

유방 전용 CT (Dedicated Breast CT): 개요 및 초기 경험 공유

최선희

퀸스유의원

서 론

우리나라에서 유방암은 2001년 이후 전체 여성암 중 1위를 유지하고 있을 뿐만 아니라 지속적으로 증가 추세를 보이고 있고, 이에 따라 국가암검진 사업과 각종 민간 건강검진에서 유방암 검진을 위한 많은 검사들이 행해지고 있다. 그 중 유방촬영술은 유방암의 검진에 가장 널리 사용되는 고전적인 방법으로, 기존의 필름 유방촬영술에서부터 최근 디지털 단층 촬영술과 조영증강 유방촬영술까지 다양한 스펙트럼의 영상이 있으며 유방촬영술과 더불어 유방 초음파 검사와 유방 magnetic resonance imaging (MRI) 검사 등 유방암 진단에는 다양한 진단 방법들이 현존하고 있다.

유방전용컴퓨터 단층 촬영(Dedicated breast computed tomography: BCT)은 유방영상 진단영역에서 새로운 영상 촬영 방식이다 (1, 2, 3). 유방 단층 촬영 computed tomography (CT)을 수행하는 아이디어는 1970년대 중반에 처음 구상되었으며, 1980년도에 발표된 1,625명의 환자를 대상으로 한 연구에 의하면 BCT는 78개의 암 중 94%를 찾아낸 반면 유방촬영술은 77%의 암을 발견해냈다 (4). 그러나 초기 기술로는 공간 해상도에 제한이 있었으며, 방사선량도 유방촬영의 4-5배로 임상에 적용하기에는 무리가 있었다. 그러나 이후 진단기술의 발전으로 X선 검출기, X선 소스 및 영상 재구성 알고리즘의 기술 발전으로 유방전용 콘빔 CT시스템이 개발이 되었다 (1, 2). 유방 전용 CT는 옆드린 위치에 있는 피험자의 유방이 스캔을 위한 작은 공간에 위치하게 되고 그 주변에 대한 360도 회전 스캔을 통하여 영상을 획득하는데(Fig. 1).

유방 밀도와 크기에 따라 49kVp 또는 60kVp의 고정된 전압과 조정 가능한 튜브 전류를 이용하여 영상을 획득하게 된다. 먼저 개발이 완료된 것은 Koning 사(5)의 Vera Breast CT (KBCT) (Fig. 1a)이며, 이후 AB-CT 사(6)의 nu:view (Fig. 1b)가 photon counting BCT (PC-BCT)로 나중에 개발되었다.

방사선량 및 스캔획득영역

AB-CT사의 nu:view는 PC-BCT로 기존 진단용 유방촬영술과 콘빔 BCT와 비교하여 더 낮은 선량을 보였다고 보고되었다 (7). 실질적으로 본원에서 촬영 시 한 쪽 유방을 촬영하는 데에 환자가 받는 실질 유효 선량을 의미하는 computed tomography dose index (CTDI)는 5-7mGy 정도로 측정되었으며, 최근 널리 이용되는 artificial intelligence (AI)를 이용한 잡음제거기술(denoising)을 이용하면 향후 선량을 25% 이상 감소시킬 수 있을 것으로 기대하고 있다.

스캔은 환자가 옆드린 자세에서 유방을 스캔을 위한 통안에 넣고 한 쪽씩 각각 유방 영상을 얻게 되므로 액와 림프절은 영상 획득 범위에서 제외된다. 이는 진행된 유방암에서 임파선 전이 여부를 판정하는 데는 제한적이다. 그러나 CT는 유방촬영술과 달리 3-dimensional (3D) 재구성이 가능하여 종양의 부피를 재는 것과 전체 유방실질의 부피를 구하는 등에는 장점을 가진다.

임상 적용 및 초기 경험

본원에서는 2022년 8월 말 즈음 AB-CT사의 nu:view 장비의 도입을 추진하여 2023년 초에 승인을 받아 검사를 시작하였다. 이는 최초로 판매된 PC-CT 모델이며, 영상 획득 시 한 쪽 유방의 스캔 시간은 7초 내외로 유방의 크

통신저자: 최선희 (Choi Seon-Hyeong), M.D., Ph.D.
서울시 강남구 강남대로 250 4F
Tel. +82-2-575-7588 Fax. +82-2-576-7588
E-mail: dr_philic@naver.com



a



b

Fig. 1. Two commercial Breast CT scanner. a. Koning Vera Breast CT. b. AB-CT nu:view

기에 따라 콘솔박스에서 방사선사가 mAs를 조절할 수 있다. 대부분 32mAs를 사용하며 유방이 작은 경우 24mAs를 선택한다. 장비의 kVp는 60kVp로 고정되어 있으며, 유방을 압박하지 않고 열린 공간에서 짧은 시간 내에 영상 획득이 가능하여 검사 시 통증이 없고, 폐쇄 공포증 환자에서도 촬영이 용이하다는 장점이 있다. 2014년 이후 먼저 시장에 소개된 Koning사의 장비를 가지고 여러 연구들이 출간되었고, 이러한 초기 결과들은 조영증강 BCT의 경우 MRI 영상과 상응할 정도의 진단 정확성을 보였다고 보고하고 있으며(8), 조영증강 후 BCT만 촬영하여도 조영 전후 2차래 촬영과 비교하여 진단의 정확도는 비슷하면서 방사선량은 절반으로 감소시킬 수 있다는 연구도 있다(9). 본원에서는 아직 비조영증강 BCT만 촬영을 하였고 조영증강 BCT는 조만간 시작할 예정이다. BCT를 촬영을 원하는 환자들은 상당수가 이전 유방촬영술을 시행한 경험이 있는 환자들로 통증에 대한 공포감을 호소하는 경우가 BCT를 선호하는 이유로 가장 많았다. 그들 중 상당수는 유방확대술을 시행하여 보형물을 가지고 있는 환자들이었다. 또한 유방에 이물질이 주입한 경우에도 이물질이 대조도가 높아 유방 조직과 잘 구분되어 보였다 (Fig. 2). 이 외에 진행된 유방암 환자도 있었는데, 이들은 큰 종괴로 인해 압박하여 촬영하는 유방촬영술을 받기 어려운 환자들로 환자 본인이 유방촬영술 검사의 어려움을 인지하고 덜 아픈 검사를 찾아 방문한 사람들이었다. 유선 조직이 치밀하지 않은 환자들에서는 종괴가 상대적으로 비조영증강 영상에서도 잘 보였으나, 매우 치밀한 유방의 경우에는 유방 조직과 종괴를 구분하는 데에 어려움이 있었다. 이는 앞선 연구에서도 잘 나타나 있으며, 향후 조영증강 BCT를 시행하면 치밀한 유방 조직에서도 종괴를 잘 구분할 수 있을 것으로 기대한다 (10, 11). 또 압박을 하지 않

고 검사가 가능하며 3차원적 영상 정보를 제공한다는 점에서, 조영 증강 유방촬영술과 비교했을 때 미세한 병변의 조영 증강 효과를 더 잘 볼 수 있을 가능성도 기대된다. 조영제 주입 시기는 선행 연구에서 1분과 2분을 제시하고 있으나 (12, 13), 이에 대해서는 향후 추가 연구가 필요하리라 생각된다. 또한 BCT를 이용한 조직검사장치 역시 개발되고 있다 (14). 미세석회화의 경우에는 유방 확대촬영만큼의 해상도를 제공하지는 못하지만, 개인적으로 선별 검사로서의 석회화 병변의 악성 여부의 판단에는 큰 지장이 없었으며, 조영증강 영상을 획득하게 되면 동반된 조영증강 되는 병변의 유무를 확인할 수 있을 것으로 기대하고 있다. 또한 PC-CT는 기존 CT 대비 적은 양의 조영제로도 영상 획득이 가능하여 향후 추가 연구가 기대된다 (15).

검사기기에서 획득한 영상은 일차적으로 PC-BCT와 연결된 후처리 장치에서 표준영상과 고해상도 영상으로 재구성되어 판독 전용 컴퓨터로 넘어오며, 여기에서 시상면과 관상면, 축상면 등의 3D 영상을 확인하여 판독을 하게 된다. 데이터의 양이 많아서 본원 기준 영상이 전송되는 시간은 좌우 총 4 시리즈의 영상이 넘어오는데 15분 정도 소요된다.

결론

유방전용 CT는 짧은 검사 시간에 통증 없이 유방 검사를 할 수 있으며, 조영증강 영상을 시행한 경우 치밀 유방에서 유방암을 발견하는데 조영증강 유방촬영술보다 좀 더 나은 영상을 제공할 수 있으며, MRI와 달리 미세석회화 병변의 평가가 가능하다. 또한 최근 잡음제어 AI 기술의 발달로 실질 유효 선량도 감소시킬 수 있을 것으로 기대되며, 기존 CT 대비 적은 조영제로 촬영이 가능하다는

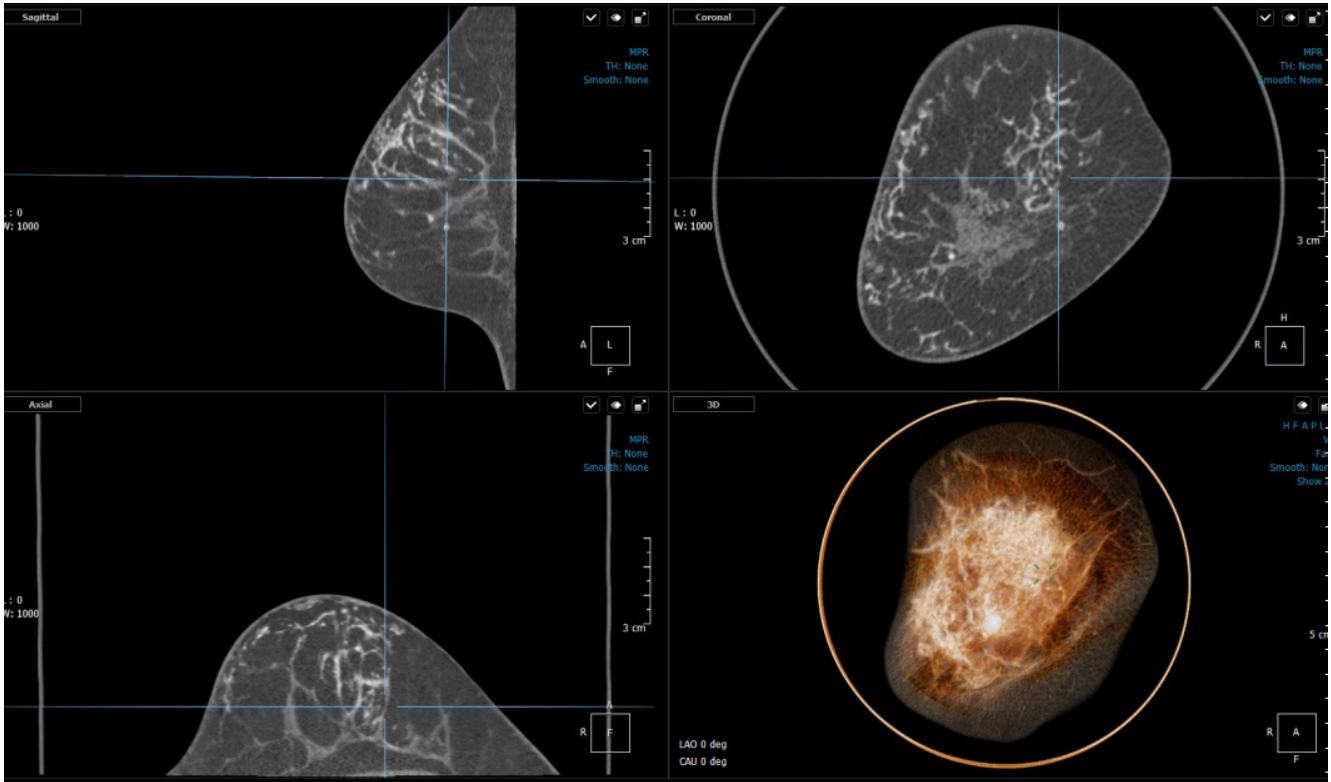


Fig. 2. A patient who had interstitial foreign body injection mammoplasty. Sagittal, coronal, axial and MIP reconstruction view. High-density injection materials appear as contrast materials.

보고가 있다. 아직 초기 단계이고 고가의 장비라는 단점이 있지만 앞으로 많은 기관에서 활발한 연구가 진행되길 기대한다.

References

1. Lindfors K.K., Boone J.M., Nelson T.R., Yang K., Kwan A.L., Miller D.F. Dedicated breast CT: Initial clinical experience. *Radiology*. 2008;246:725-733. doi: 10.1148/radiol.2463070410.
2. O'Connell A.M., Karellas A., Vedantham S. The Potential Role of Dedicated 3D Breast CT as a Diagnostic Tool: Review and Early Clinical Examples. *Breast J*. 2014;20:592-605. doi: 10.1111/tbj.12327.
3. Zhu Y., O'Connell A.M., Ma Y., Liu A., Li H., Zhang Y., Zhang X., Ye Z. Dedicated breast CT: State of the art—Part I. Historical evolution and technical aspects. *Eur. Radiol*. 2021;32:1579-1589. doi: 10.1007/s00330-021-08179-z.
4. Chang C.H., Sibala J.L., Fritz S.L., Dwyer S.J., Templeton A.W., 3rd, Lin F., Jewell W.R. Computed tomography in detection and diagnosis of breast cancer. *Cancer*. 1980;46((Suppl. 4)):939-946. doi: 10.1002/1097-0142(19800815)46:4+<939::AID-CNCR2820461315>3.0.CO;2-L.
5. <https://www.koninghealth.com/index.php>
6. <https://ab-ct.com/>
7. Radiation dose estimates based on Monte Carlo simulation for spiral breast computed tomography imaging in a large cohort of patients. Shim S, Kolditz D, Steiding C, Ruth V, Hoetker AM, Unkelbach J, Boss A. *Med Phys*. 2023 Apr;50(4):2417-2428. doi: 10.1002/mp.16211. Epub 2023 Jan 21.
8. Contrast-enhanced cone-beam breast-CT (CBBCT): clinical performance compared to mammography and MRI. Wienbeck S, Fischer U, Luftner-Nagel S, Lotz J, Uhlig J. *Eur Radiol*. 2018 Sep;28(9):3731-3741. doi: 10.1007/s00330-018-5376-4. Epub 2018 Mar 28.
9. Pre- and post-contrast versus post-contrast cone-beam breast CT: can we reduce radiation exposure while maintaining diagnostic accuracy? Uhlig J, Fischer U, Biggemann L, Lotz J, Wienbeck S. *Eur Radiol*. 2019 Jun;29(6):3141-3148. doi: 10.1007/s00330-018-5854-

8. Epub 2018 Nov 28.
10. CT values of contrast-enhanced CBBCT: A useful diagnostic tool for benign and malignant breast lesions. Wei W, Yi XL, Yang J, Liao H, Su D. *Acta Radiol.* 2023 Aug;64(8):2379-2386. doi: 10.1177/02841851231177379. Epub 2023 Jun 7.
11. Contrast-enhanced cone-beam breast-CT (CBBCT): clinical performance compared to mammography and MRI. Wienbeck S, Fischer U, Luftner-Nagel S, Lotz J, Uhlig J. *Eur Radiol.* 2018 Sep;28(9):3731-3741. doi: 10.1007/s00330-018-5376-4. Epub 2018 Mar 28.
12. Optimal acquisition time to discriminate between breast cancer subtypes with contrast-enhanced cone-beam CT. Chen JT, Zhou CY, He N, Wu YP. *Diagn Interv Imaging.* 2020 Jun;101(6):391-399. doi: 10.1016/j.diii.2020.01.001. Epub 2020 Jan 31.
13. Contrast-enhanced cone-beam breast-CT: Analysis of optimal acquisition time for discrimination of breast lesion malignancy. Uhlig J, Fischer U, Surov A, Lotz J, Wienbeck S. *Eur J Radiol.* 2018 Feb;99:9-16. doi: 10.1016/j.ejrad.2017.12.003. Epub 2017 Dec 6.
14. Initial Experience with a Cone-beam Breast Computed Tomography-guided Biopsy System. Seifert PJ, Morgan RC, Conover DL, Arieno AL. *J Clin Imaging Sci.* 2017 Jan 27;7:1. doi: 10.4103/2156-7514.199055. eCollection 2017.
15. Advantages of Photon-Counting Detector CT in Aortic Imaging. Zanon C, Cademartiri F, Toniolo A, Bini C, Clemente A, Colacchio EC, Cabrelle G, Mastro F, Antonello M, Quaia E, Pepe A. *Tomography.* 2023 Dec 19;10(1):1-13. doi: 10.3390/tomography10010001.