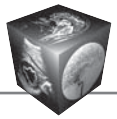

ISSN 1607-0763 (Print); ISSN 2408-9516 (Online)
https://doi.org/10.24835/1607-0763-1281

Роль контрастной двухэнергетической спектральной маммографии в диагностике рака молочной железы

© **Андронов А.К.*, Абдураимов А.Б.**

Филиал "Маммологический центр (Клиника женского здоровья)" ГБУЗ "Московский клинический научный центр им. А.С. Логинова" ДЗ города Москвы; 111123 Москва, шоссе Энтузиастов, д. 86, Российская Федерация

Цель исследования: оценить преимущества использования контрастной двухэнергетической спектральной маммографии (Contrast-Enhansed Spectral Mammography (CESM)) у пациенток с установленной категорией BI-RADS 4a, 4b по результатам стандартного обследования (цифровая маммография и УЗИ молочных желез).

Материал и методы. Проанализированы данные 425 пациенток с подозрительной категорией BI-RADS в период с 2018 по 2021 г. В рамках дообследования всем пациенткам выполнена CESM с последующей гистологической верификацией выявленных изменений. Оценены чувствительность и специфичность выполненных методов исследования.

Результаты. Окончательный диагноз рака молочной железы был установлен у 247 (58,1%) из 425 женщин. У 17 (6,8%) пациенток из 247 был диагностирован мультицентрический и мультифокальный рост, а первично-множественный синхронный рак выявлен у 6 (2,4%) пациенток из 247. Ложноположительные случаи при оценке CESM преимущественно составили типичная и атипическая протоковая гиперплазия, фиброаденома, внутрипротоковая папиллома.

Заключение. Контрастная двухэнергетическая спектральная маммография является высокочувствительным и высокоспецифичным методом в выявлении злокачественных образований молочной железы. Метод позволяет минимизировать количество нежелательных интервенционных вмешательств в молочной железе при подозрительных категориях BI-RADS.

Ключевые слова: контрастная двухэнергетическая спектральная маммография, рак молочной железы, рентгенологически плотный железистый фон молочной железы, биопсия образований молочной железы

Авторы подтверждают отсутствие конфликтов интересов.

Для цитирования: Андронов А.К., Абдураимов А.Б. Роль контрастной двухэнергетической спектральной маммографии в диагностике рака молочной железы. *Медицинская визуализация.* 2023; 27 (4): 81–91. https://doi.org/10.24835/1607-0763-1281

Поступила в редакцию: 09.11.2022. **Принята к печати:** 16.06.2023. **Опубликована online:** 03.08.2023.

Role of contrast-enhanced spectral mammography in the detection of breast cancer

© **Artem K. Andronov*, Adhamzhon B. Abduraimov**

Branch "Mammology center (Women's Health Clinic)", Moscow Clinical Scientific Center named after A.S. Loginov; 86, Sh. Entuziastov, Moscow 111123, Russian Federation

Objective: to assess the benefits of using contrast-enhancer spectral mammography in patients with an established category of BI-RADS 4a, 4b according to the results of a standard examination (digital mammography and ultrasound).

Materials and methods. The date of 425 patients with a suspicious category of BI-RADS in the period from 2018 to 2021 were analyzed. As part of the additional examination, all patients underwent contrast-enhanced spectral mammography follow by histological verification of the identified changes. The sensitivity and specificity of the methods were evaluated.

Results. The final diagnosis of breast cancer was established in 247 (58.1%) patients out of 425 women. Multicenter and multifocal growth was diagnosed in 17 (6.8%) patients out of 247, and primary multiple synchronous cancer was detected in 6 (2.4%) patients out of 247. False-positive cases when assessing CESM mainly consisted of: typical and atypical ductal hyperplasia, fibroadenoma, intraductal papilloma.

Conclusion. Contrast-enhancer spectral mammography is a highly sensitive and highly specific method in the detection of malignant tumors of the breast. The method also allows minimizing the number of unwanted interventions in suspicious BI-RADS categories.

Keywords: contrast-enhanced spectral mammography, breast cancer, breast density, breast biopsy

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest. The study had no sponsorship.

For citation: Andronov A.K., Abduraimov A.B. Role of contrast-enhanced spectral mammography in the detection of breast cancer. *Medical Visualization.* 2023; 27 (4): 81–91. https://doi.org/10.24835/1607-0763-1281

Received: 09.11.2022. **Accepted for publication:** 16.06.2023. **Published online:** 03.08.2023.

Введение

Рак молочной железы (РМЖ) по-прежнему занимает первое место в мире среди злокачественных образований в женской популяции. По данным Всемирной организации здравоохранения за 2020 г., в мире выявлено 2,3 млн случаев РМЖ [1]. В Российской Федерации за 2021 г. выявлено 69 054 случая, а среднегодовой темп прироста составил 1,28%. На сегодняшний день проблема ранней диагностики РМЖ остается чрезвычайно актуальной. Одним из основных показателей, определяющих прогноз онкологического заболевания, является степень распространенности опухолевого процесса на момент выявления. В 2021 г. в Российской Федерации 72,5% злокачественных образований молочной железы выявлено на I–II стадии, в то время как 27,1% случаев установлено на III–IV стадии, рак *in situ* был диагностирован у 1758 пациенток [2]. Таким образом, раннее выявление РМЖ позволяет начать своевременное лечение, что является наиболее важной стратегией по предотвращению смертности от данного заболевания.

Современная диагностика и стадирование РМЖ основаны на трех инструментальных методах: цифровая маммография (ММГ), УЗИ и МРТ молочных желез. В настоящее время единственным методом, одобренным для скрининга РМЖ, является ММГ [3]. Однако у женщин с плотным рентгеновским фоном (ACR-C, D) стандартная ММГ имеет ряд ограничений, из-за которых чувствительность метода может составлять 50–60% [4]. Диагностическая ценность УЗИ молочных желез может варьировать в зависимости от оператора и степени жировой инволюции. МРТ молочных желез с контрастным усилением обладает высокой чувствительностью для выявления РМЖ, однако недостатками метода являются высокая стоимость, недостаточная чувствительность в выявлении микрокальцинатов и высокая степень ложноположительных результатов [5].

Персонализированный подход к пациенткам с особенностью строения молочной железы требует внедрения современных инструментальных методов диагностики. В 2011 г. Управление по контролю качества пищевых продуктов и лекарственных препаратов США (Food and Drug Administration (FDA)) одобрило использование контрастной двухэнергетической спектральной маммографии (Contrast-Enhansed Spectral Mammography (CESM)) как уточняющего метода для локализации выявленного или предполагаемого злокачественного процесса [6]. CESM – это инвазивная методика, основанная на накоплении йодсодержащего контрастного вещества образованиями молочных желез, выполняемая на маммографе путем получения двух снимков с разными режимами экспонирования: низко- и высокоэнергетические. Методика позволяет улучшить визуализацию РМЖ путем повышения проницаемости новообразованных сосудов для контрастного вещества (неоангиогенез) [7, 8, 10]. Принцип CESM аналогично МРТ основан на повышенной проницаемости несовершенных сосудов. Однако метод обладает рядом экономических преимуществ (меньшее время и стоимость исследования), что облегчает его широкое внедрение. Чувствительность и специфичность CESM достигают 85–100% и 77–87,7% у клинически симптоматичных пациенток с сомнительными находками при ММГ [7, 9]. Таким образом, CESM является новой перспективной методикой для выявления и стадирования РМЖ у женщин, в том числе с плотным рентгеновским фоном [5, 9, 10].

Независимо от активно развивающихся инструментальных методов исследования ключевую роль в диагностике РМЖ занимает гистологическое исследование биопсийного материала.

Поэтому показания к проведению трепанобиопсии молочной железы должны быть четко аргументированы на основании установленных категорий относительно подозрительных новообразований BI-RADS 4,5 [11].

Материал и методы

В период с 2018 по 2021 г. проанализированы данные исследований 425 пациенток (рис. 1). Маммографические снимки получены с помощью цифровой системы (Senographe Essential, GE Healthcare) и из сторонних организаций, направивших на консультирование изображения в DICOM-формате. УЗИ молочных желез выполнялось на диагностической ультразвуковой системе DC-8, Mindray. После присвоения категории BI-RADS 4a, 4b по результатам ММГ или УЗИ пациентка направлялась на дообследованние в объеме CESM. Процедура проводилась с использованием маммографической системы Senographe Essential, GE Healthcare. Рентгеноконтрастный препарат (йогексол 350, йопромид 370) вводили внутривенно (1,5 мл/кг массы тела; скорость потока 2,5–3 мл/с с последующей промывкой физиологическим раствором). Получение изображения начиналось с 2-минутной задержкой после введения контрастного вещества. Последовательность изображений начиналось со стороны интереса краниокаудальных (RCC, LCC) и медиолатеральных (RMLO, LMLO) проекций каждой молочной железы. Низкоэнергетические воздействия получены при 25–35 кВп, изображения высокоэнергетического воздействия – при 45–49 кВп. Алгоритм программного расчета изображений использовался для вычисления двух экспозиций. Первое изображение было низкоэнергетическое с максимальным контрастом мягких тканей, аналогичное стандартной цифровой ММГ. Второе изображение представляло собой изображение повышенной контрастности [12–14]. Оценка рекомбинированных изображений проводилась по системе BI-RADS. Все пациентки проходили анкетирование на отсутствие в анамнезе аллергических реакций на йод и введение контрастного вещества.

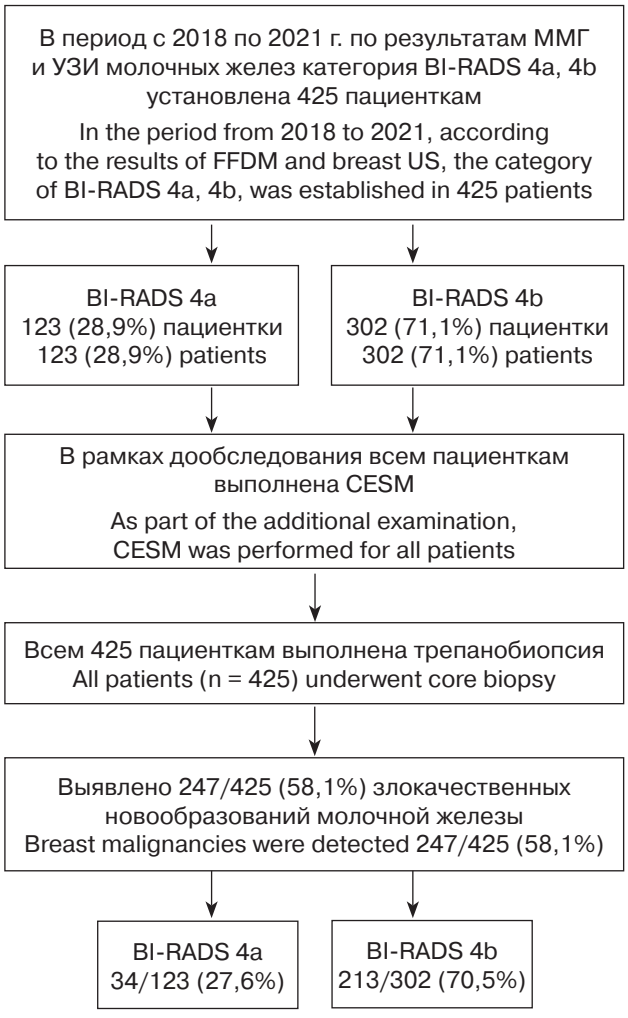

Рис. 1. Принцип формирования данных исследования молочных желез.

Fig. 1. Formations of research date.

Результаты

Всего в анализ было включено 425 пациенток (средний возраст 51 год, диапазон 29–81 год). Из 425 пациенток плотный рентгеновский фон молочной железы (ACR C, D) отмечен у 369 (86,8%), а с преобладанием жировой ткани (ACR A, B) – у 56 (13,2%) (табл. 1).

При выполнении стандартных методов диагностики (ММГ, УЗИ молочных желез) категория BI-RADS 4a установлена 123 (28,9%) пациенток, а категория BI-RADS 4b – у 302 (71,1%) пациенток. В рамках дообследования во всех клинических наблюдениях проводилась CESM. Далее выполнялась верификация подозрительных участков и образований молочной железы. Под рентгеновским наведением выполнена 171 (40,2%) стереотаксическая биопсия молочной железы, под ультразвуковым контролем – 254 (59,8%) трепанобиопсии. По результатам гистологического исследования биопсийного материала 178 (41,9%) образований верифицированы как доброкачественные и 247 (58,1%) новообразований – как злокачественные (табл. 2).

У 17 (4%) пациенток был диагностирован мультицентрический и мультифокальный рост, а первично-множественный синхронный рак выявлен у 6 (1,4%) пациенток.

Таблица 1. Характеристика пациенток (n = 425)
Table 1. Patient characteristics (n = 425)

Характеристика Characteristics	Показатель Value	%
Возрастной диапазон, годы/ Age range, years	29–81	
Средний возраст, годы / Age mean, years	51	
Онкологический анамнез/ Cancer history		
Отягощенный семейный анамнез по РМЖ/ Family history of breast cancer	136	32%
Рентгеновский фон молочной железы (ACR)/ Breast density (BI-RADS)		
A	18	4,2%
B	38	8,9%
C	221	52%
D	148	34,9%

Таблица 2. Результаты гистологического исследования образований молочной железы (n = 425)
Table 2. Results of histological examination of core needle biopsy (n = 425)

Диагноз Diagnosis	n	%
Доброкачественные образования / Benign neoplasms:		
фиброзно-кистозные изменения / fibrocystic breast changes	65	15,3%
фиброаденома / fibroadenoma	32	7,6%
протоковая гиперплазия/ usual ductal hyperplasia	30	7,0%
склерозирующий аденоз/ sclerosing adenosis	22	5,1%
атипичная протоковая гиперплазия (ADH)/ atypical ductal hyperplasia	7	1,7%
папиллома / papilloma	7	1,7%
жировой некроз/ fat necrosis	6	1,4%
гранулематозное воспаление / inflammation	4	0,9%
десмоидный фиброматоз/ fibromatosis (aggressive)	2	0,5%
дольковая гиперплазия/ usual lobular hyperplasia	2	0,5%
радиальный рубец / radial scar	1	0,2%
Всего / Total	178	41,9%
Злокачественные образования / Malignant neoplasms:		
инвазивная протоковая карцинома / invasive ductal carcinoma	179	42,1%
протоковая карцинома *in situ* (DCIS) / протоковая карцинома *in situ* (DCIS)	37	8,7%
инвазивная дольковая карцинома / invasive lobular carcinoma	13	3,1%
метастаз / metastasis	5	1,2%
муцинозная карцинома / mucinous carcinoma	3	0,7%
инвазивная папиллярная карцинома / invasive papillary carcinoma	3	0,7%
апокриновая карцинома / apocrine carcinoma	2	0,5%
дольковая карцинома *in situ* (LCIS) / дольковая карцинома *in situ* (LCIS)	2	0,5%
лимфолейкоз / lymphocytic leukemia	1	0,2%
лимфома / diffuse large B-cell lymphoma	1	0,2%
фибросаркома / sarcoma	1	0,2%
Всего / Total	247	58,1%

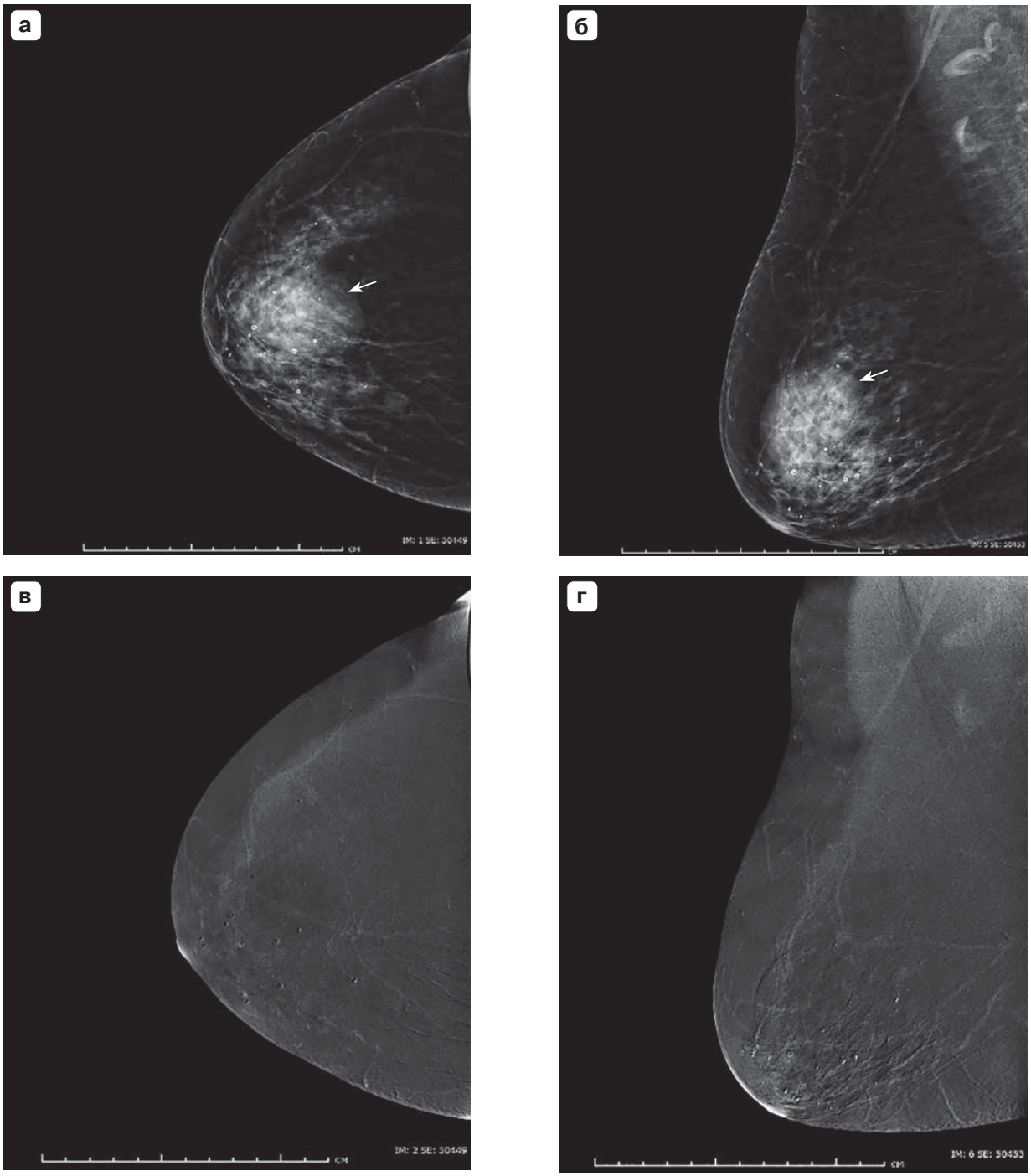

Рис. 2. Маммограммы правой молочной железы, краниокаудальная проекция (RCC) и медиолатеральная проекция (RMLO). Апокриновая карцинома G2. **а, б** – цифровые 2D-маммограммы правой молочной железы, в передней трети определяется дольчатое образование с нечеткими контурами (тонкая стрелка); **в, г** – рекомбинированные изображения правой молочной железы, патологического накопления контрастного препарата не отмечается.

Fig. 2. Mammograms of the right breast, craniocaudal view (RCC) and mediolateral oblique view (RMLO). Apocrine carcinoma G2. **а, б** – 2D digital mammography of the right breast, in the anterior third there is formation lobular mass with indistinct margin. (thin arrow); **в, г** – recombined image of the right breast, no pathological accumulation of contrast agent is noted.

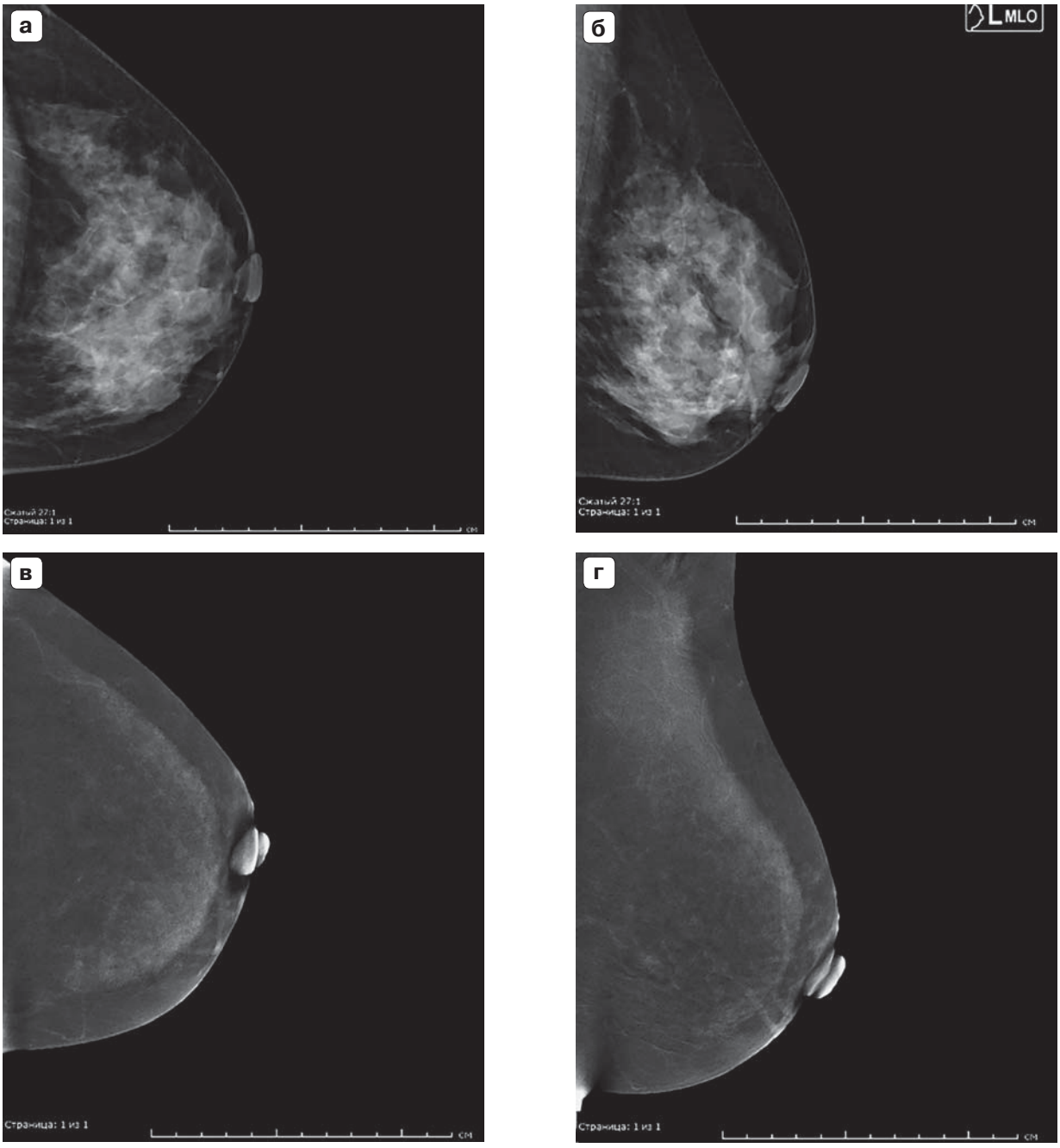

Рис. 3. Маммограммы левой молочной железы, краниокаудальная проекция (LCC) и медиолатеральная проекция (LMLO). Ультразвуковые изображения левой молочной железы. Инвазивная протоковая карцинома G2. **а, б** – цифровые 2D-маммограммы левой молочной железы, неоднородной плотности (ACR-C); **в, г** – рекомбинированные изображения левой молочной железы, патологического накопления контрастного препарата не отмечается.

Fig. 3. Mammograms of the left breast, craniocaudal view (LCC) and mediolateral oblique view (LMLO). Ultrasound image of the left breast. Invasive ductal carcinoma G2. **а, б** – 2D digital mammography of the left breast, heterogeneous density (ACR-C); **в, г** – recombined image of the left breast, no pathological accumulation of contrast agent is noted.

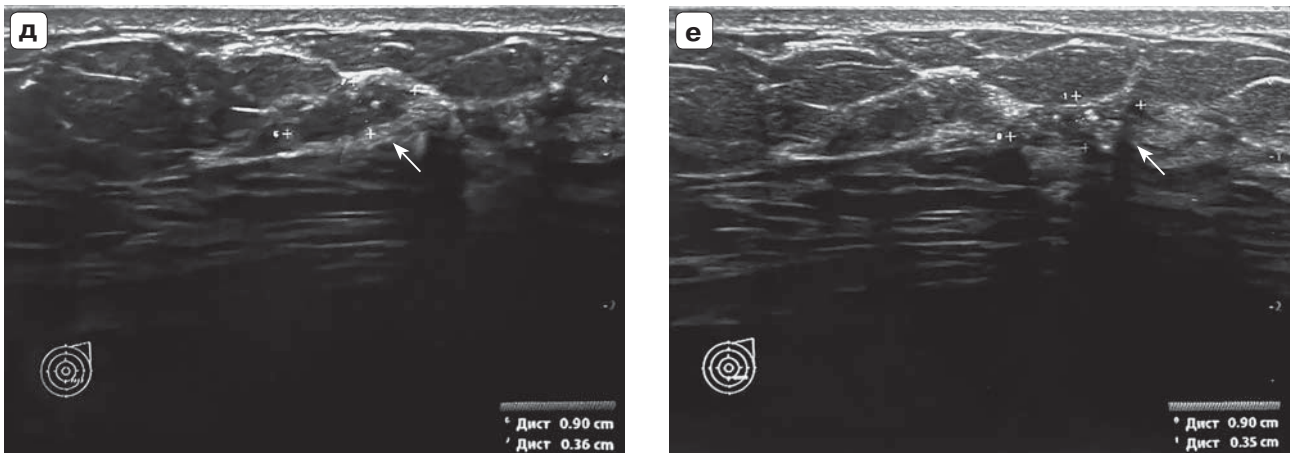

Рис. 3 *(окончание)*. д, е – ультразвуковые изображения левой молочной железы, в проекции нижнего наружного квадранта лоцируется образование с нечеткими неровными контурами (стрелка)

Fig. 3 *(end)*. д, е – ultrasound image of the left breast, in the lower outer quadrants, a formation with indistinct, irregular margins (arrow).

Наибольшее количество случаев злокачественных образований составили инвазивная протоковая карцинома – 179 (42,1%), протоковая карцинома *in situ* – 37 (8,7%) и инвазивная дольковая карцинома – 13 (3,1%). Средний диаметр выявленных новообразований составил 17 мм (диапазон от 4 до 110 мм).

Среди доброкачественных образований наибольшее количество составили: узловая фиброзно-кистозная мастопатия – 65 (15,3%), фиброаденома – 32 (7,6%) и протоковая гиперплазия – 30 (7,0%)

Таким образом, после комплексного дообследования у 34/123 (27,6%) пациенток с категорией BI-RADS 4a подтвердились злокачественные образования, а у пациенток с категорией BI-RADS 4b злокачественные образования выявлены у 213/302 (70,5%) пациенток.

У 2 (0,4%) пациенток результаты CESM расценены как ложноотрицательные: апокриновая карцинома G2 (рис. 2) и инвазивная протоковая карцинома G2 (рис. 3).

При оценке маммографических изображений относительно рентгеновской плотности злокачественные новообразования выявлены: при жировом строении молочной железы (ACR-A) у 16/18 (89%) пациенток, при рассеянных участках фиброзно-железистой ткани (ACR-B) – у 27/38 (71%), при смешанном строении молочной железы (ACR-C) – у 141/221 (63%), а при плотном фоне (ACR-D) – у 63/148 (42%). Эти данные в очередной раз подтверждают сложность скрининговой диагностики РМЖ у пациенток с плотным рентгенологическим фоном [4, 5].

Клиническое наблюдение

Пациентка 52 лет направлена для дообследования. По результатам ММГ в правой молочной железе медиолатеральной проекции в верхних квадрантах задней трети определяется скопление микрокальцинатов на участке 16 × 10 мм. BI-RADS 4a (рис. 4 а). Учитывая плотный рентгеновкий фон железы (ACR-C), пациентка направлена на CESM. В рекомбинированном режиме CESM отмечено гиперинтенсивное накопление контрастного препарата на участке размерами 18 × 22 мм (BI-RADS 4c) и слабоинтенсивное накопление – на участке размерами 4 × 6 мм (рис. 4 в, г). Последовательно выполнена верификация всех выявленных патологических изменений. Благодаря дообследованию с использование CESM удалось не только исключить подозрительный участок микрокальцитов, но и выявить метастатическую карциному молочной железы.

Обсуждение

Несмотря на активное развитие инструментальных методов диагностики, диагноз РМЖ попрежнему устанавливается на основании цитологического или гистологического исследования биопсийного материала [15]. Это в очередной раз подтверждает важность экспертной диагностики и четких показаний к выполнению биопсии подозрительных участков и образований в молочной железе. На сегодняшний день категория BI-RADS 4c, 5 отражает достаточно высокую вероятность злокачественного процесса (от 50 до 99%), в отличие от категории BI-RADS 4a, 4b, где вероятность не превышает 50% [11]. По результатам нашего исследования доброкачественные образования выявлены у 41,9% пациенток, из которых

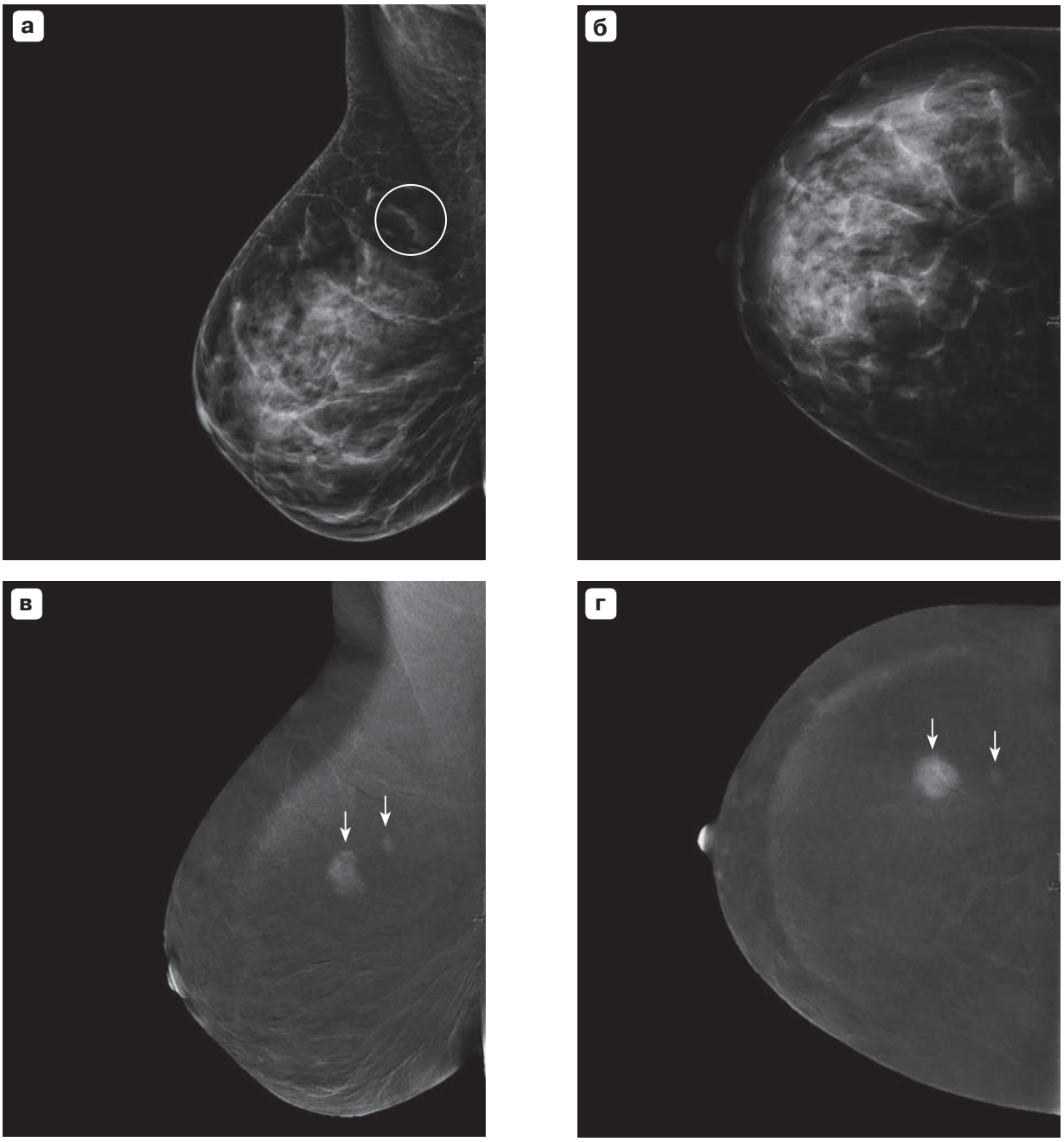

Рис. 4. Маммограммы правой молочной железы, медиолатеральная проекция (RMLO) и краниокаудальная проекция (RCC). Инвазивная карцинома и метастаз в интрамаммарный лимфатический узел правой молочной железы. **а, б** – цифровые 2D-маммограммы правой молочной железы, в медиолатеральной проекции в верхних квадрантах задней трети определяется скопление микрокальцинатов (отмечено кругом); **в, г** – рекомбинированные изображения правой молочной железы, преимущественно в верхнем наружном квадранте отмечается участок гиперинтенсивного и слабоинтенсивного накопления контрастного препарата (тонкие стрелки).

Fig. 4. Mammograms of the right breast, mediolateral oblique view (RMLO) and craniocaudal view (RCC). Invasive ductal carcinoma and metastasis to the intramammary lymph node of the right breast. **а, б** – 2D digital mammography of the right breast, in the mediolateral projection in the upper quadrants of the posterior third, an accumulation of microcalcifications is determined (marked with a circle); **в, г** – recombined image of the right breast, mainly in the upper outer quadrant there is an area of hyperintense and low-intensity accumulation of the contrast agent (thin arrows).

Таблица 3. Сравнительный анализ эффективности цифровой маммографии, УЗИ и CESM в диагностике новообразований молочной железы (n = 425)

Table 3. Comparative analysis of the effectiveness of digital mammography, breast ultrasound and CESM in the diagnosis of breast neoplasms

Метод исследования Modality	Количество пациентов Number of patients				Чувствительность Sensitivity	Специфичность Specificity	Точность Accuracy	ППЗ PPV	ОПЗ NPV
	ИП TP	ЛП FP	ЛО FN	ИО TN					
ММГ / FFDM	178	110	69	68	72,06%	38,20%	57,8%	61,8%	49,6%
УЗИ / Breast US	189	94	58	84	76,52%	47,19%	64,2%	66,7%	59,1%
Контрастная маммография CESM	245	53	2	125	99,19%	70,22%	87,1%	82,2%	98,4%

Примечание. ИП – истинно положительные, ЛП – ложноположительные, ЛО – ложноотрицательные, ИО – истинно отрицательные, ППЗ – положительное прогностическое значение, ОПЗ – отрицательное прогностическое значение.

Note. TP – true positive, FP – false positive, FN – false negative, TN – true negative, PPV – Positive predictive value, NPV – Negative predictive value.

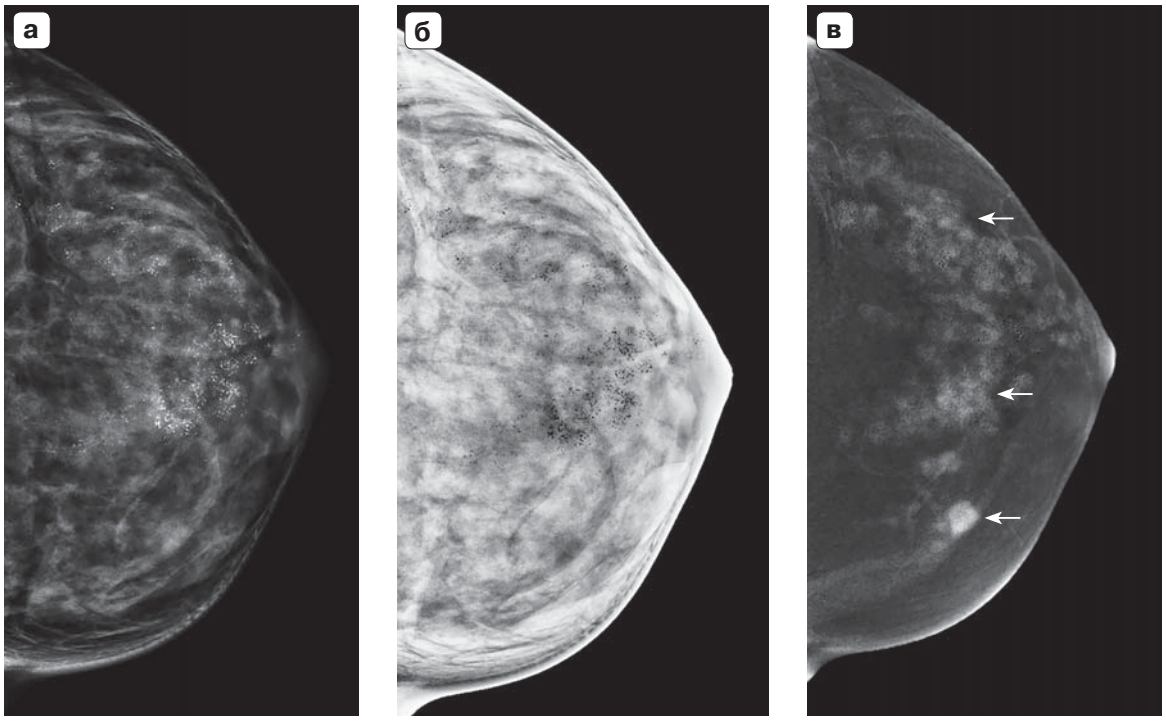

Рис. 5. Маммограммы левой молочной железы, краниокаудальная проекция (LCC). **а** – цифровая 2D-маммограмма левой молочной железы, диффузное расположение микрокальцинатов; **б** – цифровая 2D-маммограмма левой молочной железы (режим инверсии, рентгенопозитивное изображение), диффузное расположение микрокальцинатов; **в** – рекомбинированное изображение левой молочной железы, определяется патологическое накопление контрастного препарата во всех отделах молочной железы (тонкие стрелки).

Fig. 5. Mammograms of the left breast, craniocaudal view (LCC). **а** – 2D digital mammography of the left breast, diffuse distributed of microcalcifications; **б** – 2D digital mammography of the left breast (inversion mode, X-ray positive image), diffuse distributed of microcalcifications; **в** – recombined image of the left breast, pathological accumulation of the contrast agent in all parts of the breast is determined (thin arrows).

ложноположительные результаты при оценке CESM преимущественно составили: типичная и атипическая протоковая гиперплазия, фиброаденома, внутрипротоковая папиллома. Некоторые из этих образований характеризуются выраженной пролиферацией эпителия и усилением клеточного полиморфизма, что может привести к умеренным рискам развития РМЖ [16]. Для достоверной верификации таких участков может понадобиться выполнение эксцизионной биопсии. Наибольшее количество истинно отрицательных случаев составили фиброзно-кистозная мастопатия и склерозирующий аденоз, что в 20% случаев позволяет воздержаться от проведения интервенционных вмешательств и оставить пациентку на короткий динамический контроль [17].

На основании проанализированных данных чувствительность ММГ составила 72,06%, специфичность – 38,20%, при УЗИ молочных желез чувствительность не превысила 76,52%, а специфичность – 47,19%, в то время как чувствительность CESM составила 99,19% при специфичности 70,22% (табл. 3). Эти данные в очередной раз подтверждают возможность эффективно дифференцировать архитектурные и функциональные участки молочной железы, выявляя перфузионные образования, которые трудно интерпретировать при цифровой ММГ и УЗИ молочных желез. Кроме того, CESM является полезным методом при анализе неубедительных результатов цифровой ММГ [18].

Целесообразно отметить, что некоторые формы раннего РМЖ сопровождаются скоплением микрокальцинатов. Эти участки преимущественно визуализируются при низкоэнергетических изображениях CESM, однако дополнение рекомбинированного режима позволяет более точно оценивать истинные контуры и объем патологического образования (рис. 5).

Безусловно, CESM имеет и ряд недостатков. По сравнению с ММГ CESM более затратное исследование, а лучевая нагрузка выше на 20–70% в зависимости от производителя [13, 14]. Рентгенологу необходимо иметь опыт работы с оборудованием и профессиональные навыки в интерпретации изображений. Нельзя забывать, что это исследование требует внутривенного введения йодсодержащего контрастного вещества, что недопустимо при наличии аллергических реакций на йод.

Заключение

Опыт использования CESM доказывает необходимость дообследования пациенток с плотным рентгеновским фоном (ACR-C, D), что позволяет не только дифференцировать сомнительные участки железистой ткани, но и достоверно оценить объем и распространенность патологического процесса.

Установлено, что CESM обладает высокой чувствительностью при интерпретации подозрительных категорий BI-RADS, а высокая специфичность метода в сравнении с цифровой ММГ и УЗИ молочных желез позволяет достоверно выявлять патологические состояния, приводящие к развитию РМЖ. Таким образом, CESM позволяет минимизировать количество нежелательных интервенционных вмешательств в молочной железе при подозрительных категориях BI-RADS.

Участие авторов

Андронов А.К. – проведение исследования, написание текста, сбор и обработка данных, анализ и интерпретация полученных данных.

Абдураимов А.Б. – подготовка и редактирование текста, участие в научном дизайне, утверждение окончательного варианта статьи.

Authors' participation

Andronov A.K. – conducting research, writing text, collection and analysis of data, analysis and interpretation of the obtained data.

Abduraimov A.B. – text preparation and editing, participation in scientific design, approval of the final version of the article.

Список литературы [References]

1. Sung H., Ferlay J., Siegel R.L. et al. Global Cancer Statistics 2020: GLOBOCAN Estimates of Incidence and Mortality Worldwide for 36 Cancers in 185 Countries. *CA Cancer J. Clin*. 2021; 71 (3): 209–249. https://doi.org/10.3322/caac.21660
2. Состояние онкологической помощи населению России в 2021 году – Ред. А.Д. Каприн, В.В. Старинский, А.О. Шахзадова. МНИОИ им. Герцена – филиал ФГБУ "НМИЦ радиологии" Минздрава России. 2022. 114 с. https://oncology-association.ru/wp-content/uploads/2022/05/sostoyanie-onkologicheskoj-pomoshhi-naseleniyu-rossii-v-2021-godu.pdf
The state of oncological care to the population of Russia in 2021. Ed. A.D. Kaprin, V.V. Starinsky, A.O. Shakhzadova. MNIOI named after Herzen-branch FSBI "NMRRC of Radiology" of the Ministry of Health of Russia. 2022. P. 114 https://oncology-association.ru/wp-content/uploads/2022/05/sostoyanie-onkologicheskoj-pomoshhi-naseleniyu-rossii-v-2021-godu.pdf (In Russian)
3. Fletcher S.W., Black W., Harris R. et al. Report of the International Workshop on Screening for Breast Cancer. *J. Natl. Cancer. Inst*. 1993; 85 (20): 1644–1656. https://doi.org/10.1093/jnci/85.20.1644
4. Mandelson M.T., Oestreicher N., Porter P.L. et al. Breast density as a predictor of mammographic detection of interval-and screen-detected cancers. *J. Natl. Cancer*

Inst. 2000; 92: 1081–1087. https://doi.org/10.1093/jnci/92.13.1081
5. Bozzini A., Nicosia L., Pruneri G. et al. Clinical performance of contrast-enhanced spectral mammography in pre-surgical evaluation of breast malignant lesions in dense breasts: a single center study. *Breast Cancer Res. Treat*. 2020; 184 (3): 723–731. https://doi.org/10.1007/s10549-020-05881-2
6. FDA 510(k) clearance for GE Contrast Enhanced Spectral Mammography (CESM). Available online: https://www.accessdata.fda.gov/cdrh_docs/pdf10/K103485.pdf
7. Suter M.B., Pesapane F., Agazzi G.M. et al. Diagnostic accuracy of contrast-enhanced spectral mammography for breast lesions: A systematic review and meta-analysis. *Breast.* 2020; 53: 8–17. https://doi.org/10.1016/j.breast.2020.06.005
8. Kuhl C.K. The changing world of breast cancer. *Invest. Radiol.* 2015; 50: 615–628. https://doi.org/10.1097/rli.0000000000000166
9. Gilbert F.J., Pinker-Domenig K. Diagnosis and Staging of Breast Cancer: When and How to Use Mammography, Tomosynthesis, Ultrasound, Contrast-Enhanced Mammography, and Magnetic Resonance Imaging. Springer, 2019: 155–166. https://doi.org/10.1007/978-3-030-11149-6
10. Осканчук Е.А. Двухэнергетическая спектральная маммография (CESM) в диагностике непальпируемых образований молочной железы с высокой плотностью тканей: Автореф. дис. … канд. мед. наук. М., 2017. 144 с.
Oscanchuk E.A Contrast Enhanced Spectral Mammography in the diagnosis of non-palpable breast formations with high tissue density: Autoref. Dis. … Cand. of Sci. (Med.). Moscow, 2017. 144 p. (In Russian)
11. ACR BI-RADS Atlas, Breast Imaging Reporting and Data System, Reston VA, American College of Radiology; 2013 by D'Orsi C.J., Sickles E.A., Mendelson E.B., Morris E.A. et al. https://www.acr.org/Clinical-Resources/Reporting-and-Data-Systems/Bi-Rads
12. Ghaderi K.F., Phillips J., Perry H. et al. Contrast-enhanced Mammography: Current Applications and Future Directions. *RadioGraphics*. 2019; 39: 1907–1920. https://doi.org/10.1148/rg.2019190079
13. Nori J., Kaur M. Contrast-Enhanced Digital Mammography (CEDM). Springer, 2019: 18–19. https://doi.org/10.1007/978-3-319-94553-8
14. Perry H., Philips J., Dialani V. et al. Contrast-Enhanced mammography: A systematic guide tointerpritation and reporting. *Am. J. Roentgenol*. 2019; 212: 222–231. https://doi.org/10.2214/AJR.17.19265
15. Wang M., He X., Chang Y. et al. A sensitivity and specificity comparison of fine needle aspiration cytology and core needle biopsy in evaluation of suspicious breast lesions: A systematic review and meta-analysis. *Breast.* 2017; 31: 157–166. https://doi.org/10.1016/j.breast.2016.11.009
16. Brem R.F. Management of breast atypical ductal hyperplasia. *Radiology.* 2020; 294. https://doi.org/10.1148/radiol.2019192192
17. Yang W.T., Parikh J.R., Stavros A.T. et al. Exploring the negative likelihood ratio and how it can be used to minimize false-positives in breast imaging. *Am. J. Roentgenol*. 2018; 210: 301–306. https://doi.org/10.2214/AJR.17.18774
18. Houben I.P.L., Van de Voorde P., Jeukens C.R.L.P.N. et al. Contrast-enhanced spectral mammography as work-up tool in patients recalled from breast cancer screening has low risk and might hold clinical benefits. *Eur. J. Radiol.* 2017; 94: 31–37. https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2017.07.004

Для корреспонденции*: Андронов Артем Константинович – e-mail: a.andronov@mknc.ru

Андронов Артем Константинович – заведующий отделением диагностики и лечения заболеваний молочной железы и репродуктивной системы №3 филиала "Маммологический центр (Клиника женского здоровья)" ГБУЗ "Московский клинический научный центр им. А.С. Логинова" ДЗ города Москвы, Москва. https://orcid.org/0000-0001-7925-5935

Абдураимов Адхамжон Бахтиерович – доктор мед. наук, профессор, заместитель директора по образовательной деятельности, руководитель филиала "Маммологический центр (Клиника женского здоровья)" ГБУЗ "Московский клинический научный центр им. А.С. Логинова" ДЗ города Москвы, Москва. https://orcid.org/0000-0002-2893-8274

Contact*: Artem K. Andronov – e-mail: a.andronov@mknc.ru

Artem K. Andronov – Head of the department of diagnosis and treatment of breast and reproductive system diseases number 3 branch "Mammology center (Women,s Health Clinic)" Moscow Clinical Scientific Center named after A.S. Loginov, Moscow. https://orcid.org/0000-0001-7925-5935

Adhamzhon B. Abduraimov – Doct. of Sci. (Med.), Professor, Deputy Director for Educational Activities, Head of "Mammology center (Women's Health Clinic)" Moscow Clinical Scientific Center named after A.S. Loginov, Moscow. https://orcid.org/0000-0002-2893-8274