

유방 확대술 후 영상학적 평가

은나래

연세대학교 의과대학 강남세브란스병원 영상의학과

유방 확대술과 재건술은 미용적 목적뿐만 아니라 유방암 절제 후 재건을 위해 시행되는 중요한 수술법이다. 특히, 유방 보형물 삽입은 현대적인 기술과 다양한 재료의 발전으로 인해 보편화되었다. 그러나 유방 보형물은 시간이 지남에 따라 다양한 합병증을 유발할 수 있으며, 이에 대한 정확한 진단과 평가를 위해 영상 검사가 필수적이다. 본 종설에서는 유방 보형물 삽입 후 발생할 수 있는 합병증 및 영상 소견을 유방촬영술, 초음파, 자기공명영상(magnetic resonance imaging; MRI) 등의 영상 기법을 중심으로 논의하고자 한다.

Index words: Breast augmentation; Mammography; Magnetic resonance imaging; Ultrasound

서론

유방 보형물 삽입은 미용적인 목적뿐만 아니라, 유방암 절제술 후 재건술을 위한 중요한 수술적 방법으로 자리 잡았다. 최초의 유방 보형물 이식은 1895년 Czerny에 의해 시행되었으며, 이후 다양한 보형물 재료와 수술 기법이 개발되었다 (1). 현재 가장 널리 사용되는 보형물은 실리콘 겔과 생리식염수 보형물이며, 최근에는 자가조직 피판을 이용한 재건술도 시행되고 있다.

그러나 유방 보형물은 시간이 지남에 따라 여러 가지 합병증을 유발할 수 있다. 가장 흔한 합병증 중 하나는 보형물 파열이며 보형물 삽입 후 10~15년이 지나면서 발생 확률이 증가한다 (2). 이 외에 피막 구축(capsular contracture), 보형물 주위 액체 저류, 감염 및 염증 반응, 지방 괴사 등이 있다 (3). 이러한 합병증은 임상적으로 발견하기 어려운 경우가 많으며, 무증상 상태에서 영상 검사

를 통해 우연히 발견되는 경우가 많다 (2, 4). 따라서 유방 확대술 이후 환자의 적절한 평가와 모니터링을 위해 유방 촬영술, 초음파, MRI 등의 영상 검사에 대한 이해가 필수적이다.

1. 유방 보형물의 종류와 삽입 위치

유방 보형물의 종류(Types of Breast Implants)

유방 보형물은 단일 루멘(single-lumen)과 이중 루멘(double-lumen) 보형물로 구분되며, 이중 루멘 보형물은 내부 루멘(inner lumen)은 실리콘, 외부 루멘(outer lumen)은 생리식염수로 충전되어 있어 두 가지 물질의 장점을 결합한 형태이다 (3). 단일 루멘은 크게 실리콘 겔(silicone gel) 보형물과 생리식염수(saline) 보형물로 나뉜다. 각 보형물은 물리적 특성과 안정성, 영상 소견에서 차이를 보인다. 실리콘 겔 보형물은 점탄성을 가진 실리콘 겔이 실리콘 고무로 된 피막(silicone elastomer shell) 내부에 충전된 형태로 현재 가장 많이 사용되고 있는 보형물이다 (3). 하지만 파열이 발생하면 내부의 실리콘이 체내 조직으로 퍼질 위험이 있으며, 파열 여부를 확인하기

통신저자: 은나래
(06723) 서울시 강남구 언주로 211 연세의대
강남세브란스병원 영상의학과
Tel. +82-2-2019-3510 Fax. +82-2-3462-5472
E-mail: enrlove@yuhs.ac

위해 정기적인 영상 검사가 필요하다. 생리식염수 보형물은 보형물 삽입 후 멸균된 생리식염수를 주입하여 부피를 채우는 방식으로, 파열이 발생하더라도 체내에서 자연적으로 흡수되므로 안전성이 높다. 하지만 촉감이 다소 단단하며, 시간이 지나면서 생리식염수의 일부가 새어 나가 보형물이 수축할 가능성이 있다 (3, 5).

유방 보형물의 삽입 위치(Location of Breast Implant Insertion)

유방 보형물의 삽입 위치는 보형물의 안정성, 유방 실질의 변화 및 합병증 발생률에 중요한 영향을 미친다. 대표적인 삽입 위치로는 대흉근 전(retroglandular) 삽입과 대흉근 후(retropectoral) 삽입이 있다 (3). 대흉근 전 삽입은 보형물이 유선 조직 바로 아래 위치하며 대흉근 앞에 놓이게 된다. 이 방법은 수술이 비교적 간단하고 회복이 빠르다는 장점이 있지만, 피막 구축(capsular contracture)과 같은 합병증이 발생할 가능성이 상대적으로 높다. 또한, 유방촬영술에서 보형물이 유방 실질을 앞으로 밀어내어 정상 조직이 영상에서 거의 보이지 않을 정도로 차폐될 수 있다 (6). 반면, 대흉근 후 삽입은 보형물이 대흉근 아래에 위치한다. 이 방법은 보형물이 보다 자연스럽게 움직일 수 있으며, 피막 구축 발생률이 낮은 장점이 있다 (3, 6). 유방촬영술에서 유방 실질이 보형물 전면에 남아 있어 상대적으로 더 많은 정상 조직을 관찰할 수 있으며, 보형물로 인해 영상 평가가 제한되는 정도도 비교적 적다 (3).

2. 유방 보형물의 정상 영상 소견

유방촬영술(Mammography)

유방촬영술은 보형물 파열을 진단하는 민감도가 11%-69%로 낮고, 보형물 내부의 밀도로 인해 내부 주름 등을 형상화하기 힘들어 평가에 제한점이 있다 (7, 8). 유방 촬영술에서는 보형물이 삽입된 유방에서 보형물 자체가 크고 타원형의 고밀도 음영으로 나타난다. 경우에 따라 보형물을 둘러싼 섬유 피막이 시간이 지나며 두꺼워지거나 석회화되어 얇은 테두리 형태로 보일 수도 있지만, 이는 장기 삽입에 따른 변화이다 (9). 또한 보형물 삽입 환자의 유방촬영 검사 시에는 보형물로 가려진 조직을 보기 위해 보형물을 뒤로 젖혀 촬영하는 보조 기법(Eklund maneuver)을 사용하여 가능한 한 정상 유방조직을 최대

한 포함할 수 있게 한다 (10, 11).

초음파(Ultrasonography)

초음파는 유방촬영술보다 보형물 파열 감지에 더 민감하지만, MRI보다는 민감도가 낮은 것으로 보고되었다. 초음파의 민감도는 연구에 따라 30%-75%로 다양하게 나타나며, 음성 예측도는 50%-90% 범위로 비교적 높은 편이다 (8). 이러한 특성 때문에 초음파는 보형물 파열이 의심되는 경우 초기 평가에 유용할 수 있으며, MRI보다 검사 시간이 짧고 비용이 저렴하며 환자가 쉽게 받을 수 있다는 장점이 있다 (12).

정상적인 단일 루멘 실리콘 보형물은 초음파에서 균질한 무에코(anechoic) 구조로 나타나며, 이는 보형물이 손상되지 않았음을 의미한다 (13). 정상적인 보형물은 매끄러운 윤곽을 가지며, 주변에 삼중층(trilaminar) 경계를 보이는데, 이는 섬유 피막과 보형물의 실리콘 엘라스토머 껍질이 형성하는 구조이다 (14). 보형물이 수술적 삽입 과정에서 접히면서 방사상 주름(radial folds)이 발생할 수 있으며, 이는 정상적인 소견으로 보형물 내부 파열과 혼동해서는 안 된다. 시간이 지나면서 보형물을 둘러싼 섬유 피막이 형성되며, 이는 초음파에서 삼중층 구조로 보이는데, 바깥쪽 고에코성 선은 섬유 피막의 외부 표면, 중간층은 섬유 피막의 내부 표면과 실리콘 껍질의 외부 표면이 융합된 구조, 그리고 가장 안쪽 고에코성 선은 실리콘 껍질의 내부 표면을 나타낸다 (14). 이러한 정상적인 삼중층 구조가 유지되는 것은 보형물이 온전하다는 중요한 증거가 된다. 보형물의 외형에서 비정상적인 돌출(herniation)이 관찰될 경우, 이는 섬유 피막의 약화 또는 손상을 의미할 가능성이 있어 주의 깊은 평가가 필요하다 (8).

자기공명영상(Magnetic Resonance Imaging)

MRI는 실리콘 보형물의 손상을 비침습적으로 평가하는 가장 정확한 영상 기법이다. 여러 연구에 따르면 MRI는 실리콘 보형물 파열을 감지하는 데 있어 72%-94%의 민감도와 85-100%의 특이성을 보여준다 (8). 미국 식품의약국(Food and Drug Administration; FDA)은 증상이 없는 실리콘 보형물 파열을 감지하기 위해 주기적인 MRI 검사를 권장하며, 이는 보형물 삽입 후 3년에 한 번, 그 후로는 2년마다 수행한다 (15, 16). 그러나 이러한 검사 방법에 대해서는 환자의 질병 부담을 줄인다는 명확한 증거가 없어 논란이 있다. 대부분의 조직 확장기는 자기장 위치

확인 장치를 포함하고 있어 MRI 검사에 대한 금기 사항으로 간주된다 (8). 보형물의 충전물을 구별하는 것은 일반적으로 T2 가중 시퀀스를 통해 이루어지며 식염수 보형물은 크기 조절을 위한 밸브가 있으며 T2 가중 영상에서 지방에 비해 매우 밝게 나타난다. 반면 실리콘 보형물은 중간 신호 강도를 보인다 (8). 표준 프로토콜에는 T1 가중 영상, 고속 스핀 에코(fast spin echo) T2 가중 영상, short tau inversion recovery (STIR), STIR에 화학적 이동선택 포화펄스(chemical shift selective saturation pulse)를 통해 물 신호를 억제한 실리콘 선택적 시퀀스를 포함되며 이러한 조합은 보형물 내부 구조를 선명하게 보여주며, 파열을 정확하게 식별하는 데 높은 민감도를 제공한다 (6, 17, 18).

정상 영상 소견(Normal Imaging Findings)

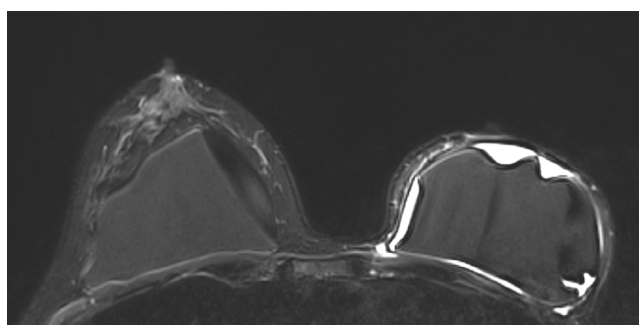
보형물 내부의 접힘, 즉 방사상 접힘(radial fold)은 정상 소견으로 보형물이 압박되거나 변형될 때 발생할 수 있으며, 이는 파열을 모방할 수 있는데, MRI에서는 방사상 접힘을 식별하여 파열과 구분하는 것이 중요하다. 방사상 접힘은 링귀니 징후(linguini sign)라고 불리는 보형물 파열 시 나타나는 선보다 일반적으로 더 두껍다. 짧고 직선적인 접힘은 단순 접힘으로, 길고 곡선적인 접힘은 복잡한

접힘으로 알려져 있으며, 이는 보형물 파열과 구분이 어려울 수 있다. MRI에서 방사상 접힘은 보형물 표면에 수직인 저신호 선으로 나타나며, 멀티플레인 MRI에서 이러한 복잡한 접힘을 보형물 파열과 구분하는 것이 중요하다 (Fig. 1) (19). 또한, 보형물 주위의 소량 삼출액(perimplant fluid collection) 역시 정상적인 염증 반응이다 (Fig 1, 2). 때로 식염수 보형물이 시간이 지남에 따라 방출될 수 있으며, 이는 삼출액이 관찰될 때 식염수 이동으로 인한 것일 수 있다 (20).

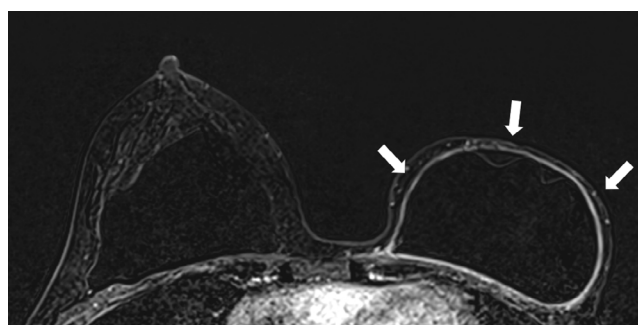
3. 유방 보형물의 합병증 및 영상 소견

보형물 주위 액체 저류(Peri-implant Fluid Collections)

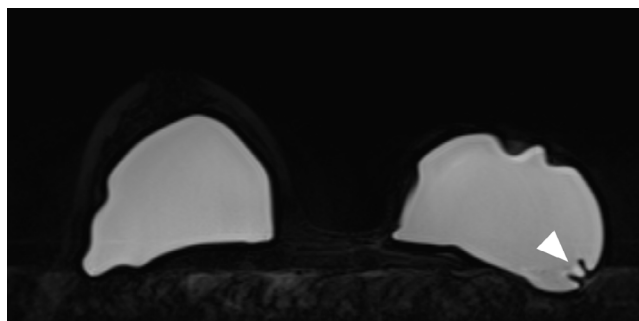
초기 단계에서 흔히 나타나는 합병증은 장액종으로, 수술 후 약 4~5주 이내에 자연스럽게 흡수되는 경향이 있다. 감염은 특히 유방 재건술을 받은 환자에서 더 자주 발생하며, 발생 비율은 약 1%-7% 사이로 보고된다. 감염을 의심할 수 있는 영상학적 소견으로는 복합적인 체액 고임, 피부의 두꺼워짐, 보형물을 둘러싼 섬유성 피막의 조영 증가, 그리고 고신호를 보이는 실리콘 내부로 이어지는 구조 등이 있으며, 양쪽 보형물 주변에 액체 고임이 동반될



a

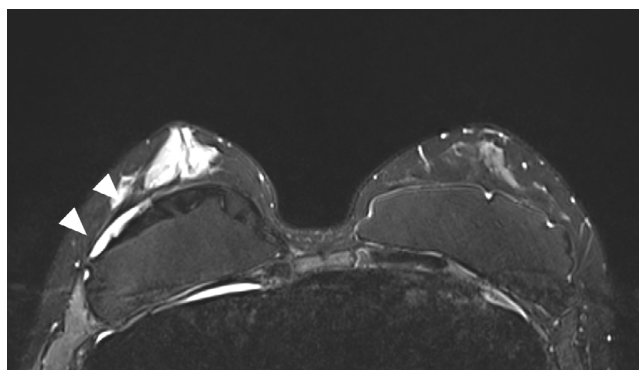


b

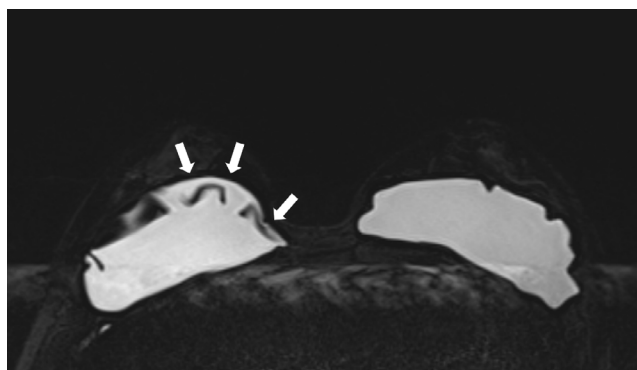


c

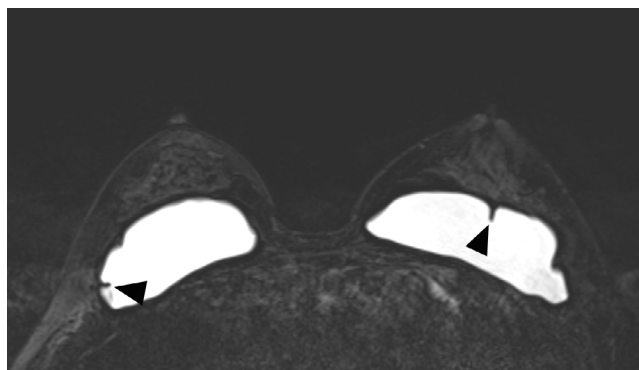
Fig. 1. MRI findings of capsular contracture in a 46-year-old patient complaining of breast implant firmness. (a) Fat-saturated T2-weighted image shows peri-implant fluid collections in the left breast. (b) Delayed contrast-enhanced T1-weighted image shows diffuse capsular thickening and enhancement in the left implant (arrows). (c) Silicone-specific axial image shows radial folds (arrowhead) in the left implant, suggesting no rupture.



a



b



c

Fig. 2. MRI findings of intracapsular rupture in a 44-year-old patient. (a) Fat-saturated T2-weighted image shows peri-implant fluid collection in the right breast (white arrowheads). (b) Silicone-specific axial images demonstrate a subcapsular line (arrows) in the right implant, which suggests intracapsular rupture. (c) Radial folds are also visible (black arrowheads) in both implants, which are normal findings.

수 있다 (3). 혈종은 전체 환자의 5% 미만에서 나타나며, 발생 시점과 혈종의 상태에 따라 MRI 상에서 다양한 신호 패턴을 보인다. 수술 후 한참 지난 시점에 발생하는 늦은 합병증으로는 만성 장액종이 있으며, 이는 보형물 삽입 후 1년이 지난 후에 드물게 생기며, 발생률은 약 1.4%-1.9% 정도로 알려져 있다. 이러한 늦은 장액종은 외상, 혈종, 감염, 보형물 파열, 활막 화생, 이중 피막 염증, 암 또는 보형물 관련 역형성 대세포 림프종(breast implant associated anaplastic large cell lymphoma; 이하 BIA-ALCL) 등과 관련될 수 있으며, 특히 질감 있는 보형물과 연관되어 있다 (3). 이와 같은 이상 반응은 환자의 상태나 보형물의 종류에 따라 다양하게 나타날 수 있기 때문에, 정기적인 검진과 정확한 진단이 필수적이다.

피막 구축(Capsular Contracture)

유방 보형물의 삽입 후 외부에 섬유성 피막이 형성되며 이 섬유성 피막은 정상적으로 탄력적이며 임상적으로는 느껴지지 않아야 한다. 그러나 과도한 흉터 조직의 형성은 피막 수축을 초래할 수 있는데, 이는 유방 확대 수술 후 발

생할 수 있는 가장 흔한 합병증 중 하나로, 외래 물질에 대한 반응으로 인한 보형물의 변형 및 경직을 유발한다 (3). 피막 수축은 수술 후 언제든지 발생할 수 있으나, 주로 수술 후 첫 몇 달 동안 발생한다 (21). 첫 번째 및 네 번째 세대 보형물에서 더 높은 발생률이 보고되었으며, 실리콘 보형물이 식염수 보형물보다 더 자주 발생한다 (6, 22). 또한 표면이 매끈한 보형물과 유방 조직 아래에 삽입된 보형물 및 수술 후 방사선 치료를 받은 경우 더 빈번하게 발생한다 (21, 23). 피막 수축은 주로 임상적으로 진단되며, 환자는 통증과 유방 변형을 호소한다. 영상 검사에서는 항상 나타나지는 않지만, 보형물의 비대칭적이고 불규칙한 윤곽 및 피막의 조영 증강, 구형화, 내부 주름 형성 또는 텐팅 현상과 같은 가능한 소견이 관찰될 수 있다 (Fig. 1) (3).

보형물 파열(Implant Rupture)

보형물 파열의 임상 진단은 어렵고, 절반 이상의 경우에서 누락될 수 있다. MRI는 보형물 파열의 존재와 범위를 파악하는 데 가장 적합한 방법으로, FDA에 의해 권장

되는 영상 진단 방법이다. 보형물 파열은 흔히 발생하는데, 실리콘 보형물의 경우 10년 후에 약 8-24%가 파열되며, 대부분의 파열은 삽입 후 10-15년 사이에 발생한다 (24). MRI는 보형물 파열을 진단할 때 64%-100%의 높은 민감도와 63%-97%의 특이도를 가진다 (3). 유방 보형물의 피막내 파열(intracapsular rupture)은 자유 실리콘이 실리콘 엘라스토머 껍데기에서 찢어지고 섬유성 피막이 완전히 유지되는 상태에서 발생하며, 피막외 파열(extracapsular rupture)은 실리콘이 엘라스토머 껍데기와 섬유성 피막의 봉기로 인해 주변 유방 조직으로 유입될 때 발생한다 (3).

피막내 파열(Intracapsular Rupture)

피막 파열의 징후는 가능한 파열 징후와 확실한 파열 징후로 구분될 수 있다. 가능한 파열 징후로는 윤곽의 변형과 부풀어 오름을 포함하는 쥐 꼬리 징후(rat tail sign),

섬유성 피막에서 발생하는 비정상적인 경계와 석회화, 실리콘 젤이 반응성 아래 피막 유체와 섞인 샐러드 오일(salad oil sign) 또는 방울 징후(droplet sign), 보형물 껍데기가 내향되어 막이 서로 닿지 않는 열쇠구멍 징후(keyhole sign), 작은 찢어짐을 통한 실리콘 유출로 인해 보형물 껍데기 내공에 실리콘 방울이 포함된 눈물방울 징후(teardrop sign) 등이 있다 (Fig. 3) (3). 이러한 징후들은 내부 피막 파열 진단에 구체적이지 않을 수 있으며 잘못된 진단을 초래할 수 있다. 확실한 파열 징후로는 실리콘 젤로 둘러싸인 저신호 선인 피막하 선(subcapsular line)이 있는데, 이는 섬유성 피막에 평행하게 진행된다 (Fig. 2). 철로 징후(railroad track sign)로도 알려진 이 선들은 초기 링귀니 징후의 형태로 간주된다 (Fig. 3). 실리콘 내부에서 저신호 강도의 곡선 선으로 나타나며, 접힌 엘라스토머가 실리콘 내부에서 떠 있고 섬유성 피막에 의해 포함되는 것을 나타내며, 파열을 판단하는데 가장 민감하고 특정한 징후이며, 이는 초음파에서는 사다리 징후

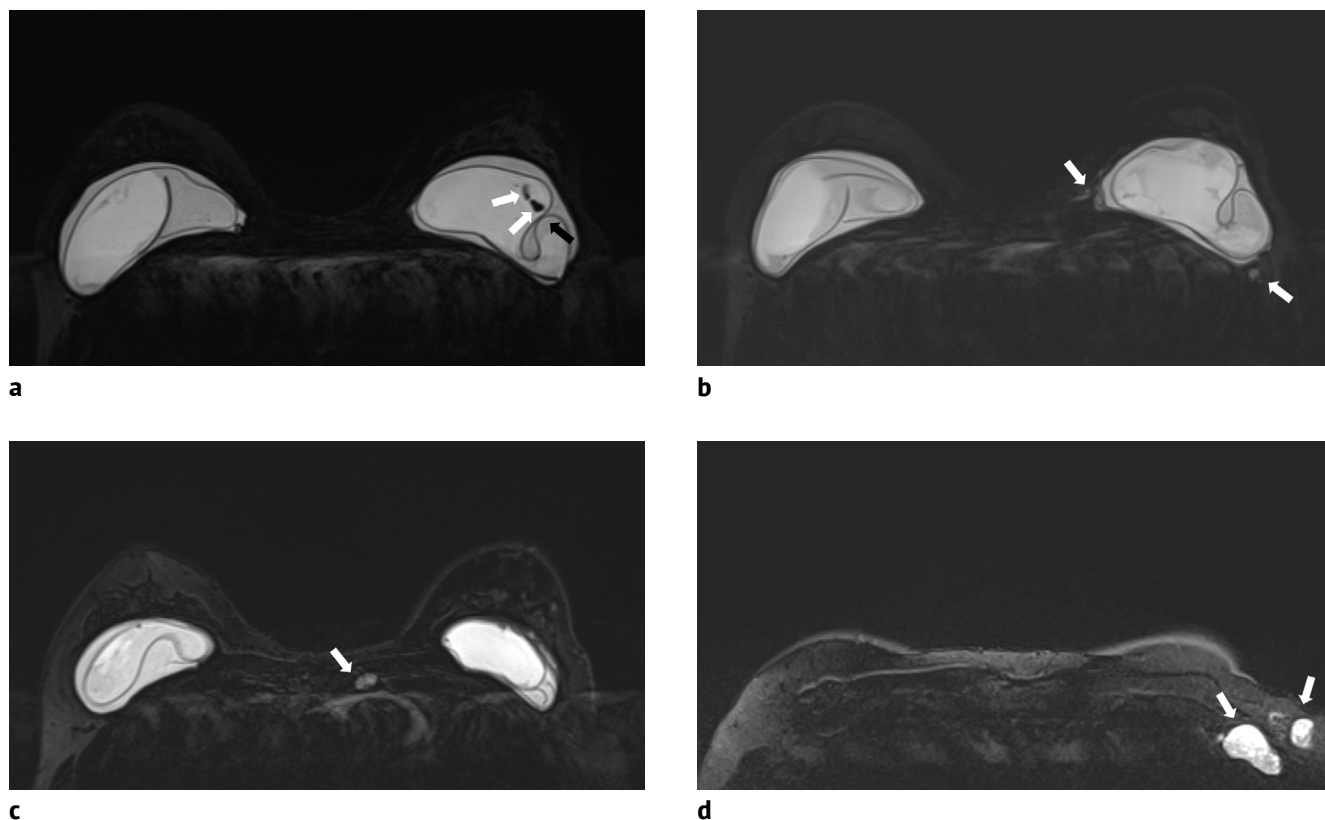


Fig. 3. MRI findings of both intra- and extracapsular rupture in a 62-year-old patient. (a) Silicone-specific axial image demonstrates the linguini sign in both implants, with the teardrop sign (black arrow) and saline droplets (white arrows) in the left implant, indicating the salad oil sign. (b) Silicone-specific axial image shows capsular disruption and free silicone surrounding the left implant (white arrows), suggesting extracapsular rupture. (c, d) Silicone-specific axial images also show silicone lymphadenopathy in the left internal mammary chain and left axilla (white arrows).

(stepladder sign)으로 보이게 된다 (3).

피막외 파열(Extracapsular Rupture)

자유 실리콘이나 실리콘 육아종은 껍데기와 피막의 파열을 나타내며, 주변 조직으로의 유출을 보여준다. 실리콘이 보형물의 정상적인 윤곽을 넘어서 확장될 때는 종종 유방촬영으로 발견할 수 있다. 초음파 검사에서 유방 조직 내 실리콘은 눈보라 징후(snowstorm appearance)를 보인다 (25) (Fig. 4). 실리콘 육아종은 초음파에서 다양한 모습을 나타내는 실리콘 덩어리로, 무에코의 낭종 같은 모습부터 등에코의 고형 결절, 그리고 전형적인 눈보라 인공물에 이르기까지 다양하다 (26). 실리콘 육아종의 변화하는 성상을 인식하는 것은 중요하며, 특히 후방 음향 음영이 동반된 경우 의심스럽게 보여 생검을 유도할 수 있어 주의해야 한다 (8). MRI에서 실리콘 선택 시퀀스는 외부 피막으로 유출된 실리콘을 감지하는데 특히 유용하고 민감하다 (27) (Fig. 3). 지방과 수분 신호가 억제되면 연조직 내에 아주 소량의 실리콘이라도 감지할 수 있다. 시간이 지남에 따라 실리콘 육아종에서 발생할 수 있는 염증과 조직의 성장은 실리콘 신호를 변화시켜 실리콘 선택 이미지에서 불균일한 시그널을 보일 수 있다. 또한 육아종은 조영증강을 보여주어 의심스러운 종괴와 유사하게 보일 수도 있다 (8). 불확실한 경우, 표적 초음파 검사를 사용하여 전형적인 눈보라 징후를 나타내는 외부 피막 실리콘의 존재를 확인해야 한다. 자유 실리콘 입자는 림프계로 수집되어 지역 림프절로 운반될 수 있으며, 시간이 지남에 따라 커지고 만져질 수 있다 (28). 림프절에서 실리콘의 감지는 반드시 파열을 의미하는 것은 아니며, 젤 유출의 결

과로 실리콘 신호 강도를 나타낼 수 있다 (8).

지방 괴사(Fat Necrosis)

지방 괴사는 외상 또는 수술로 인한 혈관 손상이 지방 조직에 발생할 때 나타나는 양성 염증 과정이며 유방 확대술, 재건 유방 수술, 또는 자가 지방 주입을 받은 환자들에서 흔히 발견된다 (3). 특징적인 유성 낭종(oil cyst)와 주변의 주변의 거친 고리 모양 또는 달걀껍질(eggshell) 형태의 석회화를 동반하는 유방촬영 소견이 있을 때 유방 촬영이 진단에 도움을 줄 수 있다 (29). T1 가중 MRI에서 높은 신호 강도를 보이며, 지방 포화 MRI에서는 낮은 신호 강도의 원형 또는 타원형 병변으로 나타난다. 지방 괴사는 때때로 주변 염증과 섬유화로 인해 유방 MRI에서 불규칙하거나 가시화된(spiculated) 가장자리를 가진 조영증강을 보이며, 이러한 경우 유방암과 구분이 어려울 수 있어 악성을 배제하기 위한 생검이 필요할 수 있다 (3).

유방 보형물 관련 역형성 대세포 림프종(Breast Implant Associated Anaplastic Large Cell Lymphoma)

유방 보형물 관련 역형성 대세포 림프종 (BIA-ALCL)은 주로 질감 있는 보형물을 사용한 후 약 10년이 지나 발생하는 드문 T-세포 림프종이다 (3). BIA-ALCL 발생 위험은 낮아, 환자 50만 명당 1명에서 300만 명당 1명 사이로 추정되며 국내에는 2019년 첫 사례가 보고되었다 (3). 이 질환은 임상적으로 유방의 부기, 통증, 만져지는 덩어리, 불균형 등의 증상으로 나타나며, 가장 흔한 영상 소견은

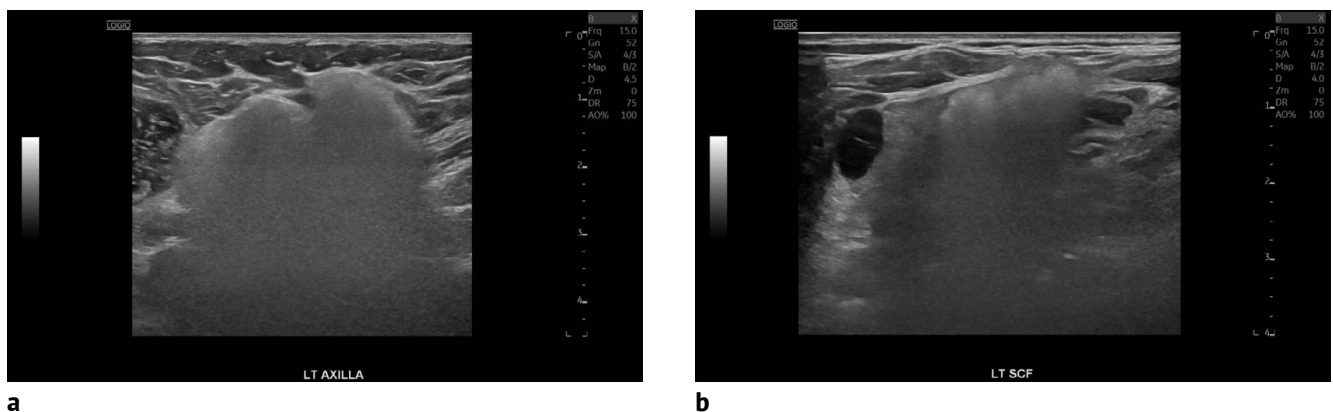


Fig. 4. US findings of silicone lymphadenopathy in a 62-year-old patient. (a, b) US images show snowstorm appearance of lymph nodes in the left axilla and supraclavicular fossa.

보형물 주변 유체 축적이며 그 다음으로 연조직 종양이 나타난다 (6). 수술 직후 보형물 주변 유체 축적이 나타나는 것은 흔하지만, 수술 후 1년 이상 지나서 새로운 유체 축적이 발견되면 BIA-ALCL을 의심해야 한다 (3). BIA-ALCL 진단을 위해서는 초음파와 MRI가 중요하며, 특히 진단이 불분명할 때 MRI를 사용한다. MRI는 정맥 내 조영제를 사용하여 보형물 주변 유체, 보형물 주변 종양 및 피막 조직의 조영 증강을 평가하는데 필요하며, BIA-ALCL이 의심되는 경우에 권장된다 (3). 지연된 임플란트 주변 유체 축적의 평가를 위해서는 유체를 뽑아 분석하고 의심되는 종양에 대한 조직 샘플링을 시행해야 한다 (30).

결론

유방 보형물 삽입 후 영상학적 평가는 매우 중요한 역할을 한다. 특히 MRI는 그 정확도와 민감성 때문에 보형물과 관련된 이상 상태를 파악하는 데 가장 효과적인 방법으로 평가받는다. MRI는 특히 보형물의 파열이나 피막 구축과 같은 합병증을 조기에 진단하는 데 유용하다. 또한, 성형 및 유방암 치료 목적으로 보형물을 통한 재건술을 시행한 경우, 보형물의 합병증으로 인한 재수술에 대한 불안감이 있다. 이런 상황에서 영상학적 평가는 임상 의사에게 환자의 현재 상태를 정확하게 알려줌으로써, 환자의 불안을 감소시키고, 보다 안전하고 효과적인 치료 계획을 수립하는 데 도움을 준다. 따라서 영상의학과 의사는 보형물과 관련된 가능한 합병증과 이에 대한 영상 소견을 정확히 알고 적절한 임상 조치를 제공할 수 있어야 한다.

References

1. Champaneria MC, Wong WW, Hill ME, Gupta SC. The evolution of breast reconstruction: a historical perspective. *World J Surg* 2012;36:730-742.
2. Amano Y, Aoki R, Kumita S, Kumazaki T. Silicone-selective multishot echo-planar imaging for rapid MRI survey of breast implants. *Eur Radiol* 2007;17:1875-1878.
3. Noreña-Rengifo BD, San í n-Ram í rez MP, Adrada BE, Luengas AB, Mart í nez de Vega V, Guirguis MS, et al. MRI for Evaluation of Complications of Breast Augmentation. *Radiographics* 2022;42:929-946.
4. Herborn CU, Marincek B, Erfmann D, Meuli-Simmen C, Wedler V, Bode-Lesniewska B, et al. Breast augmentation and reconstructive surgery: MR imaging of implant rupture and malignancy. *Eur Radiol* 2002;12:2198-2206.
5. Middleton MS, McNamara MP, Jr. Breast implant classification with MR imaging correlation: (CME available on RSNA link). *Radiographics* 2000;20:E1.
6. Green LA, Karow JA, Toman JE, Lostumbo A, Xie K. Review of breast augmentation and reconstruction for the radiologist with emphasis on MRI. *Clin Imaging* 2018;47:101-117.
7. Berg WA, Caskey CI, Hamper UM, Anderson ND, Chang BW, Sheth S, et al. Diagnosing breast implant rupture with MR imaging, US, and mammography. *Radiographics* 1993;13:1323-1336.
8. Seiler SJ, Sharma PB, Hayes JC, Ganti R, Mootz AR, Eads ED, et al. Multimodality Imaging-based Evaluation of Single-Lumen Silicone Breast Implants for Rupture. *Radiographics* 2017;37:366-382.
9. Juanpere S, Perez E, Huc O, Motos N, Pont J, Pedraza S. Imaging of breast implants—a pictorial review. *Insights Imaging* 2011;2:653-670.
10. Eklund GW, Busby RC, Miller SH, Job JS. Improved imaging of the augmented breast. *AJR Am J Roentgenol* 1988;151:469-473.
11. Venkataraman S, Hines N, Slanetz PJ. Challenges in mammography: part 2, multimodality review of breast augmentation—imaging findings and complications. *AJR Am J Roentgenol* 2011;197:W1031-1045.
12. Venta LA, Salomon CG, Flisak ME, Venta ER, Izquierdo R, Angelats J. Sonographic signs of breast implant rupture. *AJR Am J Roentgenol* 1996;166:1413-1419.
13. DeBruhl ND, Gorczyca DP, Ahn CY, Shaw WW, Bassett LW. Silicone breast implants: US evaluation. *Radiology* 1993;189:95-98.
14. Stavros AT. *Breast ultrasound*: Lippincott Williams & Wilkins, 2004.
15. Lourenco AP, Moy L, Baron P, Didwania AD, diFlorio RM, Heller SL, et al. ACR Appropriateness Criteria(®) Breast Implant Evaluation. *J Am Coll Radiol* 2018;15:S13-s25.
16. Food U, Administration D. Saline, silicone gel, and alternative breast implants: guidance for industry and Food and Drug Administration Staff. 2022.
17. Kim SH, Lipson JA, Moran CJ, Shimakawa A, Kuo J, Ikeda DM, et al. Image quality and diagnostic

- performance of silicone-specific breast MRI. *Magn Reson Imaging* 2013;31:1472-1478.
18. Lee J, Kim SH, Lee JH, Han BK. [Understanding Silicone Breast Implant-Associated Complications for Radiologists]. *Taehan Yongsang Uihakhoe Chi* 2021;82:49-65.
19. Soo MS, Kornguth PJ, Walsh R, Elenberger CD, Georgiade GS. Complex radial folds versus subtle signs of intracapsular rupture of breast implants: MR findings with surgical correlation. *AJR Am J Roentgenol* 1996;166:1421-1427.
20. Morgan DE, Kenney PJ, Meeks MC, Pile NS. MR imaging of breast implants and their complications. *AJR Am J Roentgenol* 1996;167:1271-1275.
21. Ganott MA, Harris KM, Ilkhanipour ZS, Costa-Greco MA. Augmentation mammoplasty: normal and abnormal findings with mammography and US. *Radiographics* 1992;12:281-295.
22. Shah M, Tanna N, Margolies L. Magnetic resonance imaging of breast implants. *Top Magn Reson Imaging* 2014;23:345-353.
23. Behranwala KA, Dua RS, Ross GM, Ward A, A'Hern R, Gui GP. The influence of radiotherapy on capsule formation and aesthetic outcome after immediate breast reconstruction using bidimensional anatomical expander implants. *J Plast Reconstr Aesthet Surg* 2006;59:1043-1051.
24. Carr LW, Roberts J, Mericli AF, Liu J, Arribas EM, Clemens MW. Breast Implant Imaging Surveillance among U.S. Plastic Surgeons: U.S. Food and Drug Administration Recommendations versus Clinical Reality. *Plastic and Reconstructive Surgery* 2020;145:1381-1387.
25. Harris KM, Ganott MA, Shestak KC, Losken HW, Tobon H. Silicone implant rupture: detection with US. *Radiology* 1993;187:761-768.
26. Caskey CI, Berg WA, Hamper UM, Sheth S, Chang BW, Anderson ND. Imaging spectrum of extracapsular silicone: correlation of US, MR imaging, mammographic, and histopathologic findings. *Radiographics* 1999;19 Spec No:S39-51; quiz S261-262.
27. Monticciolo DL, Nelson RC, Dixon WT, Bostwick J, 3rd, Mukundan S, Hester TR. MR detection of leakage from silicone breast implants: value of a silicone-selective pulse sequence. *AJR Am J Roentgenol* 1994;163:51-56.
28. Berg WA, Nguyen TK, Middleton MS, Soo MS, Pennello G, Brown SL. MR imaging of extracapsular silicone from breast implants: diagnostic pitfalls. *AJR Am J Roentgenol* 2002;178:465-472.
29. Tayyab SJ, Adrada BE, Rauch GM, Yang WT. A pictorial review: multimodality imaging of benign and suspicious features of fat necrosis in the breast. *Br J Radiol* 2018;91:20180213.
30. Leberfinger AN, Behar BJ, Williams NC, Rakszawski KL, Potochny JD, Mackay DR, et al. Breast Implant-Associated Anaplastic Large Cell Lymphoma: A Systematic Review. *JAMA Surg* 2017;152:1161-1168.