

Статья поступила: 07.02.2025
Статья принята: 13.02.2025
УДК: 618.19-006:616-073.75:004.8
МРНТИ: 76.29.62
DOI: [10.24412/1609-8692-2025-1-144-161](https://doi.org/10.24412/1609-8692-2025-1-144-161)

Тип статьи: обзорная статья

РОЛЬ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ДИАГНОСТИКЕ РАКА МОЛОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ УЛЬТРАЗВУКА: ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Култаев А.С.¹, *Закиряров И.А.², Pintong Huang.³, Жатқанбаева А.Ж.¹.

¹Казахстанский медицинский университет «Высшей школы общественного здравоохранения», г. Алматы, Казахстан

²КГП на ПХВ "Алматинский онкологический центр" УОЗ г. Алматы

³Вторая Дочерняя больница Медицинского факультета Чжэцзянского университета, г. Ханчжоу, Китай

Введение: Рак молочной железы (РМЖ) является одной из ведущих причин онкосмертности среди женщин во всем мире. В 2022 году было зарегистрировано 2,3 миллиона случаев заболевания, а 670 000 женщин скончались от рака молочной железы (РМЖ).

В Республике Казахстан рак молочной железы занимает третье место в структуре смертности от злокачественных опухолей.

РМЖ относится к категории социально значимых заболеваний из-за его высокой распространенности, значительного влияния на качество жизни женщин, экономической нагрузки на системы здравоохранения и необходимости постоянного совершенствования методов диагностики и лечения.

Ранняя диагностика рака молочной железы играет ключевую роль в успешном лечении и снижении летальности. Развитие технологий позволило создать ультразвуковые аппараты экспертного класса, оснащенные искусственным интеллектом (ИИ), которая позволяет провести диагностику злокачественных новообразований молочной железы на ранней стадии и дать характеристику зоне поражения.

Цель исследования: провести анализ современной научной литературы в оценке применение искусственного интеллекта (ИИ) в диагностике злокачественных новообразований молочной железы.

Методы: в настоящем обзоре был использован электронный поиск в медицинской литературе с использованием баз данных PubMed, Scopus, IEEE Xplore и Google Scholar. Поиск осуществлялся, по ключевым словам: "Breast cancer diagnosis ultrasound artificial intelligence", "AI in breast cancer diagnosis", "Ultrasound imaging breast cancer deep learning", "Machine learning breast cancer detection ultrasound". В обзор были включены полнотекстовые публикации на английском и русском языках, доступные в открытом доступе, посвященные ультразвуковому исследованию рака молочной железы с применением искусственного интеллекта.

Отчеты о единичных наблюдениях, переписка, письма и исследования, не проводившиеся на людях, в обзор не включались.

Результаты. В рассмотренных исследованиях применение ИИ как вспомогательного инструмента ассоциировалось с улучшением отдельных показателей чувствительности, специфичности и согласованности оценок врачей. Описаны результаты систем поддержки решений, включая S-Detect, и исследования чтения УЗИ с поддержкой алгоритмов глубокого обучения. Величина эффекта зависит от исследовательской выборки, опыта врачей и условий проверки модели.

Обсуждение. Сопоставление исследований показывает, что клиническая польза ИИ определяется не только точностью алгоритма, но и условиями взаимодействия системы с врачом. В работе Mango и соавторов поддержка принятия решений снижала вариабельность интерпретации, а в публикациях по S-Detect обсуждалось повышение воспроизводимости характеристики очаговых изменений. Однако показатели чувствительности, специфичности и площади под ROC-кривой зависят от соотношения доброкачественных и злокачественных случаев, квалификации исследователей и способа отбора изображений. Большинство результатов получено при ретроспективном анализе статичных УЗИ-кадров; они не полностью отражают динамическое сканирование и учет клинического анамнеза. Поэтому ИИ следует рассматривать как инструмент поддержки врача, а не самостоятельную замену BI-RADS, комплексного обследования или морфологической верификации при наличии показаний. Для внедрения необходимы внешняя и проспективная валидация на разных аппаратах, оценка ложноположительных решений, влияния на частоту биопсий и обучение специалистов.

Заключение: Использование ИИ в диагностике злокачественных новообразований молочной железы с использованием ультразвуковых технологий может значительно повысить точность диагностики, уменьшить ошибки и снизить вариабельность результатов. Несмотря на положительные результаты, требуется дальнейшее исследование для интеграции ИИ в реальную клиническую практику и обучения врачей.

Ключевые слова: Рак молочной железы (breast cancer), breast cancer ultrasound diagnosis (ультразвуковая диагностика рака молочной железы), искусственный интеллект, классификация BI-RADS.

СҮТ БЕЗІ ОБЫРЫН ДИАГНОСТИКАЛАУДАҒЫ ЖӘНЕ УЛЬТРАДЫБЫСТЫ ҚОЛДАНУДАҒЫ ЖАСАНДЫ ИНТЕЛЛЕКТТІҢ РӨЛІ: ӘДЕБИЕТТІК ШОЛУ

Култаев А.С.¹, * Закиряров И.А.², Pintong Huang³, Жатқанбаева А.Ж.¹

¹ «ҚДСЖМ» Қазақстандық медицина университеті, Алматы қ., Қазақстан

² Алматы қ. ДСБ «Алматы онкология орталығы» ШЖҚ КМК

³ Чжэцзян университетінің медицина факультетінің екінші енішлес ауруханасы, Ханчжоу қ., Қытай

Кіріспе: Сүт безі обырын (СБО) бүкіл әлемдегі әйелдер арасындағы онкологиялық өлімнің жетекші себептерінің бірі болып табылады. 2022 жылы 2,3 миллион жағдай тіркелді, ал 670 000 әйел сүт безі обырынан қайтыс болды. Қазақстан Республикасында сүт безі обыры қатерлі ісіктерден болатын өлім құрылымында үшінші орында тұр. СБО жоғары таралуына, әйелдердің өмір сапасына айтарлықтай әсер етуіне, денсаулық сақтау жүйелеріне экономикалық жүктемеге және диагностика мен емдеу әдістерін үнемі жетілдіру қажеттілігіне байланысты әлеуметтік маңызы бар аурулар санатына жатады.

Сүт безі обырын ерте диагностикалау табысты емдеуде және өлімді азайтуда шешуші рөл атқарады.

Технологияның дамуы сүт безі обырын ерте сатысында диагностикалауға және зақымдану аймағын сипаттауға мүмкіндік беретін жасанды интеллектпен (ЖИ) жабдықталған сараптамалық деңгейдегі ультрадыбыстық аппараттарды құруға мүмкіндік берді.

Зерттеудің мақсаты: сүт безі обырын диагностикалауда жасанды интеллекттің (ЖИ) қолданылуын бағалауда заманауи ғылыми әдебиеттерге талдау жүргізу.

Әдістері: бұл шолуда PubMed, Scopus, IEEE Xplore және Google Scholar дерекқорларын пайдалана отырып, медициналық әдебиеттерде электрондық іздеу қолданылды. Іздеу кілт сөздерге сәйкес жүзеге асырылды: "Breast cancer diagnostics ultrasound artificial intelligence", "AI in breast cancer diagnosis", "Ultrasound imaging breast cancer deep learning", "Machine learning breast cancer detection ultrasound". Шолуға жасанды интеллект көмегімен сүт безі обырын ультрадыбыстық зерттеуге арналған ашық қолжетімді ағылшын және орыс тілдеріндегі толық мәтінді басылымдар енгізілді.

Жеке бақылаулар туралы есептер, корреспонденциялар, хаттар және адамдарда жүргізілмеген зерттеулер шолуға енгізілмеген.

Нәтижелер. Бірқатар зерттеулерде ЖИ қолдауымен сезімталдық, ерекшелік және дәрігерлер бағаларының бірізділігі жақсарған. S-Detect және терең оқытуға негізделген шешім қабылдауды қолдау жүйелері қарастырылды. Нәтиже шамасы іріктемеге, дәрігер тәжірибесіне және модельді тексеру жағдайына байланысты.

Талқылау. Зерттеулерді салыстыру ЖИ-дің клиникалық тиімділігі тек алгоритм дәлдігіне ғана емес, оның дәрігер шешімін қабылдау үдерісіне қалай енгізілгеніне де байланысты екенін көрсетеді. Mango және әріптестерінің жұмысында шешімді қолдау дәрігерлер арасындағы қорытындылар айырмашылығын азайтқан, ал S-Detect туралы жарияланымдарда ошақты өзгерістерді сипаттаудың бірізділігі қарастырылған. Дегенмен сезімталдық, ерекшелік және ROC қисығы астындағы аудан көрсеткіштері қатерсіз және қатерлі түзілістердің арақатынасына, мамандар тәжірибесіне және кескіндерді іріктеу тәсіліне тәуелді. Көптеген нәтижелер статикалық ультрадыбыстық суреттердің ретроспективті талдауына негізделген, бұл нақты уақыттағы сканерлеуді және пациенттің клиникалық деректерін толық қамтымайды. Сондықтан ЖИ BI-RADS жүйесін, дәрігердің кешенді бағалауын немесе көрсетілім бойынша морфологиялық растауды алмастырмай, көмекші құрал ретінде қолданылуы тиіс. Клиникалық енгізу үшін әртүрлі аппараттардағы сыртқы және проспективті валидация, жалған оң қорытындылар мен биопсияға жіберу жиілігіне әсерін бағалау және мамандарды оқыту қажет.

Қорытынды: Ультрадыбыстық технологияны қолдана отырып, сүт безінің обырын диагностикалауда ЖИ қолдану диагностиканың дәлдігін едәуір жақсартады, қателіктерді азайтады және нәтижелердің өзгергіштігін төмендетеді. Оң нәтижелерге қарамастан, ЖИ-ны нақты клиникалық тәжірибеге енгізу және дәрігерлерді оқыту үшін қосымша зерттеу қажет.

Түйінді сөздер: Сүт безі обыры, сүт безі обырының ультрадыбыстық диагностикасы, жасанды интеллект, BI-RADS классификациясы.

THE ROLE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE DIAGNOSIS OF BREAST CANCER
AND THE USE OF ULTRASOUND: A REVIEW OF THE LITERATUREKultaev A.S.¹, *Zakiryarov I.A.², Pintong Huang.³, Zhatkanbaeva A.Zh.¹¹Kazakh Medical University "Higher School of Public Health", Almaty, Kazakhstan²KGP at the RVC "Almaty Oncology Center" HD Almaty³The Second Affiliated Hospital of Zhejiang University School of Medicine, Hangzhou, China

Relevance: Breast cancer (BC) is one of the leading causes of cancer mortality among women worldwide. In 2022, 2.3 million cases were reported, and 670,000 women died of breast cancer (BC).

In the Republic of Kazakhstan, breast cancer ranks third in the structure of mortality from malignant tumors.

Breast cancer belongs to the category of socially significant diseases due to its high prevalence, significant impact on the quality of life of women, the economic burden on health care systems and the need for continuous improvement of diagnostic and treatment methods.

Early diagnosis of breast cancer plays a key role in successful treatment and reduction of mortality.

The development of technologies has made it possible to create expert-class ultrasound machines equipped with artificial intelligence (AI), which makes it possible to diagnose breast malignancies at an early stage and characterize the affected area.

Objective: To analyze the modern scientific literature in assessing the use of artificial intelligence (AI) in the diagnosis of breast malignancies.

Methods: In this review, an electronic search in the medical literature was used using the databases PubMed, Scopus, IEEE Xplore and Google Scholar. The search was carried out by keywords: "Breast cancer diagnostics ultrasound artificial intelligence", "AI in breast cancer diagnosis", "Ultrasound imaging breast cancer deep learning", "Machine learning breast cancer detection ultrasound". The review included full-text publications in English and Russian, available in the public domain, on ultrasound examination of breast cancer using artificial intelligence.

Reports of isolated observations, correspondence, letters, and studies not conducted on humans were not included in the review.

Results. Selected studies reported improvements in sensitivity, specificity or reader consistency when AI assisted ultrasound interpretation. Research involving S-Detect and deep-learning decision support illustrated potential benefits, although effect estimates varied by case selection, reader experience and validation conditions.

Discussion. Comparison of the included studies indicates that the clinical value of AI depends not only on algorithm performance but also on how decision support is integrated into the radiologist's workflow. Mango and colleagues reported reduced variability in reader assessment with decision support, while reports involving S-Detect described more consistent characterization of focal breast lesions. However, sensitivity, specificity and area under the receiver operating characteristic curve depend on case mix, reader expertise and image selection. Much of the available evidence comes from retrospective analyses of static ultrasound images, which do not fully represent dynamic scanning or the use of patient history and other clinical findings. AI should therefore assist, rather than replace, BI-RADS assessment, the clinician's diagnostic judgment or histopathological confirmation when indicated. Implementation requires external and prospective validation across equipment and practice settings, evaluation of false-positive findings and biopsy decisions, and appropriate clinician training.

Conclusion: The use of AI in the diagnosis of breast malignancies using ultrasound technologies can significantly improve diagnostic accuracy, reduce errors, and reduce the variability of results. Despite the positive results, further research is needed to integrate AI into real clinical practice and train doctors.

Keywords: Breast cancer, breast cancer ultrasound diagnosis, artificial intelligence, BI-RADS classification.

Введение: Рак молочной железы (РМЖ) представляет собой одно из самых распространенных онкологических заболеваний среди женщин во всем мире. По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), рак молочной железы занимает первое место по заболеваемости и смертности среди женской популяции, что делает его одной из самых актуальных проблем здравоохранения на глобальном уровне (рисунок 1,2). В 2022 году в мире было

диагностировано 2,3 миллиона женщин с раком груди и 670 000 смертей [1,2]. Рак молочной железы (РМЖ) занимает первое место среди всех онкологических заболеваний, составляя 14,9% (14,7% - в 2022 году) от общего числа раков в Республике Казахстан. Показатель заболеваемости РМЖ в 2023 году увеличился с 26,5 до 27,7 случаев на 100 тысяч человек по всей стране [3]. Несмотря на значительные успехи в области ранней диагностики, лечения и профилактики,

раннее выявление заболевания остается ключевым фактором, определяющим прогноз и успешность лечения

Распространенность среди женщин



Рисунок 1 - Круговые диаграммы показывают распределение случаев у женщин.
Источник: GLOBOCAN 2022.

Смертность среди женщин

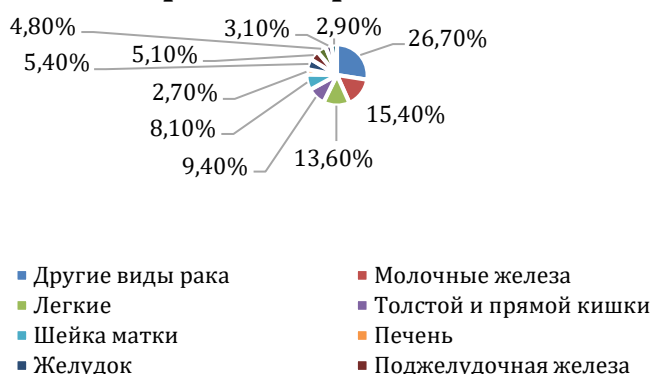


Рисунок 2 - Круговые диаграммы показывают распределение смерти у женщин.
Источник: GLOBOCAN 2022.

На сегодняшний день наличие эффективных методов ранней диагностики является важнейшим условием для повышения выживаемости и качества жизни пациентов с раком молочной железы.

Ультразвуковое исследование (УЗИ) является одним из самых распространенных и доступных методов диагностики заболеваний молочной железы, включая доброкачественные и злокачественные новообразования. Благодаря высокой чувствительности, особенно при обследовании женщин с плотной тканью молочной железы, УЗИ позволяет выявлять опухолевые образования на ранних стадиях,

а также проводить мониторинг изменений в тканях [4]. Однако, несмотря на свою эффективность, традиционная интерпретация ультразвуковых изображений зависит от уровня квалификации врача, что может привести к ошибкам в диагностике, особенно в сложных случаях. Проблема субъективности и вариабельности в интерпретации УЗИ-изображений требует внедрения новых технологий, способных повысить точность диагностики и снизить вероятность ошибок [5]. Технологический прогресс в медицине и современные достижения в области

искусственного интеллекта (ИИ) и машинного обучения открывают новые возможности в онкологии для улучшения дифференциальной диагностики новообразований [6]. ИИ представляет собой систему, которая может «обучаться» на большом количестве данных, распознавая закономерности, выявляющие аномалии и патологии [7]. В последние годы ИИ находит широкое применение в анализе медицинских изображений, в том числе ультразвуковых, что способствует автоматизации процесса диагностики и повышению точности интерпретации данных. Использование алгоритмов глубокого обучения и нейронных сетей позволяет ИИ эффективно анализировать УЗИ-изображения молочной железы, выявлять злокачественные и доброкачественные образования, а также классифицировать их по типу, размеру и другим характеристикам [8].

Цель статьи - проанализировать существующие достижения и возможности применения искусственного интеллекта в диагностике злокачественных новообразований молочной железы с использованием ультразвука. В статье будут рассмотрены ключевые исследования в этой области, а также основные принципы работы ИИ в контексте анализа УЗИ-изображений, его преимущества и вызовы, связанные с внедрением этих технологий в клиническую практику. Обсуждение данных исследований позволит оценить роль ИИ как дополнения к традиционным методам диагностики, а также его потенциал для улучшения качества и эффективности диагностики злокачественных новообразований молочной железы.

Материалы и методы. Нами для составления данного литературного обзора были использованы статьи, опубликованные в научных журналах, конференционных материалах и отчетах в период с 2010 по 2023 год. Основное внимание было уделено исследованиям, в которых рассматривалось применение искусственного интеллекта (ИИ) в

диагностике злокачественных новообразований молочной железы с использованием ультразвуковых технологий. В обзор были включены статьи, которые: используют ультразвуковую диагностику злокачественные новообразования молочной железы в сочетании с алгоритмами искусственного интеллекта, включая машинное обучение и глубокие нейронные сети; представляют результаты исследования точности и эффективности ИИ-методов в диагностике рака молочной железы; описывают как клинические испытания, так и лабораторные исследования; публикации, где описывается интеграция ИИ в реальную клиническую практику или обсуждаются перспективы применения ИИ в данной области. Для поиска источников были использованы базы данных PubMed, Scopus, IEEE Xplore и Google Scholar. Ключевые слова и фразы для поиска включали: "Breast cancer diagnosis ultrasound artificial intelligence", "AI in breast cancer diagnosis", "Ultrasound imaging breast cancer deep learning", "Machine learning breast cancer detection ultrasound". Все статьи, найденные в результате поиска, были отсортированы по релевантности, и были выбраны исследования с наибольшим вкладом в тему применения ИИ в диагностике рака молочной железы с использованием ультразвука.

Научная новизна и практическая значимость.

Аналитическая новизна обзора состоит в сопоставлении диагностических возможностей ИИ с задачами повседневной ультразвуковой практики: оценкой BI-RADS, решением о биопсии, межэкспертной согласованностью и влиянием опыта специалиста. Практическое значение имеет выделение условий внедрения ИИ как вспомогательной технологии - проверка моделей на локальных данных, стандартизация интерпретации и систематический контроль ложноположительных результатов.

Ограничения исследования.

Обзор носит аналитический, а не систематический характер: не представлены протокол регистрации, полная схема поиска и отбора источников и количественный метаанализ. Описанные исследования различались по составу пациентов, эталонному диагнозу, типу УЗИ-оборудования и способу взаимодействия врача с алгоритмом. Часть результатов получена на ретроспективных статичных изображениях, поэтому их нельзя автоматически переносить на клинические обследования в реальном времени.

Результаты. В актуальной медицине все шире внедряются использование искусственного интеллекта для ранней диагностики злокачественных новообразований молочных желез и отслеживания их динамики.

Нами при проведении систематического обзора, были выделены следующие ключевые моменты применения искусственного интеллекта в диагностике рака молочных желез:

- Повышение точности диагностики с использованием ИИ: В рамках всех исследований было продемонстрировано, что системы на базе искусственного интеллекта (ИИ) способствуют значительному улучшению диагностической точности в маммологии [9]. Одно из исследований показало, что ИИ-система превзошла традиционные методы интерпретации, предоставив дополнительные рекомендации по биопсии, которые могли бы быть упущены при традиционном подходе [5,15]. В другом исследовании использование ИИ для анализа УЗИ-изображений улучшило классификацию по системе BI-RADS и увеличило чувствительность диагностики у большинства врачей [10,11].

- Уменьшение вариабельности диагнозов между врачами и в рамках одного врача: Внедрение ИИ-системы способствовало снижению вариабельности интерпретаций между различными врачами, что привело к более стабильным и воспроизводимым результатам [5]. Этот эффект является

критически важным для минимизации ошибок, связанных с индивидуальными различиями в опыте и подходах специалистов.

- Влияние частоты использования ИИ-системы на результаты: Результаты показали, что частое использование выходных данных ИИ-системы может приводить к улучшению результатов диагностики за счет формирования доверия врачей к рекомендациям системы. В некоторых случаях ИИ способствовал пересмотру первоначальных решений врачами, что приводило к улучшению как чувствительности, так и специфичности. В то же время, доверие к системе варьировалось в зависимости от уровня подготовки врачей, что подчеркивает необходимость дополнительного обучения и адаптации к использованию ИИ-технологий [12].

- Роль ИИ в обучении и повышении квалификации врачей: Использование ИИ в диагностике молочной железы показало, что он помогает улучшить результаты работы врачей, у которых изначально были проблемы с чувствительностью или специфичностью. Например, врачи, которые раньше хорошо определяли здоровые участки, но не всегда замечали патологию, значительно улучшили свои навыки в выявлении заболеваний. Это показывает, что ИИ может быть полезным инструментом для повышения квалификации врачей и уменьшения диагностических ошибок, а также подтверждает важность его роли в обучении специалистов. Это также свидетельствует о важности ИИ в контексте обучения специалистов [12].

- Улучшение клинического процесса и его стандартизация: Исследования показали, что ИИ-системы могут существенно повысить точность диагностики и улучшить клинические процессы. В частности, система DS продемонстрировала стабильные результаты при различных вариантах размещения области интереса (ROI) на УЗ-изображениях, что важно для внедрения технологии в повседневную

клиническую практику. Кроме того, система оказалась устойчива к изменениям в характеристиках оборудования (например, различия в частоте ультразвукового преобразователя), что подтверждает ее потенциальную универсальность для применения в разных медицинских учреждениях [5].

- Ограничения и вызовы в применении ИИ:

Несмотря на положительные результаты, исследования выявили несколько ограничений. Одним из основных является то, что они проводились с использованием статичных изображений УЗИ, что не полностью отражает реальную клиническую практику, где используются динамичные сканирования, а также учитываются симптомы пациента и данные о факторах риска. [13].

- Перспективы дальнейших исследований:

Важным направлением дальнейших исследований является оценка влияния ИИ на клинические рабочие процессы, особенно в реальном времени. Необходимо изучить, как постоянное использование ИИ в диагностике может повлиять на точность и последовательность интерпретаций врачей, а также как оно влияет на их уверенность и доверие к системе. Также требуется исследование того, как использование ИИ может способствовать устранению пробелов в опыте и обучении медицинских специалистов, что может привести к улучшению качества диагностики и снижению ошибок.

Обсуждение. В рамках нашего обзора были проанализированы 10 научных исследований, проведенных в последние годы, в которых обсуждается использование искусственного интеллекта (ИИ) для диагностики рака молочной железы с помощью ультразвукового метода. Результаты проведенных нами исследований показали, значительный потенциал искусственного интеллекта (ИИ) в области диагностики молочной железы, в частности в улучшении чувствительности и специфичности при анализе ультразвуковых изображений [14]. Мы наблюдали, что добавление ИИ в процессе оценки

изображений молочной железы с использованием системы на основе глубокого обучения значительно улучшило результаты большинства врачей, особенно тех, у кого изначально были низкие показатели чувствительности или специфичности. Это свидетельствует о том, что ИИ может стать важным инструментом в процессе обучения специалистов и повышении их квалификации, способствуя сокращению диагностических ошибок и улучшению качества медицинского обслуживания [5, 10,12].

Исследование, проведенное в Казахском Научно-Исследовательском Институте Онкологии и Радиологии в 2022г с использованием ультразвукового аппарата Samsung Medison RS85, показало высокую эффективность технологии S-Detect для диагностики новообразований молочных желез. В исследование вошли 50 женщин, для которых проводилась ультразвуковая диагностика с использованием В-режима, ЦДК, ЭДК, соноэластографии и S-Detect. На рисунках 3,4 и 5 представлены изображения, полученные с применением S-Detect, эластографии и ЦДК. Результаты показали, что S-Detect точно диагностирует опухоль в 92% случаев (46 из 50) с чувствительностью 92%, точностью 90% и специфичностью 91%, в то время как метод соноэластографии показал точность 80% с чувствительностью 86,5%, точностью 88,3% и специфичностью 89,8%. В заключение, исследование продемонстрировало, что можно использовать в качестве дополнительного диагностического инструмента для повышения специфичности, точности, чувствительности УЗИ молочных желез в клинической практике, а также в качестве руководства при принятии решений в отношении новообразований молочной железы, обнаруженных при УЗИ. [13].

Кроме того, результаты показали, что добавление DS к ультразвуковым изображениям увеличивало точность классификации поражений молочной железы по шкале BI-RADS [11]. AUC улучшалась у всех врачей, что подчеркивает

важность индивидуального подхода и профессиональной подготовки в контексте внедрения ИИ в клиническую практику. По нашим наблюдениям, влияние ИИ зависело от начальных рабочих показателей врачей: те, кто начинал с низкой чувствительности, показали более значительные улучшения в точности выявления патологий, в то время как врачи с высокой специфичностью и низкой чувствительностью демонстрировали улучшения в точности диагностики. Это также подчеркивает роль ИИ как инструмента, способного скорректировать слабые стороны диагностики у различных специалистов.

Анализ изменения меж- и внутридокторской вариабельности также продемонстрировал преимущества использования ИИ в диагностике. ИИ-система продемонстрировала способность снижать изменчивость в оценках, что может иметь большое значение в клинической практике, где часто возникает разногласия между врачами. Снижение междокторской вариабельности способствует более стабильным и объективным результатам, что может значительно повысить качество диагностики и ускорить принятие клинических решений.

Исследование, проведенное авторами Victoria L. Mango, Mary Sun, Ralph T. Wynn, Richard Ha и другими, опубликованное в Американском журнале рентгенологии в июне 2020г: статья рассматривает влияние системы поддержки принятия решений (DS) на основе искусственного интеллекта на точность оценки поражений молочной железы при ультразвуковом исследовании. Исследование включило 900 женщин (средний возраст 53,6 года, диапазон 17–96 лет) с поражениями молочной железы, выявленными с июня 2004 по июнь 2016 года с использованием УЗИ. Поражения были обнаружены в более чем 20 учреждениях США. Расовое распределение: 65,8% белые, 8,6% черные, 8,1% латиноамериканцы, 14,8% азиаты, 2,8% другие. Размеры опухолей: менее 10 мм — 36,9%, 10–14 мм — 25,4%, 15–19 мм — 14,7%, более 20 мм — 22,2%. 52,2% из них

доброкачественные, 47,8% — злокачественные (85,8% инвазивный рак, 14,2% протоковая карцинома in situ). Первоначальная оценка BI-RADS: 7,6% BI-RADS 2, 19,2% BI-RADS 3, 62,4% BI-RADS 4, 10,8% BI-RADS 5.

УЗИ снимки получены с частотой 12 МГц и выше, используя аппараты от GE Healthcare (77,4%), Philips Healthcare (18,9%), Siemens (2,9%) и других. 15 врачей участвовали в исследовании: 11 рентгенологов (средний стаж 11,4 лет), 2 хирурга-маммолога и 2 акушера-гинеколога. Все читатели прошли 30-минутное обучение перед началом работы.

Система ИИ анализировала УЗИ и классифицировала случаи в четыре категории: доброкачественные, вероятно доброкачественные, подозрительные и вероятно злокачественные. Врачи дважды рассматривали эти случаи, один раз только с УЗИ, другой — с УЗИ и поддержкой ИИ.

Основные результаты показали, что использование ИИ повысило точность диагностики, улучшив показатели AUC (площадь под кривой), чувствительности и специфичности. Также была уменьшена вариабельность оценок между разными врачами и внутри одной группы. В 13,6% случаев, когда использовалось только УЗИ, происходило переключение на более высокие категории риска, в то время как при использовании ИИ это произошло в 10,8% случаев, что также статистически значимо.

В заключение, исследование показало, что система ИИ повышает точность оценки и снижает вариабельность в интерпретации данных УЗИ молочной железы [5].

Эти результаты также свидетельствуют о возможности ИИ системы поддерживать более консистентный подход в диагностике и снизить влияние субъективных факторов, таких как опыт врача или его субъективное восприятие изображений.

Однако, несмотря на положительные результаты, важно отметить, что наше исследование имело несколько ограничений. Оно базировалось на статичных изображениях УЗИ, что не полностью отражает динамичную природу

клинической практики, где изображения часто интерпретируются в контексте симптомов пациента и других клинических факторов.

Для полного внедрения ИИ в клиническую практику требуется более глубокое исследование, включающее интеграцию системы в процесс реального времени, а также анализ влияния ИИ на клинические результаты и взаимодействие с пациентами. Важно также изучить, как различные характеристики и качества оборудования (например, частота ультразвукового преобразователя или вариабельность размещения калипера) могут влиять на производительность ИИ и точность диагностики [14]. Дальнейшие исследования должны сосредоточиться на изучении долгосрочного влияния

использования ИИ на диагностику и обучение врачей, а также на понимании, как ИИ-системы могут быть интегрированы в текущие рабочие процессы в медицинских учреждениях.

В целом, результаты нашего литературного обзора подтверждают высокий потенциал ИИ в области диагностики молочной железы и подчеркивают его роль в обучении и повышении квалификации врачей, улучшении точности диагностики и снижении вариабельности в интерпретации изображений. С учетом полученных данных, ИИ может сыграть ключевую роль в будущем здравоохранении, обеспечивая более точную и быструю диагностику для пациентов, а также поддерживая врачей в их профессиональной практике.

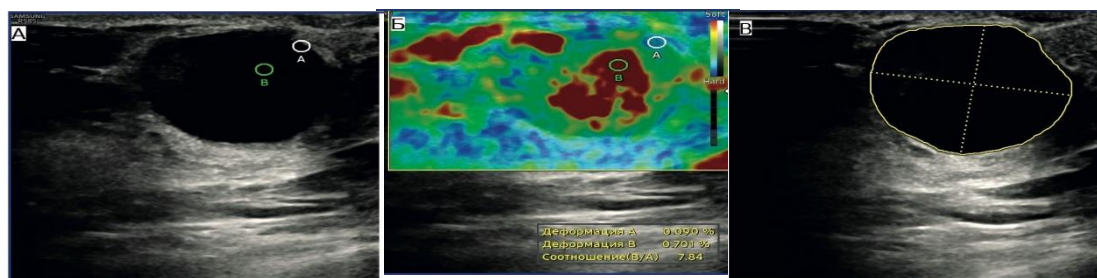


Рисунок 3 - Киста молочной железы (в поперечном срезе):
А – В-режим, Б – эластография, В – S-Detect



Рисунок 4 - Рак молочной железы
(в поперечном срезе): А – эластография, Б – В-режим (ЦДК), В – S-Detect.

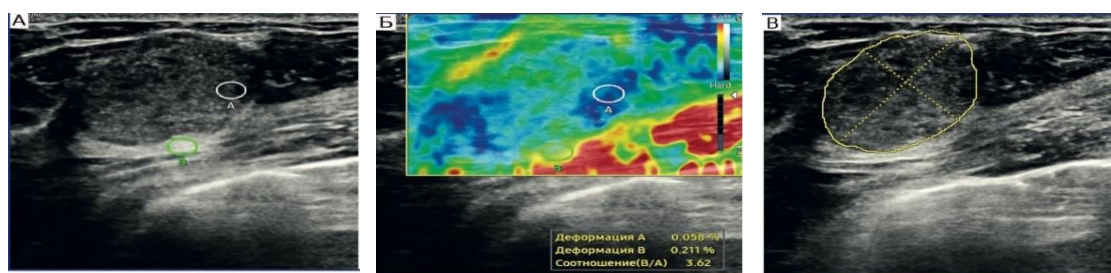


Рисунок 5 - Фиброаденома молочной железы (в поперечном срезе):
А – В-режим, Б – эластография, В – S-Detect

Заклучение. В данном литературном обзоре подтверждено, что искусственный интеллект (ИИ) значительно повышает точность диагностики рака молочной железы с использованием ультразвука. ИИ улучшает чувствительность и специфичность, снижает вариабельность диагнозов и помогает в классификации патологий по системе BI-RADS.

Практические перспективы.

Для клинического внедрения необходимы внешняя и проспективная валидация, оценка влияния систем ИИ на частоту ненужных биопсий и пропущенных злокачественных образований, проверка работы на различном оборудовании и обучение медицинского персонала.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 World Health Organization. Breast cancer [Internet]. Geneva: WHO; 2024. Available from: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/breast-cancer>
- 2 Bray F, Laversanne M, Sung H, Ferlay J, Siegel RL, Soerjomataram I, et al. Global cancer statistics 2022: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries. *CA Cancer J Clin.* 2024;74(3):229-263. doi:10.3322/caac.21834.
- 3 Кайдарова ДР, Шатковская ОВ, Онгарбаев БТ, Жылкайдарова АЖ, Сейсенбаева ГТ, Лаврентьева ИК и др. Показатели онкологической службы Республики Казахстан за 2023 год. Алматы: КазНИИОиР; 2024. doi:10.52532/20-09-2024-1-410.
- 4 Sood R, Rositch AF, Shakoor D, Ambinder E, Pool KL, Pollack E, et al. Ultrasound for breast cancer detection globally: a systematic review and meta-analysis. *J Glob Oncol.* 2019;5:1-17. doi:10.1200/JGO.19.00127.
- 5 Mango VL, Sun M, Wynn RT, Ha R. Should we ignore, follow, or biopsy? Impact of artificial intelligence decision support on breast ultrasound lesion assessment. *AJR Am J Roentgenol.* 2020;214(6):1445-1452. doi:10.2214/AJR.19.21872.
- 6 Yu KH, Beam AL, Kohane IS. Artificial intelligence in healthcare. *Nat Biomed Eng.* 2018;2(10):719-731. doi:10.1038/s41551-018-0305-z.
- 7 Fujioka T, Mori M, Kubota K, Oyama J, Yamaga E, Yashima Y, et al. The utility of deep learning in breast ultrasonic imaging: a review. *Diagnostics (Basel).* 2020;10(12):1055. doi:10.3390/diagnostics10121055.
- 8 Han S, Kang HK, Jeong JY, Park MH, Kim W, Bang WC, et al. A deep learning framework for supporting the classification of breast lesions in ultrasound images. *Phys Med Biol.* 2017;62(19):7714-7728. doi:10.1088/1361-6560/aa82ec.
- 9 Lazarus E, Mainiero MB, Schepps B, Koelliker SL, Livingston LS. BI-RADS lexicon for US and mammography: interobserver variability and positive predictive value. *Radiology.* 2006;239(2):385-391. doi:10.1148/radiol.2392042127.
- 10 Huang X, Qiu Y, Bao F, Wang J, Lin C, Lin Y, et al. Artificial intelligence breast ultrasound and handheld ultrasound in the BI-RADS categorization of breast lesions: a pilot head-to-head comparison study in screening program. *Front Public Health.* 2023;10:1098639. doi:10.3389/fpubh.2022.1098639.
- 11 Анисимов АВ. Система BI-RADS для УЗИ: описание, классификация, иллюстрации. *SonoAce Ultrasound.* 2016;(29):94-102. Available from: <https://www.medison.ru/si/art434.htm>
- 12 Liao J, et al. Artificial intelligence-assisted ultrasound image analysis to discriminate early breast cancer in Chinese population: a retrospective, multicentre, cohort study. *EClinicalMedicine.* 2023;60:102001. doi:10.1016/j.eclinm.2023.102001.
- 13 Култаев АС, Закиряров ИА. Функция S-Detect как новейший метод ультразвукового исследования образований молочных желез: сравнительная характеристика. *Онкология и радиология Казахстана.* 2022;4(66):24-32. Available from: <https://ojs.oncojournal.kz/index.php/oncol-and-radiol-of-kazakhstan/article/view/131>

- 14 Al-Karawi D, Al-Zaidi S, Helael KA, Obeidat N, Mouhsen AM, Ajam T, et al. A review of artificial intelligence in breast imaging. *Tomography*. 2024;10(5):705-726. doi:10.3390/tomography10050055.
- 15 Shen Y, Shamout FE, Oliver JR, Witowski J, Kannan K, Park J, et al. Artificial intelligence system reduces false-positive findings in the interpretation of breast ultrasound exams. *Nat Commun*. 2021;12:5645. doi:10.1038/s41467-021-26023-2.

REFERENCES

- 1 World Health Organization. Breast cancer [Internet]. Geneva: WHO; 2024. Available from: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/breast-cancer>
- 2 Bray F, Laversanne M, Sung H, Ferlay J, Siegel RL, Soerjomataram I, et al. Global cancer statistics 2022: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries. *CA Cancer J Clin*. 2024;74(3):229-263. doi:10.3322/caac.21834.
- 3 Kaidarova DR, Shatkovskaya OV, Ongarbayev BT, Zhylkaidarova AZh, Seisenbaeva GT, Lavrentyeva IK, et al. Indicators of the oncology service of the Republic of Kazakhstan for 2023. Almaty: Kazakh Research Institute of Oncology and Radiology; 2024. doi:10.52532/20-09-2024-1-410. (In Russian).
- 4 Sood R, Rositch AF, Shakoob D, Ambinder E, Pool KL, Pollack E, et al. Ultrasound for breast cancer detection globally: a systematic review and meta-analysis. *J Glob Oncol*. 2019;5:1-17. doi:10.1200/JGO.19.00127.
- 5 Mango VL, Sun M, Wynn RT, Ha R. Should we ignore, follow, or biopsy? Impact of artificial intelligence decision support on breast ultrasound lesion assessment. *AJR Am J Roentgenol*. 2020;214(6):1445-1452. doi:10.2214/AJR.19.21872.
- 6 Yu KH, Beam AL, Kohane IS. Artificial intelligence in healthcare. *Nat Biomed Eng*. 2018;2(10):719-731. doi:10.1038/s41551-018-0305-z.
- 7 Fujioka T, Mori M, Kubota K, Oyama J, Yamaga E, Yashima Y, et al. The utility of deep learning in breast ultrasonic imaging: a review. *Diagnostics (Basel)*. 2020;10(12):1055. doi:10.3390/diagnostics10121055.
- 8 Han S, Kang HK, Jeong JY, Park MH, Kim W, Bang WC, et al. A deep learning framework for supporting the classification of breast lesions in ultrasound images. *Phys Med Biol*. 2017;62(19):7714-7728. doi:10.1088/1361-6560/aa82ec.
- 9 Lazarus E, Mainiero MB, Schepps B, Koelliker SL, Livingston LS. BI-RADS lexicon for US and mammography: interobserver variability and positive predictive value. *Radiology*. 2006;239(2):385-391. doi:10.1148/radiol.2392042127.
- 10 Huang X, Qiu Y, Bao F, Wang J, Lin C, Lin Y, et al. Artificial intelligence breast ultrasound and handheld ultrasound in the BI-RADS categorization of breast lesions: a pilot head-to-head comparison study in screening program. *Front Public Health*. 2023;10:1098639. doi:10.3389/fpubh.2022.1098639.
- 11 Anisimov AV. BI-RADS system for ultrasound: description, classification and illustrations. *SonoAce Ultrasound*. 2016;(29):94-102. Available from: <https://www.medison.ru/si/art434.htm> (In Russian).
- 12 Liao J, et al. Artificial intelligence-assisted ultrasound image analysis to discriminate early breast cancer in Chinese population: a retrospective, multicentre, cohort study. *EClinicalMedicine*. 2023;60:102001. doi:10.1016/j.eclinm.2023.102001.
- 13 Kul'taev AS, Zakir'yarov IA. S-Detect as an ultrasound tool for evaluating breast lesions: comparative characteristics. *Onkologiya i Radiologiya Kazakhstana*. 2022;4(66):24-32. Available from: <https://ojs.oncojournal.kz/index.php/oncol-and-radiol-of-kazakhstan/article/view/131> (In Russian).

14 Al-Karawi D, Al-Zaidi S, Helael KA, Obeidat N, Mouhsen AM, Ajam T, et al. A review of artificial intelligence in breast imaging. Tomography. 2024;10(5):705-726. doi:10.3390/tomography10050055.

15 Shen Y, Shamout FE, Oliver JR, Witowski J, Kannan K, Park J, et al. Artificial intelligence system reduces false-positive findings in the interpretation of breast ultrasound exams. Nat Commun. 2021;12:5645. doi:10.1038/s41467-021-26023-2.

Этическое одобрение. Для аналитического обзора общедоступных публикаций, не включавшего набор участников или обработку персональных данных, одобрение этического комитета не требуется.

Согласие на участие и публикацию. Не применимо к литературному обзору без идентифицируемых данных пациентов.

Финансирование. Специальное финансирование исследования не заявлено.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Доступность данных. Новые первичные данные не формировались; использованные исследования приведены в библиографии.

Вклад авторов. Култаев А.С. - разработка концепции и методологии обзора (Conceptualization; Methodology), научное руководство (Supervision), критический пересмотр текста (Writing – review & editing). Закиряров И.А. - поиск и анализ публикаций (Investigation), систематизация материалов об ультразвуке и S-Detect (Data curation), написание первоначального варианта (Writing - original draft). Huang P. - экспертная оценка исследований диагностической точности (Validation), методологическая интерпретация данных визуализации (Methodology), научное редактирование (Writing - review & editing). Жатқанбаева А.Ж. - библиографический поиск (Investigation), обработка и организация источников (Data curation), подготовка иллюстративных материалов (Visualization), участие в редактировании (Writing - review & editing). Все авторы ознакомились с окончательной версией рукописи и одобрили ее.

Этикалық мақұлдау. Ашық жарияланымдарға жасалған шолу адамдарды зерттеуге тартуды және дербес деректерді өңдеуді көздемегендіктен, этика комитетінің мақұлдауы талап етілмейді.

Қатысуға және жариялауға келісім. Қолданылмады - сәйкестендірілетін пациент деректері пайдаланылмаған.

Қаржыландыру. Арнайы қаржыландыру көрсетілмеген.

Мүдделер қақтығысы. Авторлар мүдделер қақтығысының жоқтығын мәлімдейді.

Деректердің қолжетімділігі. Жаңа бастапқы деректер жиналған жоқ; дереккөздер әдебиеттер тізімінде берілген.

Авторлардың үлесі. Култаев А.С. - шолу тұжырымдамасы мен әдіснамасын әзірлеу (Conceptualization; Methodology), ғылыми жетекшілік (Supervision), мәтінді сыни қайта қарау (Writing – review & editing). Закиряров И.А. - жарияланымдарды іздеу және талдау (Investigation), ультрадыбыстық зерттеу және S-Detect жөніндегі материалдарды жүйелеу (Data curation), бастапқы қолжазбаны жазу (Writing - original draft). Huang P. - диагностикалық дәлдік зерттеулерін сараптамалық бағалау (Validation), бейнелеу деректерін әдіснамалық түсіндіру (Methodology), ғылыми редакциялау (Writing - review & editing). Жатқанбаева А.Ж. - библиографиялық іздеу (Investigation), дереккөздерді өңдеу және жүйелеу (Data curation), иллюстрациялық материалдарды дайындау (Visualization), редакциялауға қатысу (Writing - review & editing). Барлық авторлар қолжазбаның соңғы нұсқасын қарап, мақұлдады.

Ethics approval. Ethics committee review was not required for a narrative review of publicly available literature without recruitment of participants or processing of personal data.

Consent to participate and for publication. Not applicable; no identifiable patient data were included.

Funding. No specific funding was reported.

Conflicts of interest. The authors declare no conflicts of interest.

Data availability. No new primary data were generated; the analysed publications are listed in the references.

Authors' contributions. Kultaev A.S. - Conceptualization and Methodology of the review, Supervision, Writing - review & editing. Zakiryarov I.A. - Investigation (literature search and analysis), Data curation (organization of ultrasound and S-Detect evidence), Writing - original draft. Huang P. - Validation (expert appraisal of diagnostic-accuracy studies), Methodology (interpretation of imaging evidence), Writing - review & editing. Zhatkanbaeva A.Zh. - Investigation (bibliographic search), Data curation (source organization), Visualization (preparation of illustrative material), Writing - review & editing. All authors reviewed and approved the final manuscript.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Закиряров Илия Абдумагаметович - автор для переписки, врач ультразвуковой диагностики Алматинского онкологического центра, преподаватель радиологии КМУ «ВШОЗ», Алматы, Казахстан. E-mail: liya_barsa@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9312-9772>.

Култаев Асхат Сейтханович - кандидат медицинских наук, врач ультразвуковой диагностики высшей категории, КазНИИ онкологии и радиологии, заведующий кафедрой радиологии КМУ «ВШОЗ», Алматы, Казахстан. E-mail: kultaevaskhat@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0306-3616>.

Pintong Huang - доктор медицины, The Second Affiliated Hospital of Zhejiang University School of Medicine, Китай. E-mail: huangpintong@126.com.

Жатқанбаева Айнұр Жанатқызы - резидент, КМУ «ВШОЗ», Алматы, Казахстан. E-mail: ainyuka_91@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-4512-6864>.

АВТОРЛАР ТУРАЛЫ МӘЛІМЕТТЕР

Закиряров Илия Абдумагаметович - хат-хабарға жауапты автор, Алматы онкология орталығының ультрадыбыстық диагностика дәрігері, «ҚДСЖМ» Қазақстан медицина университетінің радиология оқытушысы, Алматы, Қазақстан. E-mail: liya_barsa@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9312-9772>.

Култаев Асхат Сейтханович - медицина ғылымдарының кандидаты, жоғары санатты ультрадыбыстық диагностика дәрігері, Қазақ онкология және радиология ҒЗИ, «ҚДСЖМ» радиология кафедрасының меңгерушісі, Алматы, Қазақстан. E-mail: kultaevaskhat@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0306-3616>.

Pintong Huang - медицина докторы, Чжэцзян университетінің медицина мектебінің Екінші аффилиирленген ауруханасы, Қытай. E-mail: huangpintong@126.com.

Жатқанбаева Айнұр Жанатқызы - резидент, «ҚДСЖМ» Қазақстан медицина университеті, Алматы, Қазақстан. E-mail: ainyuka_91@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-4512-6864>.

AUTHOR INFORMATION

Iliya A. Zakiryarov - corresponding author, ultrasound physician, Almaty Oncology Center; radiology lecturer, Kazakhstan Medical University "KSPH", Almaty, Kazakhstan. E-mail: Iliya_barsa@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9312-9772>.

Askhat S. Kultaev - Candidate of Medical Sciences, senior-category ultrasound physician, Kazakh Research Institute of Oncology and Radiology; Head of Radiology Department, Kazakhstan Medical University "KSPH", Almaty, Kazakhstan. E-mail: kultaevaskhat@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0306-3616>.

Pintong Huang - MD, The Second Affiliated Hospital, Zhejiang University School of Medicine, China. E-mail: huangpintong@126.com.

Ainur Zh. Zhatkanbaeva - resident physician, Kazakhstan Medical University "KSPH", Almaty, Kazakhstan. E-mail: ainyuka_91@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-4512-6864>.