

디지털 유방단층촬영에서 Genius AI Detection version 2.0의 임상 적용

김수연

고려대학교 구로병원 영상의학과

유방촬영술은 유방암 조기 검진의 핵심 영상기법이나, 치밀유방에서는 조직 중첩으로 인해 암 검출 민감도가 저하되는 한계가 있다. 이를 보완하기 위해 도입된 디지털 유방단층촬영(digital breast tomosynthesis, DBT)은 병변 검출력을 향상시키지만, 대용량 영상으로 인해 판독 부담이 증가할 수 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 딥러닝 기반 보조 판독 시스템인 Genius AI Detection version 2.0이 개발되었으며, DBT 영상에서 병변을 자동 탐지하고 악성 가능성을 정량적으로 제시한다. 본 종설에서는 Genius AI Detection version 2.0의 작동 원리와 주요 기능을 소개하고, 임상 증례를 통해 그 임상적 활용 가능성을 살펴보고자 한다.

Index words: Artificial intelligence; Computer-aided detection; Digital breast tomosynthesis; Genius AI detection version 2.0

서 론

유방촬영술은 유방암 조기 검진의 핵심 영상기법으로 널리 사용되고 있으나, 치밀유방 여성에서는 유선조직의 중첩으로 인해 병변이 가려지고 암 검출 민감도가 저하되는 한계가 있다 (1). 이를 보완하기 위해 도입된 디지털 유방단층촬영(Digital Breast Tomosynthesis, DBT)은 조직의 중첩을 줄여 병변 검출력을 향상시키고 불필요한 양성 판정을 감소시키는 데 효과적이다 (2-3). 그러나 DBT는 1 mm 간격으로 재구성할 경우 한 유방당 약 40-50장의 단층 영상으로 구성되어, 전체 검사에서는 약 200장에 이르는 대용량 영상 데이터를 생성한다. 이로 인해 판독 시간이 길어지고 판독자의 피로도가 증가하는 한계가 있다.

이러한 문제를 해결하기 위해 인공지능(artificial

intelligence, AI) 기반 보조 판독 시스템이 임상에 도입되고 있으며, 그중 Hologic에서 개발한 Genius AI Detection version 2.0은 딥러닝 알고리즘을 이용해 DBT 영상에서 병변을 자동 탐지하고, 악성 가능성을 정량화하여 제시하는 새로운 세대의 컴퓨터 보조 진단(computer-aided detection, CAD) 시스템이다 (4).

본 종설에서는 Genius AI Detection version 2.0의 작동 원리와 주요 기능적 특징을 소개하고, 실제 임상 증례를 통해 그 활용 가능성과 판독 효율 향상 효과를 살펴보고자 한다.

1. 시스템 개요

Genius AI Detection version 2.0 (이하 Genius AI)은 DBT 단층 영상의 픽셀 단위 데이터를 신경망(neural network)에 입력하여 의심 병변을 자동 탐지하며, 분석 과정은 입력(input)-분석(analysis)-출력(output)의 세 단계로 구성된다 (4). 입력 단계에서는 유방촬영 영상의 다양한 영상학적 특징이 신경망의 입력층(input

통신저자: 김수연
(08308) 서울시 구로구 구로동로 148
고려대학교 구로병원 영상의학과
Tel. (02)-2626-1338 Fax. (02)-863-9282
E-mail: sooyeonkim41@gmail.com

layer)에 전달된다. 이에는 조직 밀도(density), 경계의 선명도(margin sharpness), 대조도(contrast), 방사상 경계(spiculatedness), 병변의 위치(location), 비대칭(asymmetry) 등의 요소가 포함된다. 이러한 특징들은 다층의 은닉층(hidden layers)을 거치며 병변의 악성 가능성과 연관된 시각적 패턴을 학습한다. 분석 단계에서는 Genius AI가 DBT 영상을 calcification detector와 soft-tissue detector 두 모듈로 병렬 처리하여, 석회화 병변과 연조직 병변을 각각 독립적으로 평가한다. 출력 단계에서는 분석 결과가 영상 위에 시각적으로 표시되며, 두 표준 촬영 방향인 상하위(craniocaudal, CC) 및 내외사위(mediolateral oblique, MLO) 촬영 모두에서 병변의 위치가 표시된다. 병변 인근에는 Lesion Score(개별 병변의 의심 정도)가 제시되고, 영상 전체에는 Case Score(증례 단위의 최고 점수)가 함께 표시된다. 이러한 통합 표시 기능은 판독자가 병변의 위치와 악성 가능성을 직관적으로 파악하고, 추가 검토가 필요한 부위를 신속하게 식별할 수 있도록 돕는다.

2. 주요 기능

(1) Lesion Score와 Case Score

Genius AI는 각 DBT 단층 영상에서 탐지된 의심 병변의 영상학적 특징을 분석하여 두 가지 정량 지표를 산출한다. Lesion Score는 개별 병변의 의심 정도를 1-100의 범위로 수치화한 값으로, 점수가 높을수록 학습 데이터베이스 내 암 병변과의 형태적 유사성이 높음을 의미한다. Case Score는 한 유방에서 탐지된 여러 병변 중 가장 높은 Lesion Score를 대표값으로 제시한 지표로, Case Score가 0이면 탐지된 병변이 없음을 의미한다. 미국 식품의약국(U.S. Food and Drug Administration, FDA) 승인 과정에서 사용된 독립 데이터베이스 분석에 따르면, Case Score는 암과 비암 증례 간에 뚜렷한 분포 차이를 보였으며, Case Score가 높을수록 악성일 가능성이 점진적으로 증가하였다 (5). 미국의 평균 유방암 유병률 (1,000명당 5.1명)을 적용할 경우, Case Score 0은

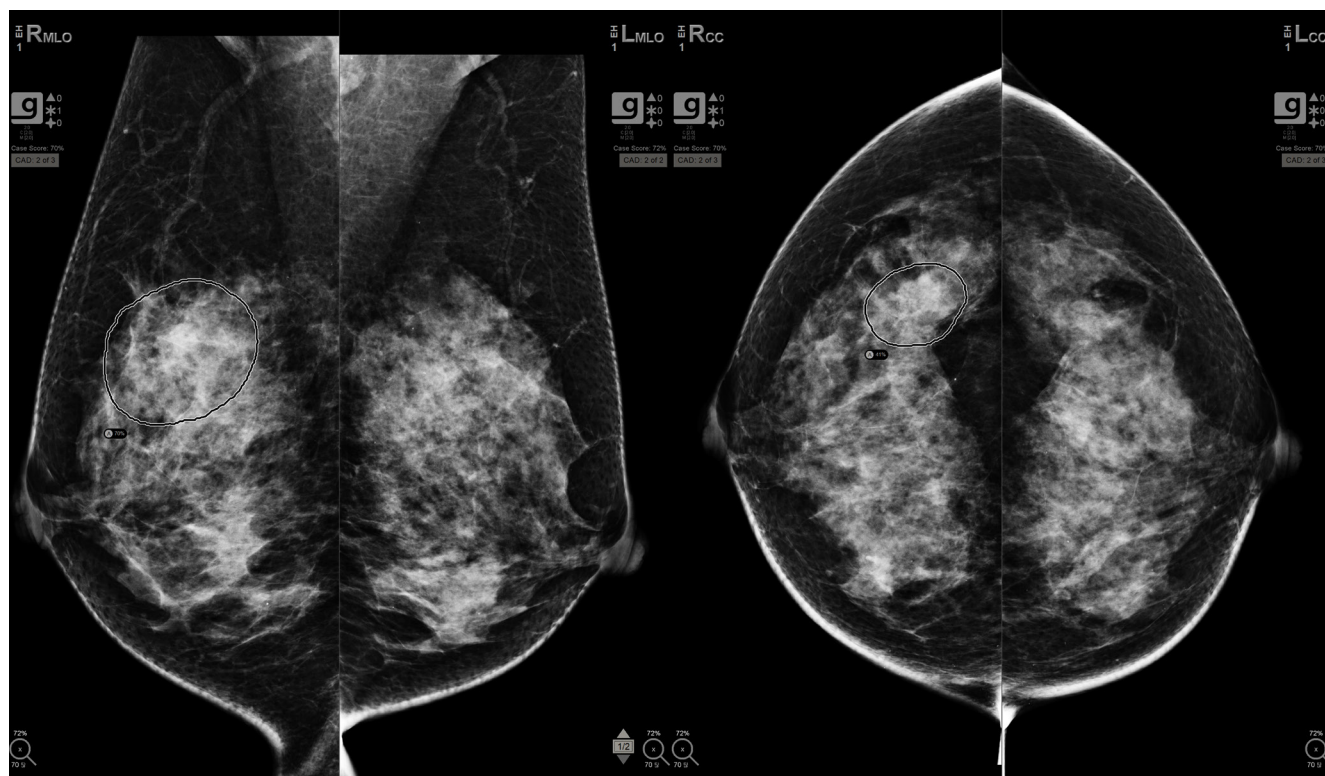


Fig. 1. 검진 유방촬영술에서 고도치밀유방 내 국소 비대칭(focal asymmetry) 병변을 탐지한 Genius AI의 예. 오른쪽 상외측 유방의 비대칭 부위를 Genius AI가 정확히 탐지하였으며, 병변의 경계를 선으로 표시하고 (PeerView™ 모드), 병변 옆에 Lesion Score를 제시하였다. Lesion Score는 내외사위촬영에서 70%, 상하위촬영에서 41%였으며, 영상 상단의 g mark 아래에는 두 점수 중 높은 값 (70%)이 Case Score로 표시되어 있다. 또한 g mark 옆의 별표 표시와 숫자 '1'은 연조직 병변 1개가 탐지되었음을 의미한다. 이러한 정보는 고도치밀유방에서 미세 병변을 놓치지 않고 판독하는 데 도움을 준다.

약 2,800건 중 1건, 1-25 구간은 약 1,000건 중 1건, 26-50 구간은 약 135건 중 1건, 51-75 구간은 약 60건 중 1건, 76-100 구간은 약 27건 중 1건이 암으로 추정된다. Genius AI는 약 94%의 민감도를 보이며, Case Score가 높을수록 암 가능성이 높음을 시사하지만, 위양성과 위음성 모두 존재할 수 있다. 따라서 Lesion Score와 Case Score는 임상 판독이나 조직검사를 대체하기보다는 보조 지표로 해석되어야 한다. Fig. 1은 고도치밀유방에서 국소 비대칭(focal asymmetry) 병변을 Genius AI가 정확하게 탐지한 예를 보여주며, SecurView (Hologic에서 개발한 유방 영상 판독용 워크스테이션 소프트웨어)에서 Lesion Score와 Case Score가 어떻게 표시되는지를 시각적으로 확인할 수 있다.

(2) 표시 모드(Marking modes)

Genius AI의 표시(marking)는 탐지된 의심 부위를 직관적으로 표시하기 위해 설계된 시각적 표식으로, 세 가지 형태의 병변을 구분하여 표시한다. 석회화 병변은 삼각형으로, 연조직 병변은 별표로, 석회화가 동반된 연조

직 병변은 십자가로 표시된다. 이러한 구분은 병변의 형태적 특성을 직관적으로 인식하고 판독 효율을 높이는 데 도움이 된다. 표시는 두 가지 모드 중 선택할 수 있다. PeerView™ 모드는 석회화나 종괴의 윤곽선을 따라 병변의 외곽을 선으로 표시하여 형태와 경계를 파악하기 용이하다. 반면, RightOn™ 모드는 병변의 중심부를 단일 기호로 표시하여 관심 영역의 위치를 빠르게 인지할 수 있게 한다. 각 표식 옆에는 Lesion Score가 함께 표시되어 병변의 의심 정도를 정량적으로 제시한다. 이 두 모드는 판독자의 선호나 환경에 따라 자유롭게 설정할 수 있다.

(3) 자동 병변 상관 기능(Automated lesion correlation)

자동 병변 상관 기능은 동일한 병변을 CC 및 MLO view에서 자동으로 매칭하여 동일한 라벨(A, B, C 등)을 부여하는 기능이다. 이 기능은 판독자가 수동으로 대응 병변을 찾는 시간을 줄여주고 다각도 영상 간 병변 일치 여부를 쉽게 확인할 수 있게 한다. Fig. 2에서는 다병소성(multicentric) 유방암의 두 개의 병변이 CC와 MLO view에서 자동으로 매

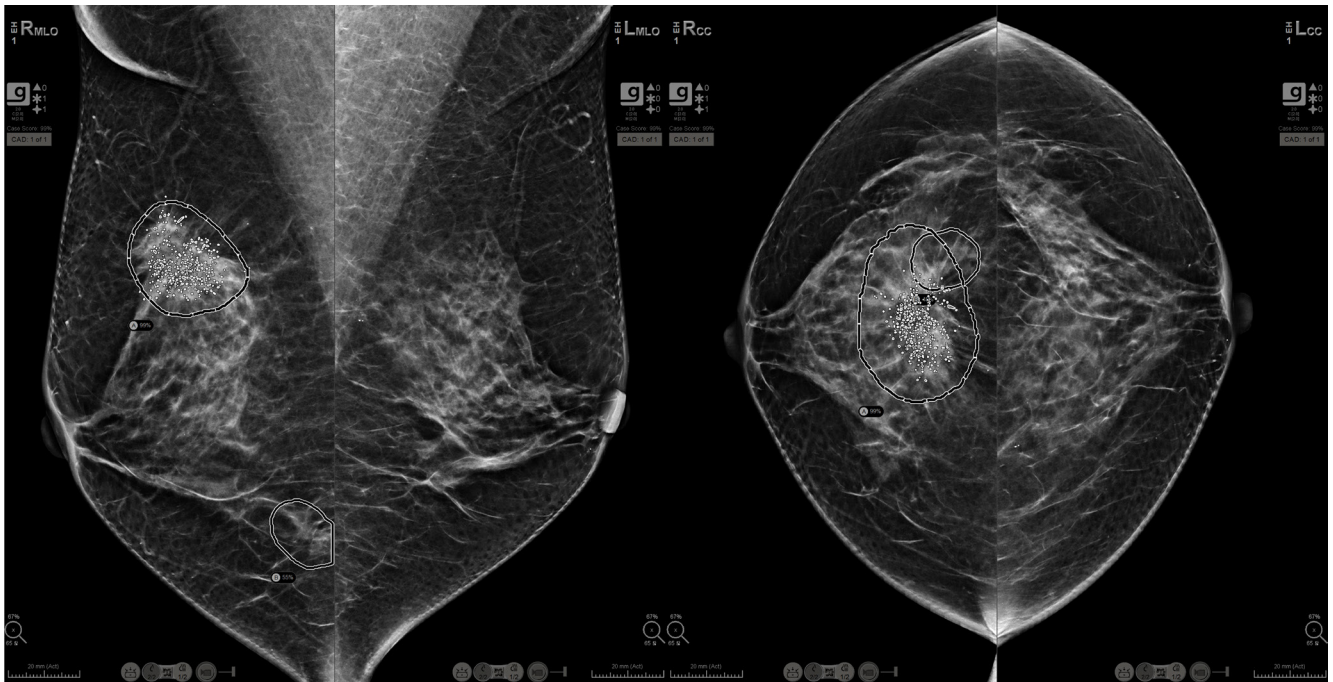


Fig. 2. 다발성 유방암 증례에서 Genius AI의 병변 탐지 및 상관 분석 기능.

우측 상부 중앙부의 석회화를 동반한 침상형 종괴를 Genius AI가 탐지하여, 종괴의 윤곽을 선으로, 석회화를 점으로 표시하고 내외사위 및 상하위촬영 모두에 동일한 A 라벨을 부여하였다. 또한 내외사위촬영에서 우측 하부의 유선 후방 지방층에 석회화를 동반하지 않은 또 다른 침상형 종괴를 탐지하였으며, 이는 상하위촬영에서 외측부에 해당하며 동일한 B 라벨로 표시되었다. 상하위촬영에서 두 병변의 경계가 중첩되어 육안으로 구분이 어려웠으나, Genius AI가 병변 위치를 표시해줌으로써 위치 파악에 도움이 되었다.

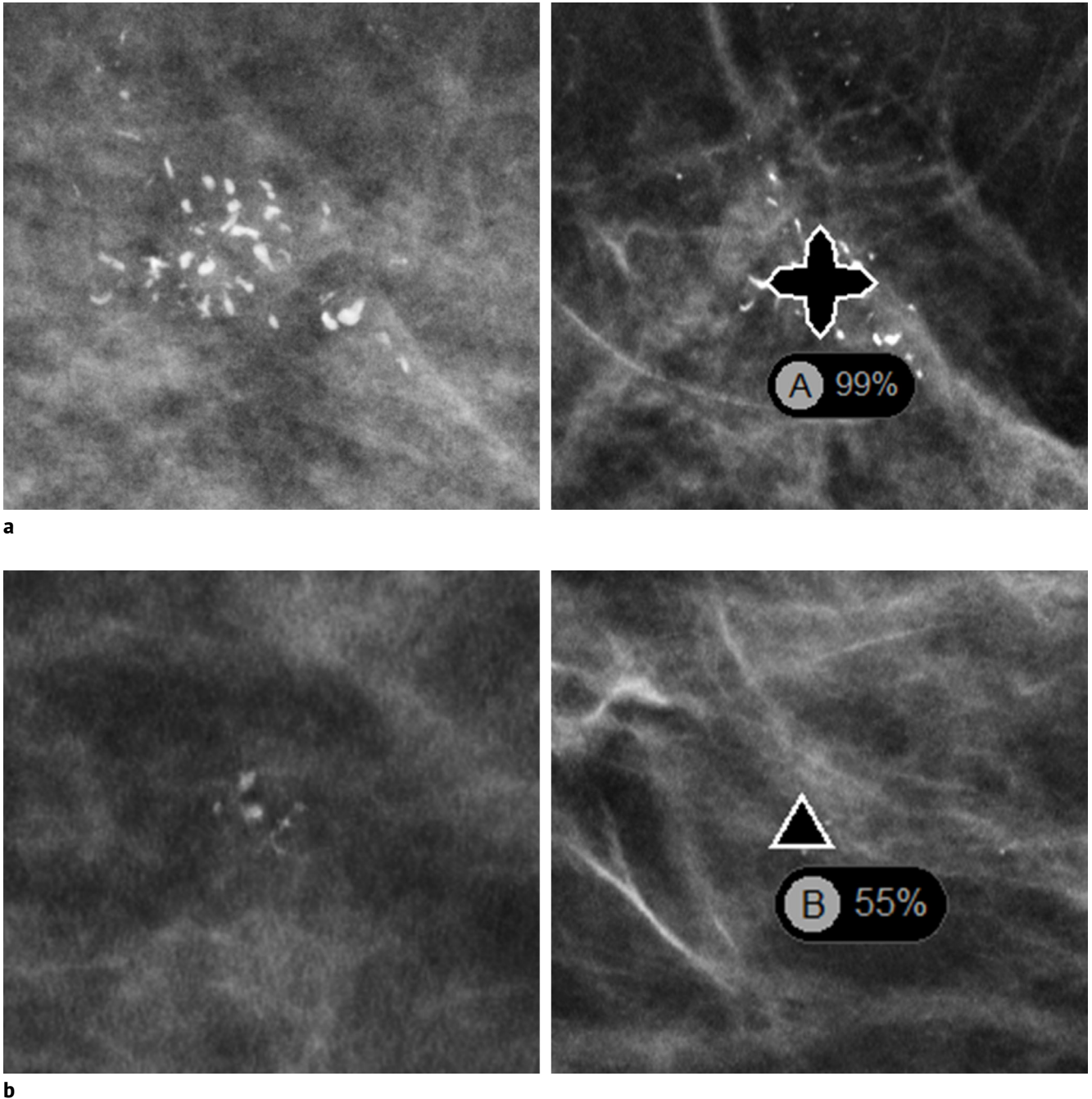
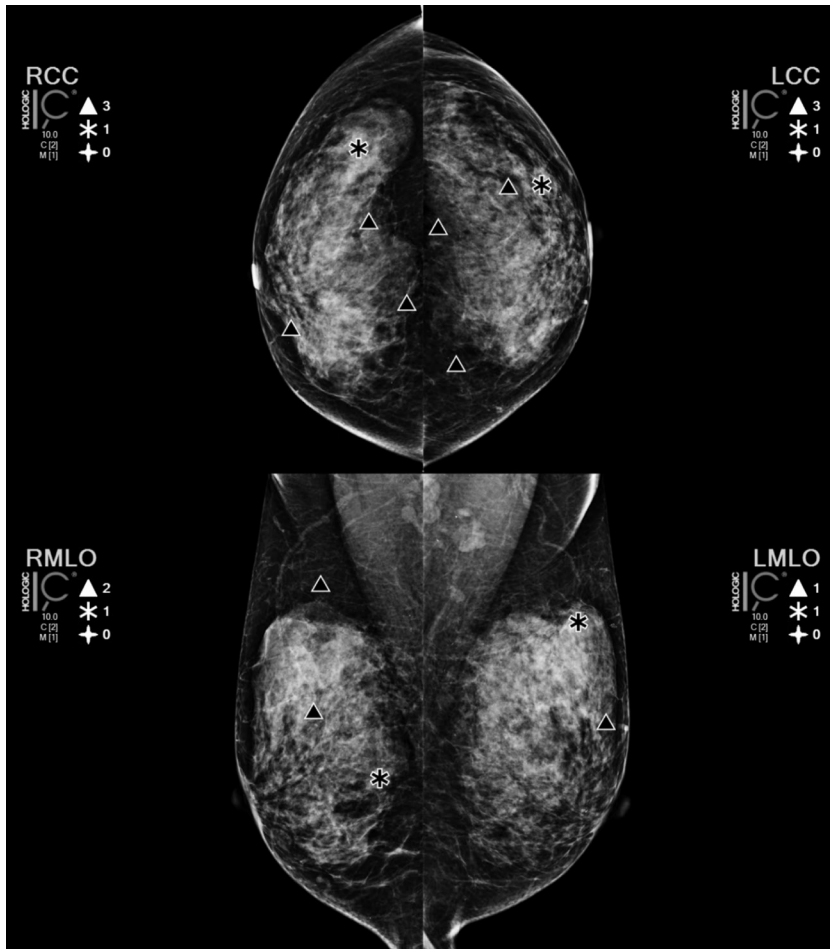


Fig. 3. 한쪽 유방 내에서 악성 및 양성 석회화를 동시 검출한 Genius AI의 사례.
a. 좌상외측 유방의 미세 다형성(fine pleomorphic) 석회화로, 입체정위생검술에서 악성으로 확인되었다. Genius AI는 A 라벨을 부여하고 Lesion Score 99%로 표시하였다. **b.** 좌하중양부의 불분명형(amorphous) 석회화로, 입체정위생검술에서 양성으로 확인되었다. Genius AI는 B 라벨을 부여하고 Lesion Score 55%로 표시하였다. 이러한 결과는 Genius AI가 석회화의 형태를 구분하고, 악성 가능성을 정량적으로 제시함으로써 판독자의 병변 감별에 도움을 줄 수 있음을 시사한다.

청되어 병변의 위치를 쉽게 파악할 수 있는 예를 보여준다. Fig. 3은 한 유방 내 악성과 양성 석회화를 구분하여 각각 다른 라벨과 Lesion Score를 부여함으로써, Genius AI가 석회화의 형태와 악성 가능성을 효과적으로 판별함을 보여준다.

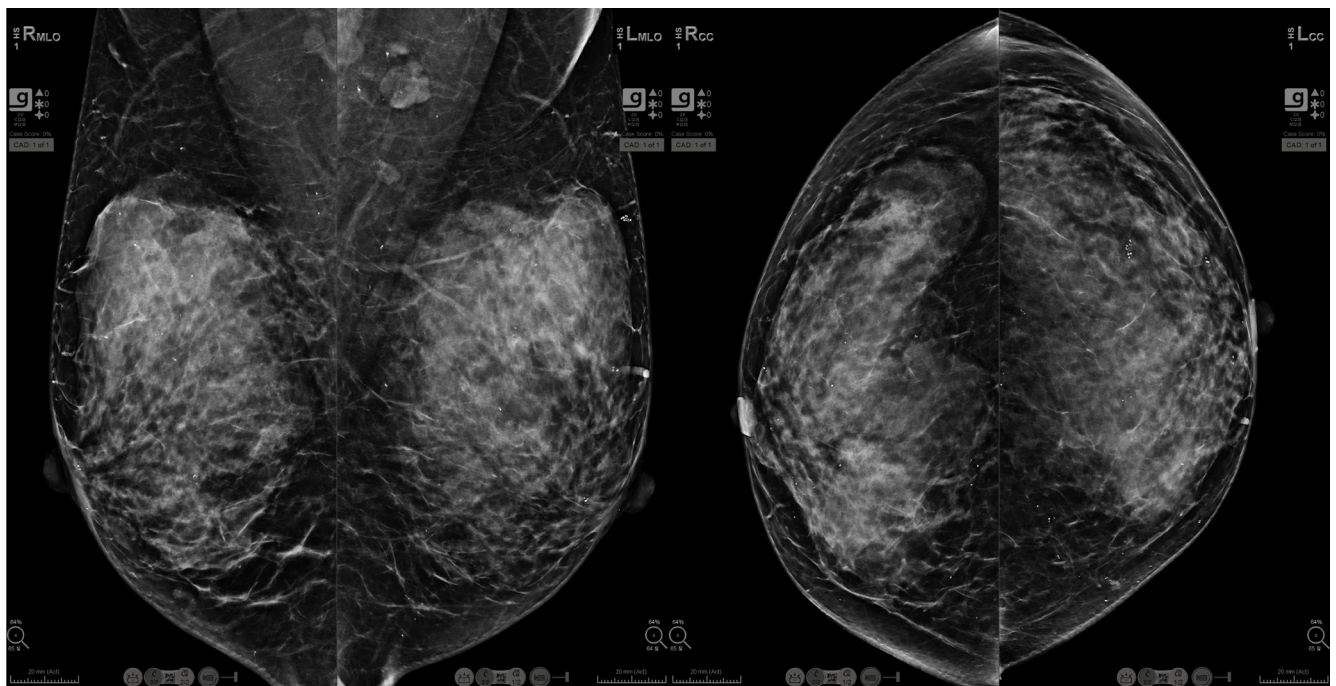
(4) 스마트 매핑(Smart mapping)

스마트 매핑은 합성 2D(synthetic 2D) 영상에서 사용자가 선택한 지점을 해당 DBT 단층 영상으로 즉시 이동



a

Fig. 4. 양성 석회화에서 불필요한 표시를 최소화한 Genius AI의 예.
검진 유방촬영술에서 고도치밀유방의 양측에 다발성 양성 석회화가 관찰된다. **a.** 기존 2D 유방촬영용 CAD (ImageChecker)는 이러한 양성 석회화를 표시하였으나, **b.** Genius AI는 병변을 표시하지 않았으며 Case Score 0으로 평가하였다. 이는 Genius AI가 임상적으로 의미 있는 병변에 집중하여 위 양성 표시를 줄이고 판독 효율을 향상시킬 수 있음을 보여준다.



b

시켜 주는 기능이다. 이를 통해 병변의 위치를 신속하게 확인할 수 있으며, 여러 단층 영상을 일일이 스크롤할 필요가 없어 판독 시간을 단축하고 판독 workflow를 최적화할 수 있다.

(5) 워크리스트 분류(Worklist triage)

Genius AI는 워크리스트 내에서 Reading Priority, CAD Complexity, Reading Time Indicator의 세 가지 지표를 제시한다. Reading Priority는 Case Score를 기준으로 하여 65% 이상인 경우 High, 65% 이하인 경우 Normal로 분류한다. 이 기능을 통해 DBT 검사 직후 고위험 증례를 즉시 확인할 수 있으며, 필요 시 추가 촬영이나 초음파 등의 후속 검사를 동일 방문 내에 시행할 수 있다. CAD Complexity는 탐지된 병변의 수에 따라 No Findings, Single Finding, Multiple Findings로 분류하여 증례의 판독 난이도를 간단히 파악할 수 있게 한다. 또한 Reading Time Indicator는 예상 판독 소요 시간을 High, Medium, Low로 예측하여 업무 배분을 효율화한다. 이러한 워크리스트 기반 기능들은 판독의 우선순위를 정하고, 대규모 스크리닝 환경에서 효율적이고 균형 잡힌 판독 체계를 구축하는 데 도움을 준다.

3. 성능 평가

Hologic은 Genius AI의 임상적 유용성을 검증하기 위해 17명의 영상의학과 전문의를 대상으로 한 다독자-다중례 연구를 수행하였다 (4). 총 390건의 유방촬영 케이스가 포함되었으며, 정상 검진, 재검(recall) 후 음성으로 판명된 사례, 그리고 조직검사로 확진된 양성 및 악성 증례를 고르게 구성하였다. 연구는 두 세션으로 진행되었으며, 첫 번째 세션에서는 Genius AI를 적용한 경우와 적용하지 않은 경우가 무작위로 섞여 평가되었고, 4주 후 두 번째 세션에서는 조건을 교차하여 반복 평가하였다. 그 결과, Genius AI를 사용하지 않았을 때의 평균 area under the curve (AUC)는 0.794였으며, Genius AI를 사용할 경우 0.825로 +0.031 상승하였다. 암이 포함된 케이스에서 평균 민감도(sensitivity)는 약 9% 증가하였으며, 판독 시간의 유의한 변화는 없었다. 이는 Genius AI가 병변 인식 정확도를 향상시키면서도 판독 효율을 유지함을 시사한다. 또한 Genius AI는 기존 2D 유방촬영용 CAD (ImageChecker)에 비해 위양성 표시 수를 평균 3.2건에서 0.8건으로 약 75% 감소시켰다. 이는 Fig. 4에서 볼 수 있듯이, 양성 석회화가 존재

하더라도 불필요한 표시를 하지 않아 판독 효율을 높이는 Genius AI의 특성을 잘 보여준다.

결 론

Genius AI Detection version 2.0 은 딥러닝 기반 디지털 유방단층촬영 보조 판독 시스템으로, 병변 탐지 정확도의 향상과 판독 효율 개선을 동시에 실현한다. 기존 CAD에 비해 위양성 표시가 현저히 적고, 자동 병변 상관, 스마트 매핑, 워크리스트 분류 기능을 통해 판독 효율을 높인다. 본 종설에서 제시한 임상 증례를 통해, 치밀유방에서 미세 병변을 검출하고, 중첩된 다병소 병변을 구분하며, 악성 석회화를 판별하고, 위양성 표시를 줄이는 데 유용함을 확인할 수 있었다. Genius AI는 불필요한 양성 표시를 줄이면서도 높은 민감도를 유지하여, 스크리닝 판독의 정확도와 효율성을 균형 있게 향상시키는 도구로 평가된다. 다만, 아직 실제 임상 환경에서 Genius AI를 적용하여 판독 성능을 평가한 연구는 제한적이며, 국내 판독 환경에 맞춘 근거 축적이 필요하다. 특히, 미국에서 개발된 이 소프트웨어가 아시아인 여성의 특성인 높은 유방 치밀도와 작은 유방 크기에서도 동일한 성능을 보이는데 대한 추가 검증이 중요하다. 향후 이러한 임상 적용 연구가 축적된다면, Genius AI는 유방암 스크리닝 및 진단 전 과정에서 신뢰도 높은 판독 보조 도구로 자리매김할 것으로 기대된다.

References

1. Kim DJ, Yoon NH, Jun JK, et al. Biennial Mammography Performance in the Korean National Cancer Screening Program From 2009 to 2020. *Korean J Radiol* 2025;26:313-323.
2. Gao Y, Moy L, Heller SL. Digital Breast Tomosynthesis: Update on Technology, Evidence, and Clinical Practice. *Radiographics*. 2021 Mar-Apr;41(2):321-337.
3. Monticciolo DL. Digital Breast Tomosynthesis: A Decade of Practice in Review. *J Am Coll Radiol*. 2023 Feb;20(2):127-133.
4. Kshirsagar A, Keller B, Smith A. Genius AI™ Detection for Breast Tomosynthesis- Improving radiologist performance and workflow through deep learning AI applications. WP-00178 Rev. 002 (12/20) Hologic, Inc.
5. Kshirsagar A, Smith A. Understanding Case Scores in 3D™ AI CAD- Genius AI® Detection Version 2.0 Technology for Breast Tomosynthesis. WP-00246 Rev. 002 (9/23) Hologic, Inc.