

Можливості цифрового томосинтезу і цифрової рентгенівської маммографії у візуалізації кальцинатів грудної залози

А. Ю. Ковтун^{1, 2}, Т. М. Козаренко¹, А. В. Гурандо¹, В. В. Тельний²

¹Національний університет охорони здоров'я України імені П. Л. Шупика, м. Київ

²ТОВ «Клініка Верум Експерт», м. Київ

Кальцинати – це поширена знахідка, яка візуалізується на цифровій рентгенівській маммографії (ЦРМГ) у близько 80% випадків. Більшість кальцинатів виявляються у складі доброякісних змін, що не становлять жодної загрози для життя пацієнток. Однак у грудній залозі (ГЗ) можуть також визначитися підозрілі кальцинати, при верифікації яких у третині випадків можливе виявлення злоякісної патології. В останні роки зростає кількість випадків використання цифрового томосинтезу грудних залоз (ЦТГЗ), що зумовлено вищою чутливістю та специфічністю цього методу порівняно з ЦРМГ. **Мета дослідження:** аналіз впливу використання ЦТГЗ на покращення візуалізації кальцинатів порівняно з ЦРМГ. **Матеріали та методи.** Проведено аналіз ЦРМГ, ЦТГЗ та ультразвукових досліджень (УЗД) у 101 жінки віком 31–85 років – з кальцинатами ГЗ та без них.

Результати. Під час дослідження було виявлено, що чутливість ЦТГЗ становить 95,2% ($p < 0,05$), ЦРМГ – 98,8% ($p < 0,05$), а УЗД ГЗ – 21,7%. Специфічність для ЦТГЗ становила 83,3%, тоді як для ЦРМГ – 94,4% ($p < 0,05$). При цьому не виявлено статистично значущої різниці в діагностиці кальцинатів ГЗ між ЦТГЗ та ЦРМГ. Водночас наявна статистично значуща перевага ЦТГЗ і ЦРМГ над ехографічною візуалізацією кальцинатів ГЗ ($p < 0,01$).

Висновки. ЦТГЗ не продемонстрував суттєвої переваги у візуалізації кальцинатів порівняно з ЦРМГ, однак обидва методи значно перевершують УЗД за чутливістю та специфічністю при візуалізації кальцинатів ГЗ.

Ключові слова: цифровий томосинтез грудних залоз, цифрова рентгенівська маммографія, ультразвукова діагностика грудних залоз, кальцинати, рак грудної залози.

Possibilities of digital breast tomosynthesis and full-field digital mammography in the visualization of breast calcifications

A. Y. Kovtun, T. M. Kozarenko, A. V. Gurando, V. V. Telnyi

Calcifications are the common findings which are visualized on full-field digital mammography (FFDM) in about 80% of cases. Most calcifications are benign changes that do not pose any threat to the lives of patients. However, suspicious calcifications can also be detected in the breast, which, when are verified, can lead to the discovery of malignant changes in one-third of cases. In recent years, the number of uses of digital breast tomosynthesis (DBT) has been increasing due to the greater sensitivity and specificity of the method compared to FFDM.

The objective: to evaluate the impact of DBT on improvement of the imaging of breast calcifications on FFDM.

Materials and methods. We have analyzed FFDM, DBT, and ultrasound (US) test results of 101 women 31–85 years old with and without breast calcifications.

Results. The study found that the sensitivity of DBT was 95.2% ($p < 0.05$), FFDM – 98.8% ($p < 0.05$), and 21.7% – for breast US examination. The specificity for DBT was 83.3%, while for FFDM – 94.4% ($p < 0.05$). At the same time, there was no statistically significant difference in the diagnosis of breast calcifications between DBT and FFDM. However, there was a statistically significant advantage of DBT and FFDM over US imaging of breast calcifications ($p < 0.01$).

Conclusions. DBT does not have a significant impact on the imaging of calcifications compared to FFDM, but both methods are significantly superior in sensitivity and specificity to US examination in the imaging of breast calcifications.

Keywords: digital breast tomosynthesis, full-field digital mammography, breast ultrasound, calcifications, breast cancer.

Кальцинати – це відкладення солей кальцію в паренхімі грудної залози (ГЗ), одна з найпоширеніших знахідок на цифровій рентгенівській маммографії (ЦРМГ), представлених у вигляді доброякісних і підозрілих кальцинатів на 80% мамограм [1]. Уперше кальцинати були описані ще в 1913 році німецьким хірургом А. Саломоном у зразку після мастектомії, однак суттєву клінічну й діагностичну роль вони почали відігравати лише в 60–70-х роках минулого століття [2].

Рак ГЗ (РГЗ) представлений кальцинатами на мамограмах у 35–49% випадків, а при гістологічному дослідженні післяопераційного матеріалу їх частота зростає

до 63–75% випадків [2]. РГЗ із кальцинатами в третині випадків частіше виявляє метастатичне ураження лімфатичних вузлів, порівняно з РГЗ без кальцинатів [2]. Згідно з даними рандомізованого дослідження в Норвегії, при скринінгу РГЗ підозрілі мікрокальцинати були найпоширенішою (23%) знахідкою, що свідчила про наявність злоякісних змін на ЦРМГ [3].

В Україні, за даними Національного канцер-реєстру за період 2022–2023 рр., частка РГЗ у жінок становила 23,7% серед усіх злоякісних нозологій. Загалом на облік перебувало майже 176 тисяч жінок станом на 2023 рік [4]. Згідно з результатами дослідження

Корнієць та співавт., більшість жінок вважають себе достатньо поінформованими щодо РГЗ, але безпідставно впевнені в неможливості захворіти [5]. У зв'язку з цим актуальним залишається питання покращення діагностики РГЗ і пошуку нових рішень.

Однією з найновіших розробок у сфері діагностики патологій ГЗ є цифровий томосинтез грудних залоз (ЦТГЗ). Завдяки ротації рентгенівської трубки в межах 15–50 градусів, залежно від виробника й налаштувань, створюється серія пошарових знімків ГЗ [6].

Основна перевага ЦТГЗ полягає в усуненні артефактів сумачії тканин, що дозволяє краще візуалізувати знахідки, особливо покращує виявлення деформацій архітекτονіки (ДА) [7–9]. Найбільший діагностичний ефект ЦТГЗ виявляє для пацієнок із щільною паренхімою ГЗ [10–12], хоча є думка, що йдеться насамперед про гетерогенно щільну паренхіму, а для екстремально щільної вираженого ефекту все одно немає [13]. Загалом ЦТГЗ підвищує рівень виявлення РГЗ, зменшує кількість повторних викликів на дообстеження у скринінговій системі РГЗ, а також мінімізує кількість непотрібних біопсій та оперативних втручань [9, 11, 14–16]. Ці значні переваги ЦТГЗ добре демонструють результати аналізу скринінгів через 3 роки після впровадження методу в практику: зростання частки доброякісних і негативних знахідок порівняно з ЦРМГ (59% проти 76% на ЦТГЗ), зниження на 50% кількості оцінок за категорією 3 системи BI-RADS (Breast Imaging Reporting and Data System), при цьому не було суттєвого впливу на частоту виявлення категорій 4 і 5 [17]. Слід зазначити, що ефективність скринінгу з ЦТГЗ залежить від скринінгового середовища [18]. Так, європейський скринінг зумовив більшу кількість виявлених випадків РГЗ, натомість у США значно зменшилася кількість дообстежень, у той час як в європейському скринінгу цей показник залишався незмінним [18].

Попри це серед частини радіологів існують сумніви щодо доцільності використання ЦТГЗ, зумовлені збільшенням тривалості оцінки дослідження, виникненням певних труднощів в інтерпретації та підвищенням променевого навантаження на пацієнок [6, 9, 13]. Також досі помилково використовується термін «3D-мамографія», адже ЦТГЗ – це звична ЦРМГ, яка лише допомагає пошарово оглянути структуру ГЗ, але вона не створює повноцінної тривимірної (3D) реконструкції.

На сьогодні існує обмежена кількість досліджень щодо впливу ЦТГЗ на діагностику кальцинатів, при цьому результати наявних робіт відрізняються між собою.

Так, частина досліджень вказує на те, що ЦТГЗ не відіграє статистично значущої ролі в діагностиці кальцинатів [10, 19, 20], а зміни в підсумковій оцінці BI-RADS можуть варіювати залежно від особливостей інтерпретації конкретного радіолога [19, 21]. ЦТГЗ має переваги у візуалізації шкірних кальцинатів і відстежуванні ходу судин за наявності судинних кальцинатів [9, 13]. Є твердження, що підозрілі кальцинати краще визначаються на ЦТГЗ завдяки збільшенню чіткості й помітності візуалізації кальцинатів, що дозволяє точніше встановити відстань між різними вогнищами та сприяє кращій оцінці поширення процесу, особливо, якщо група кальцинатів візуалізується

лише в одній рентгенологічній проєкції [11]. Натомість деякі автори вказують на недоліки ЦТГЗ внаслідок ускладнення візуалізації кластера кальцинатів під час позрівового перегляду, адже на ЦРМГ група візуалізується як єдиний цілий кластер, а на ЦТГЗ кластер здатний мати менш згруповану й однорідну структуру на різних зрізах, що може впливати на оцінку за шкалою BI-RADS [13]. Крім того, під час руху трубки ймовірне формування псевдокальцинатів через нашарування структур, які на зрізах можуть виглядати як кальцинати [13]. Також можливе виникнення справжніх артефактів, найчастіше асоційованих із макрокальцинатами чи сторонніми тілами (хірургічні мітки та скоби, передопераційні локалізатори, венозні порт-системи тощо), що виникають під час руху рентгенівської трубки при використанні ЦТГЗ [7, 9].

Мета дослідження: аналіз впливу використання ЦТГЗ на покращення візуалізації кальцинатів ГЗ на мамограмах порівняно з ЦРМГ і ультразвуковим дослідженням (УЗД).

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

Дослідження виконано в межах науково-дослідної роботи Національного університету охорони здоров'я України імені П. Л. Шупика Міністерства охорони здоров'я України «Мультимодальна діагностика патологій грудних залоз», номер державної реєстрації 0124U001961, прикладна, термін виконання 2024–2028 рр., керівник теми – д-р мед. н, проф. Т. М. Козаренко.

Проведено ретроспективне дослідження, до якого увійшли пацієнтки з діагностованими кальцинатами, що оцінювалися за категоріями 2–5 згідно із системою BI-RADS, а також аналізувалися мамограми без кальцинатів.

Дослідження проводилося на клінічній базі ТОВ «Клініка Верум Експерт» у період із 2022 по 2024 рр.

До когорти пацієнтів увійшла 101 жінка з наявністю або відсутністю кальцинатів, кожній з яких було проведено ЦРМГ, ЦТГЗ й УЗД. День менструального циклу, коли виконувалося дослідження, не враховувався. У дослідженні брали участь пацієнтки віком від 31 до 85 років.

Критеріями виключення з дослідження були: вагітність, стан після мастектомії, що унеможливило проведення ЦРМГ, наявність супутніх знахідок, як-от ДА, утворення й асиметрії, які візуалізувалися на тлі кальцинатів або поряд із ними.

Усім пацієнткам виконано двобічну ЦРМГ у режимі СОМВО з використанням ЦТГЗ у двох стандартних проєкціях (СС і МЛО – cranio-caudal та mediolateral oblique) на мамографічному апараті Selenia Dimensions (Hologic, США). У цьому режимі проводиться як стандартна ЦРМГ, так і формуються томосинтезовані зрізи товщиною 1 мм, при амплітуді руху рентгенівської трубки під кутами від +7,5 до –7,5 градусів. Для проведення УЗД використовували апарати Toshiba Aplio XG та Aplio 600 (Toshiba Medical Systems Corporation, Японія) з лінійним датчиком частотою 9 МГц.

Оцінка ЦРМГ і ЦТГЗ проводилася двома радіологами у двох стандартних проєкціях (СС, МЛО). Кожен із методів дослідження оцінювався окремо з інтервалом у 3 місяці з метою мінімізації ризику впізнання

досліджень. Дані всіх пацієнток були анонімізовані, дослідження розташовані у випадковому порядку для кожного рентгенолога.

Для оцінки чутливості візуалізації кальцинатів результати ЦРМГ, ЦТГЗ і УЗД були розподілені на 4 категорії:

- істинно позитивні (кальцинати наявні в ГЗ і візуалізуються на дослідженні);
- істинно негативні (кальцинати відсутні в ГЗ та не визначаються на дослідженні);
- хибнопозитивні (кальцинати відсутні в ГЗ, але візуалізуються на дослідженні);
- хибнонегативні (кальцинати наявні в ГЗ, але не візуалізуються на дослідженні).

РМГ використовувалася як основний метод дослідження, за допомогою якого визначалася достовірність наявності кальцинатів.

Дослідження проводилося відповідно до Гельсінської декларації згідно з висновком Комісії з питань етики Національного університету охорони здоров'я України імені П. Л. Шупика. Усі пацієнтки надали інформовану згоду на участь у дослідженні.

Для статистичної обробки отриманих результатів використовували програми Statistica 6.0 (StatSoft Inc., США) та Microsoft Office Excel 2017. Специфічність і чутливість обчислювалися за допомогою ROC-аналізу (Receiver Operating Characteristic Analysis). Статистично значущими вважали відмінності при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Виявлено, що чутливість ЦТГЗ становила 95,2%; чутливість ЦРМГ – 98,8%. Дані визначені статистично значущими ($p < 0,05$).

Встановлено, що специфічність ЦТГЗ становила 83,3%; специфічність ЦРМГ – 94,4%. Дані визначені статистично значущими ($p < 0,05$).

Досліджено, що точність ЦТГЗ становила 93,1%, точність ЦРМГ – 98,0%. Дані визначені статистично значущими ($p < 0,05$).

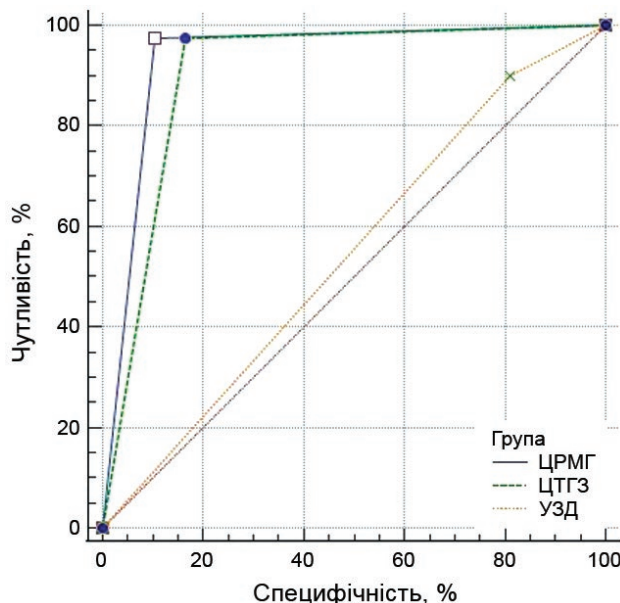
Дані щодо чутливості й специфічності методів подані в таблиці. Їхня графічна візуалізація наведена в ROC-кривій на рисунку.

З'ясовано, що для УЗД чутливість становила 21,7%, специфічність – 83,3%, точність – 32,7%. Отримані дані не були визначені статистично значущими.

Статистично значущої різниці між ЦТГЗ і ЦРМГ у площі (Area Under the Curve – AUC) під ROC-кривою не виявлено. Різниця становила 0,0311 (95% довірчий інтервал (ДІ) [–0,102; 0,164]).

Попри це була встановлена статистично значуща різниця в порівнянні цих методів з УЗД, враховуючи, що 95% ДІ не включає нуль, що свідчить про статистичну значущість різниці. Так, між ЦТГЗ і УЗД різниця становила 0,359 (95% ДІ [0,188; 0,531], $p < 0,01$), між ЦРМГ і УЗД – 0,391 (95% ДІ [0,231; 0,550], $p < 0,01$).

Наведені дані в таблиці свідчать про відсутність статистично значущої різниці між ЦТГЗ і ЦРМГ в площі під ROC-кривою, а також демонструють статистично значущу різницю в переважанні ЦТГЗ і ЦРМГ над УЗД у візуалізації кальцинатів ГЗ.



Графічна візуалізація ROC-кривої для ЦТГЗ, ЦРМГ і УЗД, %

Поєднання ЦТГЗ і ЦРМГ продемонструвало ідентичні результати до ЦРМГ: чутливість – 98,8%, специфічність – 94,4%, точність – 98,0%. Дані визначені статистично значущими ($p < 0,05$).

У дослідженні зафіксовано 3 випадки, коли при використанні ЦТГЗ хибно описувалися кальцинати. Це узгоджується з теорією про можливу візуалізацію псевдокальцинатів через сумацію тканин [12].

Деякі автори [10, 12, 22, 23] стверджують, що використання СОМВО-режиму з поєднанням ЦТГЗ і ЦРМГ покращує діагностику РГЗ порівняно з використанням лише ЦРМГ. Однак у цьому дослідженні, у контексті візуалізації кальцинатів, поєднання цих методів не дало жодної переваги та було еквівалентним до ЦРМГ. J. V. Norvat et al. зазначають, що ЦТГЗ, доповнене ЦРМГ, є найкращим методом візуалізації кальцинатів завдяки кращій візуалізації підозрілих утворень і поліпшенню оцінки поширення процесу

Попарне статистичне порівняння ROC-кривих

ЦТГЗ і ЦРМГ	
Різниця між площами	0,0311
95% ДІ	[–0,102; 0,164]
Рівень значущості	$p = 0,6460$
ЦРМГ і УЗД	
Різниця між площами	0,391
95% ДІ	[0,231; 0,550]
Рівень значущості	$p < 0,01$
ЦТГЗ і УЗД	
Різниця між площами	0,359
95% ДІ	[0,188; 0,531]
Рівень значущості	$p < 0,01$

в паренхімі ГЗ [11]. Водночас нами не було виявлено різниці в зміні чутливості та специфічності для ЦТГЗ + ЦРМГ порівняно з ЦРМГ, а різниця ЦРМГ із ЦТГЗ не є статистично значущою. Ці дані суперечать дослідженню J. S. Choi et al., в якому стверджується, що при ЦТГЗ + ЦРМГ підвищується специфічність порівняно з ЦРМГ, однак результати цього дослідження узгоджуються з нашими результатами щодо відсутності впливу на чутливість [19].

Попри наявність публікацій [10, 18, 24], що повідомляють про підвищення чутливості ЦТГЗ порівняно з ЦРМГ, не виявлено статистично значущої зміни чутливості між методами. Натомість можна спростувати твердження про те, що ЦТГЗ може бути менш чутливім, ніж ЦРМГ [6, 25].

Результати поточного дослідження більш подібні до отриманих результатів T. Amir et al., у роботі яких зазначається, що у скринінговій системі немає статистично значущої різниці в діагностиці кальцинатів ГЗ між ЦТГЗ і ЦРМГ [26]. Крім того, доведено значну перевагу ЦРМГ і ЦТГЗ над УЗД за чутливістю, специфічністю та точністю. Результати УЗД у візуалізації кальцинатів мали більш випадковий характер.

Основним обмеженням дослідження передусім є те, що всі описи радіологічних обстежень виконувалися в одному медичному закладі за участі двох лікарів. Фахівці у своїй спеціальності зосереджені суто на мамо-

графічних дослідженнях і працюють у мамологічному відділенні, тому дані можуть відрізнятися від результатів обстежень, проведених рентгенологами інших спеціальностей та інших закладів без мамологічного спрямування. Ще одним обмеженням є використання лише одного апарату для всіх досліджень, тому не можна виключати, що дані обстежень, проведених на апаратах інших виробників, можуть мати відмінності.

ВИСНОВКИ

ЦТГЗ не продемонстрував значної переваги у візуалізації кальцинатів ГЗ порівняно з ЦРМГ. Однак обидва методи значно переважають УЗД за чутливістю та специфічністю при візуалізації кальцинатів ГЗ. Комбіноване використання ЦТГЗ і ЦРМГ продемонструвало рівнозначні результати, як і при використанні виключно ЦРМГ.

Перспективи подальших досліджень. У майбутніх дослідженнях планується вивчення ймовірності покращення діагностики РГЗ, асоційованого з підозрілими мікрокальцинатами, завдяки використанню ЦТГЗ порівняно з ЦРМГ.

Конфлікт інтересів. Автори повідомляють про відсутність конфлікту інтересів.

Інформація про фінансування. Дослідження не отримувало жодного фінансування.

Відомості про авторів

Ковтун Андрій Юрійович – Національний університет охорони здоров'я України імені П. Л. Шупика, м. Київ; тел.: (063) 450-69-75. *E-mail: andriukotn17@gmail.com*

ORCID: 0000-0001-9471-3252

Козаренко Тетяна Маратівна – Національний університет охорони здоров'я України імені П. Л. Шупика, м. Київ; тел.: (067) 714-19-58. *E-mail: tatakozar@ukr.net*

ORCID: 0000-0002-0838-9773

Гурандо Андрій В'ячеславович – Національний університет охорони здоров'я України імені П. Л. Шупика, м. Київ; тел.: (096) 273-92-73. *E-mail: avgour@gmail.com*

ORCID: 0000-0002-2708-3040

Тельний Вадим Віталійович – ТОВ «Клініка Верум Експерт», м. Київ; тел.: (093) 668-23-52. *E-mail: vadvitel@gmail.com*

ORCID: 0000-0001-9860-9663

Information about the authors

Kovtun Andrii Y. – Shupyk National Healthcare University of Ukraine, Kyiv; tel.: (063) 450-69-75. *E-mail: andriukotn17@gmail.com*

ORCID: 0000-0001-9471-3252

Kozarenko Tetiana M. – Shupyk National Healthcare University of Ukraine, Kyiv; tel.: (067) 714-19-58. *E-mail: tatakozar@ukr.net*

ORCID: 0000-0002-0838-9773

Gurando Andrii V. – Shupyk National Healthcare University of Ukraine, Kyiv; tel.: (096) 273-92-73. *E-mail: avgour@gmail.com*

ORCID: 0000-0002-2708-3040

Telnyi Vadym V. – LLC “Verum Expert Clinic”, Kyiv; tel.: (093) 668-23-52. *E-mail: vadvitel@gmail.com*

ORCID: 0000-0001-9860-9663

ПОСИЛАННЯ

- Logullo AF, Prigenzi KCK, Nimir CCBA, Franco AFV, Campos MSDA. Breast microcalcifications: Past, present and future (Review). *Mol Clin Oncol.* 2022;16(4):81. doi: 10.3892/mco.2022.2514.
- Tot T, Gere M, Hofmeyer S, Bauer A, Pellas U. The clinical value of detecting microcalcifications on a mammogram. *Semin Cancer Biol.* 2021;72:165-174. doi: 10.1016/j.semcancer.2019.10.024.
- Aase HS, Danielsen AS, Hoff SR, Hølen AS, Haldorsen IS, Hovda T, et al. Mammographic features and screening outcome in a randomized controlled trial comparing digital breast tomosynthesis and digital mammography. *Eur J Radiol.* 2021;141:109753. doi: 10.1016/j.ejrad.2021.109753.
- Michailovich YI, Sumkina OV, Gorokh YL. Cancer incidence in Ukraine: Trends in 2010–2019 and the impact of COVID-19 pandemic. *Exp Oncol.* 2024;45(4):463-73. doi: 10.15407/exp-oncology.2023.04.463.
- Korniets N, Tertychna-Teliuk S, Skriabina O, Kulyk S, Dehtiarou O. The role of self-examination in the early diagnosis of breast cancer: routine or real opportunities? *Reprod Health Woman.* 2024;4(4):38-45. doi: 10.30841/2708-8731.4.2024.308994.
- Dhamija E, Gulati M, Deo SVS, Gogia A, Hari S. Digital Breast Tomosynthesis: an Overview. *Indian J Surg Oncol.* 2021;12(2):315-29. doi: 10.1007/s13193-021-01310-y.

7. Sickles, EA, D'Orsi CJ, Bassett LW. ACR BI-RADS® Mammography. In: ACR BI-RADS® Atlas, breast imaging reporting and data system. Reston: American College of Radiology; 2013, p. 65-127.
8. Babkina TM, Dykan IM, Gurando AV, Suleimenova DM, Kozarenko TM, Bozhok YM, et al. Detection of breast cancer presenting as a mass in women with dense breasts – digital breast tomosynthesis versus full-field digital mammography. *Exp Oncol.* 2020;42(3):215-9. doi: 10.32471/exp-oncology.2312-8852.vol-42-no-3.14898.
9. Berg WA, Leung JWT. *Diagnostic Imaging: Breast.* 3rd Edition. Philadelphia: Elsevier; 2019, p. 246-390.
10. Li J, Zhang H, Jiang H, Guo X, Zhang Y, Qi D, et al. Diagnostic performance of digital breast tomosynthesis for breast suspicious calcifications from various populations: a comparison with full-field digital mammography. *Comput Struct Biotechnol J.* 2018;17:82-9. doi: 10.1016/j.csbj.2018.12.004.
11. Horvat JV, Keating DM, Rodrigues-Duarte H, Morris EA, Mango VL. Calcifications at digital breast tomosynthesis: Imaging features and biopsy techniques. *Radiographics.* 2019;39(2):307-18. doi: 10.1148/rg.2019180124.
12. Pulido-Carmona C, Romero-Martín S, Raya-Povedano JL, Cara-García M, Font-Ugalde P, Elías-Cabot E, et al. Interval cancer in the Córdoba Breast Tomosynthesis Screening Trial (CBTST): comparison of digital breast tomosynthesis plus digital mammography to digital mammography alone. *Eur Radiol.* 2024;34(8):5427-38. doi: 10.1007/s00330-023-10546-x.
13. Kulkarni S, Freitas V, Muradali D. Digital breast tomosynthesis: potential benefits in routine clinical practice. *Can Assoc Radiol J.* 2022;73(1):107-20. doi: 10.1177/08465371211025229.
14. Dykan IN, Bozhok EN, Gurando AV, Kozarenko TM. Digital breast tomosynthesis in the diagnostics of breast diseases: luxury or necessity? (Analytical review of the literature). *Health Woman.* 2017;124(8):108-15.
15. Gilbert FJ, Tucker L, Gillan MG, Willsher P, Cooke J, Duncan KA, et al. Accuracy of digital breast tomosynthesis for depicting breast cancer subgroups in a UK Retrospective reading study (TOMMY Trial). *Radiology.* 2015;277(3):697-706. doi: 10.1148/radiol.2015142566.
16. Skaane P, Bandos AJ, Niklason LT, Sebuodegard S, Osterås BH, Gullien R, et al. Digital mammography versus digital mammography plus tomosynthesis in breast cancer screening: the Oslo Tomosynthesis Screening Trial. *Radiology.* 2019;291(1):23-30. doi: 10.1148/radiol.2019182394.
17. Raghu M, Durand MA, Andrejeva L, Goehler A, Michalski MH, Geisel JL, et al. Tomosynthesis in the Diagnostic Setting: Changing Rates of BI-RADS Final Assessment over Time. *Radiology.* 2016;281(1):54-61. doi: 10.1148/radiol.2016151999.
18. Conant EF, Zuckerman SP, McDonald ES, Weinstein SP, Korhonen KE, Birnbaum JA, et al. Five consecutive years of screening with digital breast tomosynthesis: Outcomes by screening year and round. *Radiology.* 2020;295(2):285-93. doi: 10.1148/radiol.2020191751.
19. Choi JS, Han BK, Ko EY, Kim GR, Ko ES, Park KW. Comparison of synthetic and digital mammography with digital breast tomosynthesis or alone for the detection and classification of microcalcifications. *Eur Radiol.* 2019;29(1):319-29. doi: 10.1007/s00330-018-5585-x.
20. Lai YC, Ray KM, Lee AY, Hayward JH, Freimanis RI, Lobach IV, et al. Microcalcifications detected at screening mammography: Synthetic mammography and digital breast tomosynthesis versus digital mammography. *Radiology.* 2018;289(3):630-8. doi: 10.1148/radiol.2018181180.
21. Bernstein MH, Baird GL, Lourenco AP. Digital breast tomosynthesis and digital mammography recall and false-positive rates by time of day and reader experience. *Radiology.* 2022;303(1):63-8. doi: 10.1148/radiol.210318.
22. Alabousi M, Wadera A, Kashif Al-Ghita M, Kashif Al-Ghetaa R, Salameh JP, Pozdnyakov A, et al. Performance of digital breast tomosynthesis, synthetic mammography, and digital mammography in breast cancer screening: a systematic review and meta-analysis. *J Natl Cancer Inst.* 2021;113(6):680-90. doi: 10.1093/jnci/djaa205.
23. Upneja A, Long JB, Aminawung JA, Kyanko KA, Kunst N, Xu X, et al. Comparative effectiveness of digital breast tomosynthesis and mammography in older women. *J Gen Intern Med.* 2022;37(8):1870-76. doi: 10.1007/s11606-021-07132-6.
24. Lin H, Zhang Y, Wu L, Li C. Diagnostic accuracy of digital breast tomosynthesis and digital mammography in women with dense or non-dense breast tissue: A systematic review and meta-analysis. *Adv Clin Exp Med.* 2025;34(3):315-26. doi: 10.17219/acem/185522.
25. Tagliafico A, Mariscotti G, Durando M, Stevanin C, Tagliafico G, Martino L, et al. Characterisation of microcalcification clusters on 2D digital mammography (FFDM) and digital breast tomosynthesis (DBT): does DBT underestimate microcalcification clusters? Results of a multicentre study. *Eur Radiol.* 2015;25(1):9-14. doi: 10.1007/s00330-014-3402-8.
26. Amir T, Ambinder EB, Harvey SC, Oluyemi ET, Jones MK, Honig E, et al. Benefits of digital breast tomosynthesis: A lesion-level analysis. *J Med Screen.* 2021;28(3):311-7. doi: 10.1177/0969141320978267.

Стаття надійшла до редакції 04.06.2025. – Дата першого рішення 09.06.2025. – Стаття подана до друку 11.07.2025