

Диагностическая эффективность компрессионной эластографии и эластографии сдвиговой волны в дифференциальной диагностике опухолей молочной железы

И.З. Пулатова¹, В.Е. Гажонова²

¹ Центр развития профессиональной квалификации медицинских работников, Узбекистан, 100000, Ташкент, ул. Паркентская, 51

² ФГБУ ДПО «Центральная государственная медицинская академия» Управления делами Президента Российской Федерации, Россия, 121359, Москва, ул. Маршала Тимошенко, 21

Реферат. Введение. На сегодняшний день рак молочной железы является наиболее распространенной злокачественной опухолью и основной причиной смертности от рака среди населения женского пола. Традиционная ультразвуковая диагностика в В-режиме и эластографией в сочетании с маммографией широко используются на этапах клинического скрининга рака молочной железы, а также являются методами дифференциально-диагностической оценки доброкачественных и злокачественных опухолей молочных желез. **Цель исследования.** Определение эффективности применения комплексного подхода к дифференциальной диагностике опухолей молочных желез с применением компрессионной эластографии и эластографии сдвиговой волны в сравнительном аспекте. **Материалы и методы.** Проспективное комплексное ультразвуковое исследование молочных желез было проведено 134 женщинам в возрасте от 26 до 72 лет (средний возраст составил $49 \pm 6,3$), у которых были жалобы на болезненные ощущения, чувства наполненности, наличие пальпируемых образований в молочных железах. Исследования проводились на ультразвуковом сканере экспертного класса Logiq S8 HD Clear (GE Healthcare, Milwaukee, WI, USA) линейным датчиком 9L-D с диапазоном частот 8-10 МГц. Все опухоли исследовались с помощью стандартной ультразвуковой диагностики в В-режиме, эластографией и протоколировались по системе BIRADS. **Результаты и их обсуждение.** У 134 пациенток в обеих молочных железах эхографически было выявлено 219 очаговых образований, различного морфологического генеза. Все выявленные очаговые образования, по результатам морфологических исследований, были разделены на две группы: первую группу составили 154 (70,3%) образований, соответствующие злокачественному генезу. Вторую группу составили 65 (29,7%) образований, в которых опухолевый рост имел доброкачественный характер. В 1 группе при проведении компрессионной эластографии 16 (10,4%) образований имели эластограмму 2-го типа, 27 (17,5%) образований – 3-го типа, 36 (23,4%) – 4-го типа, 75 (48,7%) – 5-го типа. При компрессионной эластографии средний показатель жесткости для злокачественных опухолей был $5,31 \pm 0,4$ [3,6-16,2], а для доброкачественных опухолей – $1,76 \pm 0,14$ [0,8-2,1; $p < 0,001$]. При эластографии сдвиговой волны у злокачественных опухолей среднее значение жесткости составляло $98,4 \pm 12,3$ кПа, у доброкачественных опухолей составляло $18,2 \pm 4,3$ кПа ($p < 0,001$). Анализируя полученные результаты данного исследования, комплексное применение эластографии в интеграции с В-режимом для диагностики очаговых образований молочных желез было точным в 98,6% случаев. Показатели чувствительности и специфичности составили 97,9% и 96,2% соответственно. **Выводы.** Компрессионная эластография и эластография сдвиговой волны продемонстрировали схожую диагностическую эффективность в дифференциальной диагностике доброкачественных и злокачественных опухолей молочной железы. Комплексный подход применения данных методов эхографии с серошкальным В-режимом показал значительно высокую эффективность ультразвуковой диагностики.

Ключевые слова: ультразвуковая диагностика, В-режим, эластография, опухоли молочной железы.

Для цитирования: Пулатова И.З., Гажонова В.Е. Диагностическая эффективность компрессионной эластографии и эластографии сдвиговой волны в дифференциальной диагностике опухолей молочной железы // Вестник современной клинической медицины. – 2025. – Т. 18, вып. 6. – С. 72–77. DOI: 10.20969/VSKM.2025.18(6).72-77.

Diagnostic efficiency of compression elastography and shear wave elastography in the differential diagnosis of breast lumps

Iroda Z. Pulatova¹, Veronika Ye. Gazhonova²

¹ Center for the Development of Professional Qualifications of Medical Workers, 51 Parkentskaya str., 100000, Tashkent, Uzbekistan

² Central State Medical Academy, 21 Marshal Timoshenko str., 121359, Moscow, Russia

Abstract. Introduction. To date, breast cancer is the most common malignant tumor and the main cause of cancer mortality among the female population. Traditional ultrasound diagnostics in B-mode and elastography in combination with mammography are widely used at the stages of clinical screening of breast cancer, and they also are the methods of differential diagnostic assessment of benign and malignant mammary tumors. **Aim.** To determine the efficiency of an integrated approach to the differential diagnosis of breast lumps using compression elastography and shear wave elastography in a comparative aspect. **Materials and Methods.** A prospective comprehensive ultrasound examination of breast was performed on 134 women aged 26 to 72 years (the average age was 49 ± 6.3) having complains of pain

feelings, feeling of fullness, and the presence of palpable masses in the breast. The examinations were performed using the expert-class ultrasound scanner Logiq S8 HD Clear (GE Healthcare, Milwaukee, WI, USA) with linear sensor 9L-D, frequency range being 8-10 MHz. All tumors were examined using standard ultrasound diagnostics in B-mode and elastography; they were also logged using the Breast Imaging Reporting & Data System (BIRADS). **Results and Discussion.** In 134 patients, 219 focal breast masses of various morphological genesis were detected echographically. All focal masses identified based on the findings of morphological studies were divided into two groups: The first group consisted of 154 (70.3%) formations corresponding to malignant genesis; the second group consisted of 65 (29.7%) formations in which the tumor growth was benign. In the first group, 16 (10.4%) formations had a type 2 elastogram, 27 (17.5%) formations – type 3, 36 (23.4%) – type 4, and 75 (48.7%) – type 5 in compression elastography. With compression elastography, the average stiffness index was 5.31 ± 0.4 [3.6-16.2] for malignant tumors, while it was 1.76 ± 0.14 [0.8-2.1; $p < 0.001$] for benign tumors. During shear wave elastography in malignant tumors, the average stiffness value was 98.4 ± 12.3 kPa, while it was 18.2 ± 4.3 kPa ($p < 0.001$) in benign tumors. Analyzing the findings of this study, the complex application of elastography in integration with the B-mode to the diagnosis of focal breast masses was accurate in 98.6% of cases. The sensitivity and specificity indices were 97.9% and 96.2%, respectively. **Conclusions.** An integrated approach to the application of these methods of echography with a B-mode has shown significantly high efficiency of ultrasound diagnostics.

Keywords: ultrasound diagnostics, B-mode, elastography, breast tumor, breast lump.

For citation: Pulatova, I.Z.; Gazhonova, V.E. Diagnostic efficiency of compression elastography and shear wave elastography in the differential diagnosis of breast lumps. The Bulletin of Contemporary Clinical Medicine. 2025, 18 (6), 72-77. DOI: 10.20969/VSKM.2025.18(6).72-77.

Введение. На сегодняшний день рак молочной железы является наиболее распространенной злокачественной опухолью и основной причиной смертности от рака среди населения женского пола [1]. Основная причина высокой смертности от данного заболевания – бессимптомное клиническое течение на ранних стадиях, возникновение отдаленных метастазов в различных органах-мишенях. В связи с чем, регулярное профилактическое обследование особенно важно [2]. Многообразие клинической картины и сложность дифференциальной диагностики заболеваний молочной железы требует использования современных, высокоинформативных методов диагностики.

Традиционная ультразвуковая диагностика в В-режиме в сочетании с маммографией широко используются на этапах клинического скрининга рака молочной железы, а также являются методами дифференциально-диагностической оценки доброкачественных и злокачественных опухолей молочных желез [3].

Система отчетности и данные изображений молочных желез, согласно категоризации Breast Imaging Reporting & Data System (BIRADS), в интеграции с последующими ультразвуковыми инновационными методами, привели к лучшей характеристике опухолей молочных желез [4]. Тем не менее, некоторые очаговые образования демонстрируют перекрывающиеся ультразвуковые признаки как злокачественного, так и доброкачественного генеза, и гистопатологическая корреляция становится окончательным тестом для заключительного диагноза [5]. Здесь метод эластографии приходит на помощь, оценивая жесткость опухолей молочных желез, таким образом, предоставляя структурную оценку в дополнение к морфологической картине [6]. Эластография является многообещающим и дополняющим сонографическим инструментом для характеристики очаговых образований молочных желез на основе жесткости тканей. Как известно, механические свойства тканей измеряются путем определения реакции тканей на акустическую энергию, поскольку упругость является биомаркером

патологии тканей. Доброкачественные и злокачественные опухоли молочной железы имеют разную жесткость при пальпации, которая увеличивается по мере увеличения злокачественности ткани [7].

Диагностическая эффективность повышается при комбинированном подходе традиционной ультразвуковой диагностики в В-режиме с эластографией [8, 9]. Применяются два типа эластографических техник: компрессионная эластография и эластография сдвиговой волны.

Компрессионная эластография основана на применении давления к тканям с учетом их упругости в различных областях, вызывая деформацию. Амплитуда эхосигнала давления меняется в реальном времени, превращаясь в цветовой паттерн до и после деформации, и цвет указывает на степень жесткости тканей. Однако, эта методика является операторзависимой, что может привести к большим колебаниям в измерениях в процессе сжатия, сложностям в определении силы или напряжения и невозможности расчета абсолютной жесткости. Используя отношение деформации, мы можем снизить влияние различных внешних сжимающих сил, тем самым улучшив сопоставимость данных [10, 11].

Эластография сдвиговой волны может качественно оценить упругость мягких тканей и работает путем обнаружения акустического импульса, непрерывно фокусируясь на вибрации обнаруженных опухолей в тканях, что приводит к возникновению поперечной сдвиговой волны. Сдвиговая волна распространяется вдоль плоскости, перпендикулярной ультразвуковому импульсу, подаваемому датчиком, собирая акустическое излучение от преобразователя [12, 13]. Основываясь на скорости сдвиговой волны при количественном тестировании тканей, определяются числовые показатели упругости тканей, что предполагает с большой долей достоверности различать доброкачественные и злокачественные опухоли молочных желез. Однако, артефакты, вызванные отражением и преломлением, могут увеличиться из-за большого разнообразия скоростей сдвиговой волны в нормальных и патологических тканях железы [14].

Компрессионная эластография и эластография сдвиговой волны взаимодополняющие методы исследования для дифференциальной диагностики очаговых образований молочных желез. Однако, поскольку у каждого вида эластографии имеются свои врожденные недостатки, это может привести к ложноположительным или ложноотрицательным результатам, в зависимости от техники применения и ее диагностических критериев [15].

Мы надеемся, что результаты данного исследования окажутся ценными для точной дифференциальной диагностики опухолей молочной железы с целью повышения чувствительности и специфичности этих методик. Как известно, очаговые образования молочных желез, обнаруженные при обычном ультразвуковом исследовании в серой шкале, классифицируются в соответствии с вероятностью злокачественности в системе отчетности и анализа данных по изображениям молочных желез. Однако, обычное ультразвуковое исследование может привести к ложноположительным результатам и, следовательно, к ненужным биопсиям. Комплексный подход эластического изображения в интеграции с ультразвуковым исследованием помогает более точно дифференцировать очаговые образования молочных желез, сократить неоправданные биопсии, снизить тревожность пациентов и медицинские расходы, не уменьшая при этом чувствительность диагностики рака молочной железы.

Цель исследования.

Определение эффективности применения комплексного подхода к дифференциальной диагностике опухолей молочных желез с применением компрессионной эластографии и эластографии сдвиговой волны в сравнительном аспекте.

Материалы и методы.

Проспективное комплексное ультразвуковое исследование молочных желез было проведено 134 женщинам в возрасте от 26 до 72 лет (средний возраст составил $49 \pm 6,3$), у которых были жалобы на болезненные ощущения, чувства наполненности, наличие пальпируемых образований в молочных железах. Женщины репродуктивного возраста составили 93 (69,4%), в менопаузе 41 (30,6%). От всех пациентов было получено информированное согласие на участие в исследовании, и публикацию его результатов. Исследования проводились на ультразвуковом сканере экспертного класса Logiq S8 HD Clear (GE Healthcare, Milwaukee, WI, USA) линейным датчиком 9L-D с диапазоном частот 8-10 МГц.

Диагностический алгоритм включал пошаговые исследования. На 1 этапе все опухоли первоначально исследовались с помощью стандартной ультразвуковой диагностики в В-режиме и протоколировались по системе BIRADS. Затем путем нанесения мягкой повторяющейся компрессии трансдюсером проводили компрессионную эластографию. Верхняя граница области интереса на эластографических изображениях была установлена так, чтобы включать подкожный жир, а нижняя граница области интереса - чтобы включать грудные мышцы; боковые границы были установлены на расстоянии более 5 мм от границы опухоли. Данные компрессионной

эластографии в цветовой градации записывались, и рассчитывался коэффициент деформации (SR-strain ratio). При компрессионной эластографии оценивались как качественные, так и количественные характеристики. На основании цветового паттерна образования, согласно классификации A.Itoh и E.Ueno, оценивали качественный показатель жесткости [16]. По данной классификации различают 5 эластотипов:

1-тип – солидное образование окрашено идентично окружающим тканям с наличием единичных допустимо измененных цветовых сигналов.

2-тип – характерно мозаичное окрашивание образования с чередованием синего и зеленого оттенков.

3-тип – отмечается синий цвет преимущественно в центральной части образования, а периферическая часть с наличием зеленого паттерна.

4-тип – солидное образование картируется полностью однотонным синим цветом.

5-тип – наблюдается окрашивание образования синим цветом с переходом цвета на окружающую ткань.

Отдельным эластотипом (0-тип) отмечают полостные образования, которые имеют трехслойный окрас: синий-зеленый-красный (BGR - blue-green-red).

Для количественной характеристики эластографии рассчитывали коэффициент жесткости (Strain Ratio – SR), пороговое значение которого согласно европейским рекомендациям EFSUMB было принято за 4,0.

Если образование имело три и более подозрительных ультразвуковых критерия в В-режиме, а также 4-5 типа эластограмм и индекс деформации (SR) более 4,0, то данный очаг относили в группу злокачественного генеза.

При проведении эластографии сдвиговой волны эластографические изображения создавались без сжатия. Размер области интереса по умолчанию составлял $2,5 \times 1,5$ см, с максимальным размером $3 \times 2,5$ см. Все результаты серовых ультразвуковых и соноэластографических показателей были сопоставлены с результатами морфологического исследования.

Статистический анализ данных был проведен с помощью программы Статистика 6.1. Данные представлены в виде $M \pm \sigma$, где M – среднее арифметическое значение; σ – стандартное отклонение. Значимыми считали отличия при $p < 0,05$.

Результаты и их обсуждение.

У 134 пациенток в обоих молочных железах эхографически было выявлено 219 очаговых образований, различного морфологического генеза. Из них: 147 (67,1%) были пальпируемые образования и 72 (32,9%) – не пальпируемые.

Все выявленные очаговые образования, по результатам морфологических исследований, были разделены на две группы: первую группу составили 154 (70,3%) образований, соответствующие злокачественному генезу. Среди злокачественных опухолей выявлялись гистологические профили следующих типов: внутритротоковая карцино-

ма (n=13), инфильтрирующая внутрипротоковая карцинома (n=51), дольковая карцинома (n = 31), инфильтративная дольковая карцинома (n = 44), муцинозный рак (n = 15). Вторую группу составили 65 (29,7%) образований, в которых опухолевый рост имел доброкачественный характер. Среди доброкачественных опухолей были фибroadеномы (n = 42), внутрипротоковые папилломы (n = 11), аденозы (n = 7), стромальные фиброзы (n = 5).

В I группе в серошальном режиме средний размер злокачественных опухолей составлял $2,3 \pm 1,3$ см (диапазон 0,5–6,2 см) и были характерны следующие ультразвуковые критерии: 132 (85,7%) образования имели неровные нечёткие контуры, у 148 (96,1%) отмечалась пониженная эхогенность, 93 (60,4%) имели вертикальную ориентацию, вокруг 43 (27,9%) определялись инфильтративные изменения окружающих тканей, 87 (56,5%) образований имели акустическую тень, 38 (24,7%) – содержали кальцинаты. Причём у 103 (66,9%) образований присутствовало три и более эхографических признака злокачественности, в 29 (18,8%) – два признака, 22 (14,3%) образования имели лишь один ультразвуковой критерий.

Во второй группе, где очаговые образования носили доброкачественный характер, средний размер образования составлял $1,1 \pm 0,8$ см (диапазон 0,4–2,9 см), и выявлялись следующие критерии: в серошальном режиме пониженная эхогенность определялась у 42 (64,6%) образований, неровность контуров – у 28 (43,1%), наличие кальцинатов визуализировалось у 9 (13,9%) образований, имели вертикальную ориентацию 7 (10,8%) узла, акустическая тень определялась за 5 (7,7%) образованием.

Как видно из *таблицы 1*, в I группе при проведении компрессионной эластографии 16 (10,4%) образований имели эластограмму 2-го типа, 27 (17,5%) образований – 3-го типа, 36 (23,4%) – 4-го типа, 75 (48,7%) – 5-го типа.

При компрессионной эластографии во 2 группе в 13 (20,0%) образованиях картировалась эластограмма 1-го типа, в 22 (33,9%) – 2-го типа, 3-й тип определялся в 18 (27,7%) случаях, в 12 (18,4%) – эластограмма 4-го типа.

При компрессионной эластографии средний показатель жесткости для злокачественных опухолей

был $5,31 \pm 0,4$ [3,6–16,2], а для доброкачественных опухолей – $1,76 \pm 0,14$ [0,8–2,1; $p < 0,001$]. Разница была статистически значимой для обеих технологий (*рис. 1, рис. 2*).

При эластографии сдвиговой волны у злокачественных опухолей среднее значение жесткости составляло $98,4 \pm 12,3$ кПа, у доброкачественных опухолей составляло $18,2 \pm 4,3$ кПа ($p < 0,001$) (*рис. 3, рис. 4*).

Согласно *таблице 2*, можно увидеть следующую тенденцию, что при повышении категории BIRADS происходит увеличение показателей компрессионной эластографии и эластографии сдвиговой волны, что говорит нам о повышении риска злокачественности в выявленных очаговых образованиях. В связи с тем, что категории BIRADS-1 соответствует нормальная неизмененная ткань молочной железы, данную категорию мы не включали в исследование.

В категории BIRADS-2 все образования (n=20) имели доброкачественный генез, и показатели результатов компрессионной эластографии были меньше в 3,4 раза, а эластографии сдвиговой волны почти в 9 раз, чем при категории BIRADS-5.

В 4 категории из 48 очаговых образований 5 (10,4%) опухолей были доброкачественными, а 43 (89,6%) – злокачественными. Показатели SR при доброкачественных новообразованиях варьировали от 1,8 до 3,2, тогда как при подтверждении злокачественных образований – от 3,9 до 16,8. В категории 5 у всех пациентов очаговые образования были

Таблица 1

Распределение эластотипов
при очаговых образованиях молочных желез

Table 1

Distribution of elastotypes in focal breast masses

Эласто-тип	Злокачественные, n=154		Доброкачественные, n=65		p
	абс.	%	абс.	%	
0	-	-	-	-	
1	-	-	13	$20,0 \pm 4,9$	$< 0,01$
2	16	$10,4 \pm 2,5$	22	$33,9 \pm 5,9$	$< 0,01$
3	27	$17,5 \pm 3,1$	18	$27,7 \pm 5,5$	-
4	36	$23,4 \pm 3,4$	12	$18,4 \pm 4,8$	$< 0,05$
5	75	$48,7 \pm 4,0$	-	-	
SR	$5,31 \pm 0,36$		$1,76 \pm 0,14$		$< 0,001$

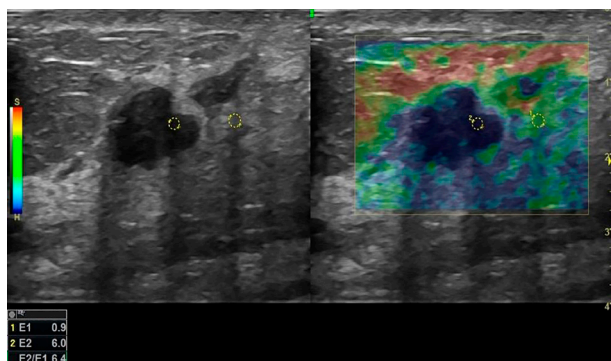


Рис.1. Рак молочной железы.
Компрессионная эластография по Ueno 4 типа
Figure 1. Breast cancer.
Strain ultrasound elastography, Ueno 4 types

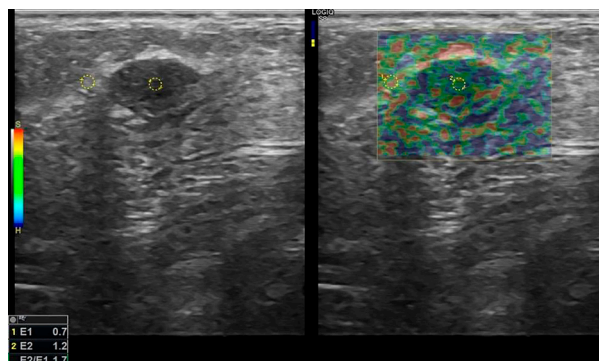


Рис.2. Фибroadенома молочной железы.
Компрессионная эластография по Ueno 1 типа
Figure 2. Breast fibroadenoma.
Strain ultrasound elastography, Ueno 1 types

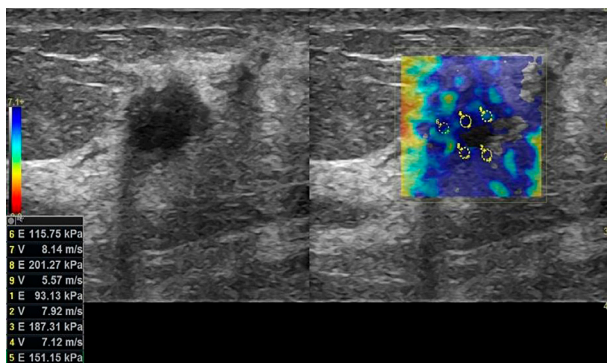


Рис.3. Рак молочной железы.
Эластография сдвиговой волны
Figure 3. Breast cancer.
Shear-wave ultrasound elastography

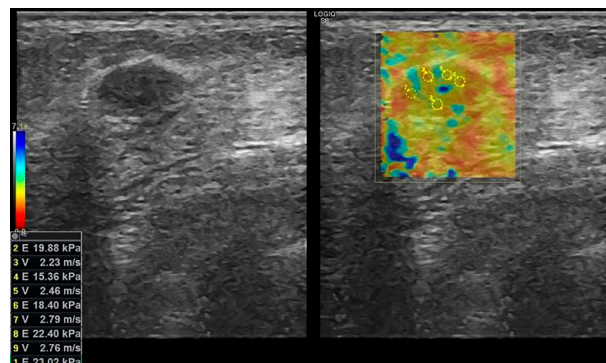


Рис.4. Фиброаденома молочной железы.
Эластография сдвиговой волны
Figure 4. Breast fibroadenoma.
Shear-wave ultrasound elastography

Таблица 2
Средние коэффициенты деформации компрессионной эластографии и показатели эластографии сдвиговой волны в зависимости от категории BIRADS

Table 2
Average coefficients of compression elastography and shear wave elastography, based on the BIRADS category

BIRADS категория, (n=219)	Компрессионная эластография (SR)	Эластография сдвиговой волны (кПа)
2 (n=20)	1,6±0,10	14,7±0,41
3 (n=45)	2,7±0,06*	37,3±1,21**
4 A (n=27)	4,2±0,12**	63,8±2,38**
4 B (n=11)	4,9±0,11**	78,2±5,24***
4 C (n=10)	5,1±0,13**	119,6±7,54***
5 (n=106)	5,4±0,12***	132,1±10,23***

Примечание: * - достоверность данных к показателям BIRADS 2 (* – P<0,05; ** – P<0,01; *** – P<0,001)

злокачественными, а доброкачественные опухоли гистопатологически не были выявлены. Средние коэффициенты деформации компрессионной эластографии (SR) и показатели эластографии сдвиговой волны (кПа) в зависимости от категории BIRADS показаны в таблице 2.

Анализируя полученные результаты данного исследования, комплексное применение эластографии в интеграции с В-режимом для диагностики очаговых образований молочных желез было точным в 98,6% случаев. Показатели чувствительности и специфичности составили 97,9% и 96,2% соответственно.

Мы выявили, что как компрессионная эластография, так и эластография сдвиговой волны показали высокую чувствительность и специфичность при определении характеристик опухолей. Использование комплексного подхода может обеспечить более всестороннюю оценку упругости тканей, что важно для точного выявления злокачественных опухолей и минимизации ложноположительных результатов. Наши результаты согласуются с данными других исследований, подтверждая важность эластографических методов в клинической маммологии.

Кроме того, наше исследование выявило некоторые различия в применении данных методик. Например, компрессионная эластография показала немного более высокую специфичность, в то время как эластография сдвиговой волны проявила более высокую чувствительность. Эти результаты подчеркивают важность индивидуального подхода к выбору метода в зависимости от конкретной клинической ситуации и характеристик опухоли.

Несмотря на многообещающие результаты исследования, существуют некоторые ограничения. Важно продолжать исследования в этой области для более глубокого понимания преимуществ и ограничений каждой из методик, а также для разработки оптимальных протоколов их применения в клинической практике.

Выводы.

В заключении, хочется отметить, что компрессионная эластография и эластография сдвиговой волны продемонстрировали схожую диагностическую эффективность в дифференциальной диагностике доброкачественных и злокачественных опухолей молочной железы. Комплексный подход применения данных методов эхографии с серошкальным В-режимом показал значительно высокую эффективность ультразвуковой диагностики.

Прозрачность исследования. Исследование не имело спонсорской поддержки. Авторы несут полную ответственность за предоставление окончательной версии рукописи в печать.

Декларация о финансовых и других взаимоотношениях. Все авторы принимали участие в разработке концепции и дизайна исследования и в написании рукописи. Окончательная версия рукописи была одобрена всеми авторами. Авторы не получали гонорар за исследование.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Siegel RL, Miller KD, Wagle NS, et al. Cancer statistics, 2023. *CA Cancer J Clin.* 2023; 73: 17-48
2. Lukasiewicz S, Czezelewski M, Forma A, et al. Breast Cancer—Epidemiology, Risk Factors, Classification, Prognostic Markers, and Current Treatment Strategies—An Updated Review. *Cancers.* 2021; 13(17):4287. DOI: 10.3390/cancers13174287

3. Гажонова В.Е., Виноградова Н.Н., Зубарев А.В. Скрининг рака молочной железы: состояние проблемы и пути решения // Кремлевская медицина. Клинический вестник. – 2018. – Т. 3. – С. 6-11.
Gajonova VE, Vinogradova NN, Zubarev AV Skrinirg raka molochnoy jelezi: sostoyanie problemi i puti resheniya [Breast Cancer Screening: the state of the problem and solutions]. Kremlyovskaya medicina. Klinicheskiy vestnik [Kremlin medicine. Clinical Bulletin]. 2018; 3: 6-11. (In Russ.).
4. Schwab F, Redling K, Siebert M, et al. Inter- and Intra-Observer Agreement in Ultrasound BI-RADS Classification and Real-Time Elastography Tsukuba Score Assessment of Breast Lesions. Ultrasound Med Biol. 2016 Nov;42(11):2622-2629. DOI: 10.1016/j.ultrasmedbio.2016.06.017
5. Zhang YN, Xia KR, Li CY, et al. Review of Breast Cancer Pathological Image Processing. Biomed Res Int. 2021 Sep 20; 2021: 1994764. DOI: 10.1155/2021/1994764
6. Бусько Е.А., Семиглазов В.В., Мищенко А.В., [и др.]. Эффективность мультипараметрического ультразвукового исследования с применением компрессионной эластографии в ранней диагностике образований молочной железы // Лучевая диагностика и терапия. – 2019. – Т. 10 (4). – С. 6-13.
Busko EA, Semiglazov VV, Mischenko AV, et al. Effektivnost multiparametricheskogo ultrazvukovogo issledovaniya s primeneniem kompressionnoy elastografii v ranney diagnostike obrazovaniy molochnoy jelezi [The effectiveness of multiparametric ultrasound examination using compression elastography in the early diagnosis of breast tumors]. Luchevaya diagnostika i terapiya [Radiology and therapy]. 2019; 10(4): 6-13. (In Russ.).
7. Li H, Bhatt M, Qu Z, et al. Deep learning in ultrasound elastography imaging: A review. Med Phys. 2022 Sep; 49(9): 5993-6018. DOI: 10.1002/mp.15856
8. Ormachea J, Parker KJ. Elastography imaging: the 30 year perspective. Phys Med Biol. 2020 Dec 21; 65(24). URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33181486/>
DOI: 10.1088/1361-6560/abca00
9. Kim H, Lee J, Kang BJ, et al. What shear wave elastography parameter best differentiates breast cancer and predicts its histologic aggressiveness? Ultrasonography. 2021 Apr; 40(2): 265-273. DOI: 10.14366/usg.20007
10. Weismann C. Sonoelastographie der Mamma [Ultrasound elastography techniques in breast cancer]. Radiologe. 2021 Feb; 61(2): 170-176. DOI: 10.1007/s00117-020-00799-8
11. Evans A, Whelehan P, Thomson K, et al. Invasive breast cancer: relationships between shear wave elastography findings and histological prognostic factors. Radiology. 2022;263 (3):673-7.
12. Yan C, Luo Z, Lin Z, et al. Shear Wave Elastography-Assisted Ultrasound Breast Image Analysis and Identification of Abnormal Data. J Healthc Eng. 2022 Jan 7; 2022: 5499354. DOI: 10.1155/2022/5499354
13. Li J, Sun B, Li Y, et al. Correlation analysis between shear-wave elastography and pathological profiles in breast cancer. Breast Cancer Res Treat. 2023 Jan; 197(2): 269-276. DOI: 10.1007/s10549-022-06804-z
14. Faruk T, Islam MK, Arefi S, et al. The journey of elastography: background, current status, and future possibilities in breast cancer diagnosis. Clin. Breast Cancer. 2015; 15 (5): 313-324. DOI: 10.1016/j.clbc.2015.01.002
15. Zhang L, Dong YJ, Zhou JQ, et al. Similar reproducibility for strain and shear wave elastography in breast mass evaluation: a prospective study using the same ultrasound system. Ultrasound Med Biol. 2020; 46: 981-991. DOI: 10.1016/j.ultrasmedbio.2019.12.017
16. Itoh A, Ueno E, Tohno E, et al. Breast disease: clinical application of US elastography for diagnosis. Radiology. 2006; 239: 341-350. DOI: 10.1148/radiol.2391041676

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ:

ПУЛАТОВА ИРОДА ЗАКИРХОДЖАЕВНА, ORCID ID: 0000-0003-4030-9486, канд. мед. наук, PhD, e-mail: iroda1979@mail.ru ; доцент кафедры Ультразвуковой диагностики №2 Центра развития профессиональной квалификации медицинских работников, Узбекистан, 100000, Ташкент, ул. Паркентская, 51.
ГАЖОНОВА ВЕРОНИКА ЕВГЕНЬЕВНА, ORCID ID: 0000-0003-4742-9157, докт. мед. наук, профессор, e-mail: vx969@yandex.ru ; профессор кафедры рентгенологии и ультразвуковой диагностики ФГБУ ДПО «Центральная государственная медицинская академия» Управления делами Президента Российской Федерации, Россия, 121359, Москва, ул. Маршала Тимошенко, 21.

ABOUT THE AUTHORS:

IRODA Z. PULATOVA, ORCID ID: 0000-0003-4030-9486; Cand. sc. med., PhD, e-mail: Iroda1979@mail.ru ; Associate Professor, Department of Ultrasound Diagnostics No. 2, Center for the Development of Professional Qualifications of Medical Workers, 51 Parkentskaya str., 100000, Tashkent, Uzbekistan, tel.: +998(91)-192-75-77.
VERONIKA YE. GAZHONOVA, ORCID ID: 0000-0003-4742-9157, Dr. sc. med., Professor, e-mail: vx969@yandex.ru ; Professor, Department of Radiology and Ultrasound Diagnostics, Central State Medical Academy, 21 Marshal Timoshenko str., 121359, Moscow, Russia.