Review Article

J Korean Soc Radiol 2021;82(1):2-11
https://doi.org/10.3348/jksr.2021.0004
eISSN 2288-2928

대한영상의학회지

# Digital Mammography as a Screening Tool in Korea

## 국가암검진사업에서 디지털 유방촬영술의 현황과 과제

Soo Yeon Song, MPH[1], Seri Hong, MD[1], Jae Kwan Jun, MD[1,2]*

[1]National Cancer Control Institute, [2]Graduate School of Cancer Science and Policy, National Cancer Center, Goyang, Korea

More than 4 million women undergo breast cancer (BC) screening with mammography each year in Korea. Digital mammography (DM) was introduced in 2000, and it has been reported to have a higher diagnostic accuracy than screen-film mammography (SFM) or computed radiography (CR) in women with dense breasts. According to a study using data from the National Cancer Screening Program for BC, the diagnostic accuracy of DM was higher than those of SFM and CR, regardless of age, breast density, and screening round. Currently, despite high supply rate among OECD countries, the distribution of DM equipment is approximately 35% in Korea. For quick replacement with DM, it will be necessary to improve its fee for the National Health Insurance and support an educational program for radiologists. In addition, efforts should be made to increase the accessibility of DM.

**Index terms** Breast Neoplasms; Early Detection of Cancer; Mammography

**Received** January 7, 2021
**Accepted** January 19, 2021

***Corresponding author**
Jae Kwan Jun, MD
National Cancer Control Institute,
National Cancer Center,
323 Ilsan-ro, Ilsandong-gu,
Goyang 10408, Korea.

Tel 82-31-920-2184
Fax 82-31-920-2189
E-mail jkjun@ncc.re.kr

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**ORCID iDs**
Soo Yeon Song
https://orcid.org/0000-0002-5860-0477
Seri Hong
https://orcid.org/0000-0002-2536-0606
Jae Kwan Jun
https://orcid.org/0000-0003-1647-0675

## 서론

유방암은 매년 200만 명 이상이 새롭게 진단되고 60만 명 이상이 사망하고 있는 전 세계적으로 질병부담이 높은 질환이다(1). 우리나라에서도 매년 22300명의 여성이 유방암으로 새롭게 진단되고 2497명이 사망하고 있다(2). 우리나라에서 감소하거나 유지되고 있는 다른 주요 암들과는 달리 유방암은 발생 및 사망이 꾸준히 증가하고 있다.

증가하는 유방암의 부담을 감소하기 위하여 1980년대 후반 및 1990년대 초반부터 서양에서는 증상이 없는 건강한 인구 집단을 대상으로 유방촬영술(mammography)을 이용한 선별검사 프로그램을 도입하기 시작하였다(3, 4). 유방촬영술은 엑스선 영상 기술을 이용하여 유방암을 찾아내는 검사방법인데, 2000년 처음으로 디지털 유방촬영술(digital mammography; 이하 DM)이 도입되어 혁신적인 기술 발전을 이뤘다. 현재 유방촬영술은 촬영 방식에 따라 필름 방식(screen-film mammography; 이하 SFM), computed radiography 방식(이하 CR), 디지털 방식(full-field digital mammography; 이하 FFDM)으로 구분할 수 있다.



Copyrights © 2021 The Korean Society of Radiology

미국영상의학회영상네트워크(American College of Radiology Imaging Network)에서 수행한 대규모 임상 연구(5)의 결과 발표와 미국질병예방서비스특별위원회(U.S. Preventive Service Task Force)의 권고(6)로 DM은 국가 단위의 유방암 검진 프로그램에서는 빠르게 SFM을 대체하고 있다. 우리나라에서는 2015년 개정된 국가 유방암 검진 권고안에는 DM 관련 내용이 포함되지 않았다(7).

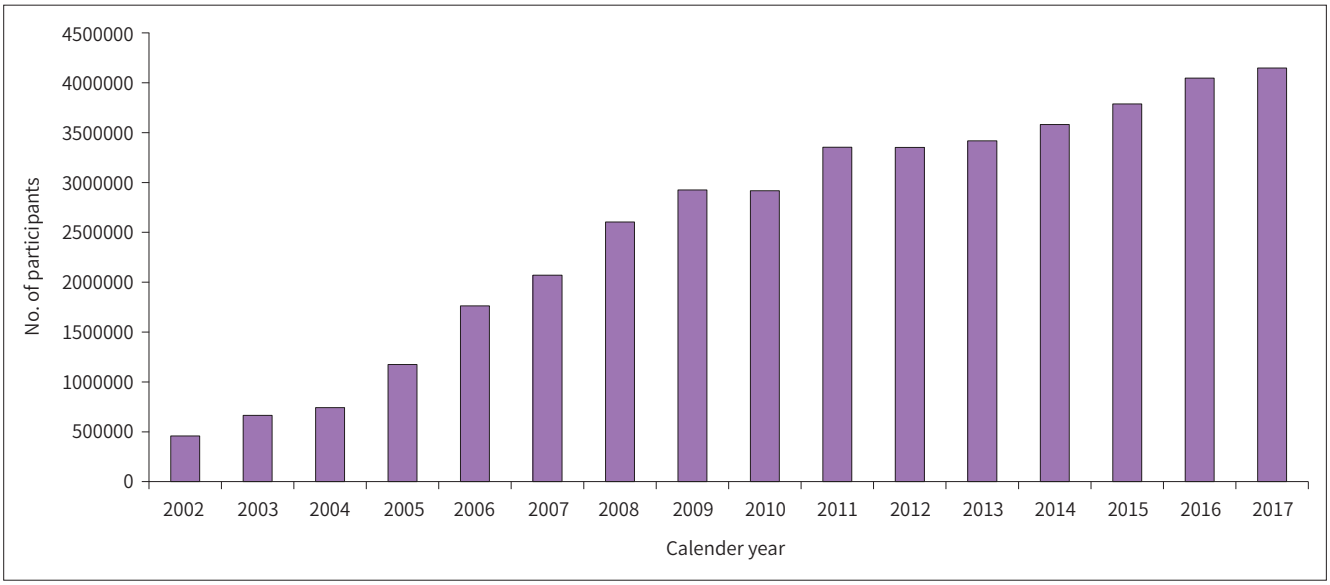
이에 저자들은 우리나라 국가암검진사업에서 DM의 현황을 파악하고 활성화되기 위한 과제를 파악하고자 하였다. 본 종설에서는 DM에서 CR의 포함 등 분류 오류를 줄이기 위하여 CR과 FFDM으로 구분하여 서술하고자 한다.

## 국가암검진사업

우리나라에서는 2002년부터 위암 및 자궁경부암 검진과 함께 40대 이상 여성을 대상으로 2년 주기 유방촬영술을 이용한 유방암 검진을 시작하였다(8). 2002년 457673명이 유방암 검진을 받아서 9.4%의 참여율을 보였던 유방암 검진은 2017년 현재 62.0%의 참여율을 보여 매년 410만 명이 넘는 여성이 유방촬영술을 이용한 유방암 검진을 받고 있다(Fig. 1). 국가암검진사업에서 유방암 검진의 참여율의 증가는 2008년 유방촬영기기를 갖춘 의료기관이면 암검진기관으로 등록할 수 있는 '암검진 실시기준'의 개정을 통하여 유방암 검진의 접근성 개선으로 인한 결과이다.

국민들에게 양질의 유방암 검진을 제공하기 위하여 2008년 보건복지부와 국립암센터는 유방암 검진 질지침을 만들었고 대한영상의학회와 함께 유방암 검진을 실시하는 검진기관에 대한 질 관리를 시작하였다. 2009년에는 유방암 검진 서식지를 개정하여 유방실질 분포량 추가와 미국영상의학회의 표준화된 판독 기준(Breast Imaging Reporting and Data System)에 따른 판정 구분을 도입하였다. 이러한 지속적인 노력에 의하여 2009년 소환율(recall rate)이 17.1%에서 2017년

Fig. 1. Trend in participants of the National Cancer Screening Program for breast cancer from 2002 to 2017 in Korea.



14.0%로 감소하였다. 하지만 여전히 40, 50대 수검자에서 18%가 넘는 높은 소환율과 검진기관들 사이에 높은 소환율의 차이는 여전히 해결해야 하는 문제로 남아 있다.

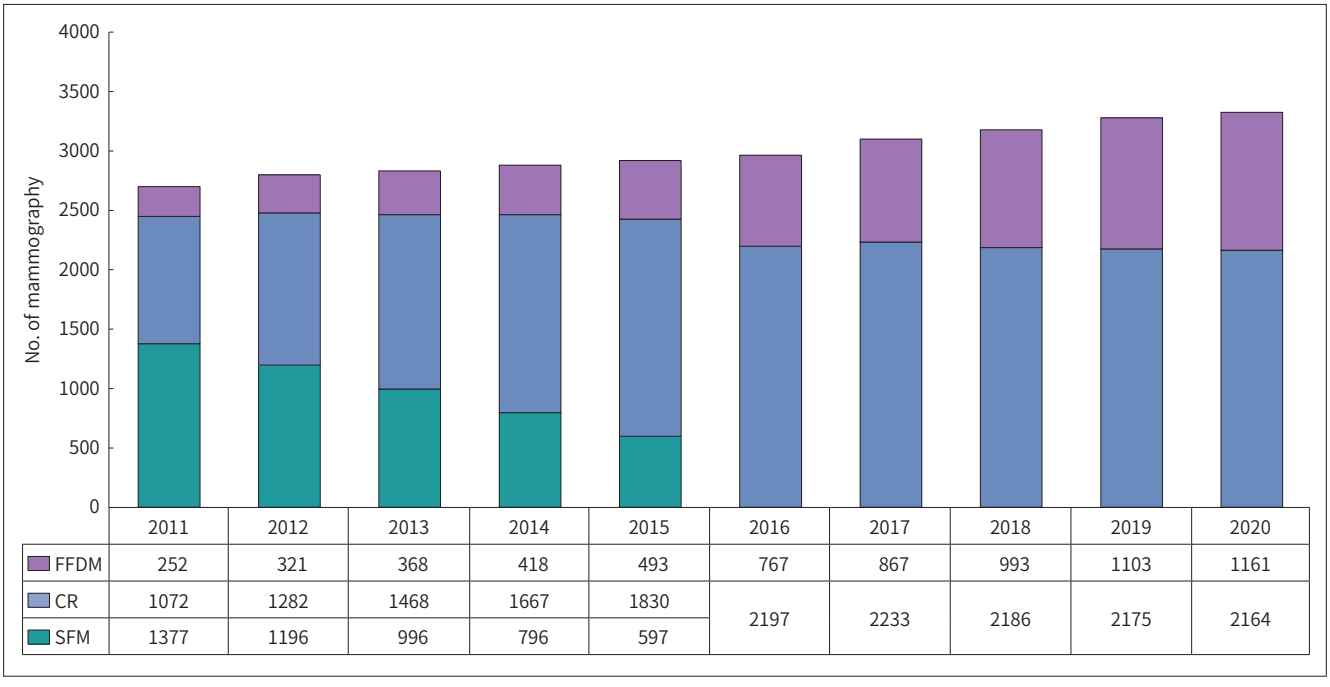
## 디지털 유방촬영기기의 보급 추이

우리나라의 유방촬영기기는 국가암검진사업의 확대뿐만 아니라 민간검진의 활성화로 인하여 높은 보급률을 보이고 있다(9). 우리나라는 2018년 현재 인구 백만 명당 61.57대로 OECD 국가 중에서 그리스(65.97대) 다음으로 세계 2위의 보급률을 보이고 있다. 우리나라 유방촬영기기 보급률은 국가암검진사업과 비슷한 유방암 검진 프로그램을 가지고 있는 호주(23.74대)와 캐나다(18.05대) 뿐만 아니라 미국의 59.89대, 일본의 34.32대(2017년 기준)보다 높은 수준을 보이고 있다(10).

우리나라 유방촬영기기의 등록 현황은 한국의료영상품질관리원과 국민건강보험심사평가원에서 확인이 가능하다. 한국의료영상품질관리원은 2015년까지 우리나라 유방촬영기기의 전수 자료를 갖고 있고, 2015년 이후의 국민건강보험심사평가원 자료는 유방촬영장치를 SFM과 CR을 포함하여 아날로그 방식과 FFDM으로 구분하고 있다(Fig. 2).

2011년 252대였던 FFDM은 2020년 6월 기준 1161대로 4.6배 증가하였다. 아날로그 방식의 장비는 2011년 2449대에서 2020년 2164대로 소폭 감소하였다. 2011년 1377대였던 SFM은 폐기되나 CR로 전환되어 2015년 597대로 감소하였고 현재는 전체 장비 중에서 20% 이하의 분율을 차지할

Fig. 2. Proportion of the types of mammography equipment used from 2011 to 2020 in Korea.
We used data from the Korean Institute for Accreditation of Medical Imaging and HIRA before 2016 and from 2016, respectively. The data from HIRA can be divided into FFDM and other equipment (SFM and CR) as analog.
CR = computed radiography, FFDM = full-field digital mammography, HIRA = Health Insurance Review and Assessment Service, SFM = screen-film mammography




| | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| FFDM | 252 | 321 | 368 | 418 | 493 | 767 | 867 | 993 | 1103 | 1161 |
| CR | 1072 | 1282 | 1468 | 1667 | 1830 | 2197 | 2233 | 2186 | 2175 | 2164 |
| SFM | 1377 | 1196 | 996 | 796 | 597 | | | | | |

것으로 예상된다. 우리나라 전체 유방촬영기기는 2020년 기준으로 병원 종류별로 각각 종합병원급에 15.6%, 병원급에 20.4%, 의원급에 64.0%가 분포되어 있다. FFDM은 모든 의료기관에서 증가하고 있지만 종합병원에 보급이 집중되고 있다(2020년 기준, 종합병원급 427대; 병원급 236대; 의원급 498대).

## 유방촬영기기에 따른 검진 성과

DM의 임상적 유용성에도 불구하고 지금까지 출간된 연구 결과들에 의하면 SFM에 비해서 성과가 뛰어나지 못하다. Iared 등(11)은 2009년까지 발표된 SFM과 DM의 진단 성과를 비교한 총 11편의 연구에 대하여 메타분석을 수행하였다. 유방암 발견율은 DM이 SFM에 비해서 통계적으로 유의하게 높았다[relative risk: 1.17; 95% confidence interval (이하 CI): 1.06~1.29; $I^2$ = 19%]. 이러한 효과는 특히 50, 60대 여성에서 가장 크게 나타났다고 보고하였다. 소환율과 발견된 유방암 특성에서는 두 방식 간에 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았다.

Souza 등(12)은 일반 인구 집단을 대상으로 수행된 10개의 무작위 대조군 연구와 코호트 연구에 대해서 체계적 문헌 고찰 및 메타분석을 수행하였다. 진단 정확도를 비교하기 위하여 summary receiver operating characteristic 커브의 area under curve (이하 AUC) 와 diagnostic odds ratio (이하 DOR)이 이용되었다. FFDM과 SFM의 AUC는 각각 0.91 [standard error (SE): ± 0.11]과 0.92 (SE: ± 0.06)였고 relative DOR (이하 RDOR; SFM vs. FFDM)은 0.95 (95% CI: 0.72~1.24)로 통계적으로 유의한 차이는 보고되지 않았다. 하지만 50세 미만 여성에는 통계적으로 유의하게 FFDM이 진단 정확도가 높았다(RDOR: 0.52; 95% CI: 0.28~0.95).

2018년까지 수행된 13편의 연구에 대하여 메타분석을 수행한 Song 등(13)에서도 두 방식이 유사한 진단 정확도를 보고하였다. DM의 민감도, 특이도, AUC는 각각 0.75 (95% CI: 0.70~0.81), 0.96 (95% CI: 0.94~0.97), 0.94 (95% CI: 0.92~0.96)였고 SFM은 0.76 (95% CI: 0.94~0.98), 0.97 (95% CI: 0.94~0.98), 0.92 (95% CI: 0.89~0.94)였다. 본 연구에서는 지금까지 수행된 연구들이 진단 정확도를 비교하여 결론을 도출하기에는 연구 디자인, 연구 대상에서 50세 미만 미성의 포함 여부, DM의 정의(CR 포함 유무), 유방암의 확인 기간, FFDM 영상 판독의 숙련도(learning-curve) 고려 등에서 연구들 간에 매우 이질적이어서 일관된 결론을 내기 어렵다고 보고하였다.

우리나라에서 수행된 연구로는 2005년부터 2010년까지 10개 상급종합병원에서수행된 국가암검진 자료를 분석한 Choi 등(14)과 2011년부터 2013년 국가암검진 전체 자료를 활용한 Hong 등(15)의 연구가 있다. Choi 등(14)의 연구 결과에 의하면 비록 FFDM이 SFM과 CR에 비해서 AUC는 유의한 차이를 보고하지 못했지만[0.898 (95% CI: 0.878~0.919) vs. 0.860 (95% CI: 0.815~0.905), 0.866 (95% CI: 0.828~0.903)] 암발견율, 양성예측도, 특이도에서는 보다 높은 성과를 보고하였다. Choi 등(14)의 연구는 연구 대상자가 상급종합병원에서 검진을 받은 수검자로 국한하였음에도 불구하고 높은 소환율(FFDM: 14.8%; SFM: 24.8%; CR: 19.8%)을 보이는 등 유방암 검진의 질 관리와 FFDM이 본격적으로 보급이 되기 시작한 시기로 영상 판독자의 숙련도를 고려하지 못한 한계점이 있다.

Hong 등(15)은 국가암검진사업과 관련 빅데이터를 구축하고 유방암 검진의 질이 담보되지 않는 검진기관의 자료를 제외하는 등 연구 결과의 비교성을 높이는 노력을 통해 타당도가 높은 연구 결과를 보고하였다. 총 8482803건의 유방암 검진 결과를 분석하여 FFDM이 SFM과 CR에 비해 민감도는 1.70배, 양성예측도는 1.26배 이상 높은 것으로 보고하였다. FFDM의 AUC는 0.80 (95% CI: 0.80~0.81)으로 SFM의 0.75 (95% CI: 0.75~0.76)와 CR의 0.76 (95% CI: 0.45~0.76)보다 통계적으로 유의하게 높았다. 이러한 결과는 연령, 수검자의 유방밀도, 검진의 횟수 등에 관계없이 일관되게 관찰되었다. 본 연구 결과는 과거에 발표된 연구들(5, 11-14)이 50세 미만, 폐경 전 여성, 치밀유방을 가지고 있는 여성 등 제한적으로 FFDM의 효용성이 유방암 검진의 모든 대상으로 확대 적용할 수 있는 근거를 제공했다는 점에서 의의가 있겠다. 지금까지 보고된 13편(5, 16-27)의 연구와 우리나라에서 수행된 2편(14, 15)의 연구 결과를 정리하였다(Table 1, Fig. 3).

## 국가암검진사업에서 디지털 유방촬영기기의 당면 과제

국가암검진사업에서는 다른 외국의 유방암 검진 프로그램과는 달리 40세부터 유방암 검진을 시작한다. 우리나라 유방암 검진 권고 연령인 40~69세 여성의 54.4%가 치밀유방을 가지고 있는 것

Table 1. Comparison of Diagnostic Accuracies Stratified by the Type of Mammography Equipment Used

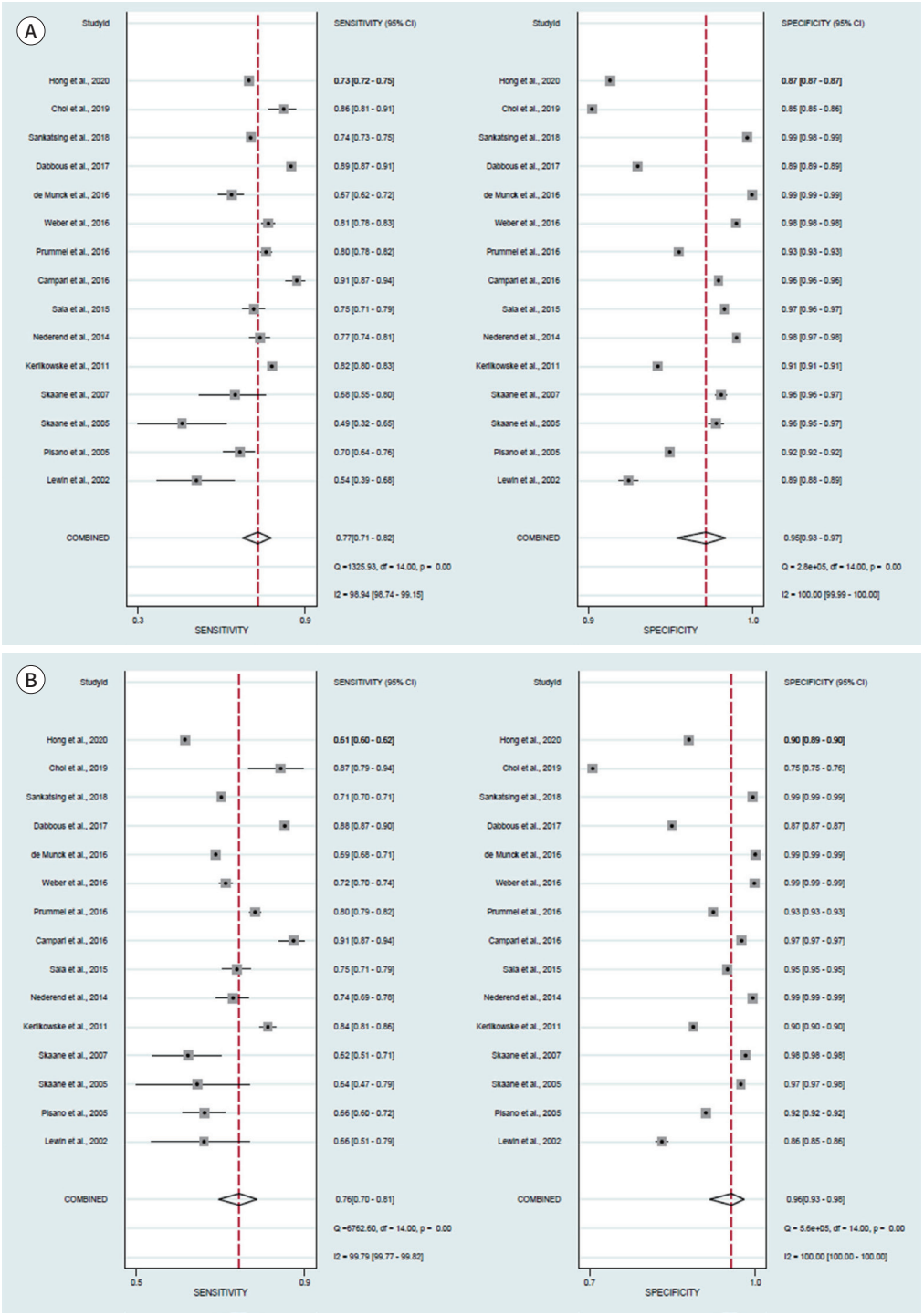
| Subgroup | Studies, *n* | Sensitivity (95% CI) | | Specificity (95% CI) | | AUC (95% CI) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | SFM | DM | SFM | DM | SFM | DM |
| Overall | 15 | 0.76 (0.70–0.81) | 0.77 (0.71–0.82) | 0.96 (0.93–0.98) | 0.95 (0.93–0.97) | 0.91 (0.88–0.93) | 0.93 (0.90–0.95) |
| Type of DM system | | | | | | | |
| Only FFDM | 11 | 0.74 (0.68–0.80) | 0.75 (0.68–0.81) | 0.96 (0.91–0.98) | 0.95 (0.92–0.97) | 0.89 (0.86–0.91) | 0.92 (0.89–0.94) |
| All DM* | 4 | 0.80 (0.68–0.88) | 0.80 (0.71–0.87) | 0.96 (0.91–0.98) | 0.95 (0.91–0.98) | 0.95 (0.92–0.96) | 0.95 (0.92–0.96) |
| Enrollment of women younger than 50 years | | | | | | | |
| Yes | 8 | 0.78 (0.68–0.86) | 0.79 (0.71–0.86) | 0.91 (0.86– 0.95) | 0.92 (0.88–0.94) | 0.92 (0.89–0.94) | 0.93 (0.91–0.95) |
| No | 7 | 0.74 (0.71–0.77) | 0.75 (0.69–0.79) | 0.98 (0.97–0.99) | 0.97 (0.96–0.98) | 0.87 (0.84–0.90) | 0.92 (0.90–0.94) |
| Consideration of learning-curve effect | | | | | | | |
| Yes | 5 | 0.76 (0.64–0.85) | 0.79 (0.71–0.85) | 0.95 (0.92–0.97) | 0.95 (0.91–0.97) | 0.95 (0.93–0.97) | 0.94 (0.92–0.96) |
| No | 6 | 0.80 (0.72–0.86) | 0.78 (0.68–0.85) | 0.97 (0.91–0.99) | 0.96 (0.92–0.98) | 0.92 (0.90–0.94) | 0.94 (0.91–0.96) |
| Initial year of obtaining DM | | | | | | | |
| Before 2005 | 9 | 0.74 (0.67–0.80) | 0.72 (0.64–0.79) | 0.96 (0.92–0.98) | 0.95 (0.92–0.97) | 0.90 (0.87–0.92) | 0.92 (0.89–0.94) |
| From 2005 | 6 | 0.79 (0.69–0.86) | 0.82 (0.76–0.86) | 0.96 (0.89–0.98) | 0.94 (0.90–0.97) | 0.92 (0.90–0.94) | 0.93 (0.90–0.95) |
| Study design | | | | | | | |
| Prospective studies | 6 | 0.71 (0.63–0.78) | 0.69 (0.59–0.78) | 0.95 (0.91–0.98) | 0.94 (0.91–0.96) | 0.87 (0.84–0.90) | 0.92 (0.89 – 0.94) |
| Retrospective studies | 9 | 0.79 (0.71–0.84) | 0.80 (0.75–0.85) | 0.96 (0.91–0.98) | 0.95 (0.92–0.97) | 0.92 (0.90–0.94) | 0.93 (0.91–0.95) |
| Study location | | | | | | | |
| Other than North America | 10 | 0.74 (0.67–0.80) | 0.76 (0.70–0.82) | 0.97 (0.95–0.99) | 0.96 (0.94–0.98) | 0.92 (0.89–0.94) | 0.94 (0.91–0.96) |
| North America | 5 | 0.79 (0.70–0.86) | 0.77 (0.67–0.86) | 0.90 (0.87–0.92) | 0.91 (0.89–0.92) | 0.93 (0.90–0.95) | 0.93 (0.90–0.95) |

*All DM systems including the computed radiography system.
AUC = area under the curve, CI = confidence interval, DM = digital mammography, FFDM = full-field digital mammography, SFM = screen-film mammography

을 고려하면 국가암검진에서 FFDM을 이용한 유방암 검진은 반드시 고려해야 할 것이다(28).

하지만 높은 유방촬영기기의 보급에도 불구하고 FFDM의 전환은 빠르게 이뤄지지 않고 있다. 느린 전환과 함께 지역 간 FFDM의 보급의 차이가 존재한다. 행정구역 또는 중진료권에 따라

Fig. 3. Forest plot of the estimates of sensitivity and specificity for each study across digital mammography (A) and screen-film mammography (B). The estimates of each study are plotted.
CI = confidence interval, Error bars = calculated 95% CIs.

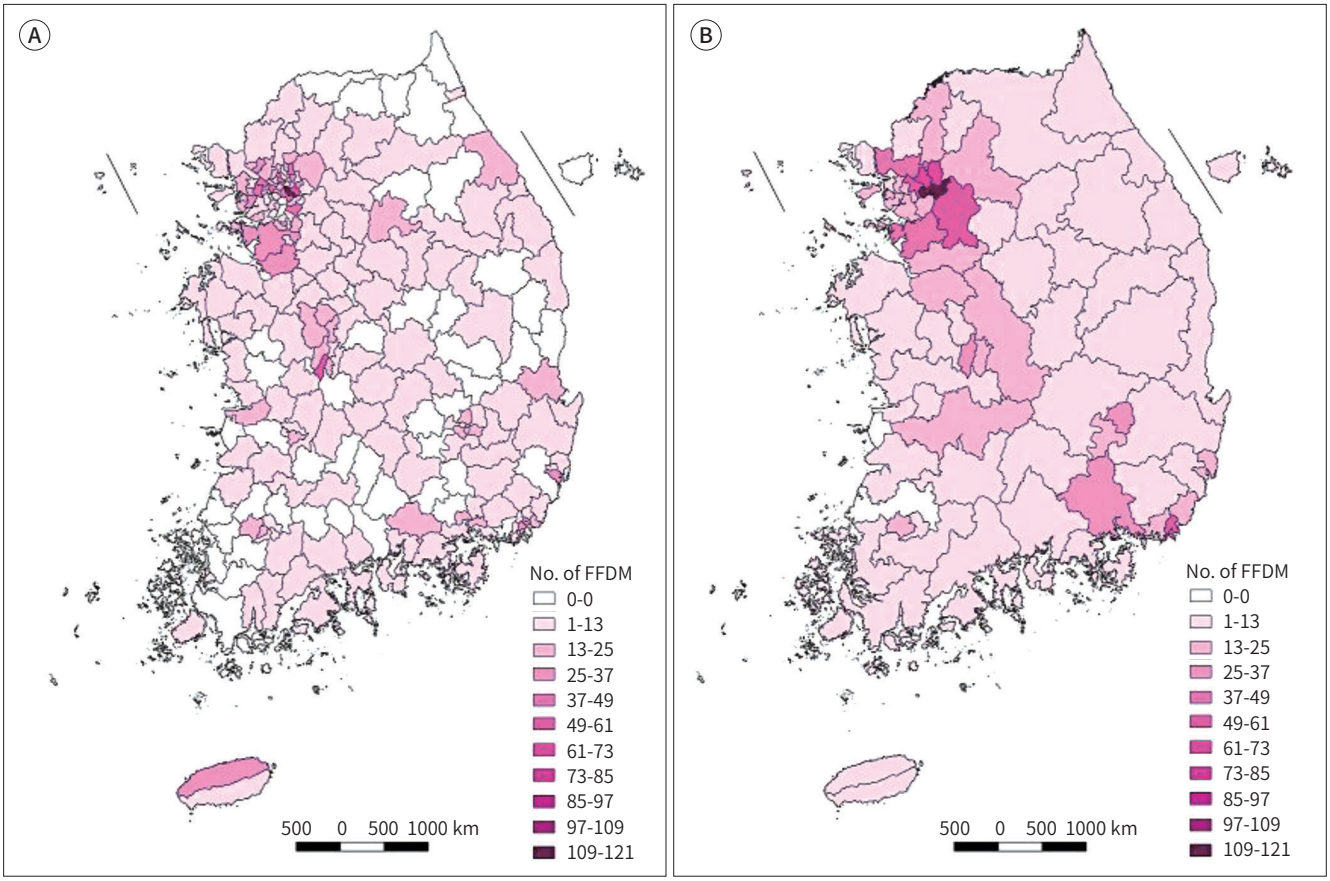


FFDM의 보급 현황을 보면 서울 및 광역시 등 대도시 위주로 FFDM의 보급이 집중된 것을 알 수 있다(Fig. 4). 이는 앞서 검진 기관의 종별에 따른 보급에서 알 수 있듯이 종합병원에 집중적으로 보급이 된 것과 연관이 있다. 우리나라 국민이면 누구나 편리하게 유방암 검진을 받을 수 있어야 하는 국가암검진사업의 공공성을 고려한다면 FFDM 보급의 지역 간 격차는 시급하게 해결해 할 문제이다.

급격하게 증가하는 유방암 검진 건수에도 불구하고 FFDM 보급이 더딘 것은 유방암 검진 수가 체계와도 관련이 있을 것이다. SFM과 FFDM의 보험수가의 차이가 존재하는 외국과 달리 우리나라 건강보험의 수가에서는 FFDM의 별도 추가 수가가 존재하지 않는다. 오히려 현행 수가 방식은 SFM의 필름 비용을 고려해 FFDM의 수가보다 높아지는 역차별이 존재한다. 또한 국가암검진사업에서는 종별가산율을 인정하지 않고 검진 비용이 결정되기 때문에 상급 병원에서 추가 투자 또는 FFDM의 검진용 활용이 활성화되지 않는 원인 중에 하나일 것이다.

우리나라 유방촬영기기 중에서 CR의 비중이 높은 이유는 검진 기관 입장에서는 고가 장비임에도 불구하고 보험수가 측면에서 FFDM의 역차별적인 요인으로 감소된 SFM이 FFDM으로 전환되기보다는 CR 전환되고 있는 것으로 파악된다. 일부 검진기관에서는 새로운 CR을 도입하기보다는 노후된 SFM을 CR로 전환해서 사용하거나 유방전용 카세트를 사용하지 않는 경우도 보고되고

Fig. 4. Distribution of FFDM by administrative district (A) and medical utilization area (B) in Korea, 2020.
FFDM = full-field digital mammography



있어 유방암 검진의 질 관리 측면에서는 CR의 확대는 부정적인 측면이 있다. 우리나라와 비슷한 유방암 검진 프로그램을 가지고 있는 캐나다 온타리오주에서는 CR의 낮은 진단 정확도로 인하여 유방암 검진에서 CR 사용을 금지한 점은 우리나라에도 시사하는 바가 크다(29).

국립암센터와 대한영상의학회는 유방암 검진 영상을 판독하는 영상의학의사에 대한 온·오프라인 교육을 지속적으로 수행해왔다(30). 국가암검진사업에서 유방촬영 영상 중 FFDM의 분율이 약 14%를 차지하고 있는 점(15)을 고려하면 향후 증가할 FFDM 영상에 대한 영상의학의사의 판독 교육 및 질 관리에 대한 준비를 해야 할 것이다. 아울러 최근에는 인공지능기반의 유방 영상 판독 지원 알고리즘이 유방 영상을 판독하는 영상의학의사의 업무를 줄여주는 것뿐만 아니라 유방암 검진의 성과를 높이고 불필요한 추가 검사를 줄일 수 있다는 연구 결과를 보고하였다(31, 32). 새롭게 발전하는 영상 판독 지원 기술 적용을 위해서라도 국가암검진사업에서 유방촬영기기의 FFDM으로 빠른 전환이 필요할 것이다.

## 결론

국가암검진사업 수검률의 증가로 매년 400만 명 이상의 여성이 유방암 검진을 받고 있다. 우리나라 여성의 높은 치밀유방 빈도를 고려하면 유방암 검진의 진단 정확도를 높이고 불필요한 추가 검사를 줄여 국민의료비를 줄이기 위해서는 FFDM의 빠른 전환이 필요하다. 이를 위해서는 건강보험 수가체계, 질 관리 프로그램 도입 등 FFDM 관련 법과 제도를 개선하고 공공병원 중심으로 FFDM을 보급하여 유방촬영기기의 지역 격차 해소를 위한 노력이 필요할 것이다.

### Author Contributions

Conceptualization, J.J.K.; data curation, all authors; formal analysis, S.S.Y., H.S.; funding accquistion, J.J.K.; visualization, S.S.Y.; writing—original draft, S.S.Y.; and writing—review & editing, all authors.

### Conflicts of Interest

The authors have no potential conflicts of interest to disclose.

### Acknowledgments

This study was supported by a Grant-in-Aid for Cancer Research and Control from the National Cancer Center of Korea (grant number: 1910233-2).

## REFERENCES

1. Bray F, Ferlay J, Soerjomataram I, Siegel RL, Torre LA, Jemal A. Global cancer statistics 2018: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries. *CA Cancer J Clin* 2018;68:394-424
2. Hong S, Won YJ, Park YR, Jung KW, Kong HJ, Lee ES; Community of Population-Based Regional Cancer Registries. Cancer statistics in Korea: incidence, mortality, survival, and prevalence in 2017. *Cancer Res Treat* 2020; 52:335-350
3. Lauby-Secretan B, Scoccianti C, Loomis D, Benbrahim-Tallaa L, Bouvard V, Bianchini F, et al. Breast-cancer screening--viewpoint of the IARC Working Group. *N Engl J Med* 2015;372:2353-2358
4. Giordano L, von Karsa L, Tomatis M, Majek O, de Wolf C, Lancucki L, et al. Mammographic screening programmes in Europe: organization, coverage and participation. *J Med Screen* 2012;19 Suppl 1:72-82

5. 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
6. Siu AL; U.S. Preventive Services Task Force. Screening for breast cancer: US Preventive Services Task Force recommendation statement. *Ann Intern Med* 2016;164:279-296
7. Lee EH, Park B, Kim NS, Seo HJ, Ko KL, Min JW, et al. The Korean guideline for breast cancer screening. *J Korean Med Assoc* 2015;58:408-419
8. Suh M, Song S, Cho HN, Park B, Jun JK, Choi E, et al. Trends in participation rates for the national cancer screening program in Korea, 2002-2012. *Cancer Res Treat* 2017;49:798-806
9. Choi E, Lee YY, Suh M, Lee EY, Mai TTX, Ki M, et al. Socioeconomic inequalities in cervical and breast cancer screening among women in Korea, 2005-2015. *Yonsei Med J* 2018;59:1026-1033
10. OECD Health Statistics 2020. Available at. https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=HEALTH_REAC#. Published 2020. Accessed Dec 10, 2020
11. Iared W, Shigueoka DC, Torloni MR, Velloni FG, Ajzen SA, Atallah AN, et al. Comparative evaluation of digital mammography and film mammography: systematic review and meta-analysis. *Sao Paulo Med J* 2011;129:250-260
12. Souza FH, Wendland EM, Rosa MI, Polanczyk CA. Is full-field digital mammography more accurate than screen-film mammography in overall population screening? A systematic review and meta-analysis. *Breast* 2013;22:217-224
13. Song SY, Park B, Hong S, Kim MJ, Lee EH, Jun JK. Comparison of digital and screen-film mammography for breast-cancer screening: a systematic review and meta-analysis. *J Breast Cancer* 2019:22:311-325
14. Choi BH, Lee EH, Jun JK, Kim KW, Park YM, Kim HW, et al. Effect of different types of mammography equipment on screening outcomes: a report by the alliance for breast cancer screening in Korea. *Korean J Radiol* 2019;20:1638-1645
15. Hong S, Song SY, Park B, Suh M, Choi KS, Jung SE, et al. Effect of digital mammography for breast cancer screening: a comparative study of more than 8 million Korean women. *Radiology* 2020;294:247-255
16. de Munck L, de Bock GH, Otter R, Reiding D, Broeders MJ, Willemse PH, et al. Digital vs screen-film mammography in population-based breast cancer screening: performance indicators and tumour characteristics of screen-detected and interval cancers. *Br J Cancer* 2016;115:517-524
17. Lewin JM, D'Orsi CJ, Hendrick RE, Moss LJ, Isaacs PK, Karellas A, et al. Clinical comparison of full-field digital mammography and screen-film mammography for detection of breast cancer. *AJR Am J Roentgenol* 2002;179:671-677
18. Skaane P, Skjennald A, Young K, Egge E, Jebsen I, Sager EM, et al. Follow-up and final results of the Oslo I Study comparing screen-film mammography and full-field digital mammography with soft-copy reading. *Acta Radiol* 2005;46:679-689
19. Skaane P, Hofvind S, Skjennald A. Randomized trial of screen-film versus full-field digital mammography with soft-copy reading in population-based screening program: follow-up and final results of Oslo II study. *Radiology* 2007;244:708-717
20. Kerlikowske K, Hubbard RA, Miglioretti DL, Geller BM, Yankaskas BC, Lehman CD, et al. Comparative effectiveness of digital versus film-screen mammography in community practice in the United States: a cohort study. *Ann Intern Med* 2011;155:493-502
21. Nederend J, Duijm LE, Louwman MW, Coebergh JW, Roumen RM, Lohle PN, et al. Impact of the transition from screen-film to digital screening mammography on interval cancer characteristics and treatment - a population based study from the Netherlands. *Eur J Cancer* 2014;50:31-39
22. Sala M, Domingo L, Macià F, Comas M, Burón A, Castells X. Does digital mammography suppose an advance in early diagnosis? Trends in performance indicators 6 years after digitalization. *Eur Radiol* 2015;25:850-859
23. Campari C, Giorgi Rossi P, Mori CA, Ravaioli S, Nitrosi A, Vacondio R, et al. Impact of the introduction of digital mammography in an organized screening program on the recall and detection rate. *J Digit Imaging* 2016;29:235-242
24. Prummel MV, Muradali D, Shumak R, Majpruz V, Brown P, Jiang H, et al. Digital compared with screen-film mammography: measures of diagnostic accuracy among women screened in the Ontario breast screening program. *Radiology* 2016;278:365-373
25. Weber RJ, van Bommel RM, Louwman MW, Nederend J, Voogd AC, Jansen FH, et al. Characteristics and prognosis of interval cancers after biennial screen-film or full-field digital screening mammography. *Breast Cancer Res Treat* 2016;158:471-483

26. Dabbous F, Dolecek TA, Friedewald SM, Tossas-Milligan KY, Macarol T, Summerfelt WT, et al. Performance characteristics of digital vs film screen mammography in community practice. *Breast J* 2018;24:369-372
27. Sankatsing VDV, Fracheboud J, de Munck L, Broeders MJM, van Ravesteyn NT, Heijnsdijk EAM, et al. Detection and interval cancer rates during the transition from screen-film to digital mammography in population-based screening. *BMC Cancer* 2018;18:256
28. Jo HM, Lee EH, Ko K, Kang BJ, Cha JH, Yi A, et al. Prevalence of women with dense breasts in Korea: results from a Nationwide Cross-sectional Study. *Cancer Res Treat* 2019;51:1295-1301
29. Chiarelli AM, Edwards SA, Prummel MV, Muradali D, Majpruz V, Done SJ, et al. Digital compared with screen-film mammography: performance measures in concurrent cohorts within an organized breast screening program. *Radiology* 2013;268:684-693
30. Lee EH, Jun JK, Jung SE, Kim YM, Choi N. The efficacy of mammography boot camp to improve the performance of radiologists. *Korean J Radiol* 2014;15:578-585
31. McKinney SM, Sieniek M, Godbole V, Godwin J, Antropova N, Ashrafian H, et al. International evaluation of an AI system for breast cancer screening. *Nature* 2020;577:89-94
32. Kim HE, Kim HH, Han BK, Kim KH, Han K, Nam H, et al. Changes in cancer detection and false-positive recall in mammography using artificial intelligence: a retrospective, multireader study. *Lancet Digit Health* 2020;2:e138-e148

## 국가암검진사업에서 디지털 유방촬영술의 현황과 과제

송수연[1] · 홍세리[1] · 전재관[1,2*]

국가암검진사업에서 매년 400만 명 이상의 여성이 유방촬영술을 이용한 유방암 검진을 받고 있다. 2000년 디지털 유방촬영술의 도입 이후, 선행 연구들에 의하면 디지털 유방촬영술은 치밀유방을 가진 여성에서 제한적으로 기존의 필름 방식 또는 computed radiography (이하 CR)보다 높은 진단 정확도를 보고하였다. 최근 국가암검진사업에서 수행된 자료를 분석한 결과에 따르면 디지털 유방촬영술의 진단 정확도가 필름 또는 CR 방식에 비해서 치밀유방을 가진 여성뿐만 아니라 모든 연령대의 여성에서 검진 횟수와 상관없이 보다 정확하였다. 우리나라는 OECD 국가 중에서도 높은 유방촬영기기 보급률에도 불구하고 현재 디지털 유방촬영기기의 보급은 전체 유방촬영기기 중, 35% 정도 수준으로 더디기만 하다. 디지털 유방촬영기기로의 신속한 전환을 위하여 수가제도의 개선, 유방 영상 판독 교육 지원 등 관련 법과 제도의 정비가 필요할 것이다. 아울러 국가암검진사업에서 보다 많은 여성이 디지털 유방촬영기기를 이용한 유방암 검진을 받을 수 있도록 장비 보급의 지역 간 격차 해소를 위해 노력해야 할 것이다.

[1]국립암센터 국가암관리사업본부,
[2]국립암센터 국제암대학원대학교 암관리학과