



MRI-Guided Breast Intervention: Biopsy and Needle Localization

자기공명영상 유도하 유방의 중재적시술: 조직생검술 및 침위치결정술

Ga Eun Park, MD , Jeongmin Lee, MD* ,
Bong Joo Kang, MD , Sung Hun Kim, MD

Department of Radiology, College of Medicine, Seoul St. Mary's Hospital,
The Catholic University of Korea, Seoul, Korea

ORCID iDs

Ga Eun Park <https://orcid.org/0000-0002-2479-6950>
Jeongmin Lee <https://orcid.org/0000-0002-4266-7984>
Bong Joo Kang <https://orcid.org/0000-0002-5991-6035>
Sung Hun Kim <https://orcid.org/0000-0003-4478-9720>

Received December 1, 2022
Revised February 20, 2023
Accepted March 14, 2023

*Corresponding author

Jeongmin Lee, MD
Department of Radiology,
College of Medicine,
Seoul St. Mary's Hospital,
The Catholic University of Korea,
222 Banpo-daero, Seocho-gu,
Seoul 06591, Korea.

Tel 82-2-2258-6251
Fax 82-2-599-6771
E-mail jmlee328@gmail.com

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.

In Korea, the number of institutions providing breast MRI, as well as the number of breast MRIs, has recently increased. However, MRI-guided procedures, including biopsy and needle localization, are rarely performed compared to ultrasound-guided or stereotactic biopsy. As breast MRI has high sensitivity but limited specificity, lesions detected only on MRI require pathologic confirmation through MRI-guided biopsy or surgical excision with MRI-guided needle localization. Thus, we aimed to review MRI-guided procedures, including their indications, techniques, procedural considerations, and limitations.

Index terms Breast; Magnetic Resonance Imaging; Image-Guided Biopsy

서론

유방 자기공명영상은 여러 유방 영상 검사들 중에서 가장 높은 민감도를 보이는 검사 방법으로, 유방 촬영술이나 유방 초음파에서 발견되지 못한 병변을 발견할 수 있는 강점이 있어 이미 유방암 진단이 이루어진 병변에 대한 추가적인 특징을 파악하고 정확한 병기를 설정하는데 널리 적용되고 있다. 또한 높은 민감도로 유방암 고위험군 환자에 있어서 유방암 선별검사의 목적으로도 권고되고 있다(1-6).

이렇듯 유방 자기공명영상은 많은 장점을 가진 검사 방법이지만, 가장 큰 한계점으로 낮은 특이도(specificity)가 있다. 그렇기 때문에, 불필요한 수술을 방지하기 위해서는 유방 자기공명영상

에서 추가적으로 발견된 병변에 대한 조직학적 진단이 수반되어야 하는데, 초음파와 유방촬영술에서 보이지 않는 병변이라면 자기공명영상 유도하 생검술이 이뤄져야 한다. 이러한 이유로 미국영상의학의학회(American College of Radiology; 이하 ACR)는 유방 자기공명영상을 시행하는 기관에서는 자기공명영상 유도하 시술을 시행할 수 있어야 하며, 만약 시술이 불가능하다면 시술이 가능한 병원으로의 전원을 권고하고 있다(4, 7-9). 만약 자기공명영상에서만 보인 병변이 위치와 여건상 조직생검술이 불가능할 경우에는 자기공명영상 유도하 침위치결정술(MRI-guided needle localization)을 통한 수술적 생검을 고려해야 한다.

국내에서 유방 자기공명영상을 시행하는 기관이 늘어나고 그 건수가 증가함에 따라 자기공명영상 유도하 시술에 대한 요구 또한 증가하고 있다. 이에 본 종설에서는 자기공명영상 유도하에 이루어지는 유방의 시술들에 대해 알아보려고 한다.

자기공명영상 유도하 조직생검술(MRI-Guided Biopsy)

적응증(Indication)

기본적으로 유방 자기공명영상에서 발견된 조영증강 병변들 중 유방촬영술과 초음파에서 보이지 않고, 자기공명영상에서만 확인되는 병변들 중 악성의 가능성 있는 병변이 생검의 적응증이 된다.

ACR Breast Imaging-Reporting and Data System (이하 BI-RADS)에 따라 자기공명영상에서 조직생검술이 권고되는 병변은 초점(focus), 종괴(mass), 비종괴 조영증강(nonmass enhancement)으로 세 가지로 분류된다(Table 1) (10). 초점(focus)의 경우 대부분 다양한 양상의 배경실질 조영증강(background parenchymal enhancement), 섬유낭종성 변화(fibrocystic change), 섬유선종(fibroadenoma) 또는 유방내 림프절(intramammary lymph node)로 인한 소견일 가능성이 높기 때문에 감별에 유의해야 한다(11). 위와 같은 병변 분류에 따른 악성 진단 확률은 유의한 차이가 없으나(12, 13), 유방 자기공명영상을 시행한 상황에 따라 발견된 병변이 악성병변으로 진단될 확률은 다르다고 알려져 있다. 유방암 수술 전 시행한 진단적 목적의 자기공명영상에서 발견된 병변보다 수술 후 정기 검진을 위해 시행한 수술 후 자기공명영상에서 발견된 병변이 악성으로 확인될 확률이 유의하게 높은 것으로 보고된 바 있으며(13), 수술 후 검진으로 시행한 자기공명

Table 1. Suspicious Findings on MRI

Lesion	Suspicious Feature
Focus/foci	Newly developed lesion Low signal intensity on T2-weighted images Suspicious kinetic enhancement features
Mass	Bright enhancement Spiculated, very irregular margin Rim enhancement Heterogenous enhancement Enhancing septations
Nonmass enhancement	Linear/segmental enhancement

영상에서 발견된 병변과 유전성 유방암에 대한 검진을 위해 시행한 자기공명영상에서 발견된 병변의 악성 진단 확률은 차이가 없다고 보고되었다(14).

이전 유방암 병력을 포함한 유방암 고위험군으로 유방 자기공명영상을 시행한 환자들뿐만 아니라, 실리콘이나 각종 물질들을 유방 실질 내에 주입하여 유방확대술을 받았던 환자들의 유방암 진단도 자기공명영상 유도하 조직조직생검술의 적응증이 된다. 이들은 유방 촬영술이나 초음파로는 유방암 검진이 매우 제한되기 때문에 유방암 검진으로써 자기공명영상을 권고하기도 한다. 만약 시행한 유방 자기공명영상에서 유방암 의심 소견이 발견된다면, 이들은 초음파 유도하 생검이나 입체정위생검술이 불가능하기 때문에 자기공명영상 유도하 조직생검술이 유일한 진단 방법이 된다(15, 16).

시술 전 준비사항

이차정밀초음파(Second-Look Ultrasound)의 시행

유방 자기공명영상에서 조직생검술이 필요한 의심스러운 병변이 확인된 경우, 시술 전 반드시 유방촬영술 및 이차정밀초음파를 시행해야 한다. 초음파를 통해 조직검사의 필요성을 확인할 수 있을 뿐만 아니라, 만일 병변이 초음파에서 확인된다면, 초음파 유도하 조직생검술이 환자와 시술자 모두에게 기술적인 면에서 수월할 뿐만 아니라 그 비용 또한 저렴하기 때문에 초음파 유도하 조직생검술로 진행하도록 한다. 2014년도에 발표된 메타분석에 따르면 자기공명영상에서 확인된 의심스러운 병변이 초음파 검사에서 보이는 보일 확률은 약 57.5% (범위 22.6%–82.1%) 정도로 보고된다(17).

환자 준비(Patient Preparing)

모든 환자들은 조직생검술 전 시술에 대한 충분한 설명을 들은 후 시술에 대해 동의를 한 후 검사를 받도록 한다. 시술 후 발생할 수 있는 혈종, 피부 손상, 및 감염과 같은 합병증에 대한 설명이 필요하며, 자기공명영상 및 가돌리늄 제제의 조영제에 관련한 금기사항에 해당되지 않는지 반드시 확인해야 한다. 가돌리늄 제제의 조영제 혹은 국소 마취제에 대한 과민반응을 보이는 환자에게는 검사를 시행해서는 안 된다. 다른 조직생검술과 마찬가지로 항혈전제 혹은 항혈소판제를 복용 중인 경우에는 절대적 금기사항은 아니지만, 검사와 관련한 위험과 이익을 고려하여 검사 시행 여부를 결정해야 한다. 환자가 유방 내 보형물을 삽입한 상태라면, 병변의 위치와 보형물 간의 관계를 고려하여 조직생검술의 가능 여부를 미리 평가하여야 한다(18).

시술 시작 전 환자에게 검사의 위험성과 합병증뿐만 아니라 시술의 취소 혹은 실패 가능성도 설명해야 한다. 시술을 위한 자세를 모두 잡은 상태에서 촬영한 자기공명영상에서 조직생검술을 시행할 병변이 보이지 않거나, 병변이 피부, 유두 혹은 흉벽에 너무 인접한 경우에도 조직생검술이 불가능할 수 있음을 사전에 설명해야 한다.

시술 과정

환자 자세 잡기(Positioning)

일반적인 유방 자기공명영상과 마찬가지로 자기공명영상 유도하 조직생검술 역시 엎드린 자세(prone position)로 검사를 시행한다. 시술 시간은 30-60분 정도 소요되는데(19), 이 시간 동안 환자가 안정적인 자세를 유지할 수 있도록 하는 것이 중요하다. 예를 들어, 따뜻한 담요를 덮어주거나 추가적인 지지체로 환자의 몸을 안정적으로 지지해 줌으로써, 검사 시 발생할 수 있는 불필요한 움직임을 줄여 시술 시간을 단축시킬 뿐만 아니라 조직생검술의 성공률을 높일 수 있다.

환자는 엎드린 상태에서 유방전용 코일에 가슴을 위치시킨 후 자기공명영상 전용 격자(grid)를 이용하여 가슴을 압박시키는데, 이때의 압박도는 입체정위생검술만큼 강하게 유지할 필요는 없다. 오히려 너무 강한 압박은 환자의 불편도를 증가시키고 유방의 관류(perfusion)를 떨어뜨릴 수 있어 유방을 안정적으로 고정시키는 정도의 압박이면 충분하다(Fig. 1) (11).

진공보조흡인생검에 필요한 장비 준비(Preparation of Equipment for Vacuum-Assisted Biopsy)

자기공명영상 유도하 조직생검술 시에는 진공보조흡인생검(vacuum-assisted biopsy)을 시행한다. 일반적으로 자기공명영상 유도하 진공보조흡인생검에서 사용되는 바늘의 직경은 제조사에 따라 8-14게이지로 매우 다양하나, 최소 11게이지 이상의 굵은 바늘을 사용하도록 권고한다(18). 바늘의 구멍(aperture)은 표준적으로 20 mm로 설정되며, 병변의 크기나 유방의 압박 후 두께에 따라 더 작은 크기로도 설정이 가능하다. 일반적으로 코어침생검(core needle biopsy)에 사용하는 바늘에 비해 중심부의 직경이 더 크고 진공보조흡인을 적용하기 때문에 더 많은 조직을 얻을 수 있어 샘플링 오류를 낮추고 바늘 움직임에 의한 오류를 상대적으로 보상할 수 있다. 자기공명영상 유도하 진공보조흡인생검에 사용되는 도구는 인트로듀서 덮개(introducer sheath), 인트로듀서 안쪽 단검(introducer inner stylet), 폐쇄관(obturator)과 침 가이드(needle guide)가 포함되며 이들은 모두 자기공명영상 장비 내에서 안전하게 사용할 수 있는 소재로 제작된 장비들이다. 침 가이드는 여러 개의 구멍이 뚫려 있는 정방형의 기구로, 격자에 끼워 넣어 사용하며, 생검용 바늘이 병변에 정확히 위치하게 도와주며 바늘이 격자에 수직으로 유지할 수 있게 보조하는 장치이다(Fig. 2).

Fig. 1. In this picture, (A) a dedicated breast coil and (B) grid system are prepared for an MRI-guided biopsy of the right breast.

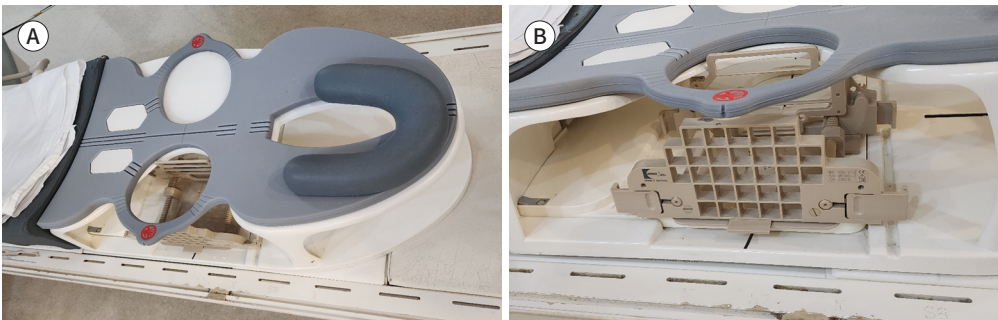


Fig. 2. The devices used in MRI-guided vacuum-assisted breast biopsy include (A) an introducer sheath, introducer stylet, needle guide, and obturator (counterclockwise from the right); and (B) a 9-gauge MRI-guided vacuum-assisted breast biopsy needle; all components comprise MRI-compatible materials.

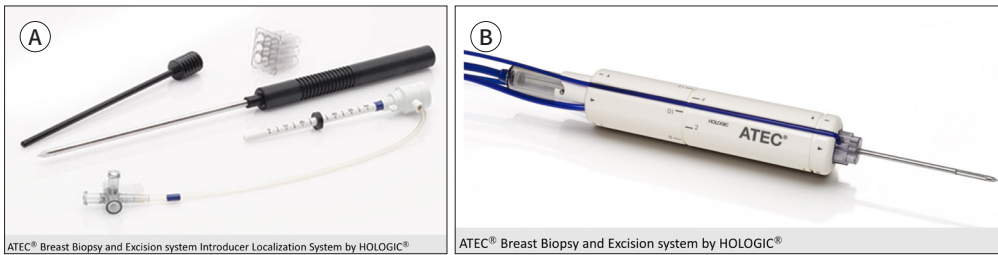


Table 2. MRI Sequences Applied in MRI-Guided Biopsy

MRI Sequences	Orientations	Purpose
Non-fat suppressed T2WI	Three planes	Localizer sequences Attach the fiducial marker
Pre-contrast fat suppressed T1WI	Axial or sagittal	Ensure whether target lesion is located within grid
Post-contrast fat suppressed T1WI	Axial or sagittal	Lesion visualization Check the proper localization of biopsy devices prior to biopsy
Post-contrast fat suppressed T1WI as post-biopsy image	Axial or sagittal	Check adequate sampling of target lesion Check location of deployed marker clip

T1WI = T1-weighted image, T2WI = T2-weighted image

영상 획득 및 병변 위치 선정(Image Acquisition and Lesion Targeting)

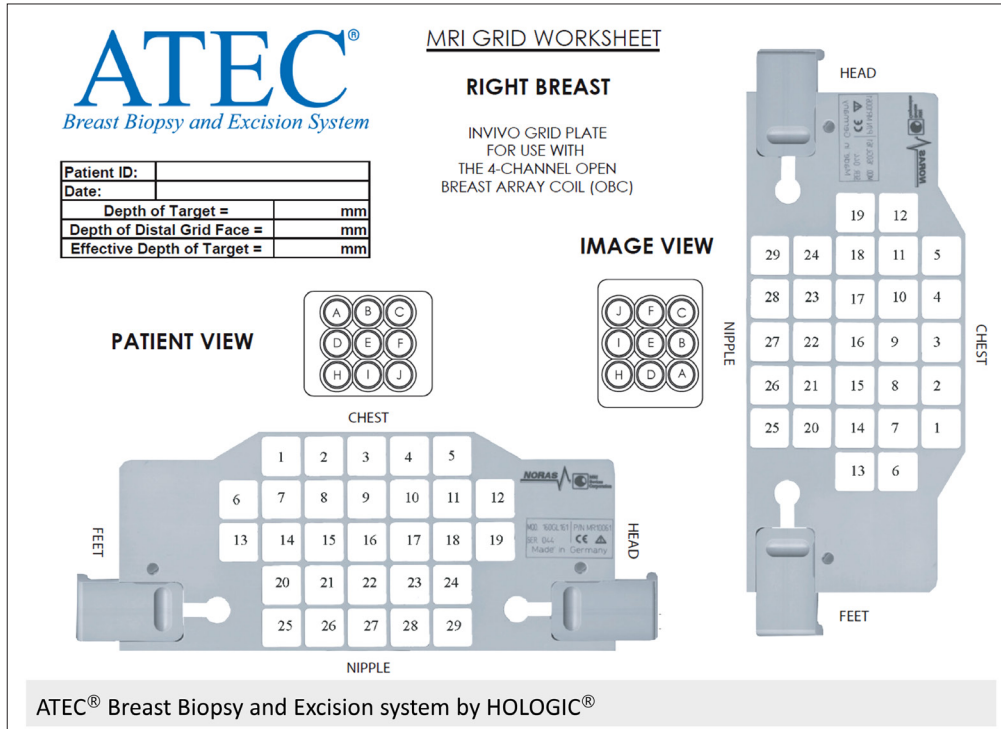
기관마다 자기공명영상 유도하 조직생검술 시에 적용하는 시퀀스가 다를 수 있으나, 일반적으로 다음과 같은 시퀀스가 공통적으로 적용된다(Table 2).

환자의 자세잡기가 완료된 후, 조직생검술을 시행하고자 하는 유방의 피부에 위치표지자(fiducial marker)를 부착 후 조영증강 전 지방억제 T1 강조영상을 촬영하여 조직생검술의 대상이 되는 병변이 격자 내에 포함이 되었는지 확인한다. 만약 병변의 위치가 조영증강 전 영상에서 확인이 불가하다면 주변 해부학적 지표(anatomic landmark)를 참조하여 그 위치를 추정하는 것이 도움이 될 수 있다(20). 병변이 격자 내에 잘 포함되고 환자의 자세가 생검에 적절함을 확인 후에는 조영제를 주입하여 조영증강 지방 억제 T1 강조영상을 얻는다. 단면 두께(slice thickness)는 진단적 목적으로 시행하는 유방 자기공명영상과 동일한 두께로 촬영하여 병변의 위치 확인과 생검 바늘의 위치 선정을 용이하게 하는 것이 좋다. 피부에 부착된 위치표지자를 기준으로 피부에서 병변까지의 깊이를 측정하여, 생검 용 바늘이 들어갈 깊이를 확인하여야 한다. 환자의 자세 잡기 및 병변에 대한 위치 선정이 완료된 후 조직생검술을 시작한다.

병변의 깊이를 계산하는 법

병변의 깊이는 피부에서부터 병변까지의 단면 개수를 세고 여기에 단면 두께를 곱하여 계산할 수 있다. 병변의 위치 선정 시 제조사에서 제공하는 워크시트를 이용하여 격자 내에서의 병변의 구체적 위치를 선정하고 해당 격자에 침 가이드를 끼워 넣은 후 병변의 중심부에 생검 바늘의 끝

Fig. 3. The MRI grid system worksheet is useful for manual localization of the proper position of the biopsy needle.



이 위치할 수 있는 구멍을 선정하여 인트로듀서 덮개와 안쪽 단검을 삽입한다(Fig. 3). 직접 계산하는 방법 외에도 상용화된 컴퓨터 보조 진단(computer-aided diagnosis) 프로그램을 이용하여 자동으로 계산할 수도 있다.

조직생검술 과정(Biopsy Procedure)

무균술 시행을 위해 환자의 피부를 소독한 후, 1% 리도카인을 주입하여 국소 마취를 시행한다. 일반적으로 안쪽 단검의 끝은 날카롭게 되어 있어 피부를 뚫기에 충분하나 메스(scalpel)를 이용하여 삽입하고자 하는 위치에 작게 절개를 하면 안쪽 단검의 진입이 용이하다. 안쪽 단검이 병변의 위치에 도달한 후에는 안쪽 단검을 제거한 후 폐쇄관을 인트로듀서 덮개에 끼워 넣어 지방역제 조영증강 영상을 찍어 위치 선정이 정확히 되었는지 확인한다. 이후 폐쇄관을 제거하고 진공보조흡인생검용 바늘을 삽입하여 생검을 진행한다. 조직을 얻을 때에는 병변의 모든 방향의 조직이 포함될 수 있도록 입체정위생검술과 마찬가지로 진공보조흡인생검 바늘을 제자리에서 360도 회전하며 획득하도록 한다. 병변의 크기, 병변 주변 정도 그리고 사용한 바늘의 굵기에 따라 조직 획득 수에 편차가 있을 수 있지만, 11게이지의 바늘을 기준으로 20-24회 정도 획득하도록 권고하고 있다. 이는 획득한 조직의 중량을 기준으로 한 것으로, 이보다 더 굵은 바늘(8게이지 혹은 9게이지)을 사용하는 경우에는 5-17회로도 권고 된다(21). 최종적으로 조직 획득이 적절하다고 판단이 될 경우 생검을 종료한다(Figs. 4, 5). 조직 획득이 완료된 후에는 진공보조흡인생검 바늘의 모드를 변경하여 흡인(suction)을 통해 시술 위치에 발생한 혈종을 제거하여 시술 후 영상에서 생검 위치 내 인공물

Fig. 4. A 48-year-old patient diagnosed with left breast cancer was recommended to undergo MRI-guided biopsy for a suspicious contrast-enhanced lesion of the right breast found on preoperative breast MRI.

A-H. (A) An irregular enhancing mass is noted at the 4 o'clock position on the left breast (arrow), which was diagnosed as breast cancer; focal clumped non-mass enhancement is additionally noted at the 7 o'clock position on the right breast (hollow arrow). (B) A fiducial marker is attached to the skin of the lateral aspect of the right breast with (C) the grid system. (D) After contrast enhancement, the target lesion (hollow arrow) is visualized on sagittal and (E) axial images (hollow arrow). (F) After localization of the target lesion with the grid system and needle guide, an introducer sheath with obturator is located at the center of the target lesion. (G) MRI-guided vacuum-assisted breast biopsy reveals a signal change at the site of the previous target lesion, which was diagnosed as ductal carcinoma in situ; as there was no more enhancing lesion left, the operator decided to finish the procedure after tissue marker insertion. (H) On preoperative mammography for skin marking, the inserted tissue marker is noted at the lower central region of the right breast in cranio-caudal (left) and medio-lateral views (right), respectively.

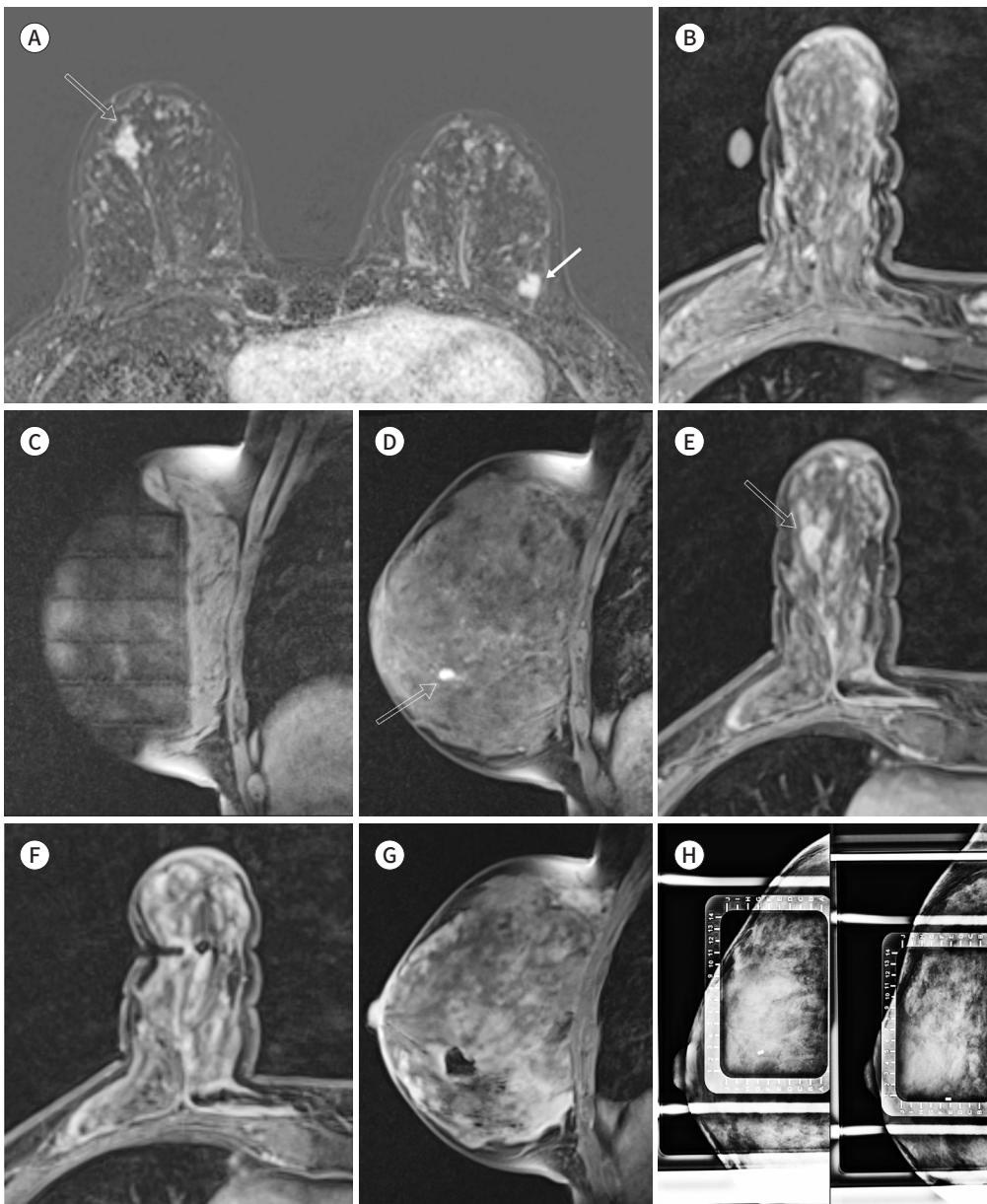
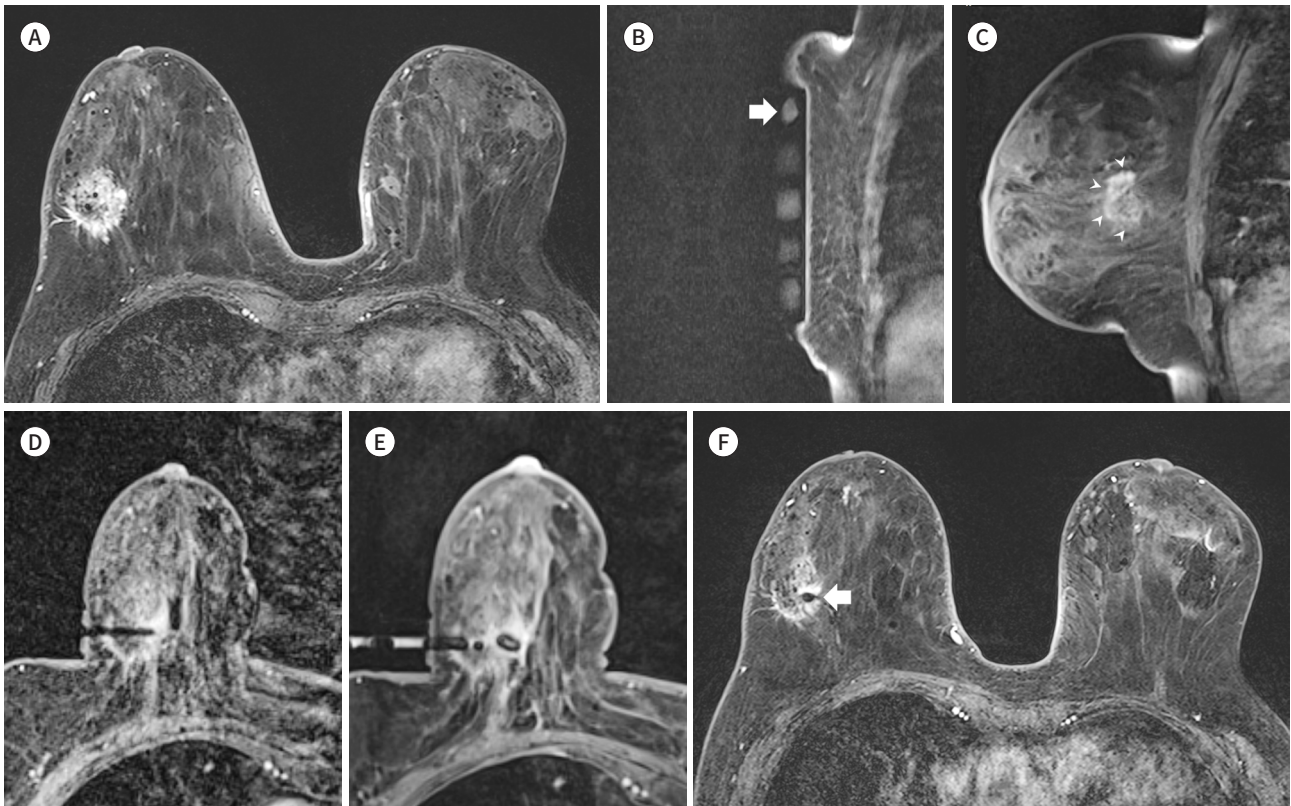


Fig. 5. A 78-year-old patient with a history of silicone injection in both breasts, approximately 40 years ago underwent breast MRI because mammography and breast ultrasound are limited for cancer screening due to interstitial mammoplasty.

A-F. (A) An irregular, spiculated, heterogeneously enhancing mass is seen at the 9 o'clock position on the right breast; MRI-guided biopsy was recommended for its diagnosis. (B) A fiducial marker (arrow) is attached to the skin of the lateral aspect of the right breast with the grid system. (C) After contrast enhancement, the target lesion is visualized on sagittal image (arrowheads). (D) After an introducer sheath with stylet was inserted, the stylet was replaced with an obturator; the tip of the introducer sheath with obturator is located at the center of the target lesion on contrast-enhanced T1 axial image. (E) On post-biopsy contrast-enhanced T1 axial image, hematoma and air bubbles are noted at the target lesion and needle track. (F) After the tissue marker (arrow) was confirmed on post-biopsy image, the biopsy was finished.



(artifact)을 최소화하는 것이 좋다.

안쪽 단검 진입 과정에서 팁

병변의 위치가 앞쪽에 위치하여 압박이 약한 부위라면 절개를 넣는 것이 조직의 밀림 없이 안쪽 단검을 병변에 위치시키는데 도움이 될 수 있다(11). 안쪽 단검 삽입 전 인트로듀서 덮개에 고무재질로 된 멈춤 장치(stopper)를 끼워 넣고 계산된 피부에서 병변까지의 깊이에 해당하는 위치에 멈춤 장치를 고정하면 안쪽 단검이 계산된 깊이 이상 들어가지 않도록 도움이 될 수 있다.

시술 후 병변의 변화 여부 확인

조직생검술 후 다시 폐쇄장치를 삽입하여 지방억제 조영증강 T1 강조영상을 얻는다. 이때 얻은 영상은 시술 전 지방억제 조영증강 T1 강조영상과 비교를 통해 병변의 변화 여부를 확인하도록 한다. 시술 전 영상에 비해 병변의 크기가 작아지거나 아예 사라진 경우 조직의 획득이 적절하게 이루어

어진 것으로 볼 수 있다. 조직생검술을 진행하는 동안 조영제 주입 이후의 시간이 점차 늘어나기 때문에, 시술 후 영상을 확인할 때에는 주변 조직의 배경실질조영증강과 병변 자체의 조영증강 씻김(washout) 등을 고려하여 해석하여야 한다. 시술 전후 영상을 비교 시 병변 크기의 변화가 없거나 미미하여 적절한 조직 획득이 이뤄지지 않았다고 판단이 될 경우에는 추가로 조직을 얻도록 한다.

조직표지자 삽입(Tissue Marker Insertion)

생검을 시행한 위치에 폐쇄관을 제거하고 인트로듀서 덮개를 통해 조직표지자(tissue marker)를 삽입하여 그 위치를 표시한다. 자기공명영상 유도하 생검 후 사용하는 조직표지자는 다른 생검 장비들과 마찬가지로 자기공명영상에 호환성을 가지는 물질로 만들어지며, 주로 티타늄이나 스테인리스 스틸 재질이 많이 사용된다. 조직표지자를 삽입한 후 지방억제 조영증강 T1 강조 영상을 획득해 그 위치의 적정성을 평가할 수 있다. 이때 조직표지자는 자기공명영상에서 신호 소실(signal void)로 보이게 되는데, 생검 후 발생한 혈종이나 생검 과정에서 주입된 공기 등으로 인해 발생한 인공물에 의해 평가에 제한이 있을 수 있다(22). 게다가 삽입된 조직표지자는 유방촬영이나 초음파로도 발견이 가능하기 때문에 생검 후 자기공명 영상이 필수적이진 않다. 다만, 조직표지자로서 클립(clip)이 사용되었다면 추후 유방촬영을 할 것이 권고 된다(18). 조직표지자의 삽입이 완료된 후 환자 몸에서 인트로듀서 덮개를 제거하고 격자의 압박을 해제하여 검사를 종료하도록 한다.

조직표지자의 이동(Migration)

삽입된 조직표지자는 약 14%에서 원래 삽입한 위치가 아닌 다른 위치로 이동(migration) 하는 경우가 있다(23). 이렇게 이동하는 데에는 여러 가지 이유가 있을 수 있다.

압박을 가한 상태로 검사를 시행한 후 검사 종료와 함께 압박을 해제할 때, 유방이 본래의 모습으로 되돌아가면서 조직표지자는 유방이 압박되었던 방향을 따라 이동할 수 있는데, 이를 아코디언 효과(accordion effect)라고 한다(24, 25). 특히, 자기공명영상 유도하 생검을 시행하는데 사용되는 흡인 생검 바늘은 그 굵기가 굵기 때문에 바늘이 삽입되었던 경로를 따라 조직표지자가 쉽게 이동하기도 한다(26, 27).

생검 후 발생한 혈종에 의해서도 조직표지자의 이동이 발생할 수 있다. 생검 후 다량의 혈종이 발생한 채로 조직표지자를 삽입하게 되면 혈종 내 조직표지자가 부유하는 상태로 삽입되거나 혈종 자체의 부피로 인한 영향으로 밀려날 수 있기 때문에, 추후에 혈종이 흡수되면서 본래 의도한 위치가 아닌 다른 위치로 이동할 확률이 높아진다. 그렇기 때문에 생검 후 영상에서 다량의 혈종이 발생하였을 경우 흡인을 하여 혈종을 최대한 제거한 후 조직표지자를 삽입해야 한다(28).

이 외에도 생검을 시행한 위치가 지방 조직이 우세한 위치인 경우에도 치밀 유방에 비해 표지자의 이동이 더 빈번히 나타날 수 있다(23, 28). 생검을 시행한 병변의 크기가 1 cm 미만으로 작아도 조직표지자의 이동이 일어날 수 있다. 조직표지자의 모양도 이동에 영향을 미칠 수 있는데, T자 모양의 조직표지자는 막대형, 나선형, U자형 등과 비교하여 유의하게 이동의 확률이 낮았다고 한다(29).

제한점: 생검 시 봉착하게 되는 문제와 그 해결 방법

자기공명영상 유도하 생검 시 여러 가지 문제들에 직면할 수 있다. 생검이 불가능한 경우의 하나로 검사를 위해 모든 준비를 완료한 후 조영제를 주입하여 첫 번째 조영증강 영상을 얻었을 때, 진단용 영상에서와 달리 생검을 시행할 병변이 보이지 않는 경우이다. 약 14% 정도에서 보고되고, 주로 생검 대상이 되는 병변이 비종괴 조영증강인 경우에 많이 발생한다(30-32). 이런 경우에는 우선 유방의 압박 강도를 감소시켜 압박으로 인해 감소되었던 유방의 관류를 증가시킨 후 병변을 다시 확인한다. 배경실질조영증강으로 인해 병변이 가려지는 경우에는 감산 영상(subtraction image)을 이용하여 배경실질조영증강을 제거한 상태에서 다시 평가해 본다. 이후에도 병변이 보이지 않으면 환자의 월경 주거나 호르몬 대체 요법으로 인한 배경실질조영증강의 변화 여부를 확인하고 생검 계획을 다시 세워야 한다. 이렇게 생검 당시 병변의 조영증강이 뚜렷하지 않은 병변 중 5%에서 악성의 위험도가 있는 것으로 보고된 바가 있어(30), 반드시 다시 일정을 조정하여 생검을 다시 시도해야 한다. 만약 이후에도 병변이 뚜렷하지 않다면 자기공명영상으로 3-6개월 간격으로 추적관찰을 진행하며 병변의 변화 여부를 확인한다. 추적관찰 중 병변의 크기가 증가하거나 의심스러운 모양으로 변화하는 양상이 있다면 반드시 생검을 다시 시도해야 한다.

또 다른 어려움은 병변의 위치로 인해 생검이 어려운 경우이다. 병변이 유방의 뒤편에 위치하여 흉벽에 가까운 경우, 생검 과정에서 흉벽 손상의 우려가 있기 때문에 환자의 팔을 머리 위로 올리게 하여 최대한 흉근(pectoralis muscle)을 격자 바깥으로 빠지도록 하면서 유방 실질은 격자 내에 남도록 하여 유방실질과 흉근을 최대한 분리할 수 있도록 한다. 반대로, 병변의 위치가 유방의 앞 편에 위치하여 접근이 쉽지 않은 경우나 환자의 가슴이 작은 경우에는 유방의 압박이 골고루 이루어지지 않아 안정성이 떨어지기 때문에 생검 바늘이 접근하는 반대편 피부의 유두 앞쪽으로 작은 지지대(pad)를 위치시킴으로써 격자 내 유방이 골고루 압박되도록 한다(22). 또한, 가슴이 작은 경우에는 소독 후 국소마취를 할 때 넉넉한 양의 마취제를 주입하여 상대적으로 가슴의 부피를 증가시키는 것도 하나의 해결책으로 제시되기도 한다(20).

생검 후 영상-병리 결과 간의 일치성 확인

자기공명영상 유도하 생검은 다른 영상 유도하 생검들과 달리, 조직 획득의 정확도를 평가하는데 제한이 있다. 입체정위생검술의 경우 검사 종료 표본촬영술(specimen mammography)을 통해 석회의 획득을 평가할 수 있고, 초음파 유도하 생검은 실시간 영상을 통해 병변의 중심 부위에서 조직 획득 성공 여부를 확인할 수 있다. 하지만 자기공명영상은 이러한 과정이 모두 불가능하기 때문에, 환자마다의 유방암 위험 소인을 고려하여 생검 후 병리학적 결과에 대해 반드시 영상학적 소견과의 일치성(concordance)을 평가해야 한다(11).

자기공명영상에서 발견된 병변이 자기공명영상 유도하 생검을 통해 악성으로 진단될 양성예측률(positive predictive value)은 16%-61%로 보고된다(12, 33, 34). 양성예측률은 자기공명영상에서 발견된 병변의 형태학적 특징보다, 자기공명영상이 시행된 적응증에 따라서 달라질 수 있다(12). 특히, 국내에서는 유방암 고위험군, 즉 이전 유방암의 과거력이 있거나 이미 유방암으로 진단 받은 후 진단적 목적으로 유방 자기공명영상을 시행하는 경우가 대부분이기 때문에, 이를 고려하

여 병변의 영상-병리 결과간의 일치성을 평가해야한다.

생검의 결과와 영상학적 소견의 불일치성은 약 7%–10%로 아주 높은 편은 아니지만(19, 35), 영상-병리 간 불일치를 보인 케이스의 30%–66.7% 정도에서 악성으로 진단된 경우가 있기 때문에 (35, 36) 불일치를 보이는 경우에는 수술적 절제를 권고해야 한다.

자기공명영상 유도하 생검의 결과가 병변의 실제 진단 보다 과소평가(underestimation) 되는 경우는 입체정위생검술이나 초음파 유도하 생검에 비해 높은 것으로 알려져 있다. 비정형 관상피 증식증(atypical ductal hyperplasia)이 악성 병변으로 상향진단되는 비율은 입체정위생검술에 비해 21%, 초음파 유도하 생검에 비해 23.3% 높은 것으로 보고되어 있고, 관상피내암(ductal carcinoma in situ)이 침습 유방암으로 상향진단되는 비율은 입체정위생검술 대비 11%, 초음파 유도하 생검 대비 13.8% 더 높은 것으로 알려져 있다(37-39). 비정형 소엽증식증(atypical lobular hyperplasia)이나 소엽 상피 내 암(lobular carcinoma in situ) 역시 약 27%로 상향진단의 비율이 높다(33). 병변의 병리학적 진단이 상향진단될 가능성을 예측할 수 있는 영상학적 특징은 없다. 다만, 만일 환자가 이전에 동측 유방에서 유방암을 진단받았거나 고위험 병변을 진단받은 병력이 있다면 상향진단될 가능성이 높아질 수 있기 때문에 환자의 이전 병력을 반드시 고려해야 한다(30).

이 외에도 자기공명영상 유도하 생검의 결과가 방사형 반흔(radial scar), 편평 관상피 비정형(flat epithelial atypia), 엽상종양(phylloides tumor), 유두종(papilloma)과 같은 경계성 혹은 고위험 병변인 경우에도 수술적 절제를 권고하고 있다(9, 12, 33, 40).

자기공명영상 유도하 침 위치 결정술(MRI-Guided Needle Localization)

적응증(Indication)

유방 촬영술 및 초음파에서 보이지 않고 비촉지(nonpalpable) 병변으로 자기공명영상에서만 확인되는 조영증강 병변 중, 병변의 위치상 생검을 시행할 수 없는 경우가 주로 적응증이 된다. 생검이 어려운 위치로는 유방의 먼 뒤쪽(far posterior), 앞쪽 혹은 유두 하(anterior or subareolar region), 표층(superficial, 피부에서 2 cm 이내)이 있다. 유방의 내측(medial)에 위치한 병변은 이전에는 생검에 제한이 있던 위치였으나, 최근 내측으로 접근이 가능한 격자(medial access grid)가 개발되며 생검이 용이해졌다. 그 밖에도 자기공명영상에서만 보이는 병변의 수술적 제거를 위한 가이드(surgical planning), 자기공명영상 유도하 생검 후 삽입한 조직표지자가 이동한 경우, 생검 후 병리 결과가 일치하지 않는 경우(MR-pathology discordant), 그리고 병변이 유방 보형물이나 이전 수술로 인한 흉터에 인접한 경우 등이 적응증이 될 수 있다(41).

시술 과정

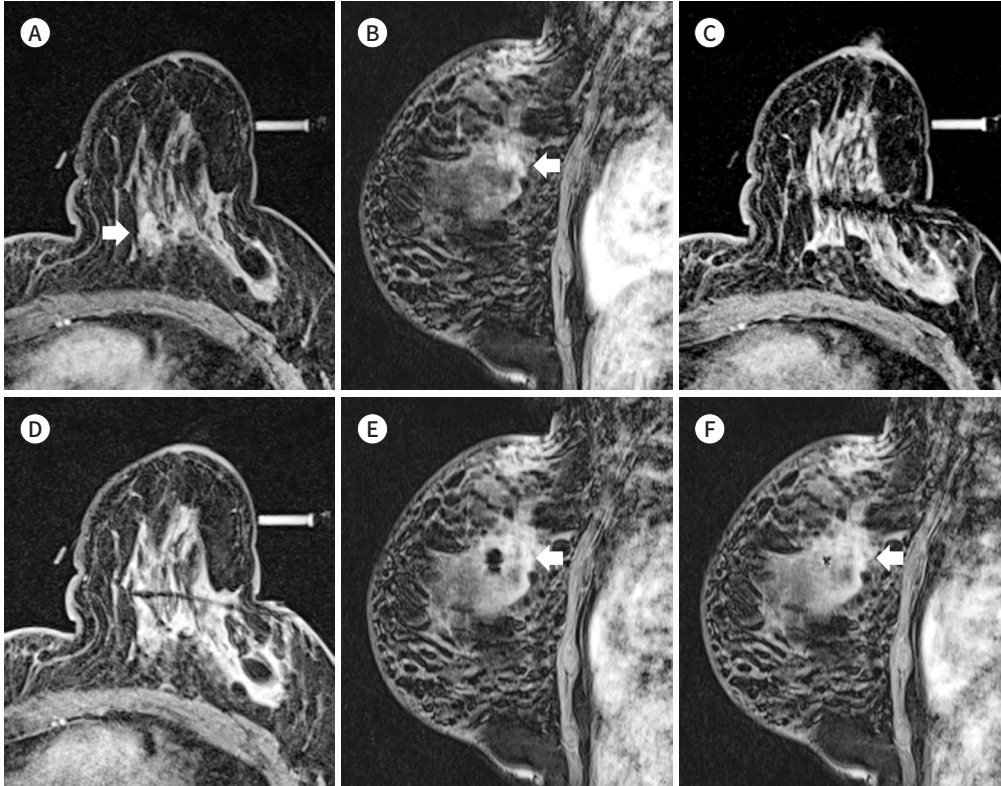
환자의 자세 잡기 및 영상 획득 및 병변 위치 선정까지의 과정은 자기공명영상 유도하 생검술과 동일하다. 시술에는 자기공명영상에 적합한 와이어 위치 표지자(MR compatible needle-wire localizer)를 사용하는 것이 환자의 안전뿐 아니라 자기감수성 인공물(susceptibility artifact)을 최소화하기 위해 필수적이다. 병변의 위치를 확인한 후에는 환자의 피부를 소독하고, 1% 리도카

Fig. 6. A 44-year-old patient with a history of interstitial mammoplasty with unknown material was diagnosed with ductal carcinoma in situ by MRI-guided vacuum-assisted breast biopsy.

A, B. An irregular shaped mass is seen at the 10 o'clock position on the left breast (arrows) on axial (**A**) and sagittal images (**B**).

C, D. After visualization of the lesion, a localization wire is inserted with needle guide (**C**) and is located properly at the anterior tip of the target lesion (**D**).

E, F. On sagittal images, the inserted wire is seen as a signal void due to the artifact at the anterior tip of the target lesion (arrows). (Courtesy of Dr. Hee Jung Shin at Asan Medical Center, University of Ulsan).



인을 주입하여 국소 마취를 시행한다. 침 가이드(needle guide)를 통해 바늘을 목표 지점(targeted depth)까지 위치시키는데, 바늘 끝부분(needle tip)이 병변에서 약 0.5-1 cm 가량 더 들어간 깊이에 위치하는 것이 적당하다. 추가로 축상면 영상(axial contrast-enhanced images)을 얻어 바늘이 적절한 위치에 있는지를 확인한다. 와이어를 진행하여 고정시킨 후 바늘을 제거하고 최종 확인을 위해 자기공명영상을 시행한다. 이때 작은 병변은 와이어의 자기감수성 인공물에 가려 보이지 않을 수 있고, 일부 병변은 조영제 씻김(contrast washout)으로 인해 뚜렷하게 보이지 않을 수도 있다(Fig. 6) (42).

시술 후에는 표준 유방촬영술을 시행하여 와이어의 위치를 확인한다. 자기공명영상 유도하 침 위치결정술의 경우, 유방촬영유도하 시술과 비교해 시술 후 와이어가 이동하는(wire migration) 경향이 있다. 이는 생검 후 삽입한 조직표지자의 이동과 유사하게, 시술 중 유방이 압박되는 방향과 와이어의 접근 방향이 같아 시술 후 아코디언 효과가 나타날 수 있기 때문이다(11).

제한점

검사 당일 자기공명영상에서 병변이 보이지 않는 경우 시술을 시행할 수 없는데, 이러한 경우 시술을 취소하고 자기공명영상의 단기 추적검사를 실시할 수 있다. 자기공명영상에서만 확인되는 병변이므로 수술 직후 표본촬영술을 통해 병변이 포함되었는지 여부를 확인할 수 없어 최종 병리 결과를 꼭 확인해야 한다. 자기공명영상 유도하 침위치결정술은 안전하고 정확도가 높은 시술로 알려져 있으나, 장비가 갖춰진 시설에서도 시술에 대한 경험이 부족해 흔히 이루어지는 시술은 아니다(42).

결론

국내에서 유방암의 발병률은 꾸준히 증가하는 추세를 보이고 있으며 이와 함께 유방 자기공명영상은 수술 혹은 항암치료 전 뿐만 아니라 수술 후 추적검사에도 활발히 적용되면서 그 건수가 지속적으로 증가하고 있다. 이와 함께 유방촬영술이나 유방 초음파에서는 발견되지 않는, 자기공명영상에서만 발견되는 병변에 대한 검사의 수요 또한 증가할 수밖에 없다. 이에 따라 영상의학과 의사들은 초음파 유도하 생검이나 입체정위생검술만큼 그 빈도가 높지 않지만 자기공명영상 유도하 생검의 과정에 대해서도 이해하고 있어야 하며, 시술의 적응증 및 금기에 대해서도 이해하고 있어야 한다.

자기공명영상에서 발견되었으나 생검이 어려운 병변의 경우에는, 비록 국내에서 활발히 이루어지는 시술은 아니지만, 자기공명영상 유도하 침위치결정술을 통한 수술적 절제도 고려해야 한다. 이전에는 시술에 대한 장벽으로 여겨졌던 많은 한계점들이 보완되면서 자기공명영상 유도하 침위치결정술은 안전하고 정확한, 그리고 시술시간 측면에서도 효율적인 검사로 인정되고 있다. 그렇기 때문에 국내 영상의학과 의사들도 자기공명영상 유도하 침위치결정술의 적응증 및 시술 과정을 이해하고 필요시에는 적극적으로 시술을 권장할 수 있어야 한다.

자기공명영상 유도하 시술에 있어서 기술적인 부분 뿐만 아니라 시술 시 직면할 수 있는 다양한 문제점과 한계점들을 인지하고 적절히 대처할 수 있어야 하며, 생검 후 결과와 영상 간의 일치성을 확인하여 이후 추가 검사나 수술적 절제의 필요성을 판단 및 권고할 수 있어야 한다.

Supplementary Materials

English translation of this article is available with the Online-only Data Supplement at <https://doi.org/10.3348/jksr.2022.0162>.

Author Contributions

Conceptualization, L.J., K.S.H.; data curation, P.G.E., L.J.; investigation, K.B.J.; project administration, L.J.; resources, P.G.E.; supervision, K.B.J., K.S.H.; validation, L.J.; writing—original draft, P.G.E., L.J.; and writing—review & editing, all authors.

Conflicts of Interest

Sung Hun Kim has been a Deputy Editor of the Journal of the Korean Society of Radiology since 2015; however, she was not involved in the peer reviewer selection, evaluation, or decision process of this article. Otherwise, no other potential conflicts of interest relevant to this article were reported.

Funding

None

REFERENCES

1. Boetes C, Mus RD, Holland R, Barentsz JO, Strijk SP, Wobbes T, et al. Breast tumors: comparative accuracy of MR imaging relative to mammography and US for demonstrating extent. *Radiology* 1995;197:743-747
2. Gavenonis SC, Roth SO. Role of magnetic resonance imaging in evaluating the extent of disease. *Magn Reson Imaging Clin N Am* 2010;18:199-206, vii-viii
3. Mann RM. The effectiveness of MR imaging in the assessment of invasive lobular carcinoma of the breast. *Magn Reson Imaging Clin N Am* 2010;18:259-276, ix
4. Peters NH, Borel Rinkes IH, Zuihoff NP, Mali WP, Moons KG, Peeters PH. Meta-analysis of MR imaging in the diagnosis of breast lesions. *Radiology* 2008;246:116-124
5. Kuhl C, Weigel S, Schrading S, Arand B, Bieling H, König R, et al. Prospective multicenter cohort study to refine management recommendations for women at elevated familial risk of breast cancer: the EVA trial. *J Clin Oncol* 2010;28:1450-1457
6. 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
7. Othman E, Wang J, Sprague BL, Rounds T, Ji Y, Herschorn SD, et al. Comparison of false positive rates for screening breast magnetic resonance imaging (MRI) in high risk women performed on stacked versus alternating schedules. *Springerplus* 2015;4:77
8. Saslow D, Boetes C, Burke W, Harms S, Leach MO, Lehman CD, et al. American Cancer Society guidelines for breast screening with MRI as an adjunct to mammography. *CA Cancer J Clin* 2007;57:75-89
9. American College of Radiology. ACR practice parameter for the performance of contrast-enhanced magnetic resonance imaging (MRI) of the breast 2018. Available at: <https://www.acr.org/-/media/acr/files/practice-parameters/mr-contrast-breast.pdf>. Accessed November 1, 2022
10. American College of Radiology. *ACR BI-RADS atlas: breast imaging reporting and data system*. Reston, VA: American College of Radiology 2013
11. McGrath AL, Price ER, Eby PR, Rahbar H. MRI-guided breast interventions. *J Magn Reson Imaging* 2017;46:631-645
12. Han BK, Schnall MD, Orel SG, Rosen M. Outcome of MRI-guided breast biopsy. *AJR Am J Roentgenol* 2008;191:1798-1804
13. Cha SY, Ko EY, Han BK, Ko ES, Choi JS, Park KW, et al. Magnetic resonance imaging-guided breast biopsy in Korea: a 10-year follow-up experience. *J Breast Cancer* 2021;24:377-388
14. Arazi-Kleinman T, Skair-Levy M, Slonimsky E, Maly B, Uziely B, Libson E, et al. Journal club: is screening MRI indicated for women with a personal history of breast cancer? Analysis based on biopsy results. *AJR Am J Roentgenol* 2013;201:919-927
15. Kang BJ, Kim SH, Choi JJ, Lee JH, Cha ES, Kim HS, et al. The clinical and imaging characteristics of breast cancers in patients with interstitial mammoplasty. *Arch Gynecol Obstet* 2010;281:1029-1035
16. An Y, Kim S, Kang B, Lee J. Usefulness of magnetic resonance imaging-guided vacuum-assisted breast biopsy in Korean women: a pilot study. *World J Surg Oncol* 2013;11:200
17. Spick C, Baltzer PA. Diagnostic utility of second-look US for breast lesions identified at MR imaging: systematic review and meta-analysis. *Radiology* 2014;273:401-409
18. Heywang-Köbrunner SH, Sinnatamby R, Lebeau A, Lebrecht A, Britton PD, Schreer I; Consensus Group. Interdisciplinary consensus on the uses and technique of MR-guided vacuum-assisted breast biopsy (VAB): results of a European consensus meeting. *Eur J Radiol* 2009;72:289-294
19. Noroozian M, Gombos EC, Chikarmane S, Georgian-Smith D, Raza S, Denison CM, et al. Factors that impact the duration of MRI-guided core needle biopsy. *AJR Am J Roentgenol* 2010;194:W150-W157
20. Yun BL, Kim SM, Jang M, Cho N, Moon WK, Kim HH. Breast magnetic resonance imaging-guided biopsy. *J Korean Soc Radiol* 2016;74:351-360
21. Preibsch H, Baur A, Wietek BM, Krämer B, Staebler A, Claussen CD, et al. Vacuum-assisted breast biopsy with 7-gauge, 8-gauge, 9-gauge, 10-gauge, and 11-gauge needles: how many specimens are necessary? *Acta Ra-*

diol 2015;56:1078-1084

22. Price ER. Magnetic resonance imaging-guided biopsy of the breast: fundamentals and finer points. *Magn Reson Imaging Clin N Am* 2013;21:571-581
23. Funaro K, Prather A, Niell B, Jared Weinfurter R. Tissue marker migration after MRI-guided breast biopsy: migration frequency and associated factors. *Breast J* 2020;26:440-445
24. Liberman L, Dershaw DD, Morris EA, Abramson AF, Thornton CM, Rosen PP. Clip placement after stereotactic vacuum-assisted breast biopsy. *Radiology* 1997;205:417-422
25. Lee SG, Piccoli CW, Hughes JS. Displacement of microcalcifications during stereotactic 11-gauge directional vacuum-assisted biopsy with marking clip placement: case report. *Radiology* 2001;219:495-497
26. Rosen EL, Vo TT. Metallic clip deployment during stereotactic breast biopsy: retrospective analysis. *Radiology* 2001;218:510-516
27. Le-Petross HT, Hess KR, Knudtson JD, Lane DL, Moseley TW, Geiser WR, et al. Effect of mammography on marker clip migration after stereotactic-guided core needle breast biopsy. *Curr Probl Diagn Radiol* 2017;46:410-414
28. Esserman LE, Cura MA, DaCosta D. Recognizing pitfalls in early and late migration of clip markers after imaging-guided directional vacuum-assisted biopsy. *Radiographics* 2004;24:147-156
29. Jain A, Khalid M, Qureshi MM, Georgian-Smith D, Kaplan JA, Buch K, et al. Stereotactic core needle breast biopsy marker migration: an analysis of factors contributing to immediate marker migration. *Eur Radiol* 2017;27:4797-4803
30. Niell BL, Lee JM, Johansen C, Halpern EF, Rafferty EA. Patient outcomes in canceled MRI-guided breast biopsies. *AJR Am J Roentgenol* 2014;202:223-228
31. Johnson KS, Baker JA, Lee SS, Soo MS. Cancellation of MRI guided breast biopsies for suspicious breast lesions identified at 3.0 T MRI: reasons, rates, and outcomes. *Acad Radiol* 2013;20:569-575
32. Hefler L, Casselman J, Amaya B, Heinig A, Alberich T, Koelbl H, et al. Follow-up of breast lesions detected by MRI not biopsied due to absent enhancement of contrast medium. *Eur Radiol* 2003;13:344-346
33. Heller SL, Elias K, Gupta A, Greenwood HI, Mercado CL, Moy L. Outcome of high-risk lesions at MRI-guided 9-gauge vacuum-assisted breast biopsy. *AJR Am J Roentgenol* 2014;202:237-245
34. Rauch GM, Dogan BE, Smith TB, Liu P, Yang WT. Outcome analysis of 9-gauge MRI-guided vacuum-assisted core needle breast biopsies. *AJR Am J Roentgenol* 2012;198:292-299
35. Lee JM, Kaplan JB, Murray MP, Bartella L, Morris EA, Joo S, et al. Imaging histologic discordance at MRI-guided 9-gauge vacuum-assisted breast biopsy. *AJR Am J Roentgenol* 2007;189:852-859
36. Malhaire C, El Khoury C, Thibault F, Athanasiou A, Petrow P, Ollivier L, et al. Vacuum-assisted biopsies under MR guidance: results of 72 procedures. *Eur Radiol* 2010;20:1554-1562
37. Eby PR, Ochsner JE, DeMartini WB, Allison KH, Peacock S, Lehman CD. Frequency and upgrade rates of atypical ductal hyperplasia diagnosed at stereotactic vacuum-assisted breast biopsy: 9-versus 11-gauge. *AJR Am J Roentgenol* 2009;192:229-234
38. Jackman RJ, Burbank F, Parker SH, Evans WP 3rd, Lechner MC, Richardson TR, et al. Stereotactic breast biopsy of nonpalpable lesions: determinants of ductal carcinoma in situ underestimation rates. *Radiology* 2001;218:497-502
39. Lee SH, Kim EK, Kim MJ, Moon HJ, Yoon JH. Vacuum-assisted breast biopsy under ultrasonographic guidance: analysis of a 10-year experience. *Ultrasonography* 2014;33:259-266
40. Orel SG, Rosen M, Mies C, Schnall MD. MR imaging-guided 9-gauge vacuum-assisted core-needle breast biopsy: initial experience. *Radiology* 2006;238:54-61
41. Gao Y, Bagadiya NR, Jardon ML, Heller SL, Melsaether AN, Toth HB, et al. Outcomes of preoperative MRI-guided needle localization of nonpalpable mammographically occult breast lesions. *AJR Am J Roentgenol* 2016;207:676-684
42. Raj SD, Agrons MM, Woodtichartpreecha P, Kalambo MJ, Dogan BE, Le-Petross H, et al. MRI-guided needle localization: indications, tips, tricks, and review of the literature. *Breast J* 2019;25:479-483

자기공명영상 유도하 유방의 중재적시술: 조직생검술 및 침위치결정술

박가은 · 이정민* · 강봉주 · 김성현

국내에 자기공명영상의 보급의 증가와 함께 유방 자기공명영상의 건수도 지속적으로 증가하고 있다. 하지만 이에 비해 자기공명영상 유도하 조직생검술 및 침위치결정술과 같은 유방의 중재적 시술은 초음파 유도하 시술이나 입체정위생검술에 비해 많이 이루어지지 않는다. 유방 자기공명영상은 다른 유방 영상 검사들에 비해 높은 민감도를 보이는 검사법이지만 그 특이도는 제한되는 검사법이기 때문에, 자기공명영상에서만 발견된 병변들은 자기공명영상 유도하 조직생검술이나 자기공명영상 유도하 침위치결정술을 통한 수술적 절제를 통하여 병리적 진단이 이루어져야 한다. 이러한 배경을 바탕으로, 본 중설에서는 자기공명영상 유도하 유방의 중재적 시술들의 적응증, 시술 방법, 시술 과정에서의 여러 고려 사항 및 제한점들에 대해 다루고자 한다.

가톨릭대학교 의과대학 서울성모병원 영상의학과