

ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ПРИМЕНЕНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ДИАГНОСТИКЕ НОВООБРАЗОВАНИЙ МОЛОЧНЫХ ЖЕЛЕЗ

Марущак Е.А.^{1,2}, Зубарева Е.А.², Глушков П.С.¹, Фисенко Е.П.¹

1 - ФГБНУ «Российский научный центр хирургии им. академика Б.В. Петровского, НКЦ №2». г. Москва, Россия.

2 - ФГБАУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова» МЗ РФ.
г. Москва, Россия.

Цель исследования. Оценить результаты применения искусственного интеллекта (ИИ) в ультразвуковой диагностике (УЗД) новообразований молочных желез (МЖ).

Материалы и методы. В 2024 году было выполнено 91 мультипараметрическое ультразвуковое исследование (В-режим, ЦДК, эластография, оценка микроваскуляризации) пациенткам с 129 новообразованиями молочных желез, в том числе с применением программного обеспечения ИИ УЗ-сканера Samsung RS-85. Возраст пациенток составил от 18 до 82 лет. У всех пациенток была выполнена морфологическая верификация новообразований различного уровня (тонкоигольная аспирационная биопсия, трепан-биопсия, вакуумная аспирационная биопсия, гистологическое исследование с иммуногистохимическим анализом).

Пациентки были разделены на 2 группы: совпадение и расхождение мнения врача-диагноста и данных ИИ. В группе совпадения данных – 117 новообразований, расхождения данных – 12 новообразований. Полученные данные были статистически проанализированы.

Результаты. Совпадение данных УЗИ в исполнении врача и морфологической верификации составило 90%, а ИИ – 87%. Чувствительность УЗИ в исполнении врача и ИИ оказалась одинаковой и составила 82%; специфичность УЗИ в исполнении врача составила 92%, ИИ – 88%.

Обсуждение. Данные проведенного анализа свидетельствуют, что на современном этапе развития информационных технологий система искусственного интеллекта не показывает существенных преимуществ в стратификации новообразований молочных желез перед врачом ультразвуковой диагностики с большим стажем работы. Наш опыт использования программы ИИ показал ее эффективность для скрининга узловых новообразований молочных желез, что может помочь в уменьшении зависимости результатов УЗИ от опыта врача. Если системой ИИ узел был классифицирован как I-III по BI-RADS, то это со значительной долей вероятности позволяло исключить рак молочной железы (PMЖ), что было верифицировано морфологически. При этом система искусственного интеллекта склонна к гипердиагностике, что обусловлено все еще недостаточно совершенными на данном этапе его эволюции алгоритмами, имитирующими клиническое мышление.

Заключение. Важным моментом при выполнении УЗИ с использованием программного обеспечения ИИ является четкое позиционирование окна опроса на подлежащем анализу объекте, а также хорошее качество изображения. Программное обеспечение ИИ УЗ-сканера может применяться в практике врача ультразвуковой диагностики в качестве системы поддержки принятия решения, но не заменять его заключение. Наиболее перспективной нишей использования искусственного интеллекта являются регионы с ограниченными медицинскими ресурсами, где результаты ИИ не только снизят нагрузку на врачебный персонал, но и будут способствовать более прицельному анализу данных УЗИ врачом-клиницистом.

Ключевые слова: ультразвуковая диагностика, молочная железа, искусственный интеллект, морфологическая верификация, BI-RADS.

Контактный автор: Марущак Е.А., e-mail: e.marushchak@mail.ru

Для цитирования: Марущак Е.А., Зубарева Е.А., Глушков П.С., Фисенко Е.П. Оценка результатов применения искусственного интеллекта в ультразвуковой диагностике новообразований молочных желез. REJR 2025; 15(1):119-129. DOI: 10.21569/2222-7415-2025-15-1-119-129.

Статья получена: 21.12.24

Статья принята: 14.02.25

EVALUATION OF THE RESULTS OF THE ARTIFICIAL INTELLIGENCE USAGE IN THE ULTRASOUND DIAGNOSTICS OF BREAST TUMORS

Marushchak E.A.^{1,2}, Zubareva E.A.², Glushkov P.S.¹, Fisenko E.P.¹

1 - B.V. Petrovsky Russian Research Surgery Center.

2 - N.I. Pirogov Russian National Research Medical University. Moscow, Russia.

To evaluate the results of the use of AI in the ultrasound diagnosis of breast tumors. **Materials and methods.** In 2024, 91 multiparametric ultrasounds (In-mode, CDI, elastography, microvascularization assessment) were performed in patients with 129 tumors of the breast, including using the Samsung RS85 ultrasound scanner AI software. The age of the patients ranged from 18 to 82 years. Morphological verification of neoplasms of various levels was performed in all patients (fine needle aspiration biopsy, trepan biopsy, vacuum aspiration biopsy, total histological examination with immunohistochemical analysis). The patients were divided into 2 groups: the coincidence and discrepancy of the opinion of the diagnostician and the AI data. There are 117 neoplasms in the data coincidence group, and 12 neoplasms in the data discrepancy group. The data obtained were statistically processed.

Results. The coincidence of the doctor's ultrasound and morphological verification data was 90% and of the AI was 87%. The sensitivity of the ultrasound performed by the doctor and the AI turned out to be the same and amounted to 82%; the specificity of the ultrasound of the doctor was 92% and of the AI was 88%.

Discussion. The data of the conducted analysis indicate that at the current stage of information technology development, the AI system does not show significant advantages in the stratification of breast tumors over an ultrasound doctor with extensive work experience. Our experience using the AI program has shown its effectiveness for screening nodular tumors of the breast, which may help reduce the dependence of ultrasound results on the doctor's experience. If the node was classified as I-III by BI-RADS by the AI system, then this was highly likely to exclude breast cancer, which was morphologically verified. At the same time, the AI system is prone to over diagnosis, which is due to algorithms that imitate clinical thinking that are still not sufficiently advanced at this stage of its evolution.

Conclusion. An important point when performing ultrasound using AI software is the clear positioning of the survey window on the object to be analyzed, as well as good image quality. The ultrasound scanner AI software can be used in the practice of an ultrasound diagnostics doctor as a decision support system, but not to replace his conclusion. The most promising niche for the use of AI are regions with limited medical resources, where the results of AI will not only reduce the burden on medical staff, but will also contribute to a more targeted analysis of ultrasound data by a clinician.

Keywords: ultrasound diagnostics, mammary gland, artificial intelligence, morphological verification, BI-RADS.

Corresponding author: Marushchak E.A., e-mail: e.marushchak@mail.ru

For citation: Marushchak E.A., Zubareva E.A., Glushkov P.S., Fisenko E.P. Evaluation of the results of the artificial intelligence usage in the ultrasound diagnostics of breast tumors. REJR 2025; 15(1):119-129. DOI: 10.21569/2222-7415-2025-15-1-119-129.

Received: 21.12.24

Accepted: 14.02.25

Распространенность рака молочной железы (РМЖ) в России в 2023 году составила 541,7 на 100000 населения [1]. По данным международного агентства по исследованию рака (МАИР, IACR) в 2020 году рак молочной железы был наиболее часто диагностируемым, в 2022 году он стал вторым по распространенности после рака легких. Рак молочной железы остается наиболее часто диагностируемым типом злокачественных новообразований и самой распространенной причиной смерти от рака среди женщин [2]. Также наблюдается рост доброкачественной дисплазии молочной железы (ДДМЖ), частота которой по оценке ряда авторов достигает 50% [3, 4].

Среди методов инструментальной диагностики заболеваний молочной железы (МЖ) ультразвуковое исследование (УЗИ) является одним из основных из-за его высокой информативности и неинвазивности. Согласно национальным клиническим рекомендациям мультипараметрическое УЗИ является методом выбора в дифференциальной диагностике между диффузными и очаговыми изменениями паренхимы молочных желез, кистозными и солидными образованиями. Рекомендуется УЗИ молочных желез у пациенток до 40 лет с развитой железистой тканью, беременных и женщин в период лактации [4].

По ультразвуковым изображениям полученные данные анализируются с применением цифровых данных программы искусственного интеллекта (ИИ). Данный алгоритм по выделению признаков реализуется с помощью распознавания объектов и оценивается по набору количественных чисел рассматриваемого изображения. В онкологических приложениях примерами признаков являются размер, форма, интенсивность и текстура, которые в совокупности обеспечивают комплексную характеристику патологии, называемую радиомической сигнатурой опухоли [5, 6].

Искусственный интеллект включает машинное обучение (МО) и глубокое обучение (ГО). Алгоритмы машинного обучения обычно полагаются на инженерные функции, которые описывают выявленные в областях интереса закономерности, используя параметры на основе заранее введенных экспертных знаний. В медицинской сфере распространены следующие алгоритмы машинного обучения: методы опорных векторов, байесовские классификаторы и др. [9, 10]. Такие алгоритмы машинного обучения ограничены своей зависимостью от функций, определенных экспертами, и не могут

адаптироваться к незадаанным изменениям в различных методах визуализации. В отличие от алгоритмов машинного обучения, алгоритмы глубокого обучения не требуют заранее определенных функций и областей интересов, установленных людьми, поскольку они могут автоматически анализировать информацию и обучаться на основе необработанных данных [11]. Наиболее частой архитектурой глубокого обучения является так называемая сверточная нейронная сеть, суть которой состоит в многослойной обработке изображений с фрагментацией и последующем умножении отдельных фрагментов изображения с использованием матриц математическим методом, который называется «свертка» [12].

В настоящее время уже не вызывает сомнений тот факт, что искусственный интеллект способствует эффективности диагностики новообразований молочных желез, сокращая разрыв между менее и более опытными врачами. Такой подход снижает количество ненужных повторных обследований и биопсий, оптимизируя использование медицинских ресурсов и повышая общую эффективность диагностики [13, 14].

Вместе с тем, применение искусственного интеллекта в ультразвуковой диагностике в настоящее время имеет ряд таких сложностей, как плохое качество изображений, разница в оборудовании, наличие артефактов, проблемы с цифровым архивированием, большие различия в количестве и модальности набора данных, используемых в глубоком обучении [15].

Одной из первых коммерчески доступных систем ИИ для оценки ультразвуковых изображений новообразований молочных желез на основе технологии глубокого обучения стала программа S-Detect ультразвукового сканера Samsung RS-85 (Южная Корея). В данной системе используется модель сверточной нейронной сети, которая была обучена на основе различных признаков унифицированной ультразвуковой оценки узловых образований молочных желез Breast Imaging Reporting & Data System (BI-RADS) [16]. Это позволяет проводить автоматическую стратификацию новообразований на основе известных ультразвуковых признаков: экзогенности, границ, пространственной ориентации, формы. После выбора области интереса программа определяет соответствующую классификации BI-RADS категорию. Уже первый опыт применения данной технологии показал обнадеживающие результаты в виде 91,2% согласованности данных ИИ и оценки радиологом-маммологом при интерпретации

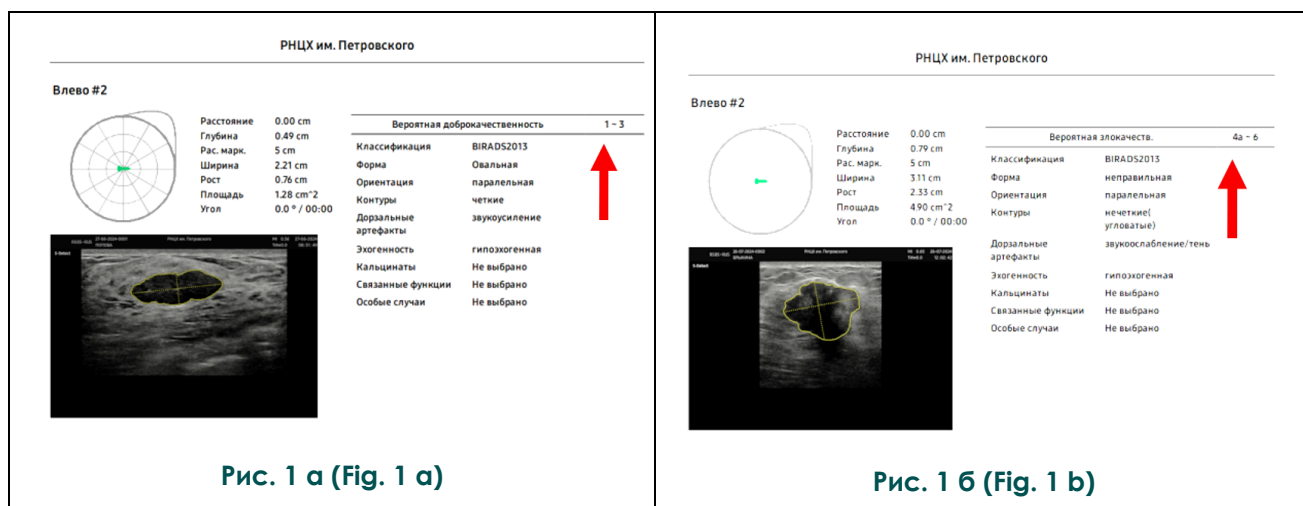


Рис. 1. Примеры стратификации новообразований S-Detect Samsung RS-85 (подробные объяснения в тексте).

а – доброкачественное новообразование, б – злокачественное новообразование.

Контур, длинник и ширина, выделенный желтым цветом – периметр и размеры анализируемого новообразования. Стрелки – стратификация новообразования ИИ по BI-RADS.

Fig. 1. Examples of neoplasm stratification of S-Detect Samsung RS-85 (detailed explanations are in the text).

a – benign neoplasm, b – malignant neoplasm.

Contour, length and width are highlighted in yellow – the perimeter and dimensions of the analyzed neoplasm. Arrows – stratification of the neoplasm by AI according to BI-RADS.

характера образований в молочных железах [17].

В настоящее время эволюция ИИ в ультразвуковой диагностике молочных желез направлена в сторону автоматического определения (сегментации) области интереса с целью исключения субъективной составляющей врача-исследователя. В настоящее время многие производители УЗ-аппаратуры вводят алгоритмы автоматизированного обнаружения патологии для помощи клиницистам [15, 18].

Таким образом, анализ эффективности использования ИИ в ультразвуковой диагностике узловых образований молочных желез является актуальной задачей, позволяющей определить его роль и место на современном этапе развития информационных технологий в медицине [19].

Цель исследования.

Оценить результаты применения искусственного интеллекта в ультразвуковой диагностике новообразований молочной железы.

Материалы и методы.

В 2024 году в отделении ультразвуковой диагностики стационара НКЦ№2 РНЦХ им. акад. Б.В. Петровского было выполнено

91 мультипараметрическое ультразвуковое исследование (В-режим, ЦДК, эластография, оценка микроваскуляризации) пациенткам с новообразованиями молочных желез, в том числе с применением программного обеспечения (ПО) ИИ УЗ-сканера Samsung RS-85. При этом у 91 пациентки было выявлено и верифицировано 129 новообразований (55 пациенток имели одно новообразование, 35 пациенток имели по 2 новообразования, еще одна – 4).

Мультипараметрическое УЗИ выполнялось одним врачом с 20-летним опытом работы одновременно на двух УЗ-сканерах: сначала на Voluson E8 Expert (США) линейным датчиком ML6-15 (6-15 MHz), затем на Samsung RS-85 (Южная Корея) линейным датчиком L3-12A (3-12 MHz). Использовали следующие режимы: серошкальный В-режим, режим ЦДК, компрессионная эластография, оценка микроваскуляризации. На основании полученных данных врач определял категорию новообразования по шкале BI-RADS. В завершении классического УЗИ на УЗ-сканере Samsung RS-85 с помощью программного обеспечения ИИ S-Detect для молочной железы, с равно заданными параметрами чувствительности и специфичности,

выполнена стратификация риска новообразований по шкале BI-RADS. Этот результат, являющийся «мнением машины», также отдельно отмечали в протоколе УЗИ. Область интереса (идентификация образования) для анализа ИИ задавали не в автоматическом режиме, а вручную путем установки врачом метки на центр опухоли.

Примеры заключений, сформированных программным обеспечением ИИ S-Detect ультразвукового сканера Samsung RS-85 представлены на рисунке 1.

Отчет, формируемый программой, также содержит иную полезную информацию: глубину расположения новообразования, его продольный и поперечный размеры, площадь. Данная информация особенно актуальна перед планированием выполнения вакуумной аспирационной биопсии. Для еще более точной стратификации учитываемые ультразвуковые характеристики могут быть дополнены врачом ультразвуковой диагностики, однако в данном исследовании этого не делалось в целях получения более объективной информации о возможностях исключительно ПО УЗ-сканера.

Обращает на себя внимание, что ИИ не использовал отдельное значение по шкале BI-RADS, а использовал группы категорий: или I-III, или IV-VI, что соответствует условно доброкачественному и злокачественному новообразованию. Таким образом, I-III категории ИИ соответствуют II и III категориям, определяемым врачом, а IV-VI категории ИИ – IV a, b, c и V категориям врача (VI категории не могла быть установлена, т.к. верифицированные до выполнения УЗИ злокачественные новообразования в исследование не вошли).

Возраст пациенток составил от 18 до 82 лет. Размер образований при этом варьировал от небольших (менее 10 мм) до максимально 56 мм по длинной оси.

Всем вошедшим в исследование пациенткам выполнялась морфологическая верификация всех выявленных новообразований разного уровня: тонкоигольная аспирационная биопсия (ТАБ), трепан-биопсия, вакуумная аспирационная биопсия (ВАБ), тотальное гистологическое исследование (в том числе с иммуногистохимическим анализом). Распределение пациенток (верифицированных новообразований) по уровням морфологической верификации представлено следующим образом. Итого (с учетом выполнения ВАБ, в результате которой проводилось гистологическое исследование всего удаленного операционного материала): ТАБ выполнена у 32 пациенток, трепан-биопсия – у 79, ВАБ – у

87, гистология с ИГХ – у 13. В случае, когда у пациентки было несколько различных вариантов морфологических исследований (а таких новообразований было 110), в расчет брали наиболее информативный по следующей схеме:

ТАБ → трепан-биопсия → ВАБ → гистология после ВАБ.

Гистологическое исследование полученного материала проводилось по стандартной методике с окраской гематоксилин-эозином под увеличением от x50 до x400.

В качестве финального метода верификации 87 из 129 новообразований прошли гистологическое исследование после ВАБ-резекции, еще 13 – гистологическое исследование с ИГХ, остальные – трепан-биопсию (ТАБ не являлась окончательным верифицирующим методом ни у одной пациентки). Таким образом, оценка результатов данных УЗИ выполнена на основании максимально информативных верифицирующих методик.

Следует отметить, что большое количество ВАБ у пациентов обусловлено их лечебной целью: новообразования подлежали полному удалению после того, как были морфологически верифицированы как доброкачественные. Показания к ВАБ определяли согласно национальным клиническим рекомендациям [4].

Статистическая обработка полученных результатов выполнена с использованием программы Microsoft Excel 2019 с установленным модулем обработки данных XLSTAT версии 2023.3.1.1416.

В таблице №1 представлен алгоритм сравнения результатов УЗИ с результатами проведенной морфологической верификации. При выставлении по данным УЗИ IV-VI категории по BI-RADS и получении при морфологической верификации клеток злокачественного новообразования результат расценивали как истинно положительный. При совпадении данных УЗИ II-III по BI-RADS и отсутствии атипичных клеток в исследованном материале результату присваивали значение истинно отрицательного. Случаи гипердиагностики по данным УЗИ считали ложноположительными, а недиагностированные случаи рака молочной железы – ложноотрицательными. Результаты УЗИ, проведенные специалистом и ИИ оценивали независимо друг от друга.

Результаты и обсуждение.

По результатам морфологической верификации рак молочной железы был диагностирован в материале 11 из 129 новообразований молочных желез (8,5%). Все остальные 118 новообразований (91,5%) но-

Таблица №1. Критерии оценки результатов УЗИ.

Результат	УЗИ по BI-RADS	Данные морфологического исследования*	Оценка результата
Истинно положительный	IV-VI	Выявлены атипичные клетки	Злокачественное образование, совпадение данных УЗИ и морфологической верификации
Истинно отрицательный	II-III	Не выявлены атипичные клетки	Доброкачественное образование, совпадение данных УЗИ и морфологической верификации
Ложно-положительный	IV-VI	Не выявлены атипичные клетки	Гипердиагностика по данным УЗИ
Ложно-отрицательный	II-III	Выявлены атипичные клетки	Недиагностированное при УЗИ злокачественное образование

*При наличии разных уровней морфологической верификации у одной пациентки учитывали наиболее информативный. Для оценки чувствительности, специфичности и проведения ROC-анализа, полученные результаты были классифицированы как указано в таблице №1.

силы доброкачественный характер.

Все новообразования были разделены на 2 группы: совпадение и расхождение мнения врача-диагноста и данных ИИ. В группе совпадения данных – 117 (91%) новообразований, расхождения данных – 12 новообразований (9%). Таким образом, согласованность данных ИИ S-Detect Samsung RS85 и опытного врача УЗИ в стратификации онкологического риска новообразований молочной железы достигла 91%.

В группе совпадения данных ИИ и врача (117 новообразований) отмечено 109 случаев совпадений с данными морфологической верификации (из них 8 истинно положительных и 101 истинно отрицательных). В 7 новообразованиях и ИИ, и врач выдали ложноположительные результаты (гипердиагностика) – рак молочной железы был исключен по результатам морфологической верификации. В 1 случае и врачом, и ИИ не был диагностирован рак молочной железы (ложноотрицательный результат).

В группе расхождения данных ИИ и врача (12 новообразований) отмечены следующие результаты. У врача 3 случая классификации по BI-RADS IVa гипердиагностики (все образцы были представлены смешанными фиброаденомами) и 1 случай гиподиагностики: в опухоли, стратифицированной как BI-RADS III, путем трепан-биопсии верифицирован рак молочной железы. ИИ выдал ложноположительные результаты в 7 слу-

чаях, а ложноотрицательные – так же, как и врач, в 1.

Таким образом, при УЗИ, выполненных и специалистом, и ИИ, присутствовали как ложноотрицательные (недиагностированные случаи рака молочной железы), так и ложноположительные (гипердиагностика) результаты (табл. №2). Совпадение данных УЗИ в исполнении врача и морфологической верификации составило 90%, а ИИ – 87%.

Обращают на себя внимание высокие показатели чувствительности, специфичности и диагностической ценности УЗИ. Чувствительность (Sensitivity) УЗИ в исполнении врача и ИИ оказалась одинаковой и составила 82%; специфичность (Specificity) УЗИ в исполнении врача составила 92%, ИИ – 88%.

Достаточно высокое количество ложноположительных результатов машинной обработки данных указывает на то, что система ИИ склонна к гипердиагностике. По нашему мнению, это объясняется тем, что программное обеспечение УЗИ-сканера не обладает клиническим мышлением врача. Врач ультразвуковой диагностики имеет возможность сбора данных анамнеза, жалоб, полипозиционного исследования, что в совокупности с клиническим мышлением позволяет в ряде случаев более точно стратифицировать новообразование с учетом этой дополнительной информации.

При анализе случаев гипердиагностики ИИ в 2 случаях образования были представ

Таблица №2. Результаты УЗИ в исполнении врача и ИИ.			
Врач		ИИ	
Истинно Положительные (TP)	Истинно Отрицательные (TN)	Истинно Положительные (TP)	Истинно Отрицательные (TN)
9	108	9	104
Ложноположительные (FP)	Ложноотрицательные (FN)	Ложноположительные (FP)	Ложноотрицательные (FN)
10	2	14	2

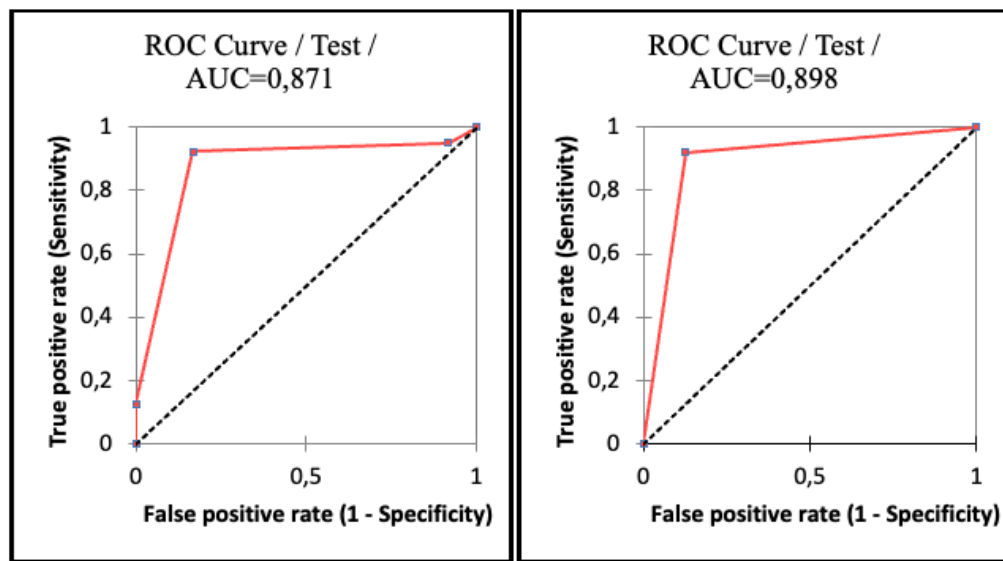


Рис. 2 (Fig. 2)

Рис. 2. Графики. ROC-анализ результатов УЗИ, выполненных врачом (слева) и ИИ (справа) (подробные объяснения в тексте).

Ось ординат – чувствительность, ось абсцисс – специфичность. Выделено красным – ROC-кривая.

Fig. 2. Graphs. ROC analysis of ultrasound results performed by a doctor (left) and AI (right) (detailed explanations are in the text).

Ordinate axis – sensitivity, abscissa axis – specificity. Highlighted in red - the ROC curve

лены кистами с продуктивным воспалением и отеком окружающей ткани с усилением васкуляризации. Еще 2 случая были представлены очагами мастопатии с нечеткими неровными контурами. В 1 наблюдении была опухоль крупного размера, лишь частично помещавшаяся в окно опроса для обработки ИИ. 2 исследования были представлены рецидивом доброкачественных образований в условиях рубца после ранее выполненных попыток секторальной резекции.

Таким образом, основным фактором, приводящим к ошибочной стратификации

ИИ в сторону завышения, являются затрудненные условия УЗ-визуализации, ухудшающие дифференцировку контура новообразования или приводящие к формированию артефактов.

На рисунке 2 приведены две ROC-кривые результатов УЗИ, выполненных экспертом и ИИ.

Основной параметр AUC (Area under the cure) – площадь под кривой – имеет достаточно высокое значение: 0,871 у специалиста и 0,898 у ИИ. Это свидетельствует о большой эффективности УЗИ как метода ди-

Таблица №3. Значение площади под ROC-кривой при выполнении УЗИ специалистом и ИИ.

УЗИ выполненное	Площадь под ROC-кривой (AUC)	Стандартное отклонение	Нижняя граница (95%)	Верхняя граница (95%)
Специалистом	0,871	0,050	0,772	0,970
ИИ	0,898	0,045	0,810	0,985

Таблица №4. Сравнение площади под ROC- кривой с 0,5 (двухсторонний тест).

Значение	Специалист	ИИ
Доверительный интервал (ДИ) 95% разницы между AUC и 0.5 (двухсторонний тест)	0,272 – 0,470	0,310 – 0,485
Разница	0,371	0,398
z (наблюдаемое значение)	7,349	8,922
z (критическое значение)	1,960	1,960
p	<0,0001	<0,0001

* Сравнение AUC (площади под ROC-кривой) с 0,5 показывает, насколько данный метод классификации отличается от случайно выпадающих значений.

агностики узловых образований молочных желез. При этом AUC результатов УЗИ специалиста и ИИ статистически значимо не отличались друг от друга (при $p < 0,001$). Низкое стандартное отклонение, высокие значения нижней и верхней границ измерений для 95% результатов, приведенные в таблице №3, свидетельствуют о высокой диагностической ценности стратификации узловых новообразований молочных желез и врачом, и ИИ.

В таблице №4 приведены результаты вычисления разницы между площадью под ROC-кривой и значением 0,5 (диагностически незначимым).

Значение ДИ 95% 0,272 – 0,470 для специалиста и 0,310 – 0,485 для ИИ при $p < 0,0001$ свидетельствуют о высокой диагностической ценности УЗИ в обоих случаях. Причем разница AUC между специалистом и ИИ – 0,371 против 0,398 была статистически незначимой.

При анализе результатов стратификации по отдельным категориям по шкале BI-RADS врача и ИИ (рис. 3) также выявлена закономерность согласованности данных в категориях II и III врача и I-III ИИ и, соответственно, в категориях IV и V врача и IV-VI ИИ.

Данные проведенного анализа свидетельствуют, что на современном этапе развития информационных технологий система ИИ не показывает существенных преимуществ в стратификации новообразований молочных желез перед врачом ультразвуковой диагностики с большим стажем работы. Наш опыт использования программы ИИ S-Detect ультразвукового сканера Samsung RS85 (Южная Корея) показал ее эффективность для скрининга узловых новообразований молочных желез, что, по всей вероятности, может помочь в уменьшении зависимости результатов УЗИ от опыта врача. Если системой ИИ узел был классифицирован как I-III по BI-RADS, то это со значительной долей вероятности позволяло исключить рак молочной железы, что было верифицировано морфологически. При этом система ИИ склонна к гипердиагностике, что обусловлено все еще недостаточно совершенными на данном этапе его эволюции алгоритмами, имитирующими клиническое мышление.

Полученный показатель согласованности данных ИИ S-Detect Samsung RS85 и врача в стратификации онкологического риска новообразований молочных желез составил 91%, что практически совпадает с данными (91,2%), полученными Eun Young

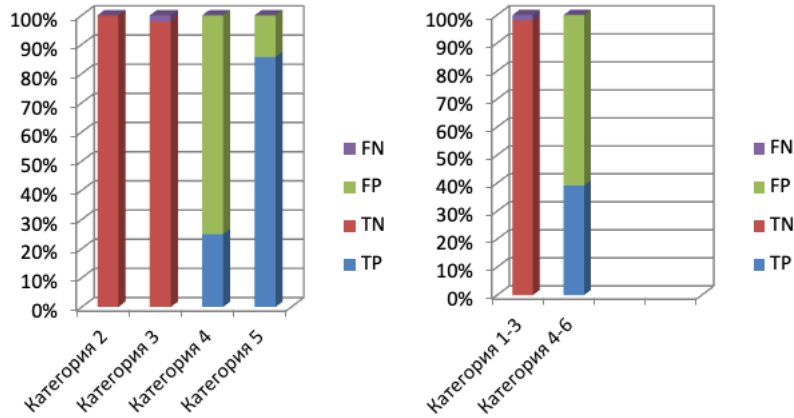


Рис. 3 (Fig. 3)

Рис. 3. Диаграммы. Распределение результатов УЗИ, выполненных врачом (слева) и ИИ (справа), в зависимости от категории по шкале BI-RADS (расшифровка обозначений выше в табл. №2) (подробные объяснения в тексте).

Ось ординат – количество истинно положительных (TP), истинно отрицательных (TN), ложноположительных (FP) и ложноотрицательных (FN) ответов.

Ось абсцисс – распределение указанных вариантов ответов по категориям BI-RADS.

Fig. 3. Diagrams. Distribution of ultrasound results performed by a doctor (left) and AI (right) depending on the category on the BI-RADS scale (interpretation of the symbols is above in table 2) (detailed explanations are in the text).

Ordinate axis – the number of true positive (TP), true negative (TN), false positive (FP) and false negative (FN) responses.

Abscissa axis – the distribution of the indicated response options by BI-RADS categories.

Ко с соавт. [17]. Di Segni с соавт. [20] также оценили диагностическую эффективность системы ИИ S-detect при оценке очаговых образований в молочной железе. S-detect показал чувствительность более 90% и специфичность 70,8%, при этом согласованность была от умеренной до хорошей. Схожие данные об эффективности ИИ в стратификации новообразований молочных желез представлены и в обзоре литературы Wu G.G. с соавт. [21].

Учитывая постоянный рост объема данных, ИИ является одним из перспективных направлений развития ультразвуковой диагностики и в дальнейшем позволит снизить нагрузку на врачей-специалистов, взяв на себя ряд рутинных функций первичного скрининга. Дальнейшее совершенствование ИИ в ультразвуковой диагностике лежит в сфере автоматизации выполнения самого исследования и усовершенствования алгоритмов, имитирующих клиническое мышление, а также добавления таких новых подлежащих анализу параметров, как данные дуплексного сканирования, эластометрии и эластографии, контраст-усиленного УЗИ. В

связи с этим, чтобы разумно использовать возможности ИИ на данном этапе его развития, врачи должны учитывать возможности и ограничения используемых в нем на настоящий момент алгоритмов.

Заключение.

В настоящем исследовании согласованность данных ИИ S-Detect Samsung RS85 и опытного врача ультразвуковой диагностики в стратификации онкологического риска новообразований молочных желез достигла 91% при высоких показателях чувствительности и специфичности. Также наблюдалась согласованность данных и внутри категорий BI-RADS. Совпадение данных УЗИ в исполнении врача и морфологической верификации составило 90%, а ИИ – 87%. Чувствительность УЗИ в исполнении врача и ИИ оказалась одинаковой и составила 82%; специфичность УЗИ в исполнении врача составила 92%, ИИ – 88%.

Таким образом, мы считаем, что в настоящее время ИИ не может заменить собой доминирующую роль врача, однако его совершенствование и дальнейшее внедрение в диагностическую практику неизбежно. На

данном этапе развития ИИ может использоваться в качестве системы поддержки принятия решения в определенных диагностических ситуациях, особенно молодыми специалистами.

Источник финансирования и конфликт интересов.

Авторы данной статьи подтвердили отсутствие финансовой поддержки исследования и конфликта интересов, о которых необходимо сообщить.

Список литературы:

1. Состояние онкологической помощи населению России в 2023 году. Под ред. А.Д. Каприна, В.В. Старинского, А.О. Шахзадовой. Москва, МНИОИ им. П.А. Герцена – филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России, 2024. 262 с. ISBN 978-5-85502-297-1
2. Cancer Today International Agency for Research on Cancer/Cancer. Today. Available at: <https://gco.iarc.who.int/media/globocan/factsheets/cancers/20-breast-fact-sheet.pdf>
3. Севостьянова О.Ю., Чумарная О.Ю., Севостьянова Н.Е. и др. Динамика заболеваемости доброкачественной дисплазией молочной железы на региональном уровне. Опухоли женской репродуктивной системы. 2023;19(2):25-33. DOI: 10.17650/1994-4098-2023-19-2-25-33
4. Клинические рекомендации «Доброкачественная дисплазия молочной железы» от 2024 г. Утверждены Минздравом РФ. Доступно по: http://disuria.ru/_ld/9/996_kr20N60mz.pdf
5. Солодкий В.А., Каприн А.Д., Нуднов Н.В., и др. Искусственный интеллект в скрининге рака молочной железы (литературный обзор). Вестник Российского научного центра рентгенорадиологии Минздрава России. Федеральное государственное бюджетное учреждение "Российский научный центр рентгенорадиологии" Министерства здравоохранения Российской Федерации. 2022; 4 (22): 21-47.
6. Crivelli P., Ledda R.E., Parascandolo N., et al. A new challenge for radiologists: radiomics in breast cancer. *BioMed Res Int.* 2018; 2018. Article ID 6120703. DOI: 10.1155/2018/6120703.
7. Ларчев Д.В. Искусственный интеллект: понятие, признаки, классификация. *Правой альманах.* 2004; 1 (32): 29-34.
8. Указ Президента РФ от 10.10.2019 г. № 490 «О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации» (вместе с «Национальной стратегией развития искусственного интеллекта на период до 2030 года»). «Собрание законодательства Российской Федерации». 14.10.2019. № 41. ст. 5700.
9. Kesharaju M., Nagarajah R. Feature selection for neural network based defect classification of ceramic components using high frequency ultrasound. *Ultrasonics.* 2015; 62: 271-7. doi: 10.1016/j.ultras.2015.05.027
10. Tsantis S., Cavouras D., Kalatzis I., Piliouras N., Dimitropoulos N., Nikiforidis G. Development of a support vector machine-based image analysis system for assessing the thyroid nodule malignancy risk on ultrasound. *Ultrasound Med Biol.* 2005; 31(11):1451-9. doi: 10.1016/j.ultrasmedbio.2005.07.009
11. Hao X., Zhang G., Ma S. Deep learning. *Int J Semant Comput.* 2016; 10 (3): 417-39. doi: 10.1142/s1793351x16500045
12. Anwar S.M., Majid M., Qayyum A., Awais M., Alnowami M., Khan M.K. Medical image analysis using convolutional neural networks: a review. *J Med Syst.* 2018; 42 (11): 226. doi: 10.1007/s10916-018-1088-1
13. Sai Ma, Yanfang Li, Jun Yin, Qinghua Niu, Zichen An, Lianfang Du, Fan Li, Jiying Gu. Prospective study of AI-assisted prediction of breast malignancies in physical health examinations: role of off-the-shelf AI software and comparison to radiologist performance. *Front Oncol.* 2024; May 2:14:1374278. DOI: 10.3389/fonc.2024.1374278
14. Peijun Chen, Jiahui Tong, Ting Lin, Ying Wang, Yuehui Yu, Menghan Chen, Gaoyi Yang. The added value of S-detect in the diagnostic accuracy of breast masses by senior and junior radiologist groups: a systematic review and meta-analysis. *Gland Surg.* 2022 Dec;11(12):1946-1960. doi: 10.21037/gs-22-643.
15. Лебедев Г.С., Маслюков А.П., Шадеркин И.А., Шадеркина А.И. Глубокое машинное обучение (искусственный интеллект) в ультразвуковой диагностике. *Журнал телемедицины и электронного здравоохранения.* 2020; 2: 22-29.
16. Mendelson E.B. Bohm-Velez M, Berg WA, et al. ACR BI-RADS® Ultrasound, In: ACR BI-RADS® Atlas, Breast Imaging Reporting and Data System. Reston, VA, American College of Radiology; 2013.
17. Eun Young Ko. Технология S-Detect™ в УЗИ молочных желез: первый опыт применения. *Sonoace Ultrasound.* 2016; 29: 78-83.
18. Xu B., Luo W., Chen X., Jia Y., Wang M., Tian L., Liu Y., Lei B. and Li J. Evaluation of artificial intelligent breast ultrasound on lesion detection and characterization compared with hand-held ultrasound in asymptomatic women. *Front. Oncol.* 2023; 13: 1207260. doi: 10.3389/fonc.2023.1207260
19. Сенча А.Н., П.В. Метелкина. Искусственный интеллект в ультразвуковой диагностике. Версия 1.0. М., МЕДпресс-информ, 2025. 148 с.
20. Di Segni M, de Soccio V, Cantisani V, Bonito G, Rubini A, Di Segni G, Lamorte S, Magri V, De Vito C, Migliara G, Bartolotta TV, Metere A, Giacomelli L, de Felice C, D'Ambrosio F. Automated classification of focal breast lesions according to S-detect: validation and role as a clinical and teaching tool. *J Ultrasound.* 2018; 21: 105-118. doi: 10.1007/s40477-018-0297-2.
21. Wu G.G., Zhou LQ, Xu JW, Wang JY, Wei Q, Deng YB, Cui XW, Dietrich CF. Artificial intelligence in breast ultrasound. *World J Radiol.* 2019 Feb 28; 11 (2) :19-26. doi: 10.4329/wjr.v11.i2.19. PMID: 30858931; PMCID:

References:

1. The state of oncological care for the population of Russia in 2023. Edited by A.D. Kaprin, V.V. Starinsky, A.O. Shakhzadova. Moscow, P.A. Herzen Moscow Oncology Research Institute - branch of the National Medical Research Center of Radiology of the Ministry of Health of the Russian Federation, 2024. 262 p. ISBN 978-5-85502-297-1
2. Cancer Today International Agency for Research on Cancer/Cancer. Today. Available at: <https://go.iarc.who.int/media/globocan/factsheets/cancers/20-breast-fact-sheet.pdf>
3. Sevostyanova O.Yu., Chumarnaya O.Yu., Sevostyanova N.E. et al. Dynamics of the incidence of benign breast dysplasia at the regional level. Tumors of the female reproductive system. 2023;19(2):25-33. DOI: 10.17650/1994-4098-2023-19-2-25-33 (in Russian).
4. Clinical guidelines "Benign breast dysplasia" from 2024. Approved by the Ministry of Health of the Russian Federation. Available at: http://disuria.ru/_ld/9/996_kr20N60mz.pdf (in Russian).
5. Solodkiy V.A., Kaprin A.D., Nudnov N.V. et al. Artificial intelligence in breast cancer screening (literature review). Bulletin of the Russian Scientific Center of Roentgenology and Radiology of the Ministry of Health of the Russian Federation. Federal State Budgetary Institution "Russian Scientific Center of Roentgenology and Radiology" of the Ministry of Health of the Russian Federation. 2022; 4 (22): 21-47 (in Russian).
6. Crivelli P., Ledda R.E., Parascandolo N., et al. A new challenge for radiologists: radiomics in breast cancer. BioMed Res Int. 2018; 2018. Article ID 6120703. DOI: 10.1155/2018/6120703.
7. Larchev D.V. Artificial intelligence: concept, features, classification. Pravoy almanac. 2004; 1 (32): 29-34 (in Russian).
8. Decree of the President of the Russian Federation of 10.10.2019 No. 490 "On the development of artificial intelligence in the Russian Federation" (together with the "National Strategy for the Development of Artificial Intelligence through 2030"). "Collection of Legislation of the Russian Federation". 14.10.2019. No. 41. Art. 5700 (in Russian).
9. Kesharaju M., Nagarajah R. Feature selection for neural network based defect classification of ceramic components using high frequency ultrasound. Ultrasonics. 2015; 62: 271-7. doi: 10.1016/j.ultras.2015.05.027
10. Tsantis S., Cavouras D., Kalatzis I., Piliouras N., Dimitropoulos N., Nikiforidis G. Development of a support vector machine-based image analysis system for assessing the thyroid nodule malignancy risk on ultrasound. Ultrasound Med Biol. 2005; 31(11):1451-9. doi: 10.1016/j.ultrasmedbio.2005.07.009
11. Hao X., Zhang G., Ma S. Deep learning. Int J Semant Comput. 2016; 10 (3): 417-39. doi: 10.1142/s1793351x16500045
12. Anwar S.M., Majid M., Qayyum A., Awais M., Alnowami M., Khan M.K. Medical image analysis using convolutional neural networks: a review. J Med Syst. 2018; 42 (11): 226. doi: 10.1007/s10916-018-1088-1
13. Sai Ma, Yanfang Li, Jun Yin, Qinghua Niu, Zichen An, Lianfang Du, Fan Li, Jiying Gu. Prospective study of AI-assisted prediction of breast malignancies in physical health examinations: role of off-the-shelf AI software and comparison to radiologist performance. Front Oncol. 2024; May 2:14:1374278. DOI: 10.3389/fonc.2024.1374278
14. Peijun Chen, Jiahui Tong, Ting Lin, Ying Wang, Yuehui Yu, Menghan Chen, Gaoyi Yang. The added value of S-detect in the diagnostic accuracy of breast masses by senior and junior radiologist groups: a systematic review and meta-analysis. Gland Surg. 2022 Dec;11(12):1946-1960. doi: 10.21037/gs-22-643.
15. Lebedev GS, Maslyukov AP, Shaderkin IA, Shaderkina AI. Deep machine learning (artificial intelligence) in ultrasound diagnostics. Journal of Telemedicine and Electronic Health. 2020; 2: 22-29 (in Russian).
16. Mendelson EB, Bohm-Velez M, Berg WA, et al. ACR BI-RADS® Ultrasound, In: ACR BI-RADS® Atlas, Breast Imaging Reporting and Data System. Reston, VA, American College of Radiology; 2013.
17. Eun Young Ko. S-Detect™ technology in breast ultrasound: first application experience. Sonoace Ultrasound. 2016; 29: 78-83.
18. Xu B., Luo W., Chen X., Jia Y., Wang M., Tian L., Liu Y., Lei B. and Li J. Evaluation of artificial intelligent breast ultrasound on lesion detection and characterization compared with hand-held ultrasound in asymptomatic women. Front. Oncol. 2023; 13: 1207260. doi: 10.3389/fonc.2023.1207260
19. Sencha A.N., P.V. Metelkina. Artificial intelligence in ultrasound diagnostics. Version 1.0. Moscow, MEDpress-inform, 2025. 148 p. (in Russian).
20. Di Segni M, de Soccio V, Cantisani V, Bonito G, Rubini A, Di Segni G, Lamorte S, Magri V, De Vito C, Migliara G, Bartolotta TV, Metere A, Giacomelli L, de Felice C, D'Ambrosio F. Automated classification of focal breast lesions according to S-detect: validation and role as a clinical and teaching tool. J Ultrasound. 2018; 21: 105-118. doi:10.1007/s40477-018-0297-2.
21. Wu G.G., Zhou LQ, Xu JW, Wang JY, Wei Q, Deng YB, Cui XW, Dietrich CF. Artificial intelligence in breast ultrasound. World J Radiol. 2019 Feb 28; 11(2):19-26. doi: 10.4329/wjr.v11.i2.19. PMID: 30858931; PMCID: PMC6403465.