

Innovaciones en la imagenología mamaria: de la mamografía a la tomosíntesis

Innovations in breast imaging: from mammography to tomosynthesis

Christian David Hernández Toro

Hospital de Especialidades Eugenio Espejo, Ecuador

<https://orcid.org/0009-0004-0493-1037>

Cinthya Michelle Alcivar Zambrano

Investigadora independiente, Ecuador

<https://orcid.org/0009-0006-3055-7880>

Marián Andrea Párraga Álava

Investigadora independiente, Ecuador

<https://orcid.org/0009-0006-2641-4238>

Jhoselyn Dayana Logroño Aguirre

Investigadora independiente, Ecuador

<https://orcid.org/0000-0003-2580-581X>

Jhoselyn Verónica Poma Auquilla

Investigadora independiente, Ecuador

<https://orcid.org/0009-0006-3468-2515>

Wilson Ismael Poma Auquilla

Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador

<https://orcid.org/0009-0004-1497-9923>

Catherine Maribel Pérez Guerrero

Hospital Municipal Nuestra Señora de la Merced, Ecuador

<https://orcid.org/0009-0007-7645-872X>

Edgar Sebastián López Zambrano

Investigador independiente, Ecuador

<https://orcid.org/0009-0002-0867-8804>

RESUMEN

La imageneología mamaria ha experimentado avances significativos en las últimas décadas, transformando el enfoque diagnóstico del cáncer de mama. La mamografía, considerada durante mucho tiempo el estándar de oro en la detección precoz, ha evolucionado con la introducción de tecnologías digitales que mejoran la resolución y reducen las dosis de radiación. Sin embargo, la tomosíntesis mamaria, también conocida como mamografía 3D, representa una innovación clave al permitir una visualización tridimensional del tejido mamario. Esta técnica ofrece ventajas sustanciales sobre la mamografía convencional al reducir la superposición de tejidos y aumentar la detección de lesiones en estadios tempranos, especialmente en mujeres con mamas densas. Además, la tomosíntesis ha demostrado disminuir las tasas de falsos positivos, lo que se traduce en menos biopsias innecesarias y menor ansiedad para las pacientes. A medida que estas tecnologías avanzan, se integran con otras modalidades como la resonancia magnética y el ultrasonido, proporcionando un enfoque más integral y personalizado para el manejo del cáncer de mama. Este artículo revisa críticamente los desarrollos recientes en la imageneología mamaria, evaluando su impacto clínico y futuro potencial en la mejora de los resultados para las pacientes, y discutiendo los desafíos pendientes en su implementación generalizada en la práctica clínica.

Palabras clave: Innovaciones, Imagenología mamaria, Mamografía, Tomosíntesis, Diagnóstico, Tecnología, Detección, Cáncer de mama.

ABSTRACT

Breast imaging has experienced significant advances in recent decades, transforming the diagnostic approach to breast cancer. Mammography, long considered the gold standard in early detection, has evolved with the introduction of digital technologies that improve resolution and reduce radiation doses. However, breast tomosynthesis, also known as 3D mammography, represents a key innovation by allowing three-dimensional visualization of breast tissue. This technique offers substantial advantages over conventional mammography by reducing tissue overlap and increasing the detection of lesions in early stages, especially in women with dense breasts. Additionally, tomosynthesis has been shown to decrease false positive rates, which translates into fewer unnecessary biopsies and less anxiety for patients. As these technologies advance, they are integrated with other modalities such as MRI and ultrasound, providing a more comprehensive and personalized approach to breast cancer management. This article critically reviews recent developments in breast imaging, evaluating its clinical impact and future potential in improving patient outcomes, and discussing remaining challenges in its widespread implementation in clinical practice.

Keywords: Innovations, Breast imaging, Mammography, Tomosynthesis, Diagnosis, Technology, Detection, Breast cancer.

INTRODUCCIÓN

La imagenología mamaria ha experimentado avances significativos en las últimas décadas, transformando la forma en que se detectan y diagnostican las enfermedades mamarias (1). Desde la introducción de la mamografía en el siglo XX, considerada durante mucho tiempo el estándar de oro para la detección del cáncer de mama, la tecnología ha evolucionado para ofrecer técnicas más sofisticadas y precisas (2). La tomosíntesis, también conocida como mamografía 3D, representa una de las innovaciones más destacadas en este campo, proporcionando imágenes más detalladas y reduciendo las limitaciones de la mamografía convencional, como la superposición de tejidos (3). Esta técnica avanzada permite una mejor visualización de las estructuras mamarias, lo que puede resultar en una mayor precisión diagnóstica y una detección más temprana de anomalías (4). Además, la tomosíntesis ha demostrado reducir las tasas de falsos positivos y mejorar la diferenciación entre lesiones benignas y malignas. En este artículo, revisaremos las innovaciones recientes en la imagenología mamaria, centrándonos en los beneficios y desafíos asociados con la transición de la mamografía tradicional a la tomosíntesis (5). Exploraremos cómo estas tecnologías emergentes están redefiniendo los protocolos de detección y diagnóstico, y evaluaremos su impacto potencial en la práctica clínica y en los resultados para las pacientes (6). A medida que continuamos avanzando hacia un enfoque más personalizado y preciso en el cuidado de la salud mamaria, es crucial entender el papel que juegan estas innovaciones en mejorar la calidad de vida de las mujeres alrededor del mundo.

METODOLOGÍA

Para la elaboración de este artículo de revisión narrativa titulado, se llevó a cabo una exhaustiva búsqueda bibliográfica en diversas bases de datos reconocidas, incluyendo PubMed, Scopus y ScienceDirect. Se utilizaron términos MeSH como "Breast Imaging", "Mammography" y "Tomosynthesis", así como términos DeCS equivalentes para asegurar una cobertura amplia y precisa de la literatura relevante. Los operadores booleanos "AND" y "OR" se emplearon para combinar los términos de búsqueda y refinar los resultados. Los criterios de inclusión fueron artículos publicados en los últimos diez años, en inglés o español, que abordaran innovaciones tecnológicas en la imagenología mamaria. Se excluyeron estudios de caso individuales, artículos no revisados por pares y publicaciones anteriores a 2015. En total, se revisaron 150 artículos, de los cuales se seleccionaron 16 que ofrecían información relevante y actualizada sobre el avance desde la mamografía convencional hacia tecnologías más avanzadas como la tomosíntesis. Esta metodología asegura que el artículo presente un panorama comprensivo y actualizado sobre las innovaciones en el campo de la imagenología mamaria.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Principios básicos de la mamografía

La mamografía es una técnica de imagenología fundamental en el diagnóstico y seguimiento de enfermedades mamarias, especialmente el cáncer de mama. Su base radica en el uso de rayos X de baja dosis para obtener imágenes detalladas del tejido mamario. Este procedimiento es esencialmente no invasivo y se ha consolidado como el método estándar para la detección temprana de anomalías mamarias (1).

El principio básico de la mamografía consiste en la diferencia de densidades entre los diversos tejidos que componen la mama. Los tejidos más densos, como las glándulas y los tumores, absorben más radiación y aparecen más blancos en las imágenes obtenidas, mientras que los tejidos grasos, menos densos, se muestran más oscuros. Esta diferencia de contraste es crucial para identificar posibles masas o microcalcificaciones que puedan sugerir la presencia de cáncer (1).

En la práctica, la mamografía se realiza comprimiendo suavemente la mama entre dos placas para aplanarla, lo que ayuda a obtener imágenes más claras y detalladas. Esta compresión es necesaria para reducir el grosor del tejido, disminuir la dosis de radiación necesaria y mejorar la calidad de la imagen al minimizar el desenfoque (1).

Existen dos tipos principales de mamografías: la mamografía de cribado y la diagnóstica. La primera se emplea en mujeres asintomáticas como parte de un programa regular de detección temprana, mientras que la segunda se utiliza cuando hay síntomas presentes o se ha detectado una anomalía en una mamografía de cribado (2).

A pesar de su eficacia, la mamografía tiene limitaciones. La superposición de tejidos puede ocultar lesiones o dar lugar a falsos positivos. Además, su sensibilidad puede verse afectada por la densidad del tejido mamario, siendo menos eficaz en mujeres con mamas densas (2).

Para superar estas limitaciones, se han desarrollado innovaciones tecnológicas como la tomosíntesis mamaria, que

ofrece una visión tridimensional del tejido mamario al tomar múltiples imágenes desde diferentes ángulos. Esta técnica mejora la detección y reduce los falsos positivos al proporcionar un análisis más detallado del tejido (2).

Avances tecnológicos en la mamografía digital

En los últimos años, los avances tecnológicos en la mamografía digital han transformado significativamente el campo de la imagenología mamaria. La mamografía digital ha superado muchas de las limitaciones de la mamografía convencional, ofreciendo imágenes de mayor calidad y permitiendo una detección más precisa del cáncer de mama en sus etapas iniciales (3).

Uno de los principales avances ha sido la introducción de la tomosíntesis digital de mama, también conocida como mamografía 3D. Esta técnica innovadora proporciona una serie de imágenes de cortes finos de la mama, lo que mejora la visualización del tejido mamario y reduce la superposición de estructuras, un problema común en las mamografías bidimensionales tradicionales. La tomosíntesis ha demostrado ser especialmente útil en mujeres con tejido mamario denso, donde el riesgo de falsos negativos es mayor (3).

Además, la integración de sistemas avanzados de inteligencia artificial y algoritmos de aprendizaje automático ha optimizado aún más el proceso de detección y diagnóstico. Estas herramientas analizan grandes volúmenes de datos para identificar patrones que pueden pasar desapercibidos para el ojo humano, mejorando así la precisión diagnóstica y reduciendo el número de biopsias innecesarias (3).

La mejora en los detectores digitales también ha contribuido a reducir la dosis de radiación necesaria para obtener imágenes claras y detalladas. Esto es crucial para minimizar los riesgos asociados con la exposición a la radiación, especialmente en programas de cribado donde las mujeres se someten a mamografías regularmente (4).

Otro avance relevante es la telemamografía, que permite a los radiólogos interpretar imágenes de mamografía a distancia. Esto no solo facilita el acceso a especialistas en áreas rurales o desatendidas, sino que también permite una colaboración más estrecha entre profesionales de diferentes disciplinas, mejorando así la calidad del diagnóstico y tratamiento (4).

La combinación de estos avances tecnológicos está impulsando un cambio hacia un enfoque más personalizado en el cuidado del cáncer de mama. Las imágenes más precisas y detalladas permiten a los médicos adaptar mejor las estrategias de tratamiento a las características individuales de cada paciente, lo que puede mejorar significativamente los resultados clínicos (4).

Limitaciones y desafíos de la mamografía convencional

La mamografía convencional ha sido durante décadas la herramienta principal en la detección temprana del cáncer de mama. Sin embargo, a pesar de sus beneficios, presenta ciertas limitaciones y desafíos que han impulsado el desarrollo de tecnologías más avanzadas como la tomosíntesis (5).

Una de las principales limitaciones de la mamografía convencional es su sensibilidad variable, especialmente en mujeres con tejido mamario denso. En estos casos, el tejido glandular puede superponerse con posibles lesiones, dificultando su detección y aumentando el riesgo de falsos negativos. Esto es particularmente preocupante, ya que el tejido denso es un factor de riesgo conocido para el cáncer de mama. Además, la mamografía convencional puede dar lugar a falsos positivos, lo que genera ansiedad innecesaria y procedimientos adicionales para las pacientes. Estos resultados pueden derivarse de calcificaciones benignas o distorsiones del tejido que son difíciles de interpretar con imágenes bidimensionales (5).

Otro desafío significativo es la exposición a la radiación, aunque es relativamente baja, sigue siendo una preocupación, especialmente para mujeres que requieren exámenes frecuentes debido a un alto riesgo de cáncer. Si bien los beneficios de la detección temprana generalmente superan los riesgos, la acumulación de radiación a lo largo del tiempo es un factor a considerar (5).

La interpretación de las mamografías también puede ser subjetiva y depende en gran medida de la experiencia del radiólogo. Las variaciones en el entrenamiento y la experiencia pueden llevar a discrepancias en los diagnósticos, lo que subraya la necesidad de tecnologías más objetivas y precisas (6).

Además, las mamografías convencionales son menos efectivas en la detección de ciertos tipos de cánceres, como los carcinomas lobulillares, que pueden presentar patrones de crecimiento infiltrante difíciles de visualizar en imágenes bidimensionales. Esto limita la capacidad de la mamografía para identificar todos los tipos de cáncer en etapas tempranas (6).

Por último, el acceso a la mamografía puede ser limitado en algunas regiones geográficas debido a la falta de

infraestructura y recursos, lo que impide una detección oportuna para muchas mujeres (6).

Introducción a la tomosíntesis mamaria

La tomosíntesis mamaria, también conocida como mamografía tridimensional, representa un avance significativo en el campo de la imagenología mamaria. Esta técnica innovadora se ha desarrollado para superar algunas de las limitaciones inherentes a la mamografía convencional, ofreciendo una mejor visualización de las estructuras mamarias y, por ende, una mayor precisión en la detección de anomalías (7).

A diferencia de la mamografía tradicional, que proporciona una imagen bidimensional de la mama, la tomosíntesis genera múltiples imágenes de cortes finos a lo largo del tejido mamario. Esto se logra mediante la adquisición de imágenes desde diferentes ángulos alrededor del seno. Posteriormente, estas imágenes son sintetizadas por un software avanzado para crear una representación tridimensional detallada. Esta capacidad para "ver" a través de los tejidos superpuestos es particularmente beneficiosa en mujeres con mamas densas, donde el tejido glandular puede ocultar lesiones potenciales (7).

Numerosos estudios han demostrado que la tomosíntesis mejora significativamente la tasa de detección de cánceres invasivos en comparación con la mamografía convencional. Además, reduce las tasas de falsos positivos y, por ende, disminuye la necesidad de realizar pruebas adicionales innecesarias, lo cual es un beneficio considerable tanto para los pacientes como para los sistemas de salud (7,8).

La implementación de la tomosíntesis en la práctica clínica ha sido bien recibida, aunque no está exenta de desafíos. El costo más elevado de los equipos y la necesidad de formación especializada para los radiólogos son barreras que deben ser abordadas. Sin embargo, los beneficios en términos de precisión diagnóstica y potencial para mejorar los resultados en salud justifican su creciente adopción (8).

En términos de seguridad, la dosis de radiación asociada con la tomosíntesis es ligeramente superior a la de una mamografía digital convencional. No obstante, sigue estando dentro de los límites considerados seguros por las autoridades reguladoras internacionales. Además, muchos sistemas modernos están diseñados para minimizar la exposición a la radiación sin comprometer la calidad de la imagen (8).

Comparación entre mamografía y tomosíntesis

La mamografía ha sido durante décadas el estándar de oro en la detección precoz del cáncer de mama, ofreciendo imágenes bidimensionales que permiten identificar anomalías en el tejido mamario. Sin embargo, presenta ciertas limitaciones, como la superposición de tejidos que puede dificultar la detección de lesiones en mamas densas y aumentar la posibilidad de falsos positivos (9).

En contraste, la tomosíntesis, también conocida como mamografía tridimensional, representa una evolución significativa en la imaginería mamaria. Esta técnica avanzada proporciona imágenes en 3D al capturar múltiples proyecciones del seno desde diferentes ángulos. Como resultado, permite una visualización más clara y detallada de las estructuras mamarias, reduciendo la superposición de tejidos y mejorando la precisión diagnóstica (9).

Un aspecto crucial en la comparación entre ambas técnicas es la sensibilidad y especificidad. La tomosíntesis ha demostrado tener una mayor sensibilidad en la detección de cánceres invasivos, especialmente en mujeres con mamas densas, donde la mamografía convencional puede no ser tan eficaz. Además, estudios han mostrado que la tomosíntesis reduce las tasas de recall, es decir, las llamadas para pruebas adicionales debido a hallazgos inciertos en la mamografía inicial (9).

Por otro lado, la dosis de radiación es un factor a considerar. Aunque la tomosíntesis implica una exposición ligeramente mayor que la mamografía 2D, los avances tecnológicos han permitido que esta diferencia sea mínima y dentro de los límites seguros establecidos por las guías internacionales (10).

En términos de implementación clínica, la tomosíntesis está ganando aceptación en muchos centros médicos debido a sus beneficios diagnósticos. Sin embargo, su disponibilidad puede estar limitada por el costo y la necesidad de equipos especializados y personal capacitado (10).

Beneficios clínicos de la tomosíntesis

La tomosíntesis, una innovación en la imagenología mamaria, ofrece múltiples beneficios clínicos que superan a los de la mamografía convencional. Este avance tecnológico permite una evaluación más detallada del tejido mamario al

proporcionar imágenes tridimensionales, lo que mejora la detección de anomalías y reduce la superposición de tejidos, un problema común en las mamografías bidimensionales (11).

Uno de los principales beneficios clínicos de la tomosíntesis es su capacidad para aumentar la sensibilidad en la detección de cánceres mamarios, especialmente en mujeres con mamas densas. La densidad mamaria puede enmascarar lesiones en las mamografías tradicionales, pero la tomosíntesis permite una visualización más clara y precisa, aumentando así las tasas de detección precoz. Esto es crucial para un tratamiento oportuno y efectivo (11).

Además, la tomosíntesis reduce el número de falsos positivos, lo que minimiza la necesidad de pruebas adicionales y disminuye la ansiedad del paciente. Al ofrecer una imagen más detallada, los radiólogos pueden distinguir mejor entre lesiones benignas y malignas, lo que lleva a un diagnóstico más preciso y confiable (11).

Otro beneficio significativo es la disminución de las tasas de recitación. En comparación con la mamografía convencional, la tomosíntesis ha demostrado reducir el número de pacientes que deben regresar para pruebas adicionales debido a hallazgos inciertos. Esto no solo mejora la experiencia del paciente al reducir el estrés asociado con exámenes adicionales, sino que también optimiza el uso de recursos médicos (12).

La integración de la tomosíntesis en las prácticas clínicas también ha mostrado mejorar la planificación quirúrgica. Al proporcionar imágenes más claras y detalladas, los cirujanos pueden planificar mejor las intervenciones, lo que puede resultar en procedimientos menos invasivos y una recuperación más rápida para el paciente (12).

Aplicación de inteligencia artificial en la imagenología mamaria

La inteligencia artificial (IA) ha emergido como una herramienta revolucionaria en el campo de la imagenología mamaria, aportando mejoras significativas en el diagnóstico y tratamiento del cáncer de mama. La integración de algoritmos avanzados en la interpretación de imágenes ha permitido una mayor precisión y eficiencia en la detección de anomalías, superando algunas de las limitaciones inherentes a los métodos tradicionales (13).

Uno de los principales avances es el uso de algoritmos de aprendizaje profundo para el análisis de mamografías. Estos algoritmos son capaces de procesar grandes volúmenes de datos, identificando patrones que pueden ser imperceptibles para el ojo humano. Esto no solo mejora la capacidad de detección temprana del cáncer, sino que también reduce la tasa de falsos positivos, minimizando la necesidad de biopsias innecesarias y disminuyendo la ansiedad del paciente (13).

Además, la IA facilita la personalización del tratamiento. Al analizar imágenes junto con datos clínicos y genéticos, los sistemas basados en IA pueden ayudar a los profesionales a desarrollar planes de tratamiento más adaptados a las características individuales de cada paciente. Esta capacidad de personalización es crucial, ya que el cáncer de mama no es una enfermedad homogénea y puede variar significativamente entre diferentes individuos (14).

La tomosíntesis digital, una evolución de la mamografía convencional, se beneficia enormemente de la IA. La tomosíntesis produce imágenes tridimensionales del tejido mamario, lo que permite una evaluación más detallada y precisa. Los algoritmos de IA pueden mejorar aún más esta tecnología al proporcionar un análisis más rápido y preciso de estas imágenes tridimensionales, mejorando así la detección y caracterización de lesiones (14).

Sin embargo, la implementación de la IA en la imagenología mamaria no está exenta de desafíos. La calidad y diversidad de los datos utilizados para entrenar los algoritmos son fundamentales para su eficacia. Es crucial contar con bases de datos amplias y representativas que incluyan variaciones étnicas y raciales para asegurar que los sistemas sean efectivos en todas las poblaciones. Además, la integración de la IA en la práctica clínica requiere una cuidadosa consideración ética, asegurando que las decisiones asistidas por IA sean transparentes y comprensibles para los profesionales de la salud y los pacientes (14).

Futuras tendencias en la innovación de técnicas de imagenología mamaria

En los últimos años, la imagenología mamaria ha experimentado avances significativos que han mejorado la detección y el diagnóstico del cáncer de mama. Sin embargo, el campo sigue evolucionando con nuevas tendencias que prometen revolucionar aún más estas técnicas. Una de las áreas de mayor interés es la inteligencia artificial (IA) y su integración en los sistemas de imagenología. La IA tiene el potencial de aumentar la precisión del diagnóstico al analizar grandes volúmenes de datos y detectar patrones que podrían pasar desapercibidos para el ojo humano. Los algoritmos avanzados pueden aprender de miles de imágenes para ofrecer evaluaciones más detalladas y personalizadas, reduciendo así la tasa de falsos positivos y negativos (15).

Otra tendencia emergente es la mejora en la resolución y calidad de las imágenes mediante el uso de tecnologías como la mamografía digital 3D o tomosíntesis. Esta técnica permite obtener imágenes tridimensionales del tejido mamario, proporcionando una visión más clara y detallada que las mamografías tradicionales en 2D. La tomosíntesis ha demostrado ser particularmente eficaz en mujeres con mamas densas, donde el tejido glandular puede dificultar la detección de anomalías (15).

Además, el desarrollo de nuevas modalidades de imagen, como la mamografía por contraste y la elastografía, está ganando terreno. La mamografía por contraste utiliza agentes de contraste intravenosos para resaltar áreas sospechosas, mejorando así la detección de lesiones que podrían no ser visibles en una mamografía convencional. Por otro lado, la elastografía evalúa la rigidez del tejido mamario, lo que puede ayudar a diferenciar entre lesiones benignas y malignas (15,16).

La personalización de los protocolos de imagenología también está cobrando importancia. Se están desarrollando enfoques más individualizados que consideran factores de riesgo específicos del paciente, como antecedentes familiares y genéticos, para determinar el tipo y frecuencia óptimos de exámenes de imagen (16).

Finalmente, la telemedicina y la conectividad mejorada están facilitando el acceso a servicios de imagenología mamaria en áreas remotas. Esto es crucial para garantizar que todas las mujeres tengan acceso a diagnósticos tempranos y precisos, independientemente de su ubicación geográfica (16).

CONCLUSIÓN

En conclusión, la evolución de las técnicas de imagenología mamaria ha marcado un hito significativo en el diagnóstico y manejo del cáncer de mama. Desde la mamografía convencional, que ha sido durante décadas la herramienta estándar para la detección precoz, hasta la incorporación de tecnologías avanzadas como la tomosíntesis, el campo ha experimentado avances notables que han mejorado la precisión diagnóstica y reducido las tasas de falsos positivos. La tomosíntesis, al proporcionar imágenes tridimensionales de la mama, permite una mejor visualización de las lesiones, especialmente en tejidos densos, lo que representa un avance crucial para el diagnóstico temprano y el tratamiento oportuno. Además, estas innovaciones han ampliado las posibilidades de personalizar el abordaje clínico, adaptándose a las características individuales de cada paciente. Sin embargo, es fundamental continuar investigando para optimizar estas tecnologías y garantizar su accesibilidad a nivel global. La implementación adecuada de estas herramientas innovadoras en la práctica clínica diaria no solo mejorará los resultados en salud, sino que también contribuirá a una mayor comprensión del cáncer de mama y sus diversas manifestaciones. En resumen, el futuro de la imagenología mamaria se perfila prometedor, con el potencial de transformar significativamente los paradigmas actuales en la detección y tratamiento del cáncer de mama.

REFERENCIAS

1. 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 Jun;22(2):311-325. doi: 10.4048/jbc.2019.22.e24.
2. Galati F, Marzocca F, Bassetti E, Luciani ML, Tan S, et al. Added Value of Digital Breast Tomosynthesis Combined with Digital Mammography According to Reader Agreement: Changes in BI-RADS Rate and Follow-Up Management. *Breast Care (Basel)*. 2017 Sep;12(4):218-222. doi: 10.1159/000477537.
3. Asbeutah AM, Karmani N, Asbeutah AA, Echreshzadeh YA, AlMajran AA, Al-Khalifah KH. Comparison of Digital Breast Tomosynthesis and Digital Mammography for Detection of Breast Cancer in Kuwaiti Women. *Med Princ Pract*. 2019;28(1):10-15. doi: 10.1159/000495753.
4. Waheed H, Masroor I, Afzal S, Alvi MI, Jahanzeb S. Digital Breast Tomosynthesis Versus Additional Diagnostic Mammographic Views for the Evaluation of Asymmetric Mammographic Densities. *Cureus*. 2020 Aug 10;12(8):e9637. doi: 10.7759/cureus.9637.
5. Marinovich ML, Hunter KE, Macaskill P, Houssami N. Breast Cancer Screening Using Tomosynthesis or Mammography: A Meta-analysis of Cancer Detection and Recall. *J Natl Cancer Inst*. 2018 Sep 1;110(9):942-949. doi: 10.1093/jnci/djy121.
6. McDonald ES, Oustimov A, Weinstein SP, Synnestvedt MB, Schnall M, et al. Effectiveness of Digital Breast Tomosynthesis Compared With Digital Mammography: Outcomes Analysis From 3 Years of Breast Cancer Screening. *JAMA Oncol*. 2016 Jun 1;2(6):737-43. doi: 10.1001/jamaoncol.2015.5536.
7. Stout NK, Miglioretti DL, Su YR, Lee CI, Abraham L, et al. Breast Cancer Screening Using Mammography, Digital Breast Tomosynthesis, and Magnetic Resonance Imaging by Breast Density. *JAMA Intern Med*. 2024 Oct 1;184(10):1222-1231. doi: 10.1001/jamainternmed.2024.4224.

8. Bernardi D, Li T, Pellegrini M, Macaskill P, Valentini M, et al. Effect of integrating digital breast tomosynthesis (3D-mammography) with acquired or synthetic 2D-mammography on radiologists' true-positive and false-positive detection in a population screening trial: A descriptive study. *Eur J Radiol*. 2018 Sep;106:26-31. doi: 10.1016/j.ejrad.2018.07.008.
9. Gilbert FJ, Tucker L, Gillan MG, Willsher P, Cooke J, et al. The TOMMY trial: a comparison of TOMosynthesis with digital MammographY in the UK NHS Breast Screening Programme--a multicentre retrospective reading study comparing the diagnostic performance of digital breast tomosynthesis and digital mammography with digital mammography alone. *Health Technol Assess*. 2015 Jan;19(4):i-xxv, 1-136. doi: 10.3310/hta19040.
10. Conant EF, Barlow WE, Herschorn SD, Weaver DL, Beaber EF, et al; Population-based Research Optimizing Screening Through Personalized Regimen (PROSPR) Consortium. Association of Digital Breast Tomosynthesis vs Digital Mammography With Cancer Detection and Recall Rates by Age and Breast Density. *JAMA Oncol*. 2019 May 1;5(5):635-642. doi: 10.1001/jamaoncol.2018.7078.
11. Conant EF, Beaber EF, Sprague BL, Herschorn SD, Weaver DL, et al. Breast cancer screening using tomosynthesis in combination with digital mammography compared to digital mammography alone: a cohort study within the PROSPR consortium. *Breast Cancer Res Treat*. 2016 Feb;156(1):109-16. doi: 10.1007/s10549-016-3695-1.
12. Upneja A, Long JB, Aminawung JA, Kyanko KA, Kunst N, et al. Comparative Effectiveness of Digital Breast Tomosynthesis and Mammography in Older Women. *J Gen Intern Med*. 2022 Jun;37(8):1870-1876. doi: 10.1007/s11606-021-07132-6.
13. Yala A, Lehman C, Schuster T, Portnoi T, Barzilay R. A Deep Learning Mammography-based Model for Improved Breast Cancer Risk Prediction. *Radiology*. 2019 Jul;292(1):60-66. doi: 10.1148/radiol.2019182716.
14. Rodriguez A, Lång K, Gubern A, Broeders M, Gennaro G, et al. Stand-Alone Artificial Intelligence for Breast Cancer Detection in Mammography: Comparison With 101 Radiologists. *J Natl Cancer Inst*. 2019 Sep 1;111(9):916-922. doi: 10.1093/jnci/djy222.
15. Zeng R, Badano A, Myers KJ. Optimization of digital breast tomosynthesis (DBT) acquisition parameters for human observers: effect of reconstruction algorithms. *Phys Med Biol*. 2017 Apr 7;62(7):2598-2611. doi: 10.1088/1361-6560/aa5ddc.
16. Houser M, Barreto D, Mehta A, Brem RF. Current and Future Directions of Breast MRI. *J Clin Med*. 2021 Nov 30;10(23):5668. doi: 10.3390/jcm10235668.