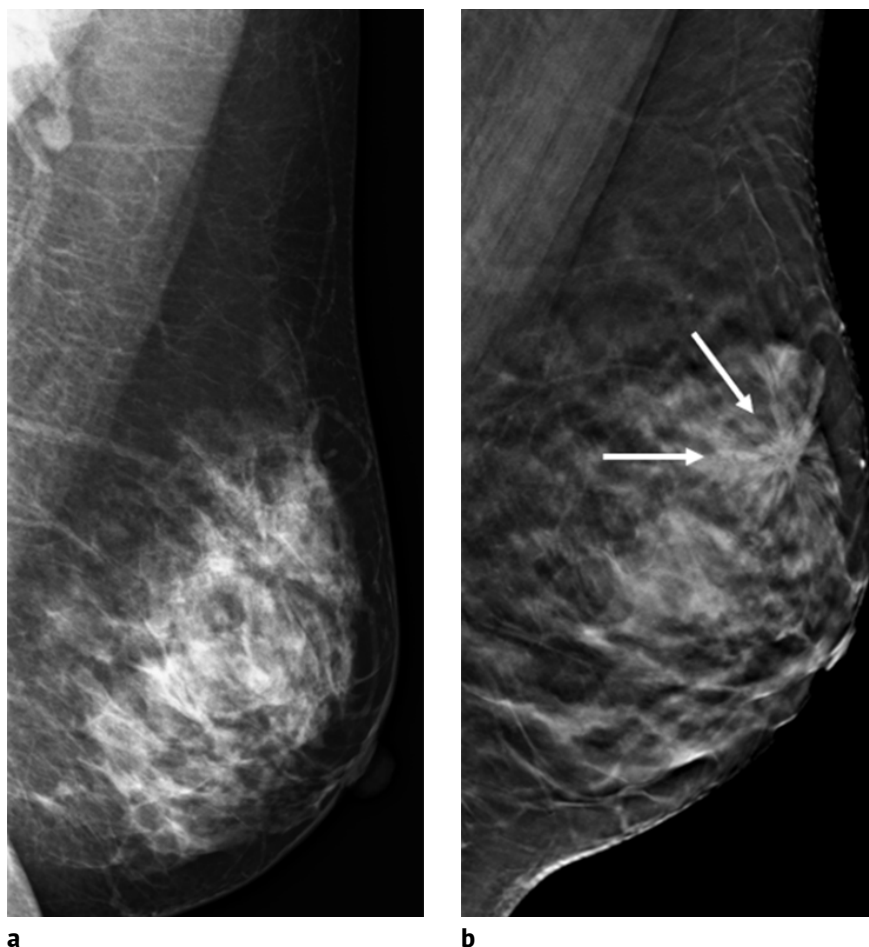


Fig. 2. A 41-year-old woman who underwent conventional digital mammography (DM) and digital breast tomosynthesis (DBT) for screening. **a.** Mediolateral oblique (MLO) view on DM shows a heterogeneously dense breast without definite focal abnormality. **b.** MLO view on DBT shows an irregular shaped mass (arrows) with architectural distortions on left upper breast. This mass was confirmed as atypical ductal hyperplasia.

보고 하였다. 그러나 디지털 유방 단층촬영은 유방촬영술과 비교해 미세 석회화를 확인하는 데에는 여전히 한계가 있다. TOMMY trial (11, 23)에서 미세 석회화의 경우 종괴로 보이는 경우 보다 특이도가 상대적으로 낮았다고 보고 하였으며 Spangler 등 (28)도 미세석회화에 대한 민감도와 특이도가 디지털 유방 단층촬영이 유방촬영보다 열등하다고 보고 하였다. 따라서 미세석회화가 디지털 유방 단층 촬영에서 보이는 경우, 확실한 양성 미세석회화를 제외하고 추가적인 확대촬영술을 통해 미세석회화의 모양과 분포를 확인할 필요가 있다.

디지털 유방 단층촬영은 삼차원 영상으로 유방의 겹침을 최소화하여 치밀 유방을 가진 여성에서 도움이 된다고 알려져 있다 (29). 그러나 고밀도 치밀 유방 (extreme dense breast)에서는 여전히 암을 찾거나 병변을 구분

하기 어려운 점이 있다 (29, 30). 따라서 이러한 고밀도 치밀 유방 (extreme dense breast)에서는 숨겨진 병변을 찾기 위해 추가적인 유방 초음파 검사 등이 필요할 수 있다.

결론

삼차원 영상인 디지털 유방 단층촬영은 기존 유방촬영과 비교 시 유방암 발견율을 높인다. 유방 단층촬영은 유방의 겹침을 최소화하여 소환율 (recall rate)를 줄이고 불필요한 추가 검사나 조직검사를 줄여줄 수 있을 것으로 기대된다. 특히 디지털 유방 단층촬영술은 치밀 유방을 가진 여성에서 유용한 유방암 검진 방법으로 기대되며, synthesized 이차원 유방촬영 기술을 이용하여 추가적인

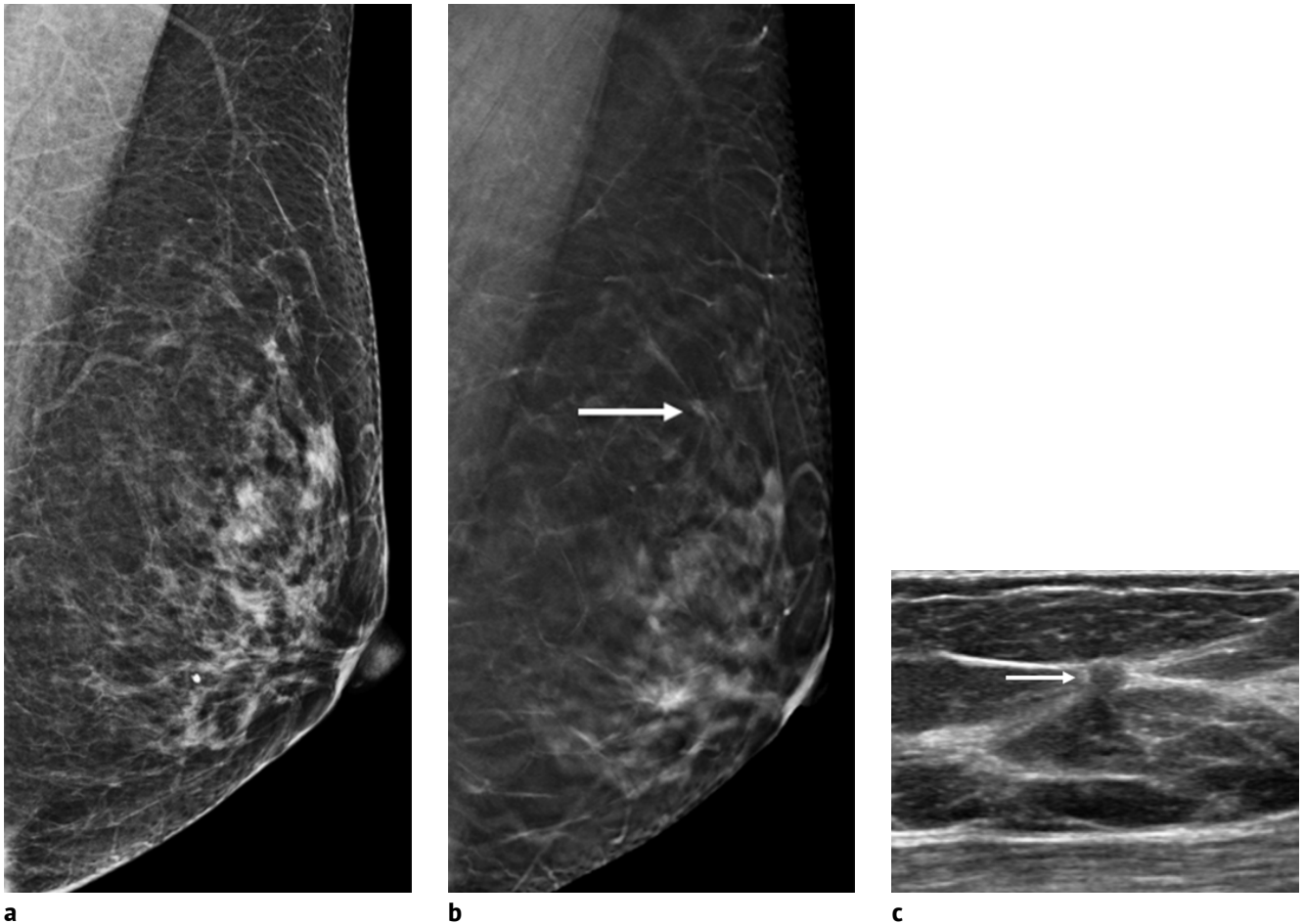


Fig. 3. A 49-year-old woman with invasive ductal carcinoma. **a.** Mediolateral oblique (MLO) view on DM shows a heterogeneously dense breast without definite focal abnormality. **b.** MLO view on DBT shows a tiny mass with architectural distortions (arrow) on left upper breast. **c.** Ultrasonography shows a 5-mm isoechoic mass (arrow) in the left breast. Invasive ductal carcinoma was diagnosed on ultrasonography-guided core needle biopsy and subsequent breast conserving surgery was done.

유방촬영 없이 유방암 검진을 할 수 있는 유용한 검사 방법이 될 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

1. Hooley RJ, Greenberg KL, Stackhouse RM, Geisel JL, Butler RS, Philpotts LE. Screening US in patients with mammographically dense breasts: initial experience with Connecticut public. *Radiology* 2012;265:59-69
2. Mandelson MT, Oestreicher N, Porter PL, et al. Breast density as a predictor of mammographic detection: comparison of interval- and screen-detected cancers. *J Natl Cancer Inst* 2000;92:1081-1087
3. Kolb TM, Lichy J, Newhouse JH. Comparison of the performance of screening mammography, physical examination, and breast US and evaluation of factors that influence them: an analysis of 27,825 patient evaluations. *Radiology* 2002;225:165-175
4. Destounis SV, Morgan R, Arieno A. Screening for dense breasts: digital breast tomosynthesis. *AJR Am J Roentgenol* 2015; 204: 261-264
5. Rafferty EA, Park JM, Philpotts LE, et al. Assessing radiologist performance using combined digital mammography and breast tomosynthesis compared with digital mammography alone: results of a multicenter, multireader trial. *Radiology* 2013;266:104-113
6. Skaane P, Bandos AI, Gullien R, et al. Comparison of digital mammography alone and digital mammography plus tomosynthesis in a population-based screening program. *Radiology* 2013;267:47-56
7. Ciatto S, Houssami N, Bernardi D, et al. Integration of 3D digital mammography with tomosynthesis for population breast-cancer screening (STORM): a prospective comparison study. *Lancet Oncol* 2013;14:583-589
8. Houssami N, Skaane P. Overview of the evidence on digital breast tomosynthesis in breast cancer detection. *Breast* 2013;22:101-108
9. Kopans DB. Digital breast tomosynthesis: a better mammogram. *Radiology* 2013;267:968-969
10. Gur D, Zuley ML, Anello MI, et al. Dose reduction in digital breast tomosynthesis (DBT) screening using synthetically reconstructed projection images: an observer performance study. *Acad Radiol* 2012;19:166-171
11. Gilbert FJ, Tucker L, Gillan MG, et al. Accuracy of digital breast tomosynthesis for depicting breast cancer subgroups in a UK retrospective reading study (TOMMY Trial). *Radiology* 2015;277:697-706
12. Skaane P, Bandons AI, Eben EB, et al. Two-view digital breast tomosynthesis screening with synthetically reconstructed projection images: comparison with digital breast tomosynthesis with full-field digital mammographic images. *Radiology* 2014;271:655-663
13. Zuley ML, Guo B, Catullo VJ, et al. Comparison of two-dimensional synthesized mammograms versus original digital mammograms alone and in combination with tomosynthesis images. *Radiology* 2014;271:664-671
14. Zuckerman SP, Conant EF, Keller BM, et al. Implementation of synthesized two-dimensional mammography in a population-based digital breast tomosynthesis screening program. *Radiology* 2016;281:730-736
15. Auiero MP, Gavenonis SC, Benjamin R, Zhang Z, Holt JS. Clinical performance of synthesized two-dimensional mammography combined with tomosynthesis in a large screening population. *Radiology* 2017;283:70-76
16. Haas BM, Kalra V, Geisel J, Raghu M, Durand M, Philpotts LE. Comparison of tomosynthesis plus digital mammography and digital mammography alone for breast cancer screening. *Radiology* 2013;269:694-700
17. Rose SL, Tidwell AL, Bujnoch LJ, Kushwaha AC, Nordmann AS, Sexton R Jr. Implementation of breast tomosynthesis in a routine screening practice: an observational study. *AJR Am J Roentgenol* 2013;200:1401-1408
18. Friedewald SM, Rafferty EA, Rose SL, et al. Breast cancer screening using tomosynthesis in combination with digital mammography. *JAMA* 2014;311:2499-2507
19. Zackrisson S, Lång K, Rosso A, et al. One-view breast tomosynthesis versus two-view mammography in the Malmö breast tomosynthesis screening trial (MBTST): a prospective, population-based, diagnostic accuracy study. *Lancet Oncol* 2018;19:1493-1503
20. Caumo F, Zorzi M, Brunelli S, et al. Digital breast tomosynthesis with synthesized two-dimensional images versus full-filled digital mammography for population screening: outcomes from the Verona screening program. *Radiology* 2018; 287: 37-46

21. Cochon LR, Giess C, Khorasani R. Comparing diagnostic performance of digital breast tomosynthesis and full-field digital mammography. *J Am Coll Radiol* 14 February 2020 Epub ahead of print
22. Phi X, Tagliafico A, Houssami N, Greuter M, de Bock G. Digital breast tomosynthesis for breast cancer screening and diagnosis in women with dense breasts—a systematic review and meta-analysis. *BMC Cancer* 2018;18:380
23. Gilbert FJ, Tucker L, Gillan MG, et al. The TOMMY trial: a comparison of TOMosynthesis with digital Mammography in the UK NHS breast screening programme— a multicentre retrospective reading study comparing the diagnostic performance of digital breast tomosynthesis and digital mammography with digital mammography alone. *Health Technol Assess* 2015;19:i-xxv, 1-136
24. Chae IH, Cha ES, Lee JE, Kim JH, Kim BS, Chung J. Invasive lobular carcinoma: detection and multiplicity with multimodalities. *Ewha Med J.* 2018;41:27-34
25. Lee WK, Chung J, Cha ES, Lee JE, Kim JH. Digital breast tomosynthesis and breast ultrasound: additional roles in dense breasts with category 0 at conventional digital mammography. *Eur J Radiol* 2016;85:291-296
26. Dang PA, Freer PE, Humphrey KL, Halpern EF, Rafferty EA. Additional tomosynthesis to conventional digital mammography: effect on image interpretation time of screening examinations. *Radiology* 2014;270:49-56
27. Kopans D, Gavenonis S, Halpern E, Moore R. Calcifications in the breast and digital breast tomosynthesis. *Breast J* 2011;17:638-644
28. Spangler ML, Zuley ML, Sumkin JH, et al. Detection and classification of calcifications on digital breast tomosynthesis and 2D digital mammography: a comparison. *AJR Am J Roentgenol* 2011;196:320-324
29. Chae EY, Kim HH. Digital breast tomosynthesis screening. *J Korean Soc Radiol* 2019;80:19-31
30. Shin SU, Chang JM, Bae MS, et al. Comparative evaluation of average glandular dose and breast cancer detection between single-view digital breast tomosynthesis (DBT) plus single-view digital mammography (DM) and two-view DM: correlation with breast thickness and density. *Eur Radiol* 2015;25:1-8