



DOI: 10.24835/1607-0763-2017-3-126-132

Диагностические возможности МРТ и двуэнергетической спектральной контрастной маммографии при высокой плотности молочных желез

Солодкий В.А., Оксанчук Е.А.* , Меских Е.В., Колесник А.Ю., Нуднов Н.В.

ФГБУ «Российский научный центр рентгенодиагностики» Минздрава России, Москва, Россия

Diagnostic Capabilities of MRI and Contrast-Enhanced Spectral Mammography in Dense Breasts

Solodkiy V.A., Oksanchuk E.A.* , Meskih E.V., Kolesnik A.U., Nudnov N.V.

Russian Scientific Center of Roentgenradiology, Moscow, Russia

Цель исследования: изучить методику и провести сравнительную характеристику эффективности контрастной спектральной маммографии и МРТ при плотном фоне молочных желез.

Материал и методы. Выполнен анализ данных мировой литературы, посвященной сравнительной характеристике контрастной маммографии и МРТ. Были проанализированы данные МРТ и контрастной маммографии, выполненные 61 пациентке в нашем Центре за период с 04.2017 по 05.2017, оценены чувствительность и специфичность методов, полученные данные сравнены с результатами опубликованных исследований.

Результаты. Контрастная маммография является высокочувствительной и высокоспецифичной методикой в выявлении злокачественных образований молочных желез при плотном фоне, не уступающей по информативности МРТ молочных желез с контрастированием. Чувствительность контрастной маммографии и МРТ составляла 100%, специфичность – 100 и 94% соответственно.

Заключение. Контрастная маммография является перспективным направлением в ранней диагностике заболеваний молочных желез даже при плотном фоне молочных желез.

Ключевые слова: рак молочной железы, контрастная маммография, МРТ молочных желез, диагностика, маммография.

Ссылка для цитирования: Солодкий В.А., Оксанчук Е.А., Меских Е.В., Колесник А.Ю., Нуднов Н.В. Диагностические возможности МРТ и двуэнергетической

контрастной маммографии при высокой плотности молочных желез. *Медицинская визуализация*. 2017; 21 (3): 126–132.

DOI: 10.24835/1607-0763-2017-3-126-132.

Objective: to study the technique of contrast-enhanced mammography (CESM) and to make a comparative analysis of the accuracy of CESM and MRI in dense breasts.

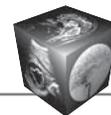
Materials and methods. Was analyzed data of the world researches dedicated comparative characteristics of contrast-enhanced mammography (CESM) and MRI. The MRI and contrast-enhanced mammography (CESM) were performed 61 patients in our center from 04.2017 to 05.2017. The sensitivity and specificity of the methods were evaluated, these data were compared with the results of published studies.

Results. Contrast mammography (CESM) is a highly sensitive and specific technique in detecting cancer in dense breasts, comparable in informativeness of contrast-enhanced MRI. The sensitivity of CESM and MRI was 100%, the specificity was 100% and 94% respectively.

Conclusion. Contrast mammography (CESM) is a perspective technique for earlier diagnosis of breast carcinomas, even with dense breasts.

Key words: microcalcifications, breast cancer, hyperplasias of the breast, fibroadenoma, mastectomy, breast resection.

Recommended citation: Solodkiy V.A., Oksanchuk E.A., Meskih E.V., Kolesnik A.U., Nudnov N.V. Diagnostic



Capabilities of MRI and Contrast-Enhanced Spectral Mammography in Dense Breasts. *Medical visualization*. 2017; 21 (3): 126–132.
DOI: 10.24835/1607-0763-2017-3-126-132.

Введение

Рак молочной железы (PMЖ), несмотря на достижения в области ранней диагностики, занимает лидирующую позицию в структуре онкологических заболеваний. Среднегодовой темп прироста в России составляет 1,29%. Однако в последнее десятилетие общий коэффициент смертности снизился с 17,26 до 15,17. Данная динамика во многом объясняется тем, что PMЖ в настоящее время чаще диагностируется на II (45,3%) и I (21,4%) стадиях [1].

Маммография является единственным методом исследования молочных желез, демонстрирующим снижение смертности от PMЖ с чувствительностью 75–80% [2, 3]. Во всем мире доказана эффективность скрининговой рентгеновской маммографии. Проведено множество исследований, доказывающих, что регулярное проведение скрининга снижает смертность от PMЖ на 20–30% [4–6].

При выявлении подозрительных изменений по данным скрининговой маммографии или при самостоятельном обнаружении женщины в дальнейшем направляется в специализированное учреждение, где выполняется диагностическая маммография с использованием дополнительных укладок или прицельных снимков. Особые трудно-

сти для интерпретации полученных изображений создает плотный фон молочной железы, наличие которого снижает чувствительность маммографии до 30–40% [7, 8]. Плотный фон требует назначения дополнительных методов обследования, таких как томосинтез, УЗИ, МРТ. С 2010 г. в практике лучевых диагностов всего мира появилась новая разновидность рентгенологического метода исследования молочных желез – двуэнергетическая контрастная спектральная маммография (CESM).

Двуэнергетическая CESM – это новая перспективная методика исследования молочных желез, основанная на выполнении рентгеновской цифровой маммографии после внутривенного введения контрастного препарата.

Исследование проводится на цифровом маммографе с использованием плоскостового детектора на основе йодида цезия с размером поля 24 × 31 см, матрицей изображения 2394 × 3062, с шагом 100 мкм и специальным программным обеспечением, производящим быстрое получение и обработку изображений сразу в двух энергетических режимах. Для получения изображений высокого качества ключевым вопросом был выбор материала для анода и используемого фильтра. В качестве анода во всех исследованиях используется родий. Молибденовые и родиевые фильтры использовались для получения низкоэнерге-

Для корреспонденции*: Оксанчук Елена Александровна – 141011 Россия, Московская область, г. Мытищи, ул. Колпакова, д. 34 Б, кв. 25. Тел. (моб.): 8-909-914-26-23. E-mail: Loksanchuk@gmail.com

Солодкий Владимир Алексеевич – доктор мед. наук, профессор, академик РАН, директор ФГБУ “Российский научный центр рентгенодиагностики” МЗ РФ, Москва; **Оксанчук Елена Александровна** – младший научный сотрудник лаборатории рентгенодиагностических, ультразвуковых и рентгенохирургических технологий в маммологии (Маммологический центр) научно-исследовательского отдела раннего канцерогенеза, профилактики, диагностики и комплексного лечения онкологических заболеваний женских репродуктивных органов ФГБУ “Российский научный центр рентгенодиагностики” МЗ РФ, Москва; **Меских Елена Валерьевна** – доктор мед. наук, профессор, заведующая лабораторией рентгенодиагностических, ультразвуковых и рентгенохирургических технологий в маммологии (Маммологический центр) научно-исследовательского отдела раннего канцерогенеза, профилактики, диагностики и комплексного лечения онкологических заболеваний женских репродуктивных органов ФГБУ “Российский научный центр рентгенодиагностики” МЗ РФ, Москва; **Колесник Антонина Юрьевна** – канд. мед. наук, научный сотрудник лаборатории рентгенодиагностических, ультразвуковых и рентгенохирургических технологий в маммологии (Маммологический центр) научно-исследовательского отдела раннего канцерогенеза, профилактики, диагностики и комплексного лечения онкологических заболеваний женских репродуктивных органов ФГБУ “Российский научный центр рентгенодиагностики” МЗ РФ, Москва; **Нуднов Николай Васильевич** – доктор мед. наук, профессор, заместитель директора по научной работе, ФГБУ “Российский научный центр рентгенодиагностики” МЗ РФ, Москва.

Contact*: Elena A. Oksanchuk – 141011, Russia, Moscow region, Kolpakova str., 34 B – 25. Phone: +7-909-914-26-23. E-mail: Loksanchuk@gmail.com

Vladimir A. Solodkiy – doct. of med. sci., professor, academician of Russian Academy of Sciences, Director of Russian Scientific Center of Roentgenoradiology, Moscow; **Elena A. Oksanchuk** – junior researcher of laboratory of X-ray radiology, ultrasound and X-ray surgical techniques in mammalogy (the Federal Breast Center) research department of early carcinogenesis, prevention, diagnosis and comprehensive treatment of cancers of the female reproductive organs of the Russian Scientific Center of Roentgenoradiology, Moscow; **Elena V. Meskih** – doct. of med. sci., professor, head of laboratory of X-ray radiology, ultrasound and X-ray surgical techniques in mammalogy (the Federal Breast Center) research department of early carcinogenesis, prevention, diagnosis and comprehensive treatment of cancers of the female reproductive organs of the Russian Scientific Center of Roentgenoradiology, Moscow; **Antonina Yu. Kolesnik** – cand. of med. sci., researcher of laboratory of X-ray radiology, ultrasound and X-ray surgical techniques in mammalogy (the Federal Breast Center) research department of early carcinogenesis, prevention, diagnosis and comprehensive treatment of cancers of the female reproductive organs of the Russian Scientific Center of Roentgenoradiology, Moscow; **Nikolai V. Nudnov** – doct. of med. sci., professor, Deputy Director for Scientific Research of the Russian Scientific Center of Roentgenoradiology, Moscow.



тических снимков при пиковом киловольтаже (kVp) в диапазоне от 27 до 31, как при обычной маммографии. Для получения изображения с высокой энергией при kVp 46–47 использовались родиевый и дополнительный медный фильтры для увеличения видимости низких концентрация йода. Снимки выполняются после внутривенного болюсного введения контрастного препарата в стандартных проекциях в двух высоко- и низкоэнергетическом режимах во время одной компрессии с очень коротким интервалом около 1,5 с между низко- и высокоэнергетическими снимками. Это уменьшает вероятность двигательных артефактов и несоответствия между двумя снимками [9].

В качестве контрастного агента используются низкоосмолярные неионизированные йодсодержащие препараты (иопромид, ультравист 370 и др.). Рентгенолог должен убедиться, что у пациента нет противопоказаний к введению йодсодержащего контраста, и объяснить последовательность выполнения процедуры, после чего обследуемый подписывает информированное согласие на проведение процедуры. Противопоказаниями к CESH являются беременность и период лактации, индивидуальная непереносимость йодсодержащих препаратов, почечная недостаточность (проведение исследования требует обязательного биохимического анализа крови на креатинин и мочевины), наличие силиконовых имплантатов молочных желез [10].

Процедурная сестра устанавливает катетер в кубитальной вене, и затем с использованием силового инжектора проводится однократная внутривенная инъекция контраста из расчета 1,5 мл/кг массы тела со скоростью 1,5 мл/с. В среднем введение контрастного препарата занимает 1,5–2 мин.

Далее рентгенолаборант выполняет маммографическое исследование в стандартных проекциях, начиная с прямой проекции незаинтересованной стороны, затем выполняются прямая краниокаудальная и косая медиолатеральная проекции проблемной железы и в последнюю очередь – косая проекция здоровой железы. Данная последовательность соблюдается для обеспечения максимального накопления контраста в зоне интереса для лучшей ее визуализации. Компрессия железы для каждого снимка составляет максимум 15 с. В зависимости от пациентки и лаборанта, вся процедура выполняется всего за 4 мин после введения контрастного вещества. Общая продолжительность обследования обычно не превышает 7 мин. После исследования пациентов наблюдают в течение 30 мин, чтобы убедиться, что у них нет аллергической реакции на йодсодержащий контраст.

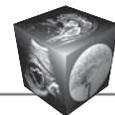
Общая рентгеновская доза, получаемая пациентом при выполнении пары изображений с низкой и высокой энергией в зависимости от толщины молочной железы (30–80 мм) и тканевого состава (от 0 до 100% железистой ткани) приблизительно соответствует 1,2 дозы, получаемой при стандартной цифровой рентгеновской маммографии (средняя доза при выполнении снимка с низкой энергией эквивалентна средней дозе одной обычной маммограммы, доза высокой энергии составляла примерно 1/5 от дозы обычной маммографии).

Программное обеспечение CESH автоматически выполняет пару снимков (низкой и высокой энергии) для каждой проекции. Специальный процессор выполняет обработку изображений с информацией о поглощенном контрастном веществе, которые затем переносятся на рабочую станцию врача для просмотра рентгенологом. В итоге получаются два набора снимков: низкоэнергетический, соответствующий стандартной рентгеновской цифровой маммографии, и субтракционный снимок, полученный при вычитании высокоэнергетического изображения из низкоэнергетического. На низкоэнергетических изображениях лучевой диагност может оценить строение железы, ее плотность, наличие узловых образований, асимметрий, структурных перестроек и наличие микрокальцинатов. На субтракционном снимке визуализируется накопление контраста, соответствующее очагам патологического кровотока в железе.

Интерпретация контрастных изображений производится по локализации (квадрант), форме (очаговая, линейная, сегментарная, регионарная) и интенсивности (высоко-, средне-, низкоконтрастные и неконтрастные накопления) выявляемых накоплений. Интенсивность соотносится с классификаций BI-RADS: высокоинтенсивное накопление – BI-RADS 4–5, среднеинтенсивное – BI-RADS 4, низкоконтрастное – BI-RADS 2–3, неконтрастное – BI-RADS 2 [11].

Совмещение стандартного маммографического изображения с контрастным позволяет оценить наличие патологического кровотока и повышает чувствительность рентгенологического метода до уровня МР-маммографии, которая на данный момент считается самым чувствительным методом исследования молочных желез с плотным фоном. При этом данный метод гораздо дешевле, проще в использовании и интерпретации, комфортнее для пациента.

Это подтверждается данными международных исследований. Одной из первых является работа F. Thibault и соавт. (2012) по сравнительной оценке эффективности CESH и МРТ. Это небольшое исследование, в котором приняли участие 54 паци-



ентки с 82 злокачественными образованиями в молочных железах (74 инвазивных рака, 8 раков *in situ*, 33 одноузловых рака, 21 мультицентрический процесс). По результатам исследования чувствительность CESH немного уступает MPT, составляя 94 и 100% соответственно. Однако специфичность CESH немного выше MPT за счет меньшего количества ложноположительное заключений (1 при CESH и 5 при MPT) [12]. Аналогичные данные были получены в 2014 г. M. Jochelson. В исследовании было показано, что CESH увеличивает чувствительность цифровой маммографии, а также имеет меньшую чувствительность, но большую специфичность CESH перед MPT. В статье высказывается мнение о конкурентоспособности CESH с MPT из-за более низкой стоимости исследования [13]. Большое исследование проведено группой польских радиологов во главе с E. Łuczyńska (2015), согласно которому CESH показывает большую чувствительность и специфичность в выявлении злокачественных образований. Особенное внимание авторы обращают на более высокую прогностическую ценность метода [14].

Появляется все больше работ, посвященных сравнительной характеристике CESH и MPT. Согласно данным M.B.I. Lobbes и соавт., CESH не уступает MPT в определении размеров первичной опухоли [15], а по данным M. Jochelson и соавт. не выявлено разницы в определении мультицентричности и мультифокальности злокачественного процесса в молочных железах [16].

CESH все чаще рассматривается как альтернатива MPT. Согласно опросу, проведенному J. Phillips и соавт. о предпочтении пациентов, 79% предпочли CESH, при условии, что методы одинаково чувствительны. 89% опрошенных были бы не против проходить CESH в виде ежегодного скринингового обследования [17].

Цель исследования

Изучить методику и провести сравнительную характеристику эффективности контрастной спектральной маммографии и MPT при плотном фоне молочных желез.

Материал и методы

В нашем Центре мы получили сходные данные. За апрель 2017 г. в нашем Центре было обследовано 1685 женщин в возрасте от 18 до 83 лет. Из них у 437 (26,0%) женщин была выявлена плотная структура молочной железы (ACR c-d). Стандартный комплекс методов исследования молочных желез включал клинический осмотр, цифровую рентгеновскую маммографию, УЗИ

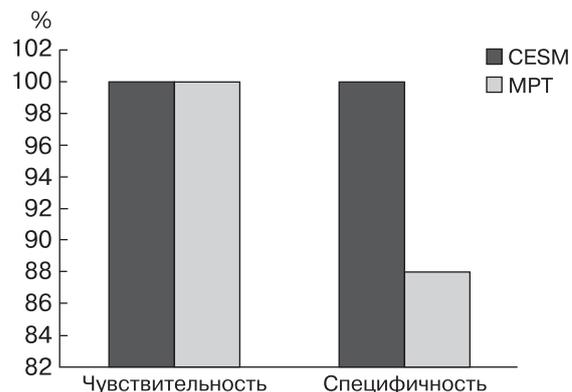


Рис. 1. Сравнительная характеристика CESH и MPT.

молочных желез с дуплексным сканированием и эластографией. У 61 (3,6%) пациентки с целью уточнения диагноза использовали методику CESH и/или MPT молочных желез. Анализ результатов показал, что чувствительность CESH и MPT составила 100%, специфичность MPT была ниже CESH (рис. 1) и составила 94%.

Специфичность MPT оказалась ниже ввиду наличия ложноположительного результата в одном из случаев. У пациентки К., 1949 года рождения, при плановой маммографии на плотном фоне железистой ткани (ACR тип С) в верхневнутреннем квадранте левой молочной железы диагностирован узловой компонент с нечеткими контурами, подозрительный в отношении злокачественного заболевания (рис. 2).

Пациентке выполнена MPT молочных желез (рис. 3), по данным которой диагностировано образование в левой молочной железе.

Учитывая полученные данные, выполнено УЗИ (рис. 4) молочных желез, согласно которому на фоне выраженной фиброзной мастопатии с преобладанием железистого компонента слева в верхневнутреннем квадранте выявлено гипоехогенное узловое образование с нечеткими неровными контурами размерами 17,3 × 12,2 мм (рис. 4, а). Справа в верхненаружном квадранте визуализируется гипоехогенное образование с овальными четкими ровными контурами и гиперэхогенным центром размерами 7 × 5 мм (рис. 4, б).

Была выполнена тонкоигольная аспирационная биопсия образования правой молочной железы и core-биопсия образования левой молочной железы. По данным гистологического исследования слева диагностирован инфильтративный дольковый РМЖ II степени злокачественности. Справа по данным цитологического исследования диагностирован интрамаммарный лимфатический узел (эритроциты, лимфоидные элементы разной сте-

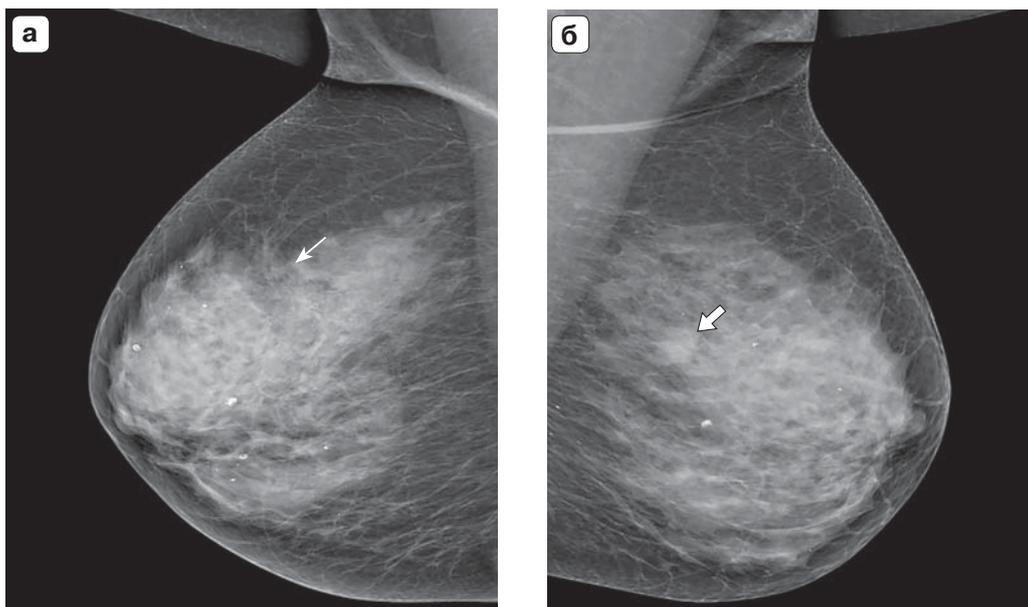


Рис. 2. Маммограммы молочных желез, медиолатеральная проекция (MLO). а – правая молочная железа, в верхненаружном квадранте определяется участок тяжистого фиброза (тонкая стрелка); б – левая молочная железа, в верхневнутреннем квадранте определяется узел с неровными нечеткими контурами размерами 19 × 15 мм (стрелка).

Рис. 3. МР-изображение молочных желез. Очаговое образование в верхневнутреннем квадранте левой молочной железы неоднородной структуры, с нечеткими лучистыми контурами размерами 15 × 14 мм, с повышенным накоплением парамагнетика (BI-RADS 4) (стрелка). Очаговое образование малых размеров правой молочной железы на границе с верхним внутренним квадрантом, ближе к грудной стенке визуализируется очаговое образование размерами 6 × 7 мм с несколько сниженным уровнем артериального пика по отношению к образованию в левой железе (BI-RADS 4) (тонкая стрелка).

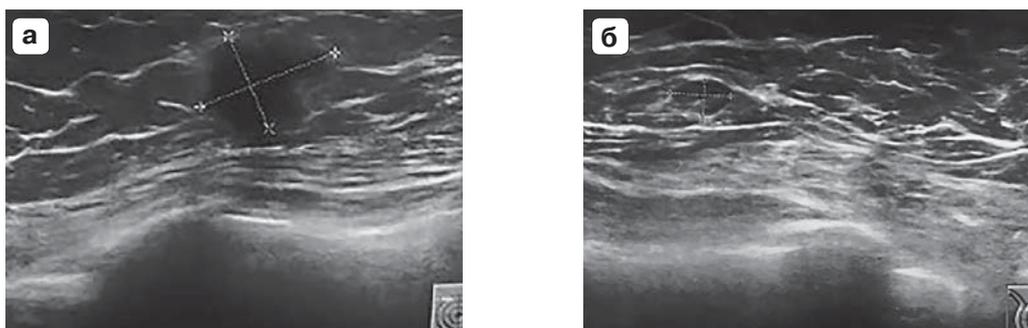
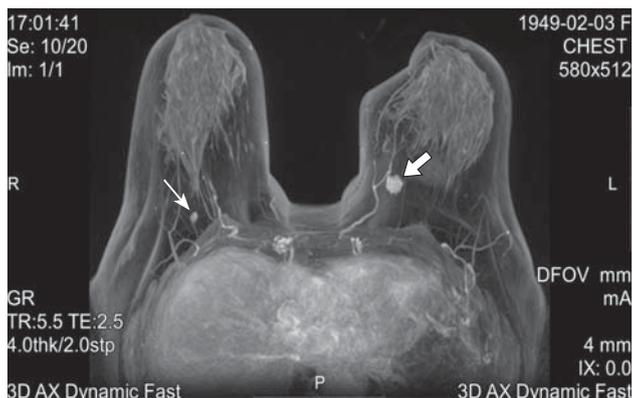
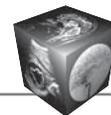


Рис. 4. УЗ-изображения молочных желез. а – левая, верхневнутренний квадрант, лоцируется гипоехогенный узел с нечеткими метками, неоднородной структуры, высокоподозрительное в отношении злокачественности (указан метками); б – правая, верхненаружный квадрант, гипоехогенное образование с четкими ровными овальными контурами, неоднородной структуры за счет гиперэхогенного центра – интрамаммарный лимфатический узел (указан метками).



пени зрелости, гистиоциты). Пациентке проведено плановое хирургическое лечение, диагноз подтвержден.

Таким образом, CESM позволяет выявить подозрительные образования значительно чаще, чем традиционная цифровая рентгеновская маммография, что соответствует и данным литературы [13, 18]. В нашем исследовании CESM более специфична в выявлении РМЖ по сравнению с МРТ. Эти данные также не противоречат результатам исследований зарубежных ученых [12–16], продемонстрировавших отсутствие преимуществ МРТ перед CESM в выявлении злокачественных образований, определении их размеров, мультицентричности и мультифокальности опухолевого процесса, важных для планирования последующего лечения, в частности объема хирургического вмешательства. Ввиду простоты и низкой стоимости выполнения последней при сравнимых показателях эффективности CESM может служить альтернативой МРТ у женщин с плотным фоном молочных желез, улучшая диагностику ранних форм рака.

Заключение

CESM – экономически выгодная методика рентгенологического исследования молочных желез, доступная и простая в выполнении. Имея меньшее количество противопоказаний, она легче переносится пациентами, а интерпретация полученных изображений не требует особых умений от врача-рентгенолога и довольно быстра. Все это делает методику CESM одним из самых перспективных направлений в исследовании молочных желез в настоящее время.

Список литературы

- Каприн А.Д., Старинский В.В., Петрова Г.В. Злокачественные новообразования в России в 2015 году (заболеваемость и смертность). Москва: ФГБУ “МНИОИ им. П.А. Герцена Минздравсоцразвития России”. 2017. 16 с.
- Корженкова Г.П., Долгушин Б.И.. Опыт использования цифровой маммографии. *Опухоли женской репродуктивной системы*. 2011; 1: 37–40.
- Smith R.A., Duffy S.W., Gabe R., Tabar L., Yen A.M., Chen T.N. The randomized trials of breast cancer screening: what have we learned? *Radiol. Clin. N. Am.* 2004; 42 (5): 793–806. DOI: 10.1016/j.rcl.2004.06.014.
- Комарова Л.Е.. Маммографический скрининг и его роль в снижении смертности от рака молочной железы. *Опухоли женской репродуктивной системы*. 2006; 3: 5–9.
- Broeders M., Moss S., Nyström L., Njor S., Jonsson H., Paap E., Massat N., Duffy S., Lynge E., Paci E., EUROSCREEN Working Group. The impact of mammographic screening on breast cancer mortality in Europe: a review of observational studies. *J. Med. Screen.* 2012; 19 (1): 14–25. DOI: 10.1258/jms.2012.012078.
- Pisano E.D., Hendrick R.E., Yaffe M.J., Baum J.K. Accuracy of digital versus film mammography: exploratory analysis of selected population subgroups in DMIST. *Radiology*. 2008; 246 (2): 376–383. DOI: 10.1148/radiol.2461070200.
- Freer P.E. Mammographic breast density: impact on breast cancer risk and implications for screening. *Radiographics*. 2015; 35 (2): 302–315. DOI: 10.1148/rg.352140106.
- Mandelson M.T., Oestreicher N., Porter P.L., White D., Funder C.A., Taplin S.H., White E. Breast density as a predictor of mammographic detection: comparison of interval- and screen-detected cancers. *J. Nat. Cancer Institute*. 2000; 92 (13): 1081–1087. DOI: <https://doi.org/10.1093/jnci/92.13.1081>.
- SenoBright Contrast Enhanced Spectral Mammography. Руководство оператора. Редакция 1^o 2010–2016 by General Electric Company. 5391269-5-1RU.
- Contrast Enhanced Spectral Mammography. Руководство по контролю качества. Редакция 1^o 2010–2014 by General Electric Company. 5391271-3-1RU
- The American College of Radiology (ACR) Breast Imaging Reporting and Data System Atlas (BI-RADS[®] Atlas).
- Thibault F., Balleyguier C., Tardivon A., Dromain C. Contrast enhanced spectral mammography: better than MRI? *Eur. J. Radiol.* 2012; 81S1: 162–164. DOI: 10.1016/S0720-048X(12)70068-2.
- Jochelson M. Contrast-enhanced digital mammography. *Radiol. Clin. N. Am.* 2014; 52: 609–616. DOI:10.1016/j.rcl.2013.12.004.
- Łuczyszka E., Heinze-Paluchowska S., Hendrick E., Dyczek S., Rys J., Herman K., Blecharz P., Jakubowicz J. Comparison between breast MRI and contrast-enhanced spectral mammography. *Med. Sci. Monit.* 2015; 12 (21): 1358–1367. DOI:10.12659/MSM.893018.
- Lobbes M.B.I., Lalji U.C., Nelemans P.J., Houben I., Smidt M.L., Heuts E., Vries B., Wildberger J.E., Beets-Tan R.G. The quality of tumor size assessment by contrast-enhanced spectral mammography and the benefit of additional breast MRI. *J. Cancer*. 2015; 6 (2): 144–150. DOI: 10.7150/jca.10705.
- Jochelson M.S., Dershaw D., Sung J.S., Heerdt A.S., Thoenton C., Moskowitz C.S., Ferrara J., Morris E.A. Bilateral contrast-enhanced dual-Energy digital mammography: feasibility and comparison with conventional digital mammography and MR imaging in women with known breast carcinoma. *Radiology*. 2013; 266 (3): 743–751. DOI: 10.1148/radiol.12121084.
- Phillips J., Miller M.M., Mehta T.S., Fein-Zachary V. Contrast-enhanced spectral mammography (CESM) versus MRI in the high-risk screening setting: patient preferences and attitudes. *JACR*. 2017; 3: 193–197. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.clinimag.2016.12.011>.
- Dromain C., Thibault F., Diekmann F., Fallenberg E.M., Jong R.A., Koomen. M., Hendrick E.R., Tardivon A., Toledano A. Dual-energy contrast-enhanced digital mammography: initial clinical results of a multireader, multicase study. *Breast Cancer Res.* 2012; 14: R94: 1–18. DOI: 10.1186/bcr3210.



References

1. Caprin A.D., Starinski V.V., Petrova G.V. Malignant disease in Russia in 2015 (morbidity and mortality). Moscow: The Moscow P.A. Gertsen Research Institute of Oncology. 2017. 16 p. (In Russian)
2. Korzhenkova G.P., Dolgushin B.I. Experience with digital mammography. *Opukholi Zhenskoi Reprodukivnoi Sistemy*. 2011; 1: 37–40. (In Russian)
3. Smith R.A., Duffy S.W., Gabe R., Tabar L., Yen A.M., Chen T.N. The randomized trials of breast cancer screening: what have we learned? *Radiol. Clin. N. Am.* 2004; 42 (5): 793–806. DOI: 10.1016/j.rcl.2004.06.014.
4. Komarova L.E. Mammographic screening and its role in reducing breast cancer mortality. *Opukholi Zhenskoi Reprodukivnoi Sistemy*. 2006; 3: 5–9. (In Russian)
5. Broeders M., Moss S., Nyström L., Njor S., Jonsson H., Paap E., Massat N., Duffy S., Lyng E., Paci E., EUROSCREEN Working Group. The impact of mammographic screening on breast cancer mortality in Europe: a review of observational studies. *J. Med. Screen.* 2012; 19 (1): 14–25. DOI: 10.1258/jms.2012.012078.
6. Pisano E.D., Hendrick R.E., Yaffe M.J., Baum J.K. Accuracy of digital versus film mammography: exploratory analysis of selected population subgroups in DMIST. *Radiology*. 2008; 246 (2): 376–383. DOI: 10.1148/radiol.2461070200.
7. Freer P.E. Mammographic breast density: impact on breast cancer risk and implications for screening. *Radiographics*. 2015; 35 (2): 302–315. DOI: 10.1148/rg.352140106.
8. Mandelson M.T., Oestreicher N., Porter P.L., White D., Finder C.A., Taplin S.H., White E. Breast density as a predictor of mammographic detection: comparison of interval- and screen-detected cancers. *J. Nat. Cancer Institute*. 2000; 92 (13): 1081–1087. DOI: <https://doi.org/10.1093/jnci/92.13.1081>.
9. SenoBright Contrast Enhanced Spectral Mammography. Operation manual. 1st edition® 2010–2016 by General Electric Company. 5391269-5-1RU. (In Russian)
10. Contrast Enhanced Spectral Mammography. Quality manual. 1st edition® 2010–2014 by General Electric Company. 5391271-3-1RU. (In Russian)
11. The American College of Radiology (ACR) Breast Imaging Reporting and Data System Atlas (BI-RADS® Atlas).
12. Thibault F., Balleyguier C., Tardivon A., Dromain C. Contrast enhanced spectral mammography: better than MRI? *Eur. J. Radiol.* 2012; 81S1: 162–164. DOI: 10.1016/S0720-048X(12)70068-2.
13. Jochelson M. Contrast-enhanced digital mammography. *Radiol. Clin. N. Am.* 2014; 52: 609–616. DOI: 10.1016/j.rcl.2013.12.004.
14. Łuczyńska E., Heinze-Paluchowska S., Hendrick E., Dyczek S., Rys J., Herman K., Blecharz P., Jakubowicz J. Comparison between breast MRI and contrast-enhanced spectral mammography. *Med. Sci. Monit.* 2015; 12 (21): 1358–1367. DOI: 10.12659/MSM.893018.
15. Lobbes M.B.I., Lalji U.C., Nelemans P.J., Houben I., Smidt M.L., Heuts E., Vries B., Wildberger J.E., Beets-Tan R.G. The quality of tumor size assessment by contrast-enhanced spectral mammography and the benefit of additional breast MRI. *J. Cancer*. 2015; 6 (2): 144–150. DOI: 10.7150/jca.10705.
16. Jochelson M.S., Dershaw D., Sung J.S., Heerd A.S., Thoenton C., Moskowitz C.S., Ferrara J., Morris E.A. Bilateral contrast-enhanced dual-energy digital mammography: feasibility and comparison with conventional digital mammography and MR imaging in women with known breast carcinoma. *Radiology*. 2013; 266 (3): 743–751. DOI: 10.1148/radiol.12121084.
17. Phillips J., Miller M.M., Mehta T.S., Fein-Zachary V. Contrast-enhanced spectral mammography (CESM) versus MRI in the high-risk screening setting: patient preferences and attitudes. *JACR*. 2017; 3: 193–197. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.clinimag.2016.12.011>.
18. Dromain C., Thibault F., Diekmann F., Fallenberg E.M., Jong R.A., Koomen M., Hendrick E.R., Tardivon A., Toledano A. Dual-energy contrast-enhanced digital mammography: initial clinical results of a multireader, multicase study. *Breast Cancer Res.* 2012; 14: R94: 1–18. DOI: 10.1186/bcr3210.

Поступила в редакцию 16.02.2017.
Принята к печати 31.03.2017.

Received on 16.02.2017.
Accepted for publication on 31.03.2017.