

Молочная железа. Специальная сессия под редакцией профессора С.С. Багненко
Breast. Special session edited by professor S.S. Bagnenko

ISSN 1607-0763 (Print); ISSN 2408-9516 (Online)

<https://doi.org/10.24835/1607-0763-1152>

Контрастная спектральная двухэнергетическая маммография – инструмент точной диагностики онкопатологии на фоне плотной ткани молочной железы

© Чёрная А.В. *, Ульянова Р.Х., Багненко С.С., Криворотько П.В.,
Артемяева А.С., Жильцова Е.К., Новиков С.Н., Данилов В.В.,
Крживицкий П.И., Мешкова И.Е., Зайцев А.Н.

ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр онкологии им. Н.Н. Петрова» Минздрава России;
197758 Санкт-Петербург, пос. Песочный, ул. Ленинградская, д. 68, Российская Федерация

Введение. Дифференциальная диагностика патологических процессов в молочной железе (МЖ) на фоне повышенной маммографической плотности (МП) может быть затруднительной. Это нередко приводит к ложным заключениям и, соответственно, к длительному наблюдению при злокачественной опухоли или необоснованной биопсии при доброкачественном процессе. 50% случаев рака молочной железы (РМЖ), выявленных менее чем через 12 мес после «очередной» маммографии, были связаны с высокой МП. Важным достоинством контрастной двухэнергетической спектральной маммографии (КДСМ) является то, что ее информативность не зависит от размеров образований и МП.

Цель исследования: сравнить общую диагностическую эффективность КДСМ и цифровой маммографии (МГ) в выявлении РМЖ у женщин с плотной МП.

Материал и методы. В исследовании проанализированы данные 438 пациенток с подозрением на РМЖ. Средний возраст женщин составил 50 ± 11 лет. В исследуемой группе было выявлено 154 (35%) злокачественных и 284 (65%) доброкачественных образования. Была проведена гистологическая верификация всех выявленных образований. У 161 пациентки МП соответствовала АСР А- и В-типам, а у 277 пациенток МП – С- и D-типам согласно классификации АСР. Всего выявлено 154 случая РМЖ, из них у 49 больных МП была АСР А- и В-типов и у 105 пациенток – АСР С- и D-типов.

Результаты. При анализе полученных данных чувствительность, специфичность и общая точность МГ составили 85,7, 87,3, 86,8% соответственно. При КДСМ эти показатели достоверно превышали показатели МГ и составили 96,8% ($p < 0,001$), 93,3% ($p = 0,015$), 94,5% ($p < 0,001$) соответственно. КДСМ отличалась высокими показателями прогностической точности положительных и отрицательных результатов – 88,7% ($p = 0,012$) и 98,1% ($p < 0,001$), которые превышали таковые при МГ – 78,6 и 91,9% соответственно. Установлено, что диагностические показатели при МГ и КДСМ были сопоставимы у женщин с низкой плотностью МЖ, но у пациентов с высокой плотностью КДСМ была значительно более чувствительной в выявлении РМЖ.

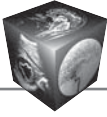
Заключение. Таким образом, диагностическая эффективность КДСМ в выявлении рака молочной железы достоверно выше по сравнению с цифровой маммографией.

Ключевые слова: рак молочной железы, контрастная спектральная двухэнергетическая маммография, цифровая маммография, повышенная плотность тканей молочных желез, доброкачественные образования молочной железы

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Исследование проведено без спонсорской поддержки.

Информированное согласие. Все пациенты подписали информированное согласие на участие в исследовании.



Для цитирования: Чёрная А.В., Ульянова Р.Х., Багненко С.С., Криворотко П.В., Артемьева А.С., Жильцова Е.К., Новиков С.Н., Данилов В.В., Крживицкий П.И., Мешкова И.Е., Зайцев А.Н. Контрастная спектральная двухэнергетическая маммография – инструмент точной диагностики онкопатологии на фоне плотной ткани молочной железы. *Медицинская визуализация*. 2023; 27 (1): 25–34. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-1152>

Поступила в редакцию: 9.03.2022. **Принята к печати:** 14.11.2022. **Опубликована online:** 28.12.2022.

Contrast enhanced spectral mammography as a tool for accurate diagnosis of cancer on the background of the dense breast tissue

© Antonina V. Chernaya*, Roksana Kh. Ulyanova, Sergey S. Bagnenko, Petr V. Krivorotko, Anna S. Artemyeva, Elena K. Zhiltsova, Sergey N. Novikov, Vsevolod V. Danilov, Pavel I. Krzhivitsky, Irina E. Meshkova, Alexander N. Zaitsev

N.N. Petrov National Medical Research Center of Oncology; 68, Leningradskaya str., Pesochny, St. Petersburg 197758, Russian Federation

Introduction. Differential diagnosis of some pathological processes in the breast is difficult on the background of dense breast tissue. This often leads to false conclusions and to late diagnosis of breast cancer (BC) or unreasonable biopsy in a benign process. 50% of breast cancers detected less than 12 months after elective mammography were associated with high density of breast tissue. An important advantage of contrast enhanced spectral mammography (CESM) is that it does not depend on the size of the lesions and the X-ray density of the breast tissue.

Objective. To compare the diagnostic performance of CESM and digital mammography (DM) in detection of breast cancer in a group of women with dense breast tissue.

Materials and methods. The data of 438 patients with suspected breast cancer examined from August 2018 to January 2021 were analyzed in the study. The mean age of women was 50 ± 11 years (from 21 to 86 years). In the study group 154 (35%) malignant and 284 (65%) benign lesions were identified. All lesions were histologically verified. Breast tissue density corresponded to types A and B in 161 patients and corresponded to C and D types in 277 patients according to the ACR classification. 154 cases of breast cancer were identified, including 49 patients with density A and B and 105 patients with density C and D types.

Results. Sensitivity, specificity and overall accuracy of DM were 85.7%, 87.3%, 86.8%, respectively. Diagnostic performance of CESM significantly higher than of DM with sensitivity, specificity and accuracy of 96.8% ($p < 0.001$), 93.3% ($p = 0.015$), 94.5% ($p < 0.001$), respectively. CESM had high positive and negative predictive values of 88.7% ($p = 0.012$) and 98.1% ($p < 0.001$), which exceeded those of DM – 78.6% and 91.9%, respectively. The diagnostic performance of DM and CESM were comparable in women with normal breast density (types A and B according to ACR), but in patients with high breast density (types C and D according to ACR), CESM was significantly more sensitive in detecting breast cancer.

Conclusion. Thus, diagnostic efficiency of CESM in detecting breast cancer significantly higher in comparison with digital mammography.

Keywords: breast cancer, contrast enhanced spectral mammography, digital mammography, dense breast tissue, benign breast tumors

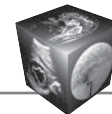
Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest. The study had no sponsorship.

For citation: Chernaya A.V., Ulyanova R.Kh., Bagnenko S.S., Krivorotko P.V., Artemyeva A.S., Zhiltsova E.K., Novikov S.N., Danilov V.V., Krzhivitskiy P.I., Meshkova I.E., Zaitsev A.N. Contrast enhanced spectral mammography as a tool for accurate diagnosis of cancer on the background of the dense breast tissue. *Medical Visualization*. 2023; 27 (1): 25–34. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-1152>

Received: 9.03.2022.

Accepted for publication: 14.11.2022.

Published online: 28.12.2022.



Введение

Рентгеновская плотность молочной железы (МЖ) – это термин, используемый для обозначения пропорции низкоплотных и высокоплотных компонентов структуры МЖ. К низкоплотным тканям относится жировая, к высокоплотным – фиброзная и эпителиальная ткани, к последней, в частности, относится и железистая.

Доказано, что более 50% женщин в возрасте до 50 лет имеют высокую маммографическую плотность (МП), что приводит к двум основным проблемам: снижению чувствительности обнаружения образований при маммографическом исследовании и одновременно повышению риска развития рака молочной железы (РМЖ) [1].

По данным Т.М. Колб и соавт., при анализе 11 130 женщин с бессимптомным течением РМЖ было обнаружено, что чувствительность маммографии (МГ) в группе с МП (ACR D-типа) составила всего 48%, при ACR C-типа плотность МЖ была около 50–60% [2].

Кроме того, ряд авторов выявили связь между высокой МП и развитием трижды негативного РМЖ [3, 4], который характеризуется отсутствием экспрессии рецепторов гормонов и белка HER2 и рассматривается как агрессивная опухоль с более неблагоприятным исходом по сравнению с гормоночувствительными опухолями. Среди женщин с повышенной МП отмечен существенно более высокий риск интервального РМЖ по сравнению с РМЖ, обнаруженным при скрининге [5].

Для более эффективного выявления РМЖ на фоне плотной ткани МЖ в настоящее время применяется мультимодальный подход с использованием нескольких методов диагностики патологий МЖ, среди которых наиболее информативными являются магнитно-резонансная томография МЖ с динамическим контрастным усилением (МРТ МЖ с ДКУ) и маммосцинтиграфия с туморотропными препаратами (МСГ).

МСГ, в частности молекулярная визуализация молочных желез (МВЛ), обладает высокой чувствительностью, равной 89–96,4% (97% для инвазивных опухолей и 93,8% для *Ca in situ* (DCIS)) [6]. Следует отметить, что чувствительность МВЛ не зависит от плотности молочной железы и для плотной ткани составляет 95,1%, а при инволютивных изменениях – 95,8% [7].

МРТ молочных желез также является одним из самых чувствительных методов в арсенале методов визуализации РМЖ. МРТ превосходит МГ в оценке размера опухоли. Она также позволяет выявить дополнительные фокусы у 16–20% пациентов и диагностировать от 3 до 9% злокачественных новообразований в контралатеральной МЖ [8, 9].

Однако применение этих обоих методов в настоящее время ограничено: МСГ за счет недостаточного количества оборудования в медицинских учреждениях, а МРТ из-за своей высокой стоимости, дополнительной задержки времени до момента начала лечения, относительно невысокой специфичности, а также из-за существующих противоречивых данных по выживаемости пациентов [10].

С появлением контрастной двухэнергетической спектральной маммографии (КДСМ) интерес к ней непреклонно возрастает. КДСМ становится доступным и быстрым методом диагностики, поскольку современные маммографы в настоящее время снабжаются этой функцией.

За последние 5 лет отмечается увеличение научного и клинического интереса к визуализации МЖ с помощью КДСМ. Она сочетает в себе стандартную МГ, при которой хорошо выявляются сгруппированные кальцинаты со злокачественными характеристиками, и функциональную оценку васкуляризации с помощью внутривенного контрастирования.

Цель исследования

Проведение сравнительного анализа информативности МГ и КДСМ в диагностике РМЖ у пациенток с нормальной плотностью МЖ (А- и В-типы по ACR) и у пациенток с высокой плотностью (С- и D-типы по ACR).

Материал и методы

В анализируемое исследование были включены данные 438 пациенток, обследованных в ФГБУ «НМИЦ онкологии им. Н.Н. Петрова» Минздрава России с подозрением на РМЖ. Средний возраст женщин составил 50 ± 11 лет (от 21 года до 86 лет).

Все женщины были обследованы по единому алгоритму ведения пациенток с патологией МЖ. Им выполнялось клинично-инструментальное обследование, включающее в себя: физикальный осмотр, МГ, КДСМ, интервенционные методы пункционной биопсии, цитологическое, гистологическое и иммуногистохимическое исследование. Женщинам репродуктивного возраста диагностическое исследование выполнено в первую фазу менструального цикла (с 5-го по 12-й день от начала цикла). Цифровая МГ осуществлялась на аппарате Senographe DS GE (США), снабженном плоскопанельным детектором, размер изображения $24 \times 31 \text{ см}^2 = 7,4$ мегапикселя. МГ проводилась с компрессией МЖ по стандартной методике в краниокаудальной (СС) и медиолатеральной (МЛО) проекциях.



Полученные изображения были проанализированы и описаны в соответствии с терминологией BI-RADS (Breast Imaging Reporting and Data System). Категории 1–3 считались отрицательными, а категории 4 и 5 – положительными.

Рентгеновская плотность МЖ оценивалась в соответствии с классификацией, предложенной Американским колледжем радиологов: А – полностью жировая, В – жировая с рассеянной фиброглангулярной тканью, С – неоднородно плотная и D – чрезвычайно плотная. В соответствии с международными рекомендациями ACR МЖ оценивалась как плотная при С- и D-вариантах маммографической картины.

КДСМ осуществлялась на цифровом маммографе Senographe DS, снабженном рентгеновской трубкой с двойной молибдено-родиевой анодной дорожкой и цифровым полноформатным плоскостным детектором из аморфного кремния с осажденным на нем йодидом цезия, получающиеся при этом цифровые изображения высокой четкости передавались на рабочую станцию врача-рентгенолога с целью визуализации и обработки. Особенностью настройки маммографа является многослойный фильтр для формирования результирующего изображения с наилучшим отображением йодсодержащего контрастного вещества. Это осуществляется добавлением к имеющемуся молибденовому и родиевому фильтру третьего фильтра, выполненного из меди и алюминия для получения высокодозных снимков. Также использовалась модификация программного обеспечения для управления процессом получения серий двух снимков с разным режимом экспозиции при КДСМ.

Исследование проводилось после внутривенного введения неионного йодсодержащего контрастного препарата объемом 1,3 мл/кг при концентрации йода 370 мг/мл и 1,5 мл/кг при концентрации 350 мг/мл. Для введения контрастного вещества использовался инжектор. Порядок выполнения снимков зависел от интересующей железы начиная с СС-проекции заинтересованной железы и заканчивая MLO незаинтересованной МЖ. Исследование выполнялось с обеих сторон вне зависимости от локализации подозрительного очага с целью своевременной диагностики клинически бессимптомно протекающего рака в противоположной МЖ. Более подробное описание технологии выполнения КДСМ было опубликовано нами ранее [11].

Диагностическую информативность КДСМ и МГ оценивали на основании определения чувствительности, специфичности и точности диагностического метода. Рассчитывались такие показате-

ли, как прогностическая точность положительных результатов, а также прогностическая точность отрицательных результатов. Эталонным стандартом оценки информативности исследования было патоморфологическое исследование. Статистический анализ проводился с использованием программы Statistica. Для оценки статистической достоверности различий диагностических показателей МГ и КДСМ использовался критерий χ^2 . Статистически достоверными различия считались при $p < 0,05$.

Результаты

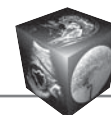
Сравнительный анализ результатов КДСМ и МГ выполнен у 438 женщин. В исследуемой группе было выявлено 154 (35%) злокачественных и 284 (65%) доброкачественных образования. У 161 женщины МП соответствовала ACR А- и В-типов, а у 277 – С- и D-типам по классификации ACR.

Была проведена гистологическая верификация всех выявленных образований: инвазивная неспецифицированная карцинома обнаружена у 111 (72%) пациенток, инвазивный дольковый рак – у 15 (9,7%), дольковая карцинома (*in situ*) – у 2 (1,3%), внутрипротоковая карцинома (*in situ*) – у 13 (8,4%), муцинозная карцинома – у 3 (2%), рак в кисте – у 3 (2%), рак Педжета соска – у 3 (2%), медуллярный рак – у 4 (2,6%) пациенток. В 284 случаях обнаружены следующие доброкачественные образования МЖ: фиброаденома – у 55 (19,4%), внутрипротоковые папилломы – у 13 (4,6%), кисты – у 28 (9,8%), радиальный рубец – у 5 (1,8%), гамартома – у 4 (1,4%), доброкачественная филоидная опухоль – у 5 (1,8%), локализованный аденоз – у 98 (34,5%), лимфокиста – у 4 (1,4%), олеогранулемы – у 13 (4,6%), пролиферативные изменения – у 43 (15,1%), фибролипома – у 5 (1,8%), атерома – у 2 (0,7%), добавочная железистая долька – у 6 (2,1%) и воспалительные изменения – у 3 (1,0%) больных.

При МГ РМЖ был установлен в 132 случаях и не диагностирован у 22 женщин. Истинно отрицательные (ИО) результаты получены в 248, ложноположительные (ЛП) – в оставшихся 36 наблюдениях.

При проведении КДСМ истинно положительные (ИП) заключения получены у 149 пациенток, ИО – у 265, ложноотрицательные (ЛО) – у 22, ЛП – у 36 больных.

Диагностические показатели МГ и КДСМ представлены в табл. 1. Чувствительность КДСМ составила 96,8% и была достоверно выше, чем чувствительность МГ, – 85,7% ($p < 0,001$), а также точность КДСМ 94,5% оказалась достоверно выше ($p < 0,001$) по сравнению с МГ (86,8%).

**Таблица 1.** Сравнительный анализ диагностической значимости КДСМ и МГ (n = 438)**Table 1.** Comparison of the diagnostic performance of CEMM and DM (n = 438)

Метод исследования Modality	Число больных в группах в зависимости от характера заключения Number of patients				Показатели информативности диагностических методов, % Diagnostic performance, %				
	ИП TP	ЛП FP	ЛО FN	ИО TN	чувствительность sensitivity	специфичность specificity	точность accuracy	ПТПР positive predictive value	ПТОР negative predictive value
КДСМ CEMM	149	19	5	265	96,8	93,3	94,5	88,7	98,1
МГ DM	132	36	22	248	85,7	87,3	86,8	78,6	91,9
p					<0,001	0,015	<0,001	0,012	<0,001

Примечание. Здесь и в табл. 2: КДСМ – контрастная спектральная маммография, МГ – цифровая маммография, ИП – истинно положительные, ИО – истинно отрицательные, ЛП – ложноположительные, ЛО – ложноотрицательные, ПТПР – прогностическая точность положительных результатов, ПТОР – прогностическая точность отрицательных результатов.

Annotation. Here and in Table. 2: CEMM – contrast enhanced spectral mammography, DM – digital mammography, TP – true positive, FP – false positive, FN – false negative, TN – true negative.

Таблица 2. Общая диагностическая эффективность КДСМ и МГ в группе женщин с высокой плотностью МЖ по ACR: C + D (n = 277)**Table 2.** Comparison of the diagnostic performance of CEMM and DM in patients with high breast density (n = 277)

Метод исследования Modality	Число больных в группах в зависимости от характера заключения Number of patients				Показатели информативности диагностических методов, % Diagnostic performance, %				
	ИП TP	ЛП FP	ЛО FN	ИО TN	чувствительность sensitivity	специфичность specificity	точность accuracy	ПТПР positive predictive value	ПТОР negative predictive value
КДСМ CEMM	102	12	3	160	97,1	93,0	94,6	89,5	98,2
МГ DM	88	21	7	151	83,8	87,8	86,3	80,7	89,9
p					<0,001	0,09	<0,001	0,05	0,001

Кроме того, установлена значительно более высокая предсказательная точность положительных и отрицательных заключений КДСМ (88,7 и 98,1%) в сравнении с МГ (78,6 и 91,9%).

В исследуемой группе из 277 пациенток с высокой плотностью МЖ (C- и D-типы по ACR) РМЖ установлен у 105. При МГ РМЖ выявлен у 88 женщин и ЛО-заключения отмечались у 17, ИО – у 151 и ЛП – у 21 больной. При КДСМ ИП-заключения получены в 102 случаях, ИО – в 160, ЛО – в 3, ЛП – в 21 наблюдении.

Показатели информативности МГ и КДСМ у женщин с плотной тканью МЖ представлены в табл. 2. Обращает на себя внимание более высокая чувствительность КДСМ (97,1% против 83,8% при МГ) ($p < 0,001$), отсутствие существенных различий в специфичности и более высокая общая точность ($p < 0,001$) КДСМ (94,6% против 86,3%). Кроме того, КДСМ продемонстрировала значительно более высокую предсказательную точность положительных и отрицательных результатов (89,5% и 98,2% против 80,7% и 89,9%).

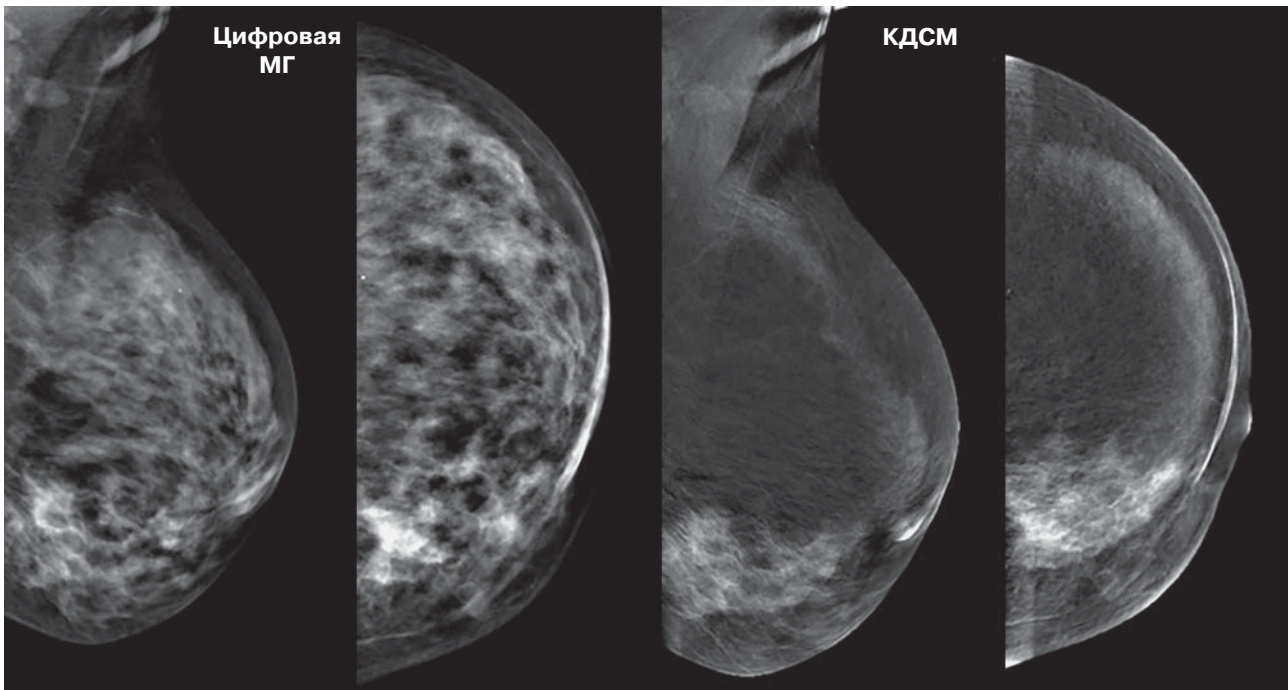
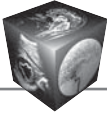


Рис. 1. Пациентка 29 лет с жалобами на уплотнение, отек, боль в левой МЖ, повышение температуры тела. В области внутренних квадрантов левой МЖ пальпируется болезненное уплотнение до 4,5 см, связанное с подкожно-жировой клетчаткой.

МГ: на фоне хорошо выраженного железистого компонента в нижневнутреннем квадранте левой МЖ неотчетливо определяется фокус уплотнения, имеется тракция соска и связь с подкожно-жировой клетчаткой, категория BI-RADS 4.

КДСМ: в нижневнутреннем квадранте левой МЖ определяется инфильтрат с выраженным “лакунарным” типом накопления контрастного вещества, категория BI-RADS 5.

Гистологическое заключение: фрагменты ткани МЖ с хроническим гранулематозным неспецифическим маститом, опухолевые клетки не обнаружены. Идиопатический гранулематозный мастит.

Fig. 1. A 29-year-old patient with complaints on infiltration, edema, pain in the left breast, fever. A painful induration up to 4.5 cm connected with subcutaneous fat tissue is palpable in the area of the inner quadrants of the left breast.

DM: on the background of a dense breast tissue in the lower inner quadrant of the left breast, the focal density is vaguely defined, there is traction of the nipple and connection with subcutaneous fat tissue, BI-RADS 4.

CESM: a mass with a pronounced of contrast enhancement “lacunar” type is visualised in the lower inner quadrant of the left breast, category BI-RADS 5.

Histological conclusion: fragments of breast tissue with chronic granulomatous nonspecific mastitis, tumor cells were not identified. Idiopathic granulomatous mastitis.

При проведении сравнительного анализа диагностических возможностей КДСМ и цифровой МГ было показано, что ЛО-заключения при КДСМ (2 пациентки) наблюдались в тех случаях, когда у пациенток было выраженное фоновое накопление на постконтрастных изображениях, обе пациентки находились на гормонозаместительной терапии. ЛП-заключение при КДСМ мы наблюдали при воспалительных изменениях в острую фазу заболевания (рис. 1).

Обсуждение

Современная лучевая диагностика предлагает широкий выбор методов визуализации РМЖ, но все они не лишены недостатков. МГ заслуженно долгие годы является основным методом выяв-

ления патологии МЖ. Однако дифференциальная диагностика некоторых патологических процессов затруднена, поскольку малые размеры и неоднозначные лучевые характеристики зачастую не позволяют высказаться о характере патологии [12]. Это нередко приводит к ложным заключениям и соответственно к длительному наблюдению при злокачественной опухоли или необоснованной биопсии при доброкачественном процессе. В большинстве случаев такие проблемы возникают при лучевой диагностике минимальных и мультицентричных форм РМЖ на фоне плотной ткани [13]. Эти ограничения стали мотивацией для обновления существующих технологий МГ и разработки более совершенных методик для выявления и диагностики РМЖ – томосинтез и КДСМ [11].

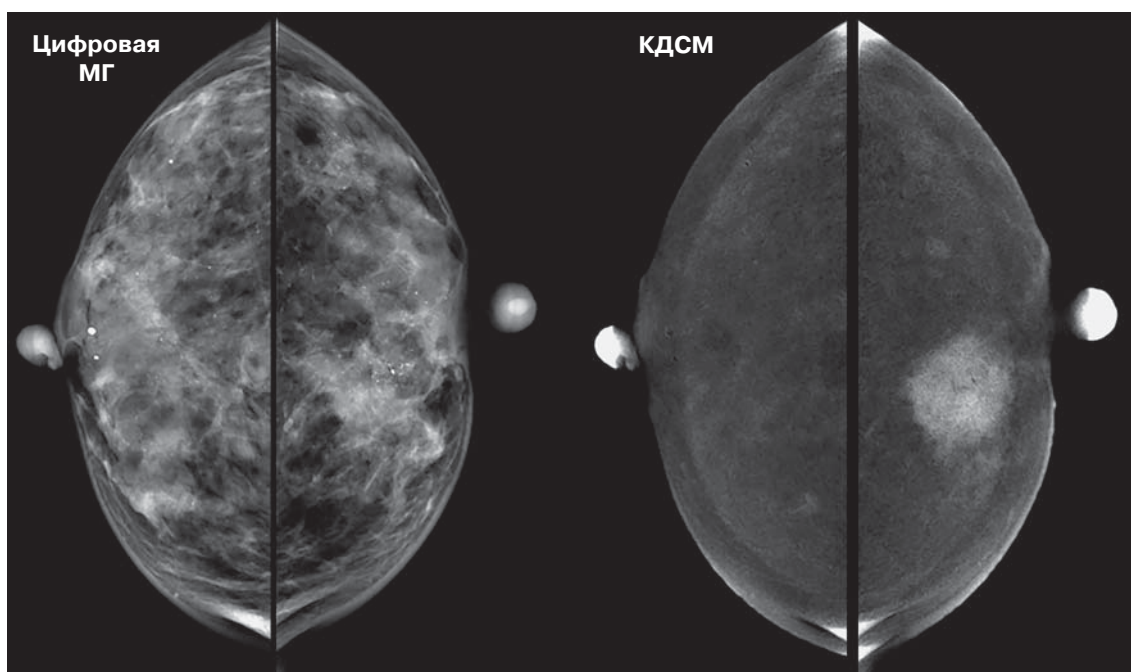
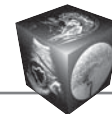


Рис. 2. Пациентка 50 лет с жалобами на уплотнение в левой МЖ.

МГ: в левой МЖ субареоларно неотчетливо визуализируется фокус нарушения архитектоники ткани с плотным центром, имеется тракция соска. Категория BI-RADS 4.

КДСМ: субареоларно выявляется узловое образование с нечеткими контурами с выраженным неоднородным накоплением контрастного препарата. Категория BI-RADS 5.

Гистологическое заключение: инвазивный неспецифицированный (NST) рак молочной железы G3 с лимфоваскулярной инвазией.

Fig. 2. A 50-year-old female patient complains of infiltration in the left breast.

DM: a focus of architectural distortion with a dense center is indistinctly visualized subareolarly in the left breast, there is traction of the nipple, BI-RADS 4.

CESM: a mass with indistinct margins with a pronounced contrast enhancement of is detected subareolarly. BI-RADS 5.

Histological conclusion: Invasive carcinoma of no special type G3 with lymphovascular invasion.

Томосинтез позволяет снизить влияние плотности на качество диагностики и подробно изучить структуру МЖ за счет уменьшения проекционных наложений. А КДСМ как метод, использующий контрастное усиление, позволяет выявлять васкуляризированные образования (рис. 2).

Возможность появления КДСМ основана на успехе МРТ с контрастным усилением МЖ. МРТ как метод диагностики РМЖ появилась относительно недавно благодаря высокой разрешающей способности и контрастности отображения мягкотканых элементов. Использование контрастного усиления позволило повысить чувствительность метода до 96% в выявлении ранних форм РМЖ [2, 3]. Следует отметить также высокую информативность МСГ при выявлении РМЖ независимо от плотности ткани МЖ до 94% [14]. Однако этот метод ограничен в применении за счет недостаточного количества имеющейся в наличии аппаратуры.

С учетом результатов нашего исследования, данных отечественных [13, 15] и зарубежных [12] авторов можно заключить, что необходимость использования КДСМ в диагностике РМЖ необходима, так как КДСМ обладает высокой диагностической эффективностью при дифференциальной диагностике образований в МЖ.

Заключение

КДСМ – быстрая легковоспроизводимая методика. Она хорошо переносится пациентами и может быть выполнена при противопоказаниях или невозможности выполнения МСГ и/или МРТ молочных желез.

КДСМ характеризуется высокой информативностью, в том числе у женщин с плотной тканью МЖ. У этой группы больных КДСМ, по сравнению с МГ, позволяет увеличить эффективность диагностики РМЖ: чувствительность возрастает с 85,7 до 96,8% ($p < 0,001$), специфичность –



с 87,3 до 93,3% ($p = 0,015$), точность – с 86,8 до 94,5% ($p < 0,001$), прогностическая точность отрицательных результатов – с 91,9 до 98,1% ($p < 0,001$), прогностическая точность положительных результатов – с 78,6 до 88,7% ($p = 0,012$). В настоящее время КДСМ может быть использована при наличии противопоказаний или ограниченной доступности МСГ и/или МРТ молочных желез.

Участие авторов

Чёрная А.В., Ульянова Р.Х. – написание текста статьи, разработка дизайна исследования, сбор полученных данных.

Артемьева А.С., Жильцова Е.К. – сбор полученных данных.

Криворотько П.В., Мешкова И.Е., Зайцев А.Н. – разработка дизайна исследования, консультативная помощь.

Новиков С.Н. – разработка дизайна исследования, консультативная помощь.

Данилов В.В. – обзор публикаций по теме статьи.

Багненко С.С., Крживицкий П.И. – разработка дизайна исследования, консультативная помощь.

Authors' participation

Chernaya A.V., Ulyanova R.Kh. – writing text, design of the study, collection of data.

Artemyeva A.S., Zhiltsova E.K. – collection of data.

Krivorotko P.V., Meshkova I.E., Zaytsev A.N. – design of the study, advisory assistance.

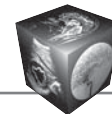
Novikov S.N. – design of the study, advisory assistance.

Danilov V.V. – review of publications on the topic of the article.

Bagenko S.S., Krzhivitskiy P.I. – design of the study, advisory assistance.

Список литературы

1. Sprague B.L., Gangnon R.E., Burt V. et al. Prevalence of mammographically dense breasts in the United States. *J. Natl. Cancer Inst.* 2014; 106 (10): dju255. <http://doi.org/10.1093/jnci/dju255>
2. Kolb T.M., Lichy J., Newhouse J.H. Comparison of the performance of screening mammography, physical examination, and breast US and evaluation of factors that influence them: an analysis of 27,825 patient evaluations. *Radiology.* 2002; 225 (1): 165–175. <http://doi.org/10.1148/radiol.2251011667>
3. Bertrand K.A., Tamimi R.M., Scott C.G. et al. Mammographic density and risk of breast cancer by age and tumor characteristics. *Breast Cancer Res.* 2013; 15 (6): R104. <http://doi.org/10.1186/bcr3570>
4. Sartor H., Zackrisson S., Elebro K. et al. Mammographic density in relation to tumor biomarkers, molecular subtypes, and mode of detection in breast cancer. *Cancer Causes Control.* 2015; 26 (6): 931–939. <http://doi.org/10.1007/s10552-015-0576-6>
5. Sung H., Ren J., Li J. et al. Breast cancer risk factors and mammographic density among high-risk women in urban China. *NPJ Breast Cancer.* 2018; 4 (1): 3. <http://doi.org/10.1038/s41523-018-0055-9>
6. Huppe A.I., Mehta A.K., Brem R.F. Molecular breast imaging: a comprehensive review. *Semin Ultrasound CT MR.* 2018; 39 (1): 60–69. <http://doi.org/10.1053/j.sult.2017.10.001>
7. Чёрная А.В., Канаев С.В., Новиков С.Н., Крживицкий П.И., Криворотько П.В., Жукова Л., Бусько Е.А. Диагностическая значимость маммографии и маммосцинтиграфии с ^{99m}Tc -MIBI при выявлении минимального рака молочной железы. *Вопросы онкологии.* 2017; 63 (2): 274–280. <https://doi.org/10.37469/0507-3758-2017-63-2-274-280>
8. Adrada V.E., Candelaria R., Rauch G.M. MRI for the Staging and Evaluation of Response to Therapy in Breast Cancer. *Top Magn. Reson. Imaging.* 2017; 26 (5): 211–218. <https://doi.org/10.1097/RMR.0000000000000147>
9. Семиглазов В.Ф., Комяхов А.В., Семиглазов В.В., Дашян Г.А., Петренко О.Л., Петрова А.С. Магнитно-резонансная томография в первичной диагностике и оценке эффективности неoadьювантной терапии у больных раком молочной железы. *Эффективная фармакотерапия.* 2015; 10: 44–53.
10. Adrada V.E., Candelaria R., Rauch G.M. MRI for the Staging and Evaluation of Response to Therapy in Breast Cancer. *Top Magn. Reson. Imaging.* 2017; 26 (5): 211–218. <https://doi.org/10.1097/RMR.0000000000000147>
11. Чёрная А.В., Новиков С.Н., Криворотько П.В., Ульянова Р.Х., Данилов В.В. Новые технологии при выявлении рака молочной железы – контрастная двухэнергетическая спектральная маммография. *Медицинская визуализация.* 2019; 2: 49–61. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-2019-2-49-61>
12. Patel B.K., Naylor M.E., Kosiosek H.E. et al. Clinical utility of contrast-enhanced spectral mammography as an adjunct for tomosynthesis-detected architectural distortion. *Clin. Imaging.* 2017; 46: 44–52. <https://doi.org/10.1016/j.clinimag.2017.07.003>
13. Чёрная А.В., Ульянова Р.Х., Криворотько П.В., Артемьева А.С., Багненко С.С., Жильцова Е.К., Новиков С.Н., Данилов В.В., Крживицкий П.И., Семиглазов В.Ф. Возможности контрастной спектральной двухэнергетической маммографии в диагностике мультицентричного рака молочной железы. *Опухоли женской репродуктивной системы.* 2021; 17 (4): 20–28. <https://doi.org/10.17650/1994-4098-2021-17-4-20-28>
14. Чёрная А.В., Бусько Е.А., Канаев С.Н., Новиков С.Н., Криворотько П.В., Крживицкий П.И., Попова Н.С., Артемьева А.С., Шумакова Т.А. Маммография и маммосцинтиграфия с ^{99m}Tc -MIBI в диагностике мультицентричного рака молочной железы. *Вопросы онкологии.* 2017; 63 (6): 876–881.
15. Чёрная А.В., Крживицкий П.И., Бусько Е.А., Криворотько П.В., Артемьева А.С., Попова Н.С., Данилов В.В., Семиглазов В.Ф., Новиков С.Н., Канаев С.В. Роль цифровой маммографии, маммосцинтиграфии с ^{99m}Tc -метоксиизобутилизонитрилом (MIBI) и ультразвукового исследования в диагностике мультицентричного рака молочной железы. *Опухоли женской репродуктивной системы.* 2019; 15 (4): 12–22. <https://doi.org/10.17650/1994-4098-2019-15-4-12-22>



References

1. Sprague B.L., Gangnon R.E., Burt V. et al. Prevalence of mammographically dense breasts in the United States. *J. Natl. Cancer Inst.* 2014; 106 (10): dju255. <http://doi.org/10.1093/jnci/dju255>
2. Kolb T.M., Lichy J., Newhouse J.H. Comparison of the performance of screening mammography, physical examination, and breast US and evaluation of factors that influence them: an analysis of 27,825 patient evaluations. *Radiology.* 2002; 225 (1): 165–175. <http://doi.org/10.1148/radiol.2251011667>
3. Bertrand K.A., Tamimi R.M., Scott C.G. et al. Mammographic density and risk of breast cancer by age and tumor characteristics. *Breast Cancer Res.* 2013; 15 (6): R104. <http://doi.org/10.1186/bcr3570>
4. Sartor H., Zackrisson S., Elebro K. et al. Mammographic density in relation to tumor biomarkers, molecular subtypes, and mode of detection in breast cancer. *Cancer Causes Control.* 2015; 26 (6): 931–939. <http://doi.org/10.1007/s10552-015-0576-6>
5. Sung H., Ren J., Li J. et al. Breast cancer risk factors and mammographic density among high-risk women in urban China. *NPJ Breast Cancer.* 2018; 4 (1): 3. <http://doi.org/10.1038/s41523-018-0055-9>
6. Huppe A.I., Mehta A.K., Brem R.F. Molecular breast imaging: a comprehensive review. *Semin Ultrasound CT MR.* 2018; 39 (1): 60–69. <http://doi.org/10.1053/j.sult.2017.10.001>
7. Chernaya A.V., Kanaev S.V., Novikov S.N., Krzhivitskiy P.I., Krivorotko P.V., Zhukova L., Busko E.A. Diagnostic significance of mammography and mammoscintigraphy with ^{99m}Tc-MIBI in the detection of minimal breast cancer. *Problems of Oncology.* 2017; 63 (2): 274–280. <https://doi.org/10.37469/0507-3758-2017-63-2-274-280> (In Russian)
8. Adrada B.E., Candelaria R., Rauch G.M. MRI for the Staging and Evaluation of Response to Therapy in Breast Cancer. *Top Magn. Reson. Imaging.* 2017; 26 (5): 211–218. <https://doi.org/10.1097/RMR.000000000000147>
9. Semiglazov V.F., Komyakhov A.V., Semiglazov V.V., Dashyan G.A., Petrenko O.L., Petrova A.S. Magnetic Resonance Imaging in the Primary Diagnostics and Efficacy Evaluation of Neoadjuvant Therapy in Patients with Breast Cancer. *Effective Pharmacotherapy.* 2015; 10: 44–53. (In Russian)
10. Adrada B.E., Candelaria R., Rauch G.M. MRI for the Staging and Evaluation of Response to Therapy in Breast Cancer. *Top Magn. Reson. Imaging.* 2017; 26 (5): 211–218. <https://doi.org/10.1097/RMR.000000000000147>
11. Chernaya A.V., Novikov S.N., Krivorotko P.V., Ulyanova R.K., Danilov V.V. New technologies in breast cancer detection – contrast enhanced dual-energy spectral mammography. *Medical Visualization.* 2019; 2: 49–61. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-2019-2-49-61> (In Russian)
12. Patel B.K., Naylor M.E., Kosiorek H.E. et al. Clinical utility of contrast-enhanced spectral mammography as an adjunct for tomosynthesis-detected architectural distortion. *Clin. Imaging.* 2017; 46: 44–52. <https://doi.org/10.1016/j.clinimag.2017.07.003>
13. Chyornaya A.V., Ulyanova R.K., Krivorotko P.V., Artemyeva A.S., Bagnenko S.S., Zhiltsova E.K., Novikov S.N., Danilov V.V., Krzhivitskiy P.I., Semiglazov V.F. Utility of dual-energy contrast-enhanced spectral mammography for the diagnosis of multicentric breast cancer. *Tumors of female reproductive system.* 2021; 17 (4): 20–28. <https://doi.org/10.17650/1994-4098-2021-17-4-20-28> (In Russian)
14. Chernaya A.V., Busko E.A., Kanaev S.N., Novikov S.N., Krivorotko P.V., Krzhivitskiy P.I., Popova N.S., Artemyeva A.S., Shumakova T.A. Mammography and mammoscintigraphy with ^{99m}Tc-MIBI in the diagnosis of multicentric breast cancer. *Problems of Oncology.* 2017; 63 (6): 876–881. (In Russian)
15. Chernaya A.V., Krzhivitskiy P.I., Busko E.A., Krivorotko P.V., Artemyeva A.S., Popova N.S., Danilov V.V., Semiglazov V.F., Novikov S.N., Kanaev S.V. The role of digital mammography, scintimammography with ^{99m}Tc-methoxyisobutylisonitrile (MIBI) and ultrasound in the diagnosis of multicentric breast cancer. *Tumors of Female Reproductive System.* 2019; 15 (4): 12–22. <https://doi.org/10.17650/1994-4098-2019-15-4-12-22> (In Russian)

Для корреспонденции*: Чёрная Антонина Викторовна – 197375 Санкт-Петербург, ул. Рябиновая, д. 16, кв. 95. Тел.: +7-921-744-19-20. E-mail: dr.chernaya@mail.ru

Чёрная Антонина Викторовна – канд. мед. наук, старший научный сотрудник научного отделения диагностической и интервенционной радиологии, врач-рентгенолог ФГБУ “НМИЦ онкологии им. Н.Н. Петрова” Минздрава России, Санкт-Петербург. <https://orcid.org/0000-0002-7975-3165>

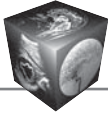
Ульянова Роксана Хачиковна – аспирант научного отделения диагностической и интервенционной радиологии ФГБУ “НМИЦ онкологии им. Н.Н. Петрова” Минздрава России, Санкт-Петербург. <https://orcid.org/0000-0001-9007-5900>

Бagnenko Сергей Сергеевич – доктор мед. наук, доцент, заведующий научным отделением, ведущий научный сотрудник научного отделения диагностической и интервенционной радиологии ФГБУ “НМИЦ онкологии им. Н.Н. Петрова” Минздрава России, Санкт-Петербург. <https://orcid.org/0000-0002-4131-6293>

Криворотко Петр Владимирович – доктор мед. наук, профессор, и.о. заместителя директора по науке ФГБУ “НМИЦ онкологии им. Н.Н. Петрова” Минздрава России, Санкт-Петербург. <https://orcid.org/0000-0002-4898-9159>

Артемяева Анна Сергеевна – канд. мед. наук, руководитель научной лаборатории морфологии опухолей, заведующая патологоанатомическим отделением ФГБУ “НМИЦ онкологии им. Н.Н. Петрова” Минздрава России, Санкт-Петербург. <https://orcid.org/0000-0002-2948-397X>

Жильцова Елена Константиновна – канд. мед. наук, врач-онколог отделения опухолей молочной железы, научный сотрудник ФГБУ “НМИЦ онкологии им. Н.Н. Петрова” Минздрава России, Санкт-Петербург. <https://orcid.org/0000-0002-2029-4582>



Новиков Сергей Николаевич – доктор мед. наук, профессор, заведующий отделением радиотерапии, заведующий научным отделением радиационной онкологии и ядерной медицины, ведущий научный сотрудник ФГБУ “НМИЦ онкологии им. Н.Н. Петрова” Минздрава России, Санкт-Петербург. <https://orcid.org/0000-0002-7185-1967>

Данилов Всеволод Вячеславович – врач отделения радиоизотопной диагностики ФГБУ “НМИЦ онкологии им. Н.Н. Петрова” Минздрава России, Санкт-Петербург. <https://orcid.org/0000-0002-9902-9414>

Крживицкий Павел Иванович – канд. мед. наук, заведующий отделением радионуклидной диагностики, старший научный сотрудник отделения радиационной онкологии и ядерной медицины ФГБУ “НМИЦ онкологии им. Н.Н. Петрова” Минздрава России, Санкт-Петербург. <https://orcid.org/0000-0002-6864-6348>

Мешкова Ирина Евгеньевна – канд. мед. наук, врач отделения онкогинекологии ФГБУ “НМИЦ онкологии им. Н.Н. Петрова” Минздрава России, Санкт-Петербург. <https://orcid.org/0000-0001-9703-2612>

Зайцев Александр Николаевич – канд. мед. наук, старший научный сотрудник научного отделения диагностической и интервенционной радиологии ФГБУ “НМИЦ онкологии им. Н.Н. Петрова” Минздрава России, Санкт-Петербург. <https://orcid.org/0000-0002-7428-2106>

Contact*: Antonina V. Chernaya – 16, apt. 95, Ryabinovaya str., Saint Petersburg 197375, Russian Federation. Phone: +7-921-744-19-20. E-mail: dr.chernaya@mail.ru

Antonina V. Chernaya – Cand. of Sci. (Med.), senior scientist of the Scientific Department of Diagnostic and Interventional Radiology, radiologist N.N. Petrov National Medical Research Center of Oncology, St. Petersburg. <https://orcid.org/0000-0002-7975-3165>

Roksana Kh. Ulyanova – M.D., PG student of the Scientific Department of Diagnostic and Interventional Radiology, N.N. Petrov National Medical Research Center of Oncology, Saint-Petersburg. <https://orcid.org/0000-0001-9007-5900>

Sergey S. Vagnenko – Doct. of Sci. (Med.), Associate Professor, Head of the Scientific Department of Diagnostic and Interventional Radiology, N.N. Petrov National Medical Research Center of Oncology, St. Petersburg. <https://orcid.org/0000-0002-4131-6293>

Petr V. Krivorotko – Doct. of Sci. (Med.), Professor, Acting Deputy Director for Science, N.N. Petrov National Medical Research Center of Oncology, St. Petersburg. <https://orcid.org/0000-0002-4898-9159>

Anna S. Artemyeva – Cand. of Sci. (Med.), Head of the Scientific Laboratory of Tumor Morphology, Head of the Pathology Department, N.N. Petrov National Medical Research Center of Oncology, St. Petersburg. <https://orcid.org/0000-0002-2948-397X>

Elena K. Zhiltsova – Cand. of Sci. (Med.), oncologist of the Department of breast Tumors, scientist, N.N. Petrov National Medical Research Center of Oncology, St. Petersburg. <https://orcid.org/0000-0002-2029-4582>

Sergey N. Novikov – Doct. of Sci. (Med.), Professor, Head of the Radiotherapy Department, Head of the Scientific Department of Radiation Oncology and Nuclear Medicine, Leading Researcher, N.N. Petrov National Medical Research Center of Oncology, St. Petersburg. <https://orcid.org/0000-0002-7185-1967>

Vsevolod V. Danilov – Doctor of Nuclear Medicine Department, N.N. Petrov National Medical Research Center of Oncology, St. Petersburg. <https://orcid.org/0000-0002-9902-9414>

Pavel I. Krzhivitsky – Cand. of Sci. (Med.), Head of Nuclear Medicine Department, Senior Researcher of the Department of Radiation Oncology and Nuclear Medicine, N.N. Petrov National Medical Research Center of Oncology, St. Petersburg. <https://orcid.org/0000-0002-6864-6348>

Irina E. Meshkova – Cand. of Sci. (Med.), doctor of the Oncogynecology Department, N.N. Petrov National Medical Research Center of Oncology, St. Petersburg. <https://orcid.org/0000-0001-9703-2612>

Alexander N. Zaitsev – Cand. of Sci. (Med.), senior scientist of the Scientific Department of Diagnostic and Interventional Radiology, N.N. Petrov National Medical Research Center of Oncology, St. Petersburg. <https://orcid.org/0000-0002-7428-2106>