



Цветовое картирование серой шкалы с математическим анализом ультразвукового изображения в дифференциальной диагностике кистозных и солидных образований молочной железы

**Пасынков Д.В.^{1, 2,*}, Егошин И.А.², Колчев А.А.^{2, 3},
Ключкин И.В.⁴, Пасынкова О.О.²**

¹ГБУ «Республиканский онкологический диспансер Республики Марий Эл» Минздрава Республики Марий Эл, ул. Осипенко, 22, Йошкар-Ола, 424037, Российская Федерация

²ФГБОУ ВО «Марийский государственный университет», пл. Ленина, 1, Йошкар-Ола, 424000, Российская Федерация

³ФГАОУ ВПО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», ул. Кремлевская, 18, Казань, 420008, Российская Федерация

⁴ФГБОУ ВО «Казанский государственный медицинский университет» Минздрава России, ул. Бутлерова, 49, Казань, 420012, Российская Федерация

Резюме

Цель исследования – разработка системы автоматизированного анализа ультразвуковых изображений в режиме «серой шкалы», которая на основе принципов математической обработки позволила бы повысить специфичность диагностики атипичных кист молочной железы.

Материал и методы. Авторами разработан программный пакет CystChecker 1.0. Для тестирования данной системы был использован набор из 217 ультразвуковых изображений: 107 кистозных (включая 53 атипичных, которые с трудом подвергались дифференциальной диагностике стандартными методами) и 110 солидных (как доброкачественных, так и злокачественных) образований. Все образования были верифицированы цито- и/или гистологически. Визуальная оценка проводилась путем анализа изображений в серой шкале, а также в режимах цветовой/энергетической допплерографии и эластографии.

Результаты. Использование разработанной системы позволило правильно идентифицировать все 107 (100%) типичных кист, 107 (97,3%) из 110 солидных образований и 50 (94,3%) из 53 атипичных кист. Напротив, стандартная визуальная оценка дала возможность правильно идентифицировать все 107 (100%) типичных кист, 96 (87,3%) из 110 солидных образований и 32 (60,4%; $p < 0,05$) из 53 атипичных кист. Соответствующие значения общей специфичности автоматизированной методики и визуальной оценки составили 98 и 87%.

Заключение. Использование разработанной авторами системы автоматизированного анализа обеспечивает более высокую специфичность, нежели визуальная оценка ультразвукового изображения, выполняемая квалифицированным специалистом.

Ключевые слова: цветовое картирование; серая шкала; ультразвуковое исследование; киста; солидное образование; молочная железа.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Для цитирования: Пасынков Д.В., Егошин И.А., Колчев А.А., Ключкин И.В., Пасынкова О.О. Цветовое картирование серой шкалы с математическим анализом ультразвукового изображения в дифференциальной диагностике кистозных и солидных образований молочной железы. *Вестник рентгенологии и радиологии*. 2020; 101 (3): 136–46. <https://doi.org/10.20862/0042-4676-2020-101-3-136-146>

Статья поступила 08.03.2020

Принята в печать 28.05.2020

Grayscale Color Mapping with the Mathematical Analysis of an Ultrasound Image in the Differential Diagnosis of Cystic and Solid Breast Masses

**Dmitriy V. Pasynkov^{1, 2,*}, Ivan A. Egoshin², Aleksey A. Kolchev^{2, 3},
Ivan V. Klyushkin⁴, Ol'ga O. Pasynkova²**

¹Oncology Dispensary of Mari El Republic, Ministry of Health of Mari El Republic, ul. Osipenko, 22, Yoshkar-Ola, 424037, Russian Federation

²Mari State University, ploshchad' Leninga, 1, Yoshkar-Ola, 424000, Russian Federation

³Kazan (Volga region) Federal University, ul. Kremlevskaya, 18, Kazan, 420008, Russian Federation

⁴Kazan State Medical University, Ministry of Health of the Russian Federation, ul. Butlerova, 49, Kazan, 420012, Russian Federation

Abstract

Objective. Atypical breast cysts are often quite a serious problem in noninvasive ultrasound differential diagnosis. To develop a system for automated analysis of grayscale ultrasound images, which on the principles of mathematical processing would make it possible to increase the specificity of diagnosis in this situation.

Material and methods. The authors developed the CystChecker 1.0 software package. To test this system, they used a set of 217 ultrasound images: 107 cystic (including 53 atypical lesions that were hardly differentially diagnosed by standard methods) and 110 solid (both benign and malignant) breast masses. All the masses were verified by cytology and/or histology. Visual assessment was carried out analyzing grayscale ultrasound, color/power Doppler, and elastography images.

Results. Using the system developed by the authors could correctly identify all ($n = 107$ (100%)) typical cysts, 107 (97.3%) of 110 solid masses, and 50 (94.3%) of 53 atypical cysts. On the contrary, the standard visual assessment provided a possibility of correctly identifying all ($n = 107$ (100%)) typical cysts, 96 (87.3%) of 110 solid masses, and 32 (60.4%) of 53 atypical cysts ($p < 0.05$). The corresponding values of the overall specificity of automated and visual assessments were 98 and 87%, respectively.

Conclusion. Using the system developed by the authors for automated analysis provides a higher specificity than the visual assessment of an ultrasound image, which is carried out by a qualified specialist.

Keywords: color mapping; grayscale; ultrasound; cyst; solid mass; breast.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Funding. The study had no sponsorship.

For citation: Pasynkov D.V., Egoshin I.A., Kolchev A.A., Klyushkin I.V., Pasynkova O.O. Grayscale color mapping with the mathematical analysis of an ultrasound image in the differential diagnosis of cystic and solid breast masses. *Journal of Radiology and Nuclear Medicine*. 2020; 101 (3): 136–46 (in Russ.). <https://doi.org/10.20862/0042-4676-2020-101-3-136-146>

Received 08.03.2020

Accepted 28.05.2020

Введение

Рак молочной железы (РМЖ) по-прежнему остается актуальной проблемой. Каждый год более 1 млн человек во всем мире заболевают РМЖ, что составляет почти 1/4 всех злокачественных опухолей, регистрируемых у женщин. Самая высокая заболеваемость РМЖ отмечается в развитых странах и оценивается более чем в 360 тыс. новых случаев в год – в Европе и более 200 тыс. – в США [1]. В Российской Федерации РМЖ занимает первое место как в структуре онкологической заболеваемости женского населения, так и в общей популяции (18,2%). Ежегодно заболеваемость РМЖ увеличивается в среднем на 2%. Распространенность РМЖ в России с 2006 по 2016 г. возросла в 1,4 раза, составив в 2016 г. 439 случаев на 100 тыс. населения. При этом в структуре смертности данная форма рака занимает второе место среди всех причин смерти женского населения. Кроме того, РМЖ заметно моложеет: нередки случаи заболевания 30-летних и даже 20-летних женщин [2].

В настоящее время наиболее перспективной стратегией снижения смертности, обусловленной РМЖ, является маммографический скрининг. В рамках недавно выполненного метаанализа было показано, что регулярное выполнение маммографии обеспечивает значения относительного риска (ОР) гибели в результате РМЖ: 0,92 – у женщин в возрасте 39–49 лет (95% доверительный интервал (ДИ) 0,75–1,02), 0,86 – в возрасте 50–59 лет (95% ДИ 0,68–0,97), 0,67 – в возрасте 60–69 лет

(95% ДИ 0,54–0,83) и 0,80 – в возрасте 70–74 лет (95% ДИ 0,51–1,28). Таким образом, максимальное снижение данного риска наблюдается среди женщин в возрасте 50–69 лет и составляет 25–31%, что выше аналогичного показателя для всех вмешательств, направленных на лечение уже выявленного РМЖ. При этом маммографический скрининг не оказывает влияния на общую летальность, хотя и снижает долю распространенных РМЖ на момент постановки диагноза у женщин в возрасте 50 лет и старше (ОР 0,62 [95% ДИ 0,46–0,83]), но не у женщин в возрасте 39–49 лет (ОР 0,98 [95% ДИ 0,74–1,37]) [3].

Последнее обстоятельство, заключающееся в заметном снижении эффективности маммографического скрининга РМЖ у женщин молодого возраста, обусловлено значительно большей частотой встречаемости у них плотной паренхимы, что весьма затрудняет интерпретацию маммограмм. Так, плотная паренхима МЖ (соответствующая типу D, согласно классификации Американской коллегии специалистов в области лучевой диагностики (ACR, 2013) снижает чувствительность метода до 50,0–68,1% по сравнению с 85,7–88,8% при жировой паренхиме (тип A по ACR) [4–6]. В то же время было показано, что очень плотная паренхима МЖ может ассоциироваться с повышением ОР постановки диагноза РМЖ: до 4,6 (95% ДИ 1,7–12,6) – в пременопаузе и до 3,9 (95% ДИ 2,6–5,8) – в постменопаузе, что неудивительно, поскольку в большинстве случаев

это обусловлено фиброзно-кистозной болезнью, пролиферативные формы которой являются облигатным предраком [7].

В результате были предприняты многочисленные попытки дополнения маммографического скрининга РМЖ другими методами с целью повышения его чувствительности. В частности, было показано, что использование цифровой маммографии погранично повышает чувствительность скрининга РМЖ по сравнению с пленочной технологией при плотной паренхиме МЖ (83,6% против 68,1%, $p = 0,051$) и обеспечивает практически идентичные значения чувствительности при жировой паренхиме (83,6% против 85,7%) [8]. Однако в недавнем исследовании N. K. Stout et al. с использованием модели было сделано предположение о том, что, учитывая лишь пограничные результаты оценки достоверности различия чувствительности, высокую стоимость оборудования и повышение частоты ложноположительных результатов, массовое использование данного метода может быть экономически неэффективным [9].

Также отмечалось, что применение цифрового томосинтеза повышает частоту выявления РМЖ по сравнению с цифровой маммографией с ~79% до ~90% (при отсутствии данных о достоверности различия) и инкремент повышения частоты выявления РМЖ 2,5–2,8 на 1000 независимо от степени плотности паренхимы [10]. Однако в настоящее время неясно, позволяет ли повышение данного показателя нивелировать снижение чувствительности маммографии при плотной паренхиме МЖ, что не дает возможности рекомендовать данную методику для рутинного применения [11].

Исследований по эффективности добавления магнитно-резонансной томографии (МРТ) к маммографии не проводилось. Однако, по данным большого количества крупных проспективных исследований, чувствительность МРТ превосходит таковую маммографии (инкремент повышения частоты выявления РМЖ 8–38 на 1000 по сравнению с 3–6 на 1000 – для маммографии), хотя частота повторных вызовов пациенток после МРТ для дальнейшего обследования при этом в 4 раза выше, нежели при маммографии [12]. Кроме того, в одном исследовании была показана более высокая частота выявления РМЖ при более низких значениях частоты ложноположительных заключений при комбинированном маммографии и МРТ по сравнению с комбинированием маммографии и УЗИ у пациенток с высоким риском РМЖ [13]. Однако высокая стоимость оборудования, необходимость использования контрастных препаратов и другие общеизвестные ограничения не позволяют рекомендовать данный подход для

массового использования у пациенток с низким и промежуточным риском РМЖ, даже имеющих плотную паренхиму.

Первые попытки дополнения маммографии ультразвуковым исследованием МЖ были предприняты достаточно давно, и показана целесообразность данного подхода [14]. Позднее, по мере совершенствования технологий УЗИ, были проведены крупные исследования, согласно которым инкремент повышения частоты выявления РМЖ в данной ситуации составляет 2,2–14,2 (медиана 5,2) на 1000. Большинство таких опухолей были менее 1 см, являлись инвазивными и не ассоциировались с поражением регионарных лимфоузлов [15]. Также была продемонстрирована простота внедрения такого подхода в условиях популяционного скрининга при низком или среднем риске РМЖ и плотной паренхиме, однако ограничениями являются сравнительно высокая частота ложноположительных результатов, требующих дополнительного обследования и биопсии (изменения, соответствующие категориям BI-RADS 3–5, были выявлены у ~25% женщин), операторозависимость и длительность исследования (не менее 10 мин) [11]. Для решения последней проблемы в настоящее время разрабатываются системы автоматического УЗИ МЖ. В связи с этим представляют интерес любые технологии, повышающие специфичность данного метода.

Целью настоящего исследования являлась разработка неинвазивного метода дифференциальной диагностики атипичных кистозных и солидных образований МЖ по результатам УЗИ.

Материал и методы

Цветовое картирование серой шкалы. Учитывая тот факт, что человеческий глаз не различает весь спектр серой шкалы стандартного УЗ-изображения (0–255 градаций) [16], нами, по аналогии с «окнами» при компьютерной томографии, была предпринята попытка создания плавающего цветового картирования серой шкалы (ЦКСШ), с тем чтобы близкие оттенки серого различались визуально более отчетливо. Для этого диапазон значений серой шкалы всех пикселов, расположенных в образовании, разделялся на четыре субдиапазона, которые последовательно заменились на красный (самые яркие пиксели), зеленый, синий и черный (самые темные пиксели) моноцвета соответственно (см. цветовую шкалу на рис. 1, б). Данный принцип был реализован нами при разработке программного пакета CystChecker 1.0, предназначенного для дифференциальной диагностики кистозных и солидных образований МЖ.

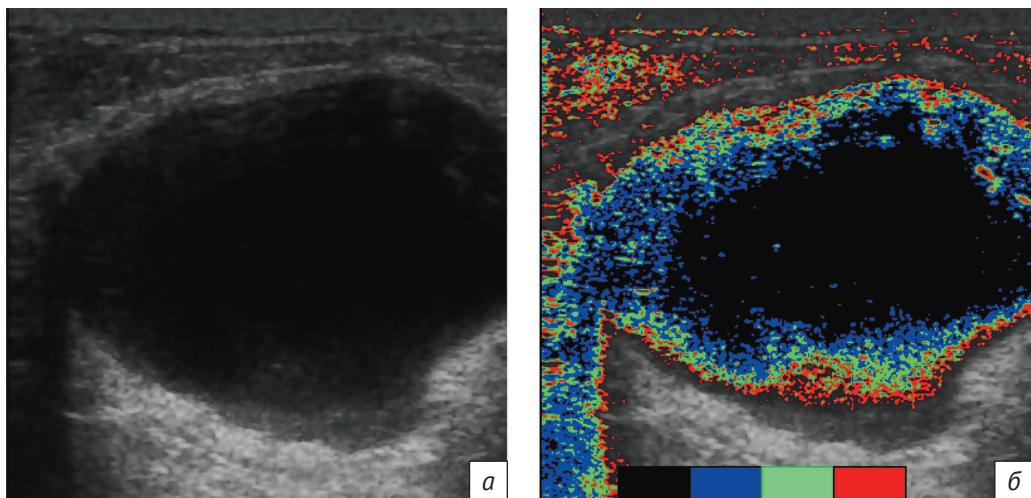


Рис. 1. Цветовое картирование серой шкалы:
 α – типичная киста; β – характерный для типичной кисты результат цветового картирования: отмечается последовательное распределение цветов (красный – зеленый – синий – черный) по направлению к центру образования. Mean – 31,3%, Max – 50,0%. Внизу – шкала цветового картирования

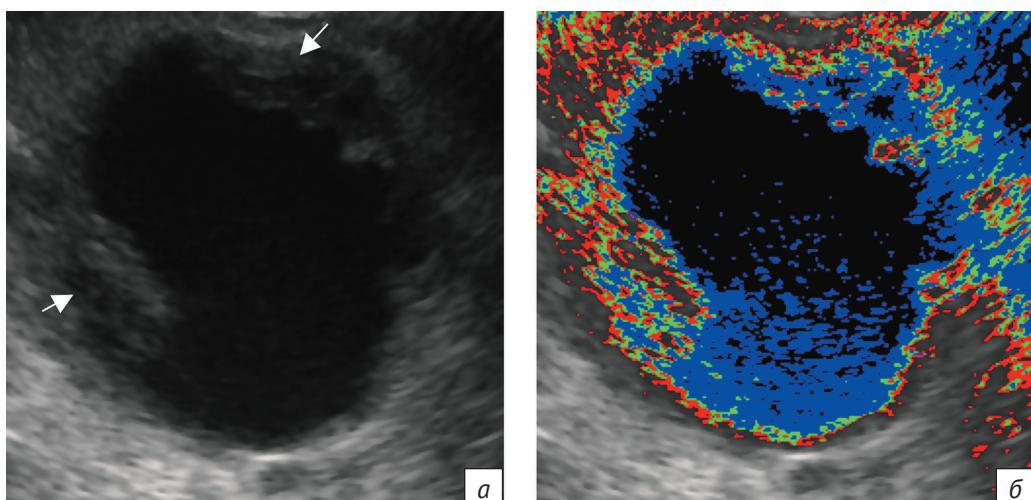


Рис. 2. Киста с папиллярным утолщением стенки (стрелки; гистологически – цистопапиллома):
 α – изображение в режиме «серой шкалы»; β – изображение при цветовом картировании. Отмечается типичная картина кисты с последовательным распределением цветов. Mean – 6,5%, Max – 21,5%. Дополнительной диагностической информации о пристеночном компоненте получено не было

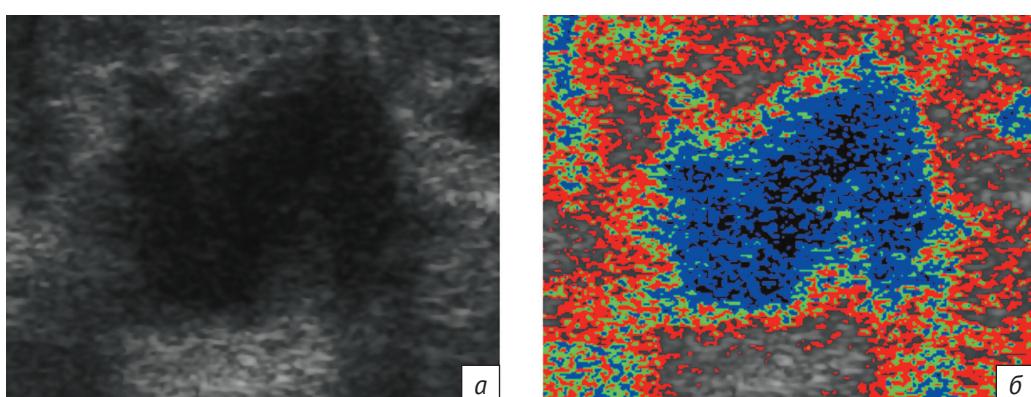


Рис. 3. Киста с воспалением:
 α – УЗИ в режиме «серой шкалы»; β – цветовое картирование серой шкалы (отмечается последовательное распределение цветов). Mean – 25,0%, Max – 25,0%

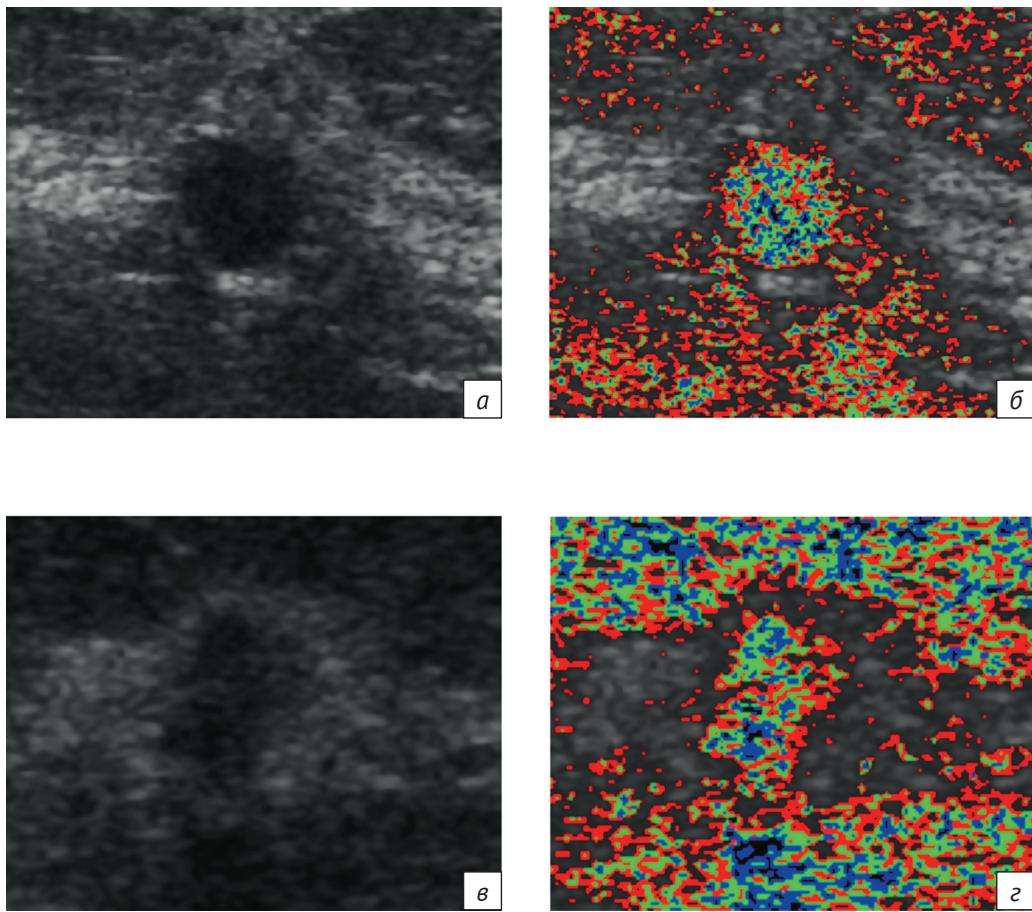


Рис. 4. Сравнительная характеристика картины ЦКСШ мелкой кисты с воспалительными изменениями и раннего протокового рака:
а – киста, изображение в режиме «серой шкалы»; б – киста, изображение в режиме ЦКСШ: несмотря на менее правильное распределение цветов, пиксели красного и зеленого цветов сконцентрированы преимущественно на периферии образования; Mean – 8,0%, Max – 8,7%; в – рак, изображение в режиме «серой шкалы»; г – рак, изображение в режиме ЦКСШ: по сравнению с кистой цветные пиксели распределены в образовании более равномерно; Mean – 0%, Max – 0%

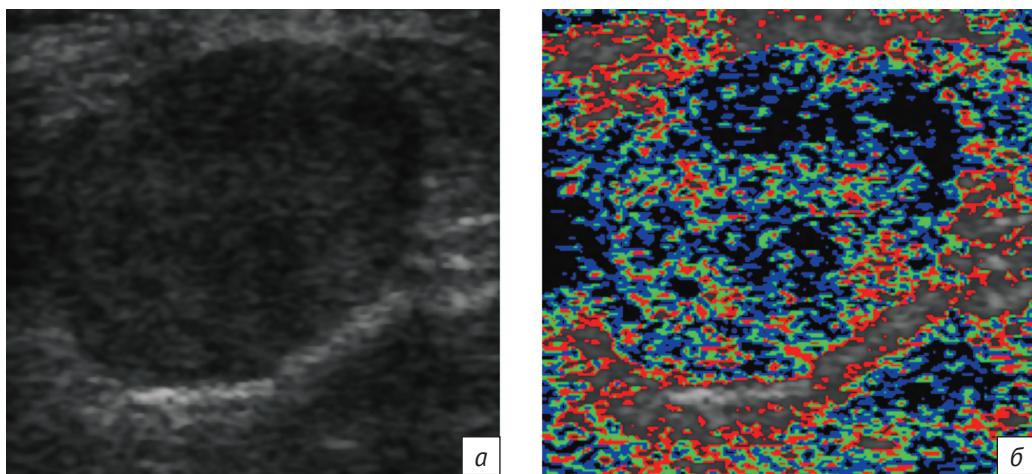
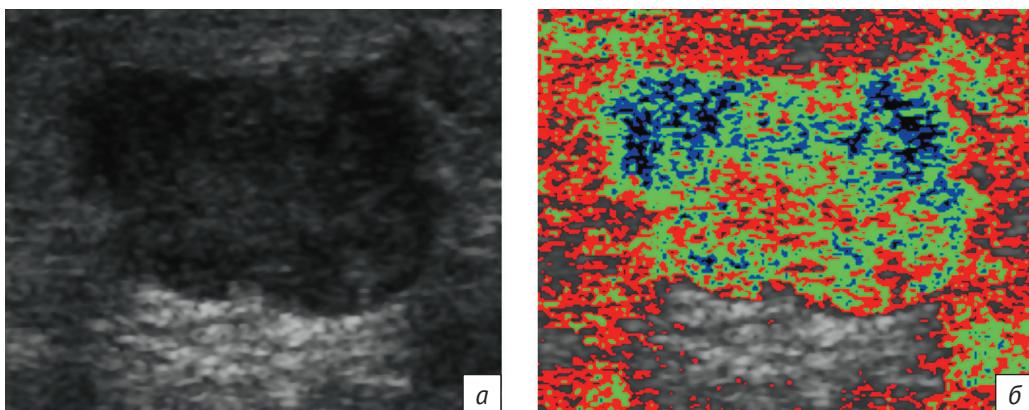
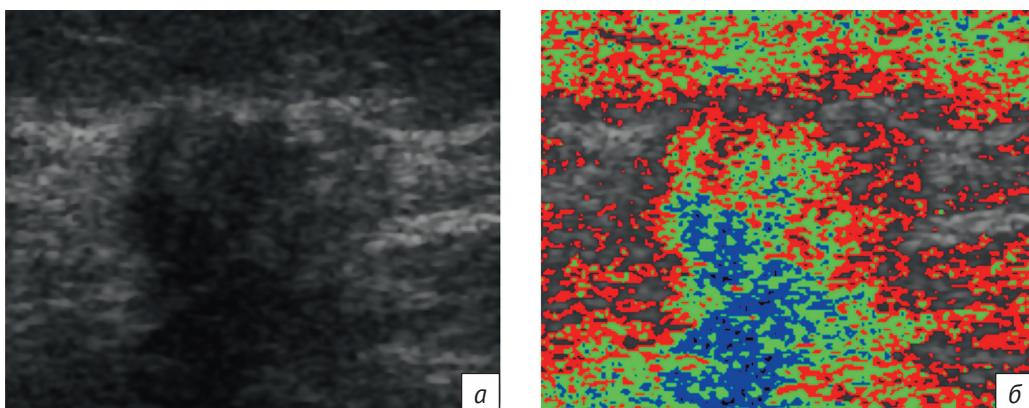


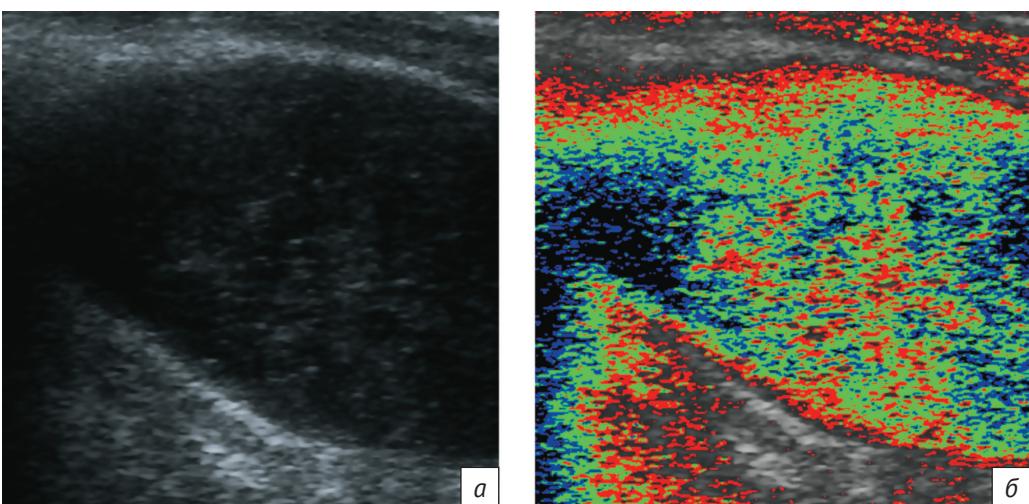
Рис. 5. Фиброаденома:
а – изображение в режиме «серой шкалы»; б – изображение в режиме ЦКСШ; отмечается равномерное распределение цветных пикселов в образовании. Mean – 0%, Max – 0%



*Рис. 6. Солидное гипоэхогенное образование без акустической тени (медуллярный рак):
а – изображение в режиме «серой шкалы»; б – изображение в режиме ЦКСШ; отмечается хаотичное распределение цветных пикселов в образовании, без какой-либо четкой зависимости. Mean – 0%, Max – 0%*



*Рис. 7. Солидное гипоэхогенное образование с выраженной акустической тенью, обусловленной десмопластической реакцией (протоковый рак):
а – изображение в режиме «серой шкалы»; б – изображение в режиме ЦКСШ; отмечается хаотичное распределение цветных пикселов в образовании, без какой-либо четкой зависимости. Mean – 0%, Max – 0%*



*Рис. 8. Солидное гипоэхогенное образование (метастаз рака молочной железы в интрамаммарный лимфузел):
а – изображение в режиме «серой шкалы»; б – изображение в режиме ЦКСШ; отмечается хаотичное распределение цветных пикселов в образовании, без какой-либо четкой зависимости. Mean – 0%, Max – 0%*

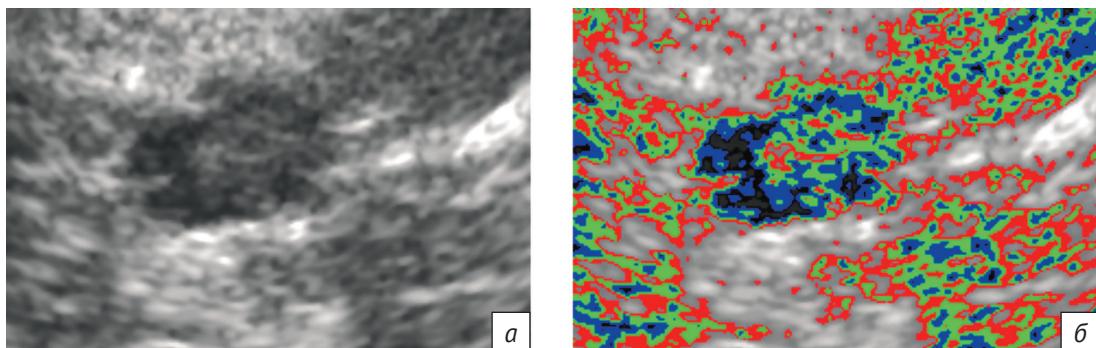


Рис. 9. Солидное гипоэхогенное образование (инволютивная фиброаденома):
а – изображение в режиме «серой шкалы»; б – изображение в режиме ЦКСШ; отмечается хаотичное распределение цветных пикселов в образовании, без какой-либо четкой зависимости. Mean – 0%, Max – 0%

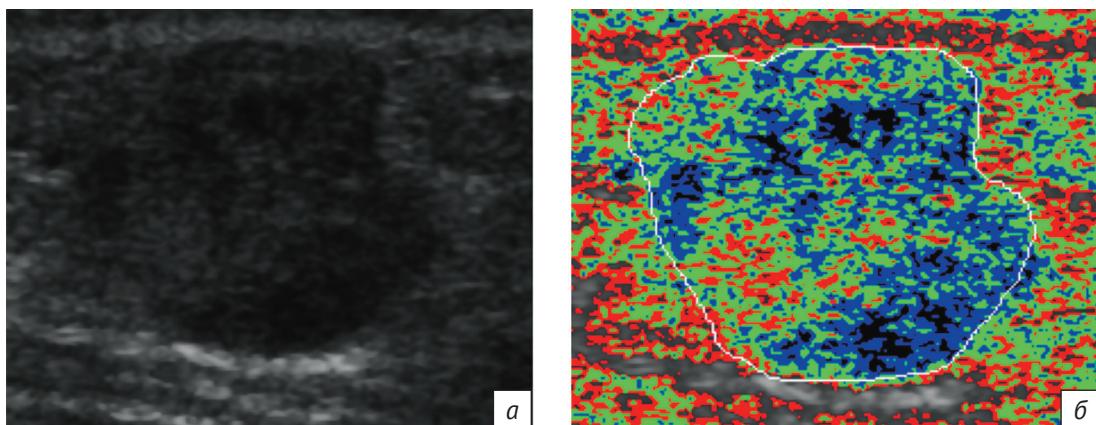


Рис. 10. Солидное гипоэхогенное образование (метастаз меланомы в МЖ):
а – изображение в режиме «серой шкалы»; б – изображение в режиме ЦКСШ; отмечается хаотичное распределение цветных пикселов в образовании, без какой-либо четкой зависимости. Mean – 0%, Max – 0%

Основным преимуществом данного подхода являлось упрощение визуальной оценки изображения, когда близкие по яркости пиксели кодировались разными контрастными цветами. Однако следует отметить, что при этом одним цветом кодировался целый субдиапазон значений серой шкалы, ширина которого была непостоянной и определялась размахом вариации значений яркости пикселов самого образования, что в той или иной степени искажало изображение. Особенно актуально это было при анализе образований малого размера, поскольку количество пикселов в них было небольшим. В результате по мере совершенствования методики с целью повышения точности оценки был также разработан вариант количественного анализа результатов ЦКСШ посредством математической обработки полученного изображения.

Математическая обработка. Автоматическое построение контура образования осуществлялось с помощью сигмоидного фильтра (преду-

смотрено также выделение контура образования пользователем вручную). Порог для сигмоидного фильтра рассчитывался динамически с использованием эмпирической функции распределения отсчетов яркости изображения и при необходимости корректировался в соответствии со средней яркостью точек изображения, имеющих наибольший градиент яркости. Затем заключенный в выделенный контур объект относили к одной из групп образований (кистозное или солидное) по его статистическим характеристикам распределения яркости. Всего было протестировано более 70 статистических параметров, полученных как по отсчетам яркости пикселов, так и по отсчетам параметров градиентов, построенных в каждом пикселе, а также по отсчетам гистограмм распределения параметров. Кроме того, анализировались полиномиальные модели параметров. По результатам были выбраны параметры с наибольшей вероятностью правильного обнаружения и наименьшей корреляцией с другими

параметрами (энтропия, коэффициенты линейной и полиномиальной регрессии, квантили различного порядка, средний модуль градиента яркости и др.). Порог для каждого критерия определялся по обучающим выборкам. В настоящее время система выводит два результата математической постобработки изображения: максимальное (Max) и среднее (Mean) – по всем отобранным параметрам процентное превышение порога. В результате значения, равные нулю, соответствуют солидным, а превышающие 0 – кистозным образованиям [17].

Для тестирования разработанного нами программного пакета использовали набор из 217 ультразвуковых изображений 107 кистозных (включая 53 атипичных, которые с трудом подвергались дифференциальной диагностике стандартными методами) и 110 солидных образований (как доброкачественных, так и злокачественных), полученных на системах Medison SA8000SE, Siemens X150, Esaote MyLab C. Все образования были верифицированы цито- и/или гистологически.

В связи с тем, что результаты ЦКСШ определяются распределением яркости отдельных пикселов изображения, все образования для проведения анализа были разделены на группы в зависимости от гистологической принадлежности и эхогенности.

Визуальная оценка производилась путем анализа изображений в «серой шкале», а также в режимах цветовой/энергетической допплерографии и эластографии специалистами, имевшими опыт выполнения УЗИ МЖ в условиях специализированного онкологического учреждения не менее 3 лет. Затем выполнялся экспорт изображений на внешний компьютер с последующими ЦКСШ и математической обработкой.

Результаты

Простые кисты имели место у 107 (49,3%) пациенток и не вызывали сомнений при исследовании в режиме «серой шкалы», в связи с чем дополнительные стандартные УЗ-режимы практически не использовались. При дополнении режима «серой шкалы» предложенной методикой была показана высокая степень согласованности результатов, и специфичность в обоих случаях составила 100%. При этом типичная картина кисты при ЦКСШ соответствовала последовательному распределению цветов, начиная с периферии образования, с преимущественным расположением красного и зеленого цветов по периферии, а синего и черного – в центре образования («тихий омут») (рис. 1).

Атипичные кисты. Кисты с анэхогенным содержимым и утолщенной стенкой (перегородками). Такие кисты были зафиксированы у 16 (7,4%) пациенток. В данной ситуации использование методики ЦКСШ не позволило получить дополнительную диагностическую информацию, поскольку цветовому картированию подвергается именно содержимое образования, где возникала типичная картина кисты (рис. 2). Избирательного картирования более эхогенного пристеночного компонента при этом не проводилось, в итоге данные образования все равно требовали биопсии. На эту категорию кист пришлись все три ошибки дифференциальной диагностики, допущенные при анализе атипичных кистозных образований.

Кисты с эхогенным содержимым. Такие кисты отмечались у 37 (17,1%) пациенток и являлись, пожалуй, наиболее трудными для дифференциальной диагностики. При эластографии в данной ситуации типичны низкие и средние показатели плотности (в зависимости от степени вязкости содержимого), при допплеровском картировании сигналы кровотока не выявляются либо могут отмечаться артефакты, обусловленные медленным движением взвешенных мелких частиц. Все это часто не позволяет уверенно дифференцировать данные образования от солидных, побуждая к выполнению биопсии. В общей сложности комплексное использование стандартных УЗ-режимов обеспечило в нашей выборке значение допускационной специфичности 60,4% (32 из 53 образований). В то же время использование предложенной нами качественной методики позволило повысить данный показатель до 88,7% (рис. 3).

Особую сложность представляли такие образования малого размера (до 15 мм), поскольку не всегда было возможно однозначно оценить результат ЦКСШ визуально. Данные образования представляют сложность и для стандартных режимов УЗИ. В связи с этим была разработана и использовалась дополнительная методика количественной оценки, позволившая повысить специфичность до 94,3% (50 из 53 образований, $p < 0,05$ по сравнению с традиционным УЗИ), преимущественно за счет образований малого размера (рис. 4).

Солидные образования. Изоэхогенные солидные образования. Такие образования (28 пациенток, 12,9%), как правило, соответствовали доброкачественной солидной патологии МЖ (фиброаденома, фибролипома и т. п.). Наряду со стандартными УЗ-признаками доброкачественности данные образования типично демонстрировали хаотично равномерную картину распреде-

ления цветных пикселов при ЦКСШ – «случайная мозаика» (рис. 5).

Гипоэхогенные солидные образования. Спектр таких образований был достаточно широк – от фиброзированных инволютивных фиброаденом до РМЖ, метастазов злокачественных опухолей в МЖ и метастатических и лимфоматозных лимфоузлов. При ЦКСШ для солидных образований не было характерно последовательное цветовое распределение, типичное для кист: цветные пиксели распределялись хаотично, без упорядоченной локализации. Какой-либо зависимости их распределения от наличия или отсутствия акустической тени, гистологической принадлежности также не выявлено (рис. 6–10). Доля таких образований составила 37,8% (82 пациентки) нашей выборки. В целом характеристики распределения цветных пикселов в солидных образованиях (как гипо-, так и изоэхогенных) были сравнимы, а возникавшие при анализе образований малого размера трудности визуальной интерпретации результатов ЦКСШ устраивались путем использования функции математической обработки.

В целом использование разработанной нами методики ЦКСШ с математической обработкой позволило правильно идентифицировать 107 (97,3%) из 110 солидных образований (по сравнению с 96 (87,3%) при традиционном УЗИ). Суммарные значения общей специфичности автоматизированной методики и визуальной оценки составили 98 и 87% соответственно ($p = 0,043$).

Обсуждение

Кисты весьма часто диагностируются при УЗИ МЖ. Многие из них (имеющие ровный контур, тонкую стенку, анэхогенное содержимое, дистальное псевдоусиление) являются простыми и требуют дополнительных вмешательств только с целью опорожнения при возникновении клинической симптоматики, поскольку точность УЗИ в данной ситуации приближается к 100%. Внедрение в клиническую практику дополнения маммографии ультразвуковым исследованием с целью скрининга РМЖ привело к повышению частоты выявления таких образований.

Сложные (осложненные, атипичные) кисты МЖ диагностируются при УЗИ приблизительно у 5% женщин [18] и могут быть обусловлены попаданием белка в кистозное содержимое (например, при кровотечении, воспалении), физиологическими изменениями (например, сгущением содержимого, когда оно приобретает вид молозива или даже творожистого осадка) и артефактами (данная ситуация обозначается как псевдосложная киста), которые иногда можно устранить достижением оптимальных условий сканирования или совершенствованием аппаратуры. Однако в ряде случаев эти изменения

могут имитировать злокачественные процессы [19]. Вероятно, наибольшей проблемой являются кисты с осадком. В ситуациях, когда этот осадок подвижен или имеется граница раздела жидкость–осадок, данные кисты расцениваются как BI-RADS2 [20]. Однако если осадок является однородным и гипоэхогенным, часто трудно дифференцировать кисту от солидного образования. В целом частота злокачественного роста при данных образованиях может достигать 23–31% [21, 22]. В связи с этим сложные кисты часто требуют биопсии.

В то же время злокачественные образования МЖ обычно имеют при УЗИ низкую эхогенность. Несмотря на то что их плотность обычно выше тканевой атипичных кист (что может быть оценено путем эластографии) и они обычно богато васкуляризованы (что выявляется при допплеровском сканировании), ряд из них также имеет атипичные соответствующие признаки. Например, муцинозный рак, рак с воспалительными изменениями стромы, лимфомы, патологически измененные лимфатические узлы (в том числе интрамаммарные) имеют мягкую консистенцию [23]. Кроме того, малые и высокодифференцированные формы РМЖ часто бедно васкуляризованы и имеют тонкие сосуды, плохо выявляющиеся при допплеровском сканировании. Проблемой часто является и выраженная десмопластическая реакция в случае низкодифференцированных РМЖ, дающая сильное затухание эхосигнала. В результате отсутствие сигналов кровотока в образовании не позволяет исключить его солидный характер [24]. Также следует вспомнить о допплеровских сигналах, обусловленных движением взвешенных частиц содержимого сложных кист. Все это требует совершенствования методов дифференциальной диагностики кистозных и солидных образований МЖ.

Заключение

С учетом полученных результатов исследования представляется, что использование предложенной нами методики ЦКСШ и математической обработки изображения может оказаться весьма полезным, особенно при исследовании атипичных кист и гипоэхогенных образований малого размера, обычно порождающих наибольшее количество диагностических проблем в работе врача УЗ-диагностики, а также сократить расходы на дальнейшее обследование таких пациенток. Кроме того, несмотря на то что использованная нами версия программного пакета требует экспорта изображения с аппарата на внешний компьютер, по нашему мнению, отсутствуют препятствия на пути встраивания его в стандартное программное обеспечение ультразвуковой системы, что позволит устранить этот этап и значительно сократить временные затраты.

Литература [References]

1. Siegel R.L., Miller K.D., Jemal A. Cancer statistics. *Cancer J. Clin.* 2016; 66 (1): 7–30. DOI: 10.3322/caac.21332
2. Каприн А.Д., Старинский В.В., Петрова Г.В. Состояние онкологической помощи населению России в 2016 году. М.: МНИОИ им. П.А. Герцена – филиал ФГБУ «НМИРЦ Минздрава России»; 2017.
[Kaprin A.D., Starinskiy V.V., Petrova G.V. State of cancer care in Russia in 2016. Moscow; 2017 (in Russ.).]
3. Nelson H.D., Fu R., Cantor A., Pappas M., Daeges M., Humphrey L. Effectiveness of breast cancer screening: systematic review and meta-analysis to update the 2009 U.S. Preventive services task force recommendation. *Ann. Intern. Med.* 2016; 164 (4): 244–55. DOI: 10.7326/M15-0969
4. Carney P.A., Miglioretti D.L., Yankaskas B.C., Kerlikowske K., Rosenberg R., Rutter C.M. et al. Individual and combined effects of age, breast density, and hormone replacement therapy use on the accuracy of screening mammography. *Ann. Intern. Med.* 2003; 138 (3): 168–75.
5. Thigpen D., Kappler A., Brem R. The role of ultrasound in screening dense breasts – a review of the literature and practical solutions for implementation. *Diagnostics (Basel)*. 2018; 8 (1): 20. DOI: 10.3390/diagnostics8010020
6. Weigel S., Heindel W., Heidrich J., Hense H.W., Heidinger O. Digital mammography screening: sensitivity of the programme dependent on breast density. *Eur. Radiol.* 2017; 27: 2744. DOI: 10.1007/s00330-016-4636-4
7. Vacek P.M., Geller B.M. A prospective study of breast cancer risk using routine mammographic breast density measurements. *Cancer Epidemiol. Biomark. Prev.* 2004; 13 (5): 715–22.
8. Kerlikowske K., Hubbard R.A., Miglioretti D.L., Geller B.M., Yankaskas B.C., Lehman C.D. et al. Comparative effectiveness of digital versus film-screen mammography in community practice in the United States: a cohort study. *Ann. Intern. Med.* 2011; 155 (8): 493–502. DOI: 10.7326/0003-4819-155-8-201110180-00005
9. Stout N.K., Lee S.J., Schechter C.B., Kerlikowske K., Alagoz O., Berry D. et al. Benefits, harms, and costs for breast cancer screening after US implementation of digital mammography. *J. Natl. Cancer Inst.* 2014; 106 (6). DOI: 10.1093/jnci/dju092
10. Svahn T.M., Chakraborty D.P., Ikeda D., Zackrisson S., Do Y., Mattsson S. et al. Breast tomosynthesis and digital mammography: a comparison of diagnostic accuracy. *Br. J. Radiol.* 2012; 85 (1019): e1074-e1082. DOI: 10.1259/bjr/53282892
11. Freer P.E. Mammographic breast density: impact on breast cancer risk and implications for screening. *Radiographics*. 2015; 35 (2): 302–15. DOI: 10.1148/rg.352140106
12. Tice J.A., Ollendorf D.A., Lee J.M., Pearson S.D. The comparative clinical effectiveness and value of supplemental screening tests following negative mammography in women with dense breast tissue. Available at: <http://www.ctaf.org/sites/default/files/assessments/ctaf-final-report-dense-breast-imaging-11.04.2013-b.pdf> (accessed March 7, 2014).
13. Berg W.A., Zhang Z., Lehrer D., Jong R.A., Pisano E.D., Barr R.G. et al. Detection of breast cancer with addition of annual screening ultrasound or a single + screening MRI to mammography in women with elevated breast cancer risk. *JAMA*. 2012; 307 (13): 1394–404. DOI: 10.1001/jama.2012.388
14. Pasynkov D.V., Kliouchkin I.V., Pasynkova O. Value of ultrasonic breast screening in women with fibrocystic disease. *Eur. Rad.* 2008; 18 (Suppl. 1): 362.
15. Kim S.-Y., Kim M.J., Moon H.J., Yoon J.H., Kim E.-K. Application of the downgrade criteria to supplemental screening ultrasound for women with negative mammography but dense breasts. *Medicine*. 2016; 95 (44): e5279. DOI: 10.1097/MD.0000000000005279
16. Пасынков Д.В., Клюшкин И.В., Пасынкова О.О. Информативность визуального анализа лучевых серошкальных изображений. *Вестник современной клинической медицины*. 2018; 11 (5): 69–73. DOI: 10.20969/VSKM.2018.11(5).69-73
[Pasynkov D.V., Klyushkin I.V., Pasynkova O.O. Informative value of visual analysis of radiologic gray-scale images. *Bulletin of Contemporary Clinical Medicine*. 2018; 11 (5): 69–73 (in Russ.). DOI: 10.20969/VSKM.2018.11(5).69-73]
17. Egoshin I., Pasynkov D., Kolchev A., Kliouchkin I., Pasynkova O. Automatic differentiation cystic and solid breast lesions at ultrasonic images. *Int. J. Comp. Ass. Radiol. Surg.* 2018; 131 (1): S255.
18. Houssami N., Irwig L., Ung O. Review of complex breast cyst: Implications for cancer detection and clinical practice. *ANZ. Surg.* 2005; 1080–5. DOI: 10.1111/j.1445-2197.2005.03608.x
19. Venta L.A., Kim J.P., Pelloski C.E., Morrow M. Management of complex breast cysts. *Am. J. Roentgenol.* 1999; 173: 1331–6. DOI: 10.2214/ajr.173.5.10541113
20. Mendelson E.B., Baum J.K., Berg W.A., Merritt C.R.B., Rubin E. Breast imaging reporting and data system, BI-RADS: ultrasound. 1st ed. Reston (VA): College of Radiology; 2003.
21. Berg W.A., Campassi C.I., Ioffe O.B. Cystic lesions of the breast: sonographic-pathologic correlation. *Radiology*. 2003; 227 (1): 183–91. DOI: 10.1148/radiol.2272020660
22. Doshi D.J., March D.E., Coughlin B.F., Crisi G.M. Accuracy of ultrasound-guided percutaneous biopsy of complex cystic breast masses (abstract). In: Radiological Society of North America scientific assembly and annual meeting program. Oak Brook, ILL: Radiological Society of North America. 2006; 655.
23. Balleyguera C., Ciolovana L., Ammaria S., Canalea S., Sethoma S., Al Rouhbanea R. et al. Diagnostic and interventional imaging breast elastography: the technical process and its applications. *Diagn. Interv. Imag.* 2013; 94 (5): 503–13. DOI: 10.1016/j.dii.2013.01.022
24. Busilacchi P., Draghi F., Preda L., Ferranti C. Has color Doppler a role in the evaluation of mammary lesions? *J. Ultrasound*. 2012; 15 (2): 93–8. DOI: 10.1016/j.jus.2012.02.007

Сведения об авторах | Information about the authors

Пасынков Дмитрий Валерьевич*, к. м. н., заведующий отделением лучевой диагностики, ГБУ «Республиканский онкологический диспансер Республики Марий Эл» Минздрава Республики Марий Эл, ФГБОУ ВО «Марийский государственный университет»;
orcid.org/0000-0003-1888-2307

E-mail: passynkov@mail.ru

Егошин Иван Александрович, аспирант, ФГБОУ ВО «Марийский государственный университет»;
orcid.org/0000-0003-0717-0734

Колчев Алексей Анатольевич, к. физ.-мат. н., доцент кафедры радиоастрономии, ФГБОУ ВО «Марийский государственный университет», ФГАОУ ВПО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»;
orcid.org/0000-0002-1692-2558

Ключкин Иван Владимирович, д. м. н., профессор кафедры общей хирургии, ФГБОУ ВО «Казанский государственный медицинский университет» Минздрава России;
orcid.org/0000-0001-5052-2921

Пасынкова Ольга Олеговна, к. м. н., доцент кафедры фундаментальной медицины, ФГБОУ ВО «Марийский государственный университет»;
orcid.org/0000-0001-9117-8151

Dmitriy V. Pasynkov*, Cand. Med. Sc., Head of Radiology Department, Oncology Dispensary of Mari El Republic, Ministry of Health of Mari El Republic, Mari State University;
orcid.org/0000-0003-1888-2307

E-mail: passynkov@mail.ru

Ivan A. Egoshin, Postgraduate, Mari State University;
orcid.org/0000-0003-0717-0734

Aleksey A. Kolchev, Cand. Phys.-Math. Sc., Associate Professor of Radioastronomy Chair, Mari State University, Kazan (Volga region) Federal University;
orcid.org/0000-0002-1692-2558

Ivan V. Klyushkin, Dr. Med. Sc., Professor of General Surgery Chair, Kazan State Medical University, Ministry of Health of the Russian Federation;
orcid.org/0000-0001-5052-2921

Ol'ga O. Pasynkova, Cand. Med. Sc., Associate Professor of Fundamental Medicine Chair, Mari State University;
orcid.org/0000-0001-9117-8151