

유방암 과거력을 가진 여성에서 자기공명영상을 이용한 수술 후 감시

조 은

창원경상국립대학교병원 영상의학과

서론

유방암의 과거력을 가진 여성에서는 유방암의 재발 또는 이차적 유방암 발생의 위험이 존재하며, 이들은 유방암의 원격 전이 및 유방암으로 인한 사망과 직접적인 연관성을 지닌다. 지난 수십년간 유방암 치료가 발전함에 따라 유방암으로 인한 사망률이 감소하여 90% 이상의 환자가 유방암 치료 후에도 최소 5년 이상 생존하게 됨으로써, 재발암이나 이차적 유방암의 조기 발견을 위한 수술 후 감시의 중요성이 점차 강조되고 있다 (1, 2). 유방암의 과거력이 있는 여성에 대하여 정기적 유방 촬영술을 이용한 수술 후 감시를 시행하면, 약 17-28%의 유방암으로 인한 사망률 감소를 기대할 수 있다 (3, 4). 그러나 과거력이 없는 여성에서 시행한 유방촬영술에 비교하여 감사의 민감도가 떨어지고, 간격암의 발생률이 더 높게 나타난다는 한계점을 지닌다 (5). 반면 유방 MRI는 유방 실질 밀도에 관계없이 암 발견에 가장 민감도가 높고, 특히 고등급의 침윤성 암의 발견에 매우 민감하므로, 현재 실제 임상 환경에서 유방암의 과거력을 가진 여성에서의 수술 후 감시에 많이 활용되고 있다 (6). 본 종설에서는 유방암 과거력을 가진 여성에서 유방 MRI를 이용한 수술 후 감시의 관련 임상 연구 결과 및 단측 유방 MRI와 비조영증강 유방 MRI를 이용한 최근 연구들에 대해서 살펴보고자 한다.

1. 유방암 과거력을 가진 여성에서 MRI를 이용한 수술 후 감시 가이드라인

현재까지 American Cancer Society/American Society of Clinical Oncology, European Society of Medical Oncology, National Comprehensive Cancer Network 가이드라인 등에서는 유방암의 과거력을 가진 모든 여성에서 MRI로 정기적 감시를 시행하는 것은 추천하고 있지 않으며, 유방암의 평생 위험도 (lifetime risk)가 높은 여성군에 국한하여 임상적 필요에 따라 고려할 것을 권고하고 있다. 다만 American College of Radiology (ACR)의 유방암 고위험군 여성에 대한 검진 가이드라인에서는, 유방암 과거력을 가진 여성 중 치밀유방을 가졌거나, 50세 이전에 유방암이 진단된 경우에는 매년 유방 MRI를 시행할 것을 권고하고 있다 (표 1) (7-10).

2. 유방암 과거력을 가진 여성에서 MRI를 이용한 수술 후 감시에 관한 임상 연구 결과

유방암 과거력을 가진 여성에서 MRI를 이용한 수술 후 감시의 유용성에 대한 여러 연구들이 있으며, 2020년에 Haas 등이 이 중 11개의 대규모 연구들을 대상으로 시행한 메타분석 연구 결과를 발표하였다 (11). 여기에는 미국에서 시행한 8건의 대규모 연구들과, 우리나라에서 시행한 2건의 대규모 연구, 그리고 ACRIN 6666 임상시험이 포함되어, 유방암의 과거력을 가진 총 8,338명의 여성에서 시행한 12,335건의 유방 MRI를 대상으로 하였다. 분석 결과, 유방암 과거력을 가진 여성에서 MRI를 이용한 수술 후 감시를 절대적으로 추천하거나 반대할 근거가 아직은 불충분하다고 평가되었다.

Haas 등의 연구에 포함된 대규모 연구 중 유일한 무작위 배정 임상시험인 Berg 등의 연구에서는 총 2,662명의

통신저자: 조은
(51472) 경상남도 창원시 성산구 삼정자로 11,
창원경상국립대학교병원 영상의학과
Tel. (055) 214-3133 Fax. (055) 214-3134
E-mail: sgeisilver@naver.com

표 1. 유방암 과거력을 가진 여성에서 자기공명영상을 이용한 수술 후 감시 가이드라인

Guidelines	Year	MRI recommendations
American Cancer Society (ACS)/American Society of Clinical oncology (ASCO)	2016	Not routinely recommended, but considered in women with lifetime risk of a second primary cancer >20% (BRCA1/BRCA2 mutation or very strong family history of breast cancer)
American College of Radiology (ACR)	2018	Annual surveillance: +dense breast / before age 50 or at the time of diagnosis Not included in the above : MRI should be considered, especially if other risk factors are present.
European Society of Medical Oncology (ESMO)	2019	Not routinely recommended, but should be considered in case of: familial breast cancer associated BRCA mutations / lobular cancers / dense breasts
National Comprehensive Cancer Network (NCCN)	2022	Not routinely recommended, considered only in women with lifetime risk of a second primary breast cancer is >20%

연구 대상자 중에 1,426명의 유방암 과거력을 가진 여성이 포함되었고, 유방촬영술 단독 및 유방촬영술과 MRI를 병용했을 때의 진단능을 비교하였다 (12). 유방촬영술 단독군에서는 암 발견율이 1,000건당 8.2개이나 유방촬영술에 MRI를 병용한 군에서는 1,000건당 26.1개로, MRI 병용군에서 1,000건당 17.9개의 암을 더 발견하였다. 그러나, 특이도가 MRI 병용군에서 70.6%로 유방촬영술 단독군의 92.1%에 비하여 낮게 나타났다.

유방암의 과거력이 있는 여성에서의 MRI를 이용한 감시에 회의적인 결과의 대규모 연구 두편이 2018년과 2019년에 발표되었는데, 이들은 모두 Breast Cancer Surveillance Consortium 코호트를 대상으로 하였다 (13, 14). Buist 등의 연구에서, 유방암 과거력이 있는 여성에 대하여 유방촬영술만 시행한 군의 조직검사율이 2.2%인데 비하여, MRI 검진을 시행한 군에서는 6.3%로 높았다. 그리고 유방촬영술 단독 시행군의 조직검사 1,000건당 관상피내암 또는 침윤암이 404.6개인데 비하여, MRI 시행군에서는 267.6개로 낮게 나타났다. Wernli 등의 연구에서도 유방촬영술을 시행한 군에 비하여 MRI를 시행한 군에서 유의하게 높은 조직검사율 (odds ratio (OR), 2.2; 95% confidence interval (CI): 1.9, 2.7)과 암 발견율 (OR, 1.7, 95% CI: 1.1, 2.7)을 보고하였으며, 민감도 및 간격암 발생률의 차이는 통계적으로 유의하지 않아, MRI를 시행함으로써 얻는 임상적 효과에 대한 의문을 제기하였다.

반면, 유방암 과거력이 있는 여성의 MRI를 이용한 감시에 대한 다수의 최근 연구들은 MRI 감시를 옹호하는 입장이다. Lehman 등의 연구에서 유방암 과거력이 있는 여성

군과 유전적 위험인자를 가진 여성군에서의 MRI 성적을 비교하여, 유방암 과거력이 있는 여성군에서 더 낮은 위양성률과 높은 특이도를 보인다고 보고하였다 (15). 조 등은 유방보존수술을 시행한 20세 이상 50세 이하의 여성에서 유방촬영술 단독 시행군과 MRI 단독 시행군 및 유방촬영술과 MRI를 병용한 군에 대하여 진단능을 비교하였다 (16). 연구 결과, MRI 단독 시행군 및 유방촬영술에 MRI를 병용한 군에서 모두 유방촬영술 단독군에 비해 암 발견율, 민감도 등이 더 높게 나타났으며, 특이도에 큰 영향을 주지 않으면서 특히 생물학적으로 공격적인 조기 유방암의 발견이 향상되었다. Haas 등의 연구 이후 2021년에 발표된 이 등의 연구 및 박 등의 연구 결과에서도, MRI를 유방촬영술 및 유방초음파와 비교하였을 때, 유방암 과거력이 있는 여성에서 MRI의 암 발견능이 유의하게 높고, 민감도와 특이도 및 이상 판독률 (abnormal interpretation rate)에서 모두 더 우수한 결과를 보여 MRI 감시의 유용성을 강조하였다 (17, 18).

3. 유방암 과거력을 가진 여성에서 수술 후 MRI 검사 시점에 관련한 임상 연구 결과

Colleoni 등은 원발성 유방암에 대한 치료 시행 후 24년간의 추적 관찰 결과를 발표하였는데, 수술 후 첫 5년간의 재발률이 가장 높고, 그 중에서도 수술 후 1년차와 2년차 사이 재발률이 가장 높았다 (19). 현재로서는 임상적으로 이를 고려하여 수술 후 MRI 추적 검사 시점을 결정하고 있다. ACR의 유방암 고위험군 여성에 대한 검진 가이드라인에서는 유방암 과거력이 있는 여성에서 치밀 유방

이거나 진단 당시 나이가 50세 이하인 경우에 국한하여 MRI 검사를 매년 시행하도록 권고하고 있으나, 현재까지는 유방암 과거력이 있는 모든 여성을 대상으로 MRI 검사 시점을 규정한 가이드라인은 없다 (8).

2014년에 발표된 권 등의 연구에 따르면, 수술 시점-수술 후 첫 MRI 시행 시점 간격이 24개월 이상인 경우, MRI에서 발견된 재발암과의 독립적 연관성을 보였다 (20). 또한 박 등의 연구에서, 수술 시점-수술 후 첫 MRI 시행 시점 간격이 36개월 이상인 경우 암 발견율이 통계적으로 유의하게 높게 나타나, 수술 3년 이후의 MRI 시행이 이차적 암의 발견에 더 효과적임을 보고하였다 (21).

최근에는 이전 수술 후 MRI 결과가 음성 소견인 경우에 대한 연구들도 발표되었다. 박 등의 연구는 수술 후 1~3년째에 시행한 MRI 결과가 BI-RADS 범주 1 또는 범주 2로 나온 993명의 환자를 대상으로 하였고, 이 환자들에서 10개의 유방 내 이차적 암이 발생하였다 (17). 암 발생 중위 간격은 31.8개월이었으며, 이 중 90%의 암은 이전 MRI 시행 24개월 이후에 발생하여, 매년 MRI 감시를 시행하는 것이 환자의 생존률 향상에 도움이 될 것인가에 대한 의문이 제기되었다. 김 등은 유방촬영술 및 초음파에서 이상 소견이 없고 첫 MRI를 수술 12개월 이후에 시행한 여성 2,809명의 6,603건 MRI를 분석하여, 이전 MRI 결과가 음성으로 나온 후에 발생한 간격암과 연관되는 독립적 인자로 1차 친족의 유방암 가족력, 에스트로겐 수용체/프로게스테론 수용체 음성, 중등도 또는 현저한 배경실질조영 증강을 보이는 경우를 제시하였다 (22). 이에 근거하여, 유방암의 과거력이 있는 여성에서 원발성 유방암과 각 환자의 특성을 고려한 맞춤형 MRI 감시 가이드라인이 도움이 될 것으로 예측해 볼 수 있다.

4. 유방암 과거력을 가진 여성에서 단축 유방 MRI를 이용한 수술 후 감시

단축 유방 MRI의 프로토콜은 각 연구 및 기관에 따라 차이는 있으나, 기본적으로 조영제 주입 전과 조영제 주입 후 각각 시행한 T1 강조 영상 및 두 영상을 후처리하여 생성한 감산 (subtraction) 영상과 최대 강도 투사 (maximum intensity projection) 영상을 포함하고, T2 강조 영상과 조영제 주입 후 2번 이상 획득한 T1 강조 영상을 포함하기도 한다. 단축 유방 MRI의 진단 성적이 표준 프로토콜 유방 MRI와 거의 비슷하고, 검사시간 및 판독시간과 비용 감소의 효과가 있음은 이전의 여러 연구들에서 증명이 되었다 (23-25). 이를 근거로 현재 임상 환경

에서 유방암 과거력을 가진 여성을 대상으로 단축 프로토콜을 이용한 감시를 널리 시행하고 있으며, 유방암 과거력을 가진 여성을 대상으로 시행한 단축 유방 MRI의 진단능에 대한 연구들에서도, 짧은 검사시간으로도 유방촬영술 및 유방초음파와 비교하여 이차적 암에 대한 높은 진단능을 보였다 (26-28) (그림 1). 권 등의 연구에서는 유방촬영술과 병용하지 않고 유방암 과거력을 가진 여성에서 단축 유방 MRI 단독의 진단능을 평가하였는데, 진단 정확도 97.8%, 음성예측도 99.6%의 높은 성적을 보고하였다 (29).

유방암 과거력을 가진 여성을 대상으로 단축 프로토콜과 표준 프로토콜 유방 MRI의 진단능을 직접적으로 비교한 두 편의 대규모 연구가 우리나라에서 발표되었는데, 박 등은 단축 프로토콜과 표준 프로토콜 군 간에 환자의 나이와 유방암의 병기를 매칭한, 각 군 656건의 MRI에 대하여 진단능을 평가하였다 (30). 두 군간 민감도, 특이도, 양성예측도, 음성예측도, 진단 정확도의 유의한 차이가 없었으며, 위양성률은 단축 프로토콜 군에서 더 낮게 나타났다. 2022년에 발표된 김 등의 연구에서는, 성향 점수 매칭을 시행한 각 726건의 단축 프로토콜과 표준 프로토콜 유방 MRI를 비교하였다 (31). 단축 프로토콜의 특이도가 93%, 표준 프로토콜의 특이도는 86%로, 단축 프로토콜의 특이도가 유의하게 높았다. 또한 단축 프로토콜에서 민감도, 암 발견율, 양성예측도 3이 더 높고, 간격암 발생률은 더 낮았으나, 이는 통계적으로 유의한 차이는 없었다. 단축 프로토콜 군에서 발견된 암의 93%가 림프절 전이가 없는 T1 침윤암 또는 관상피내암이었는데, 이는 표준 프로토콜 유방 MRI와 마찬가지로 단축 유방 MRI 감시로도 이차적 암의 조기발견이 가능하여, 보다 덜 침습적인 치료를 가능하게 하고 환자의 생존률 향상을 기대해 볼 수 있음을 시사하였다.

Ultrafast 영상은 양성과 악성의 감별에 있어 높은 정확도를 보이지만, 단축 프로토콜에 더하여도 검사 시간은 연장시키지 않을 수 있다는 장점을 가진다 (32). 이에, 김 등은 단축 프로토콜에 ultrafast 영상을 추가한 프로토콜을 유방암 과거력을 가진 여성에서 시행하여, 단축 프로토콜 단독과 진단능을 비교하였다 (33). Ultrafast 영상을 추가로 시행한 경우 단축 프로토콜 단독에 비하여 특이도 및 양성예측도 1이 향상되었으며, 이는 ultrafast 영상이 BI-RADS 범주 3 병변을 범주 2로 하향조정하는데 도움이 되었기 때문이다. 결과적으로, 유방암 과거력이 있는 여성에서 MRI 감시로 인한 불필요한 단기 후속 조치를 줄이고, 단축 유방 MRI의 시간 효율성을 유지하면서 진단능을 더

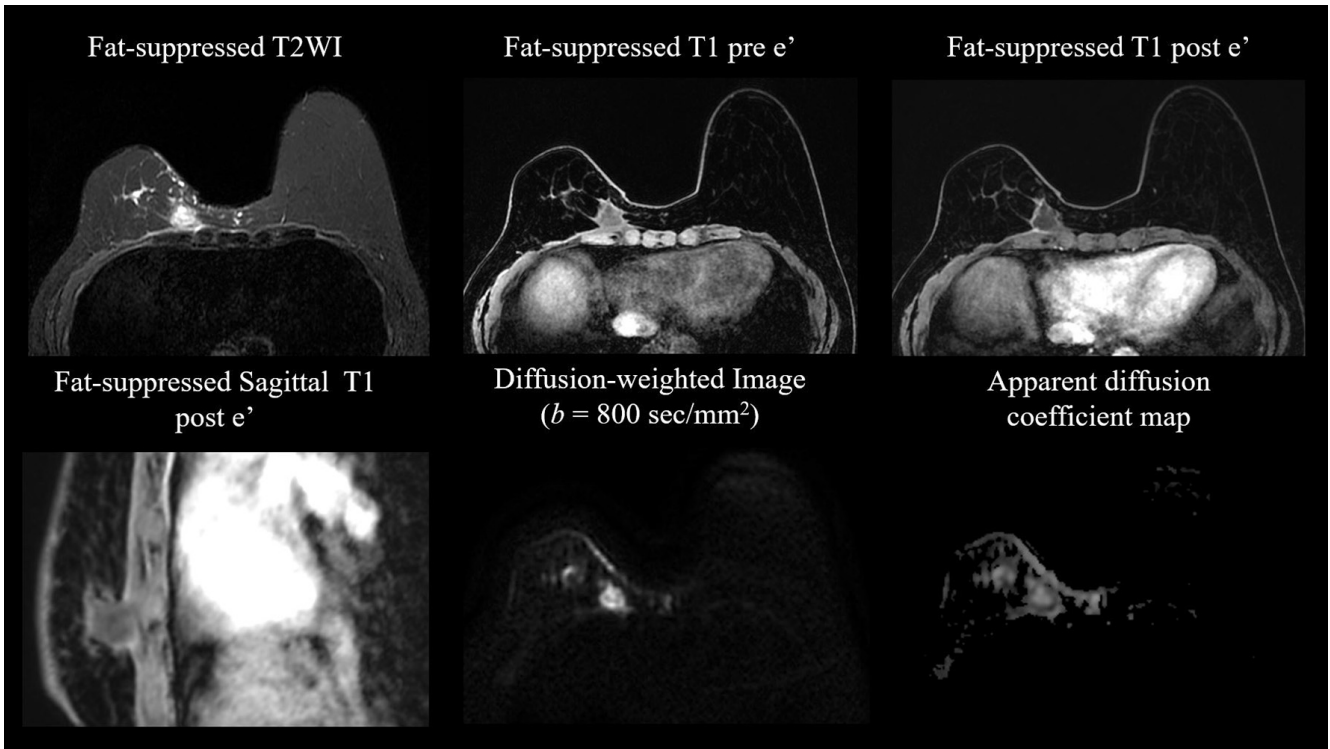


그림 1. 수술 후 유방 MRI 감시에서 발견된 재발암.

55세 여성으로, 6년 전 우측 상외사분면의 삼중음성 pT2 (2.4 cm) N0 침윤성관암에 대해서 유방보존술 후 항암 치료를 받았다. 유방 MRI에서 이전 수술 부위 동측인 우측의 하내사분면에 대흉근과 인접하여 있고 테두리 조영증강을 보이는 종괴가 관찰되었으며, 불규칙한 모양과 침상형 경계를 보였다. 확산 강조 영상에서는 테두리 부분의 확산 제한이 관찰되었다. 초음파 유도 하 조직검사를 하여, 삼중음성 침윤성관암으로 진단되었다.

향상시킬 수 있는 가능성을 제시하였다.

5. 유방암 과거력을 가진 여성에서의 비조영증강 MRI를 이용한 수술 후 감시

조영증강 유방 MRI는 앞서 기술한 바와 같이 높은 진단능으로 이차적 암의 발견에 도움이 될 수 있으나, 최근 가돌리늄 조영제의 뇌를 포함한 조직 침착이 보고되면서 조영제의 잠재적인 인체 독성에 대한 우려가 있다 (34, 35). 그 결과 비조영증강 MRI에 대한 요구가 점차적으로 증가하여, 조직 내 물 분자의 확산 정도를 영상으로 나타내는 확산 강조 영상을 이용한 연구들이 활발하게 진행되어 왔다. Partridge 등의 연구에 따르면, 118개의 역동적 조영증강 영상에서는 관찰되었으나 유방촬영술에서는 관찰되지 않은 병변에 대하여 확산 강조영상의 진단능을 평가하였을 때, 27개의 악성 병변 중 24개 (89%)가 확산 강조 영상에서도 관찰되었다 (36). 또한 Amornisiripantich 등은 확산 강조 영상과 MRI 후 표적 유방초음파를 비교하여, 확산 강조 영상이 유방촬영술에서 관찰되지 않은 병변을

더 잘 발견할 수 있음을 보고하였다 (37). 그러나 현재까지 조영증강 MRI와 비조영증강 MRI의 진단능을 직접적으로 비교한 연구들에서, 확산 강조 영상의 특이도는 조영증강 MRI와 유사한 수준이지만 민감도는 다소 낮다는 한계점이 있다 (38, 39).

2010년대부터 확산 강조 영상을 이용한 비조영증강 MRI 검진 연구들이 발표되었으며, 이 중 유방암의 과거력을 가진 여성을 대상으로 한 연구로는 강 등의 연구가 있다 (40). 유방암으로 수술한 과거력이 있는 중간 위험도의 환자 343명을 대상으로 비조영증강 유방 MRI와 표준 프로토콜 유방 MRI의 진단능을 비교하였으며, 민감도 및 특이도, 양성예측도3과 음성예측도에서 두 진단방법 간에 유의한 차이가 없음을 보고하였다. 이에, 추후 확산 강조 영상 및 비조영증강 프로토콜의 발전과 표준화된 프로토콜의 정립에 따라, 유방암 과거력이 있는 여성의 수술 후 감시에 비조영증강 MRI의 활발한 임상적 적용이 기대된다.

결론

유방암의 과거력을 가지는 여성에서 MRI를 이용한 수술 후 감시는 이차적 암의 조기 진단을 가능하게 하며, 추후 장기적인 연구결과들이 필요하지만, 환자의 삶의 질과 생존률의 향상에 기여할 것으로 기대된다. 또한 유방암 과거력이 있는 여성에 대한 수술 후 감시에 단축 유방 MRI가 활용됨으로써, 진단능에는 영향을 주지 않고 긴 검사 시간 및 판독 시간에 대한 문제들이 다소 해소되어, 앞으로 임상 환경에서 수술 후 감시 유방 MRI의 활용이 더욱 활발해질 것으로 예상할 수 있다. 다만 비용-효율성에 대한 고려가 선행되어야 하고, MRI의 적정 시행 시점과 이후 검사 간격에 대한 가이드라인 정립도 앞으로 고려해야 할 과제이다. 확산 강조 영상을 포함한 비조영증강 MRI는 아직 유방암 과거력을 가진 여성의 수술 후 감시에 있어서 표준적으로 이용되는 검사 방법은 아니지만, 검진에 있어 임상적 적용이 확대되어 왔다. 현재 우리나라에서 확산 강조 영상을 이용한 검진에 대한 다기관 연구가 진행되고 있어, 그 결과가 나온다면 유방암 과거력을 가진 여성에서도 비조영증강 MRI를 이용한 수술 후 감시의 적용이 좀더 촉진될 것으로 기대해 본다.

References

1. Lash TL, Fox MP, Buist DS, Wei F, Field TS, Frost FJ, et al. Mammography surveillance and mortality in older breast cancer survivors. *J Clin Oncol* 2007;25:3001-3006
2. Howlader N NA, Krapcho M, Neyman N, Aminou R, Waldron W, Altekruse SF, et al. (eds) SEER Cancer Statistics Review, 1975-2009 (Vintage 2009 Populations). 2012
3. Lu WL, Jansen L, Post WJ, Bonnema J, Van de Velde JC, De Bock GH. Impact on survival of early detection of isolated breast recurrences after the primary treatment for breast cancer: a meta-analysis. *Breast Cancer Res Treat* 2009;114:403-412
4. Houssami N, Ciatto S, Martinelli F, Bonardi R, Duffy SW. Early detection of second breast cancers improves prognosis in breast cancer survivors. *Ann Oncol* 2009;20:1505-1510
5. Houssami N, Abraham LA, Miglioretti DL, Sickles EA, Kerlikowske K, Buist DS, et al. Accuracy and outcomes of screening mammography in women with a personal history of early-stage breast cancer. *JAMA* 2011;305:790-799
6. Sung JS, Stamler S, Brooks J, Kaplan J, Huang T, Dershaw DD, et al. Breast Cancers Detected at Screening MR Imaging and Mammography in Patients at High Risk: Method of Detection Reflects Tumor Histopathologic Results. *Radiology* 2016;280:716-722
7. Cardoso F, Kyriakides S, Ohno S, Penault-Llorca F, Poortmans P, Rubio IT, et al. Early breast cancer: ESMO Clinical Practice Guidelines for diagnosis, treatment and follow-up. *Ann Oncol* 2019;30:1194-1220
8. Monticciolo DL, Newell MS, Moy L, Niell B, Monsees B, Sickles EA. Breast Cancer Screening in Women at Higher-Than-Average Risk: Recommendations From the ACR. *J Am Coll Radiol* 2018;15:408-414
9. Khatcheressian JL, Hurley P, Bantug E, Esserman LJ, Grunfeld E, Halberg F, et al. Breast cancer follow-up and management after primary treatment: American Society of Clinical Oncology clinical practice guideline update. *J Clin Oncol* 2013;31:961-965
10. NCCN Clinical Practice Guidelines in Oncology (NCCN Guidelines®) - Breast Cancer. version 4th ed, 2022
11. Haas CB, Nekhlyudov L, Lee JM, Javid SH, Bush M, Johnson D, et al. Surveillance for second breast cancer events in women with a personal history of breast cancer using breast MRI: a systematic review and meta-analysis. *Breast Cancer Res Treat* 2020;181:255-268
12. Berg WA, Zhang Z, Lehrer D, Jong RA, Pisano ED, Barr RG, et al. Detection of breast cancer with addition of annual screening ultrasound or a single screening MRI to mammography in women with elevated breast cancer risk. *JAMA* 2012;307:1394-1404
13. Wernli KJ, Ichikawa L, Kerlikowske K, Buist DSM, Brandzel SD, Bush M, et al. Surveillance Breast MRI and Mammography: Comparison in Women with a Personal History of Breast Cancer. *Radiology* 2019;292:311-318
14. Buist DSM, Abraham L, Lee CI, Lee JM, Lehman C, O'Meara ES, et al. Breast Biopsy Intensity and Findings Following Breast Cancer Screening in Women With and Without a Personal History of Breast Cancer. *JAMA Intern Med* 2018;178:458-468
15. Lehman CD, Lee JM, DeMartini WB, Hippe DS, Rendi MH, Kalish G, et al. Screening MRI in Women With

- a Personal History of Breast Cancer. *J Natl Cancer Inst* 2016;108:djv349
16. Cho N, Han W, Han BK, Bae MS, Ko ES, Nam SJ, et al. Breast Cancer Screening With Mammography Plus Ultrasonography or Magnetic Resonance Imaging in Women 50 Years or Younger at Diagnosis and Treated With Breast Conservation Therapy. *JAMA Oncol* 2017;3:1495–1502
17. Park VY, Kim MJ, Kim GR, Yoon JH. Outcomes Following Negative Screening MRI Results in Korean Women with a Personal History of Breast Cancer: Implications for the Next MRI Interval. *Radiology* 2021;300:303–311
18. Lee J, Kang BJ, Kim SH. Usefulness of postoperative surveillance MR for women after breast-conservation therapy: Focusing on MR features of early and late recurrent breast cancer. *PLoS One* 2021;16:e0252476
19. Colleoni M, Sun Z, Price KN, Karlsson P, Forbes JF, Thürlimann B, et al. Annual Hazard Rates of Recurrence for Breast Cancer During 24 Years of Follow-Up: Results From the International Breast Cancer Study Group Trials I to V. *J Clin Oncol* 2016;34:927–935
20. Gweon HM, Cho N, Han W, Yi A, Moon HG, Noh DY, et al. Breast MR imaging screening in women with a history of breast conservation therapy. *Radiology* 2014;272:366–373
21. Park VY, Kim EK, Kim MJ, Moon HJ, Yoon JH. Breast magnetic resonance imaging for surveillance of women with a personal history of breast cancer: outcomes stratified by interval between definitive surgery and surveillance MR imaging. *BMC Cancer* 2018;18:91
22. Kim GR, Cho N, Kim SY, Han W, Moon WK. Interval Cancers after Negative Supplemental Screening Breast MRI Results in Women with a Personal History of Breast Cancer. *Radiology* 2021;300:314–323
23. Kuhl CK, Schrading S, Stobel K, Schild HH, Hilgers RD, Bieling HB. Abbreviated breast magnetic resonance imaging (MRI): first postcontrast subtracted images and maximum-intensity projection—a novel approach to breast cancer screening with MRI. *J Clin Oncol* 2014;32:2304–2310
24. Harvey SC, Di Carlo PA, Lee B, Obadina E, Sippo D, Mullen L. An Abbreviated Protocol for High-Risk Screening Breast MRI Saves Time and Resources. *J Am Coll Radiol* 2016;13:374–380
25. Comstock CE, Gatsonis C, Newstead GM, Snyder BS, Gareen IF, Bergin JT, et al. Comparison of Abbreviated Breast MRI vs Digital Breast Tomosynthesis for Breast Cancer Detection Among Women With Dense Breasts Undergoing Screening. *JAMA* 2020;323:746–756
26. Fonseca MM, Alhassan T, Nisha Y, Koszycki D, Schwarz BA, Segal R, et al. Randomized trial of surveillance with abbreviated MRI in women with a personal history of breast cancer— impact on patient anxiety and cancer detection. *BMC Cancer* 2022;22:774
27. An YY, Kim SH, Kang BJ, Suh YJ, Jeon YW. Feasibility of abbreviated magnetic resonance imaging (AB-MRI) screening in women with a personal history (PH) of breast cancer. *PLoS One* 2020;15:e0230347
28. Choi BH, Choi N, Kim MY, Yang JH, Yoo YB, Jung HK. Usefulness of abbreviated breast MRI screening for women with a history of breast cancer surgery. *Breast Cancer Res Treat* 2018;167:495–502
29. Kwon MR, Ko EY, Han BK, Ko ES, Choi JS, Park KW. Diagnostic performance of abbreviated breast MRI for screening of women with previously treated breast cancer. *Medicine (Baltimore)* 2020;99:e19676
30. Park KW, Han SB, Han BK, Ko ES, Choi JS, Rhee SJ, et al. MRI surveillance for women with a personal history of breast cancer: comparison between abbreviated and full diagnostic protocol. *Br J Radiol* 2020;93:20190733
31. Kim SY, Cho N, Hong H, Lee Y, Yoen H, Kim YS, et al. Abbreviated Screening MRI for Women with a History of Breast Cancer: Comparison with Full-Protocol Breast MRI. *Radiology* 2022;305:36–45
32. Mann RM, Mus RD, van Zelst J, Geppert C, Karssemeijer N, Platel B. A novel approach to contrast-enhanced breast magnetic resonance imaging for screening: high-resolution ultrafast dynamic imaging. *Invest Radiol* 2014;49:579–585
33. Kim ES, Cho N, Kim SY, Lee SH, Chang JM, Kim YS, et al. Added value of ultrafast sequence in abbreviated breast MRI surveillance in women with a personal history of breast cancer: A multireader study. *Eur J Radiol* 2022;151:110322
34. Runge VM. Critical Questions Regarding Gadolinium Deposition in the Brain and Body After Injections of the Gadolinium-Based Contrast Agents, Safety, and Clinical Recommendations in Consideration of

- the EMA's Pharmacovigilance and Risk Assessment Committee Recommendation for Suspension of the Marketing Authorizations for 4 Linear Agents. *Invest Radiol* 2017;52:317-323
35. Kanda T, Matsuda M, Oba H, Toyoda K, Furui S. Gadolinium Deposition after Contrast-enhanced MR Imaging. *Radiology* 2015;277:924-925
36. Partridge SC, DeMartini WB, Kurland BF, Eby PR, White SW, Lehman CD. Differential diagnosis of mammographically and clinically occult breast lesions on diffusion-weighted MRI. *J Magn Reson Imaging* 2010;31:562-570
37. Amornsiripanitch N, Rahbar H, Kitsch AE, Lam DL, Weitzel B, Partridge SC. Visibility of mammographically occult breast cancer on diffusion-weighted MRI versus ultrasound. *Clin Imaging* 2018;49:37-43
38. Yamada T, Kanemaki Y, Okamoto S, Nakajima Y. Comparison of detectability of breast cancer by abbreviated breast MRI based on diffusion-weighted images and postcontrast MRI. *Jpn J Radiol* 2018;36:331-339
39. Yabuuchi H, Matsuo Y, Sunami S, Kamitani T, Kawanami S, Setoguchi T, et al. Detection of non-palpable breast cancer in asymptomatic women by using unenhanced diffusion-weighted and T2-weighted MR imaging: comparison with mammography and dynamic contrast-enhanced MR imaging. *Eur Radiol* 2011;21:11-17
40. Kang JW, Shin HJ, Shin KC, Chae EY, Choi WJ, Cha JH, et al. Unenhanced magnetic resonance screening using fused diffusion-weighted imaging and maximum-intensity projection in patients with a personal history of breast cancer: role of fused DWI for postoperative screening. *Breast Cancer Res Treat* 2017;165:119-128