

ДВУМЕРНАЯ ЭЛАСТОГРАФИЯ СДВИГОВОЙ ВОЛНОЙ: РАЦИОНАЛЬНОЕ ЗНАЧЕНИЕ В СИСТЕМЕ BI-RADS

С.П. Шевкина^{1,2*}, С.И. Жестовская^{3,4}, Е.В. Лебедева^{3,5}

¹ ФГБОУ ВО «Красноярский государственный медицинский университет им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого»
Министерства здравоохранения РФ, Красноярск

² КГБУЗ «Красноярский краевой клинический онкологический диспансер им. А.И. Крыжановского», Красноярск

³ КГБУЗ «Краевая клиническая больница», Красноярск

⁴ ФГБУ ДПО «Центральная государственная медицинская академия» Управления делами Президента РФ, Москва

⁵ КГБУЗ «Краевая клиническая больница № 2», Красноярск

TWO-DIMENSIONAL SHEAR WAVE ELASTOGRAPHY: RATIONAL VALUE IN THE BI-RADS SYSTEM

S.P. Shevkina^{1,2*}, S.I. Zhestovskaya^{3,4}, E.V. Lebedeva^{3,5}

¹ Voino-Yasenetsky Krasnoyarsk State Medical University, Krasnoyarsk, Russia

² A.I. Krizhanovsky Krasnoyarsk Regional Clinical Oncologic Dispensary, Krasnoyarsk, Russia

³ Krasnoyarsk Regional Clinical Hospital, Krasnoyarsk, Russia

⁴ Central State Medical Academy of Department of Presidential Affairs, Moscow, Russia

⁵ Krasnoyarsk Regional Clinical Hospital No 2, Krasnoyarsk, Russia

*E-mail: svetalit94@yandex.ru

Аннотация

Существующие рекомендации по эластографии сдвиговой волной образований молочной железы предлагают анализировать количественные значения, при этом качественные не играют роли отдельного дифференциального признака. В статье проанализированы возможности качественного и количественного анализа двумерной ультразвуковой эластографии сдвиговой волной в дифференциальной диагностике образований молочных желез с помощью сопоставления с морфологией. Ультразвуковое исследование выполнено 94 пациенткам с применением режима двумерной эластографии сдвиговой волной, которая включает два вида анализа. Качественные данные получены по результатам окрашивания образования по цветовой шкале. Количественная оценка представлена значениями жесткости (EQI), рассчитанными в килопаскалях (кПа). Выявлено 116 образований молочных желез по категориям BI-RADS 3, 4 и 5. Все изменения морфологически верифицированы: 73 злокачественных и 43 доброкачественных. Из выделенных четырех эластотипов первый и второй оказались характерными для доброкачественных образований, третий и четвертый – для злокачественных. Были определены статистически значимые различия в количественных данных между жесткостью злокачественных и доброкачественных изменений. Наибольшая площадь под кривой, равная 0.955 ($p < 0.0012$), по ROC-анализу выявлена у EQI максимальное. Определено пограничное значение – 45.3 кПа для диагностики злокачественной патологии (чувствительность 93.2%, специфичность 90.2%). Преимущество ультразвуковой диагностики с применением двумерной эластографии сдвиговой волной состоит в повышении показателей диагностической точности исследования, что может быть основанием для изменения категории BI-RADS 3 и 4а, а также тактики ведения пациентки.

Ключевые слова: образования молочных желез, рак молочной железы, ультразвуковая диагностика, эластография сдвиговой волной, BI-RADS.

Abstract

The existing recommendations on breast shear wave elastography offer to analyze quantitative values, while qualitative signs, in the form of color staining, are not mentioned there as a separate differentiating feature. The article analyses potentials of qualitative and quantitative analyses of two-dimensional shear wave elastography in the differential diagnostics of mammary gland formations using morphological comparison. 94 patients had ultrasound examination with two-dimensional shear wave elastography which included two types of analysis. Qualitative findings were obtained after formation staining by the color scale. Quantitative findings included stiffness values (EQI) which were calculated in kilopascals (kPa). 116 mammary gland formations were revealed in BI-RADS 3, 4 and 5 categories. All changes were morphologically verified: 73 malignant and 43 benign. The researchers marked four elastotypes. The first and second ones were characteristic for benign formations; the third and fourth – for malignant ones. Statistically significant differences in quantitative findings between the stiffness in malignant and benign changes were found. The largest area under the curve in the ROC analysis was found in EQI, maximally equal to 0.955 ($p < 0.001$). The threshold value 45.3 kPa for malignant pathology was found as well (sensitivity 93.2%, specificity 90.2%). The study has revealed that ultrasound diagnostics with two-dimensional shear wave elastography increases diagnostic accuracy which may change category BI-RADS 3 and 4, as well as tactics of patient's management.

Keywords: breast formation, breast cancer, ultrasound, shear wave elastography, BI-RADS.

Ссылка для цитирования: Шевкина С.П., Жестовская С.И., Лебедева Е.В. Двумерная эластография сдвиговой волной: рациональное значение в системе BI-RADS. *Кремлевская медицина. Клинический вестник*. 2024; 2: 54–57.

Введение

Система BI-RADS разработана для стандартизации описания результатов лучевых исследований молочной железы и определения тактики ведения пациентов, в том числе для ультразвукового исследования (УЗИ) [1]. Высокая частота ложноположительных ультразвуковых результатов категории BI-RADS 4a приводит к большому количеству биопсий, в связи с чем дифференциальная диагностика доброкачественных и злокачественных образований становится чрезвычайно важной [2–4]. Компрессионная эластография и эластография сдвиговой волной повышают чувствительность и специфичность УЗИ, в связи с чем рекомендованы к использованию вместе с В-режимом для дифференциальной диагностики образований молочных желез в системе BI-RADS и изменения категорий 3 и 4a [5–8]. Существующие рекомендации по эластографии сдвиговой волной образований молочной железы предлагают анализировать количественные значения, при этом качественные признаки в виде цветового окрашивания оцениваются только для определения зоны расчетов жесткости и не играют роли отдельного дифференциального признака.

В настоящем исследовании мы изучили возможности качественного и количественного анализа двумерной ультразвуковой эластографии сдвиговой волной в дифференциальной диагностике образований молочных желез с помощью сопоставления с морфологией.

Материалы и методы

УЗИ выполнено 94 пациенткам в возрасте от 30 до 85 лет (медиана – 51.5 [44; 64] года) на аппарате Philips Epiq 5 мультимодальным линейным датчиком eL18-4 (диапазон частот – 2–22 МГц) с применением режима двумерной эластографии сдвиговой волной (2D-ЭСВ), которая включает два вида анализа: качественный и количественный. Качественные данные получают по результатам окрашивания образования по цветовой шкале от темно-синего до темно-красного цвета, соответствующих повышению жесткости от 0 до 200 кПа. Количественная оценка представлена значениями жесткости (EQI среднее, EQI медиана, EQI максимальное), рассчитанными в режиме ElastQ Imaging в килопаскалях (кПа). Выявлено 116 образований молочных желез размерами от 4 до 69 мм по категориям BI-RADS 3, 4 и 5. Все изменения в последующем были морфологически подтверждены: 73 злокачественных и 43 доброкачественных.

Статистическую обработку данных выполняли с помощью программы IBM SPSS Statistics 26 (StatSoft Inc, США). Количественные данные имели отличное от нормального распределение, представлены в виде медианы, 1-го и 3-го квартилей (Me [Q1; Q3]). Качественные данные представлены в виде процентов. Для оценки диагностической эффективности критериев комплексного УЗИ рассчитывали показатели чувствительности (Ч) и специфичности (С) с 95%-м доверительным интервалом (95% ДИ). Поиск пограничных значений количественных показателей проводили с помощью

ROC-анализа с определением площади под характеризующей кривой (AUC), статистической значимости отличий полученной площади от 0.5. Статистически значимыми считались различия при уровне значимости $p < 0.05$.

Результаты

По результатам анализа изображений качественных данных 2D-ЭСВ выделены четыре паттерна окрашивания (эластотипа): первый – образование окрашено только синими цветами, голубые оттенки $\leq 49\%$ от площади; второй – голубые цвета занимают $\geq 50\%$, также есть синие цвета, желтых и красных нет; третий – наличие желтых включений без красных; четвертый – наличие красных включений или неполное окрашивание с наличием красных зон (рис. 1).

При сопоставлении результатов морфологии с качественным анализом ЭСВ было определено, что первый и второй эластотипы характерны для доброкачественных образований, третий и четвертый – для злокачественных (табл. 1).

В результате анализа влияния различных факторов (размеры, гистологический вариант, степень дифференцировки опухоли и показатель Ki67) на жесткость патологических изменений молочных желез выявлено наличие прямой корреляционной связи средней силы между размерами всех образований и их значениями жесткости (коэффициент корреляции Спирмена для EQI максимальное – 0.647, $p < 0.001$). Это может объяснять часть ложноположительных и ложноотрицательных результатов качественного анализа эластографии: в четырех из пяти случаев патологические изменения второго эластотипа, которые оказались злокачественными, имели размеры до 7 мм; два случая доброкачественных образований размерами 26 и 30 мм окрашивались третьим эластотипом.

Анализ количественных данных ЭСВ показал статистически значимые различия между жесткостью злокачественных и доброкачественных новообразований.

Данные ROC-анализа указывают, что значения жесткости могут быть использованы для дифференциальной диагностики (AUC > 0.9 , $p < 0.001$) (рис. 2).

В табл. 2 отображены значения показателей жесткости для выявления рака молочной железы: EQI максимальное, EQI среднее, EQI медиана и их пограничные значения.

Наибольшая площадь под кривой выявлена у EQI максимальное – 0.955 ($p < 0.001$) с пограничным количественным показателем 45.3 кПа, что может служить ориентиром для диагностики злокачественных изменений (чувствительность – 93.2, специфичность – 90.2%).

Обсуждение

При проведении УЗИ с целью дифференциальной диагностики образований молочной железы были использованы качественные и количественные показатели 2D-ЭСВ.

Образования, которые в В-режиме имеют все характеристики BI-RADS 2, BI-RADS 4b, BI-RADS 4c или

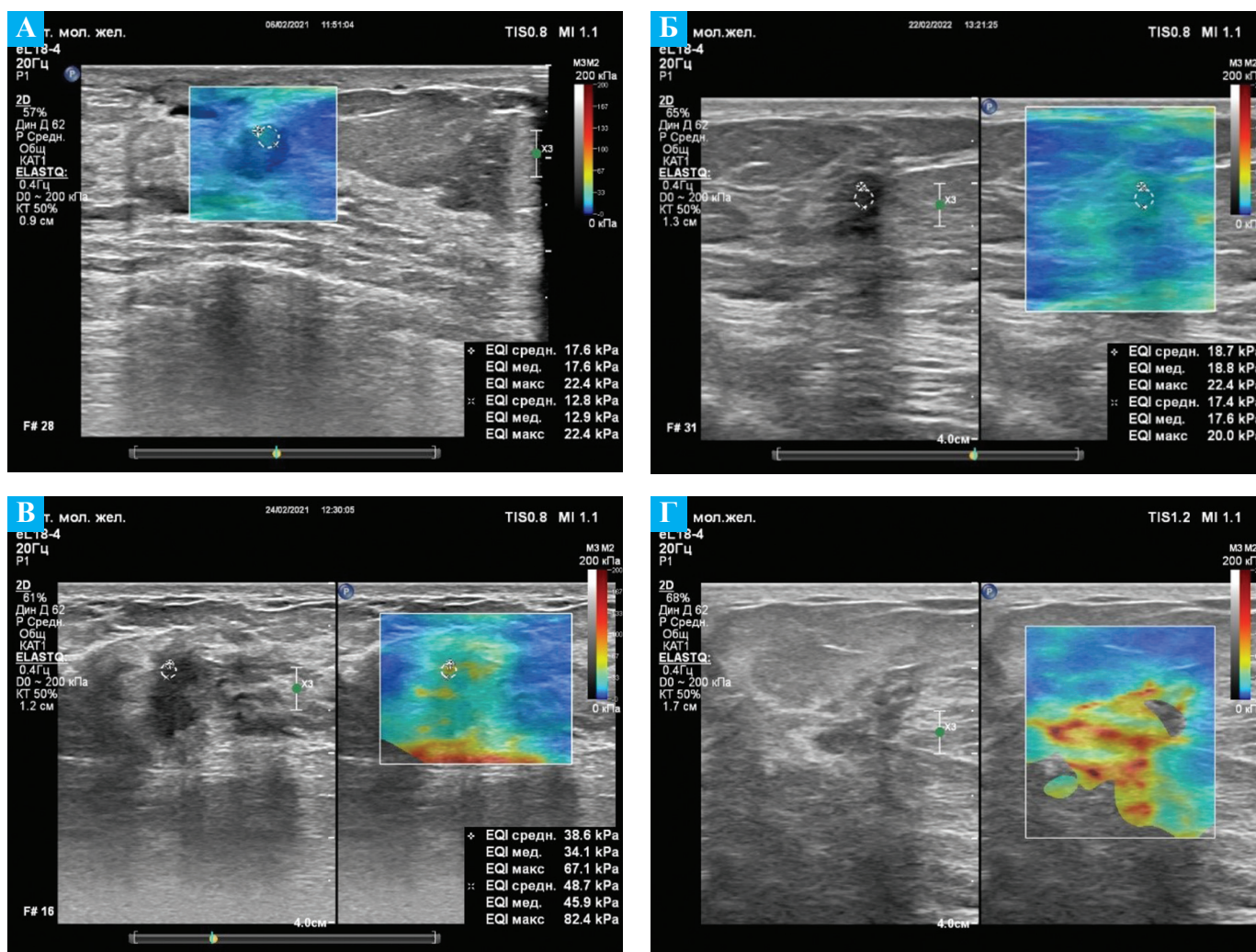


Рис. 1. Примеры эластотипов в режиме 2D-ЭСВ: А – первый эластотип (фиброаденома); Б – второй эластотип (фиброзно-кистозная мастопатия); В – третий эластотип (инвазивный неспецифический протоковый рак молочной железы); Г – четвертый эластотип (инвазивная неспецифическая протоковая карцинома в сочетании с раком *in situ*)

Таблица 1

Сопоставление результатов морфологического исследования образований молочных желез с качественными данными двумерной эластографии сдвиговой волной, абс. (%)

Морфология, n = 116	Первый эластотип, n = 21	Второй эластотип, n = 24	Третий эластотип, n = 16	Четвертый эластотип, n = 55
Доброкачественные образования, n = 43 (37%)	21 (18.1)	19 (16.4)	2 (1.7)	1 (0.9)
Злокачественные образования, n = 73 (63%)	0 (0)	5 (4.3)	14 (12)	54 (46.6)

BI-RADS 5, могут не дополняться эластографией, так как ее применение не повлияет на тактику ведения пациента.

Для изменений категории BI-RADS 3 при выявлении первого эластотипа тактикой ведения остается контрольное исследование через шесть месяцев. В случае выявления третьего или четвертого эластотипа необходимо повысить категорию до BI-RADS 4a и направить пациентку на проведение биопсии. Определение второго эластотипа дополняется проведением количественного анализа 2D-ЭСВ – расчета показателя жесткости EQI максимальное, пограничное значение которого равно 45.3 кПа. Если жесткость образования при количественном

анализе 2D-ЭСВ равна или превышает 45.3 кПа, то рекомендовано присвоение образованию категории BI-RADS 4a, если меньше 45.3 кПа – BI-RADS 3 с соответствующей тактикой ведения.

В случае патологических изменений категории BI-RADS 4a выявление первого эластотипа может понизить категорию до BI-RADS 3 и оставить пациентку для динамического контроля, не прибегая к инвазивным методам диагностики. Такая же тактика рассматривается при получении второго эластотипа с EQI максимальное меньше 45.3 кПа. Образования категории BI-RADS 4a с окрашиванием в режиме 2D-ЭСВ, соответствующие третьему и четвертому эластотипам, а также второму

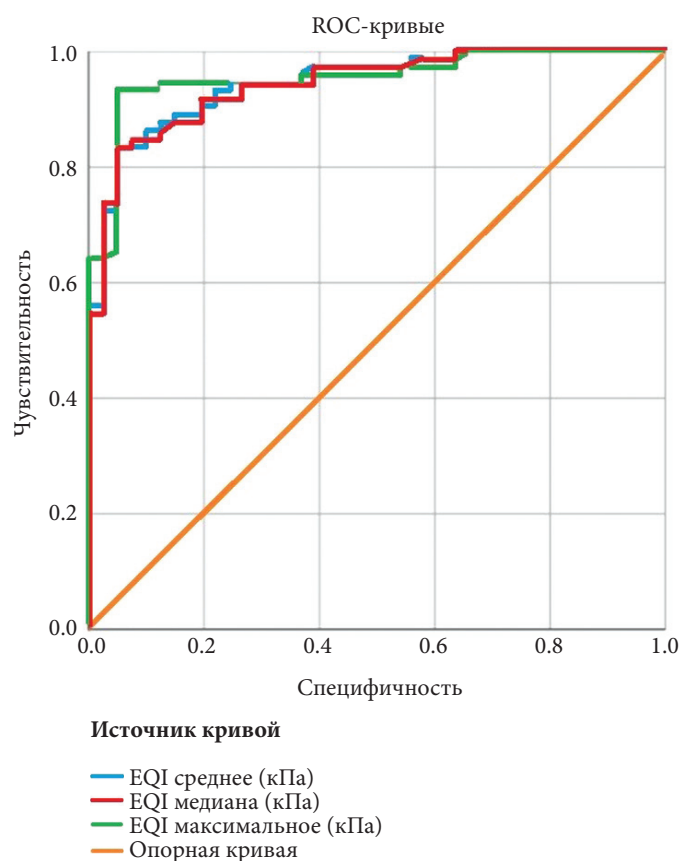


Рис. 2. ROC-анализ количественных показателей жесткости двумерной эластографии сдвиговой волной при сравнении доброкачественных и злокачественных образований молочных желез

Таблица 2

Результаты ROC-анализа количественных показателей жесткости двумерной эластографии сдвиговой волной при сравнении доброкачественных и злокачественных образований молочных желез, n = 116

Показатель жесткости	Количественное значение, кПа	Ч, %	С, %	AUC	p
EQI среднее	33.1	86.3	90.2	0.946	< 0.001
EQI медиана	32.2	84.9	90.2	0.944	< 0.001
EQI максимальное	45.3	93.2	90.2	0.955	< 0.001

Примечание. EQI – количественный показатель жесткости; Ч – чувствительность; С – специфичность; AUC – площадь под кривой.

эластотипу с EQI максимальное больше либо равно 45.3 кПа, рекомендованы к проведению биопсии с последующим морфологическим исследованием.

Заключение

Преимущество УЗИ с применением 2D-ЭСВ состоит в повышении показателей диагностической точности исследования (чувствительность – до 93.2%, специфичность – до 90.2%), что может быть основанием для изменения категории BI-RADS 3 и 4a и позволит снизить частоту биопсий доброкачественных образований. Качественная оценка 2D-ЭСВ позволяет определить жесткость образования на основании эластотипа без необходимости рутинного расчета количественных показателей.

Литература

1. Spak D.A. et al. BI-RADS® fifth edition: A summary of changes // Diagnostic and interventional imaging. – 2017. – Т. 98. – No 3. – P. 179–190. DOI: 10.1016/j.diii.2017.01.001.
2. Zhi W. et al. Differential diagnosis of B-mode ultrasound Breast Imaging Reporting and Data System category 3–4a lesions in conjunction with shear-wave elastography using conservative and aggressive approaches // Quantitative Imaging in Medicine and Surgery. – 2022. – V. 12. – No 7. – P. 3833. DOI: 10.21037/qims-21-916.
3. Liu G. et al. BI-RADS 4 breast lesions: could multi-mode ultrasound be helpful for their diagnosis? // Gland surgery. – 2019. – V. 8. – No 3. – P. 258. DOI: 10.21037/gs.2019.05.01.
4. Ophir J. et al. Elastographic imaging // Ultrasound in Medicine and Biology. – 2000. – V. 26. – P. S23–S29. DOI: 10.1016/s0301-5629(00)00156-3.
5. Treece G. et al. Real-time quasi-static ultrasound elastography // Interface Focus. – 2011. – V. 1. – No 4. – P. 540–552. DOI: 10.1098/rsfs.2011.0011.
6. Itoh A. et al. Breast disease: clinical application of US elastography for diagnosis // Radiology. – 2006. – V. 239. – No 2. – P. 341–350. DOI: 10.1148/radiol.2391041676.
7. Săftoiu A. et al. The EFSUMB guidelines and recommendations for the clinical practice of elastography in non-hepatic applications: update 2018 // Ultraschall in der Medizin-European Journal of Ultrasound. – 2019. – V. 40. – No 04. – P. 425–453. DOI: 10.1055/a-0838-9937.
8. Shiina T. et al. WFUMB guidelines and recommendations for clinical use of ultrasound elastography: Part 1: basic principles and terminology // Ultrasound in Medicine & Biology. – 2015. – V. 41. – No 5. – P. 1126–1147. DOI: 10.1016/j.ultrasmedbio.2015.03.009.