

Возможности цифрового рентгеновского томосинтеза в скрининговой программе женщин с высокой маммографической плотностью (обзор литературы с собственными клиническими наблюдениями)

Н. В. Климова^{1,3}, Л. Д. Белоцерковцева^{1,2}, А. А. Кузнецов*,^{1,3}

¹ ФГБОУ ВО «Сургутский государственный университет Ханты-Мансийского автономного округа — Югры»

² БУ «Сургутский клинический перинатальный центр»

³ БУ «Сургутская окружная клиническая больница», рентгенологическое отделение

Possibilities of Digital X-Ray Tomosynthesis in the Screening Program For Women with High Mammographic Density (Literature Review with Their Own Clinical Observations)

N. V. Klimova^{1,3}, L. D. Belocerkovceva^{1,2}, A. A. Kuznecov*,^{1,3}

¹ The Surgut State University

² The Surgut Clinical Perinatal Center

³ The Surgut District Clinical Hospital, Department of Radiological

Реферат

Прогрессивное развитие рентгеновских технологий и внедрение высокоинформативных методов, к которым относится цифровой рентгеновский томосинтез, существенно расширяет возможности ранней диагностики заболеваний молочной железы. Рентгеновский томосинтез молочной железы (МЖ) представляет модифицированный метод цифровой маммографии, позволяющий получить послойные срезы МЖ с помощью вращения по С-дуге рентгеновской трубки, что способствует более детальному изучению структуры плотной молочной железы (BI-RADS C, D). Рентгеновский томосинтез целесообразно применять в качестве элемента персонализированного скрининга у женщин

* Кузнецов Алексей Александрович, кандидат медицинских наук, старший преподаватель кафедры многопрофильной клинической подготовки Медицинского института, Сургутский государственный университет; врач-рентгенолог рентгенологического отделения, Сургутская окружная клиническая больница.

Адрес: 628406, г. Сургут, ул. 30 лет Победы, д. 41/2, кв. 405.

Тел.: +7 (346) 272-65-84. Электронная почта: alesha1974@inbox.ru.

ORCID: 0000-0003-4780-7146

Kuznecov Aleksey Aleksandrovich, Ph. D. Med., Senior lecturer, Multiprofile Clinic Training Department, Medical Institute, Surgut State University; Radiologist, Radiology Department, Surgut Regional Clinical Hospital.

Address: 41/2-405, ul. 30 let Pobedy, Surgut, 628406, Russia.

Phone number: +7 (346)272-65-84. E-mail: alesha1974@inbox.ru.

ORCID: 0000-0003-4780-7146

с маммографической плотностью BI-RADS C и D, а также у женщин с имплантированными молочными железами. Обследованы 1500 женщин с высокой маммографической плотностью.

Ключевые слова: молочная железа, рентгеновский томосинтез, маммографический скрининг, высокая маммографическая плотность.

Abstract

The progressive development of X-ray technologies and the introduction of highly informative methods, which include digital X-ray tomosynthesis, significantly expands the possibilities of early diagnosis of breast diseases. X-ray tomosynthesis of the mammary gland (MF) is a modified method of digital mammography, which allows to obtain layer-by-layer sections of the mammary gland using rotation along the C-arc of an X-ray tube, which contributes to a more detailed study of the structure of the dense mammary gland (BI-RADS C, D). It is advisable to use X-ray tomosynthesis as an element of personalized screening in women with mammographic density BI-RADS C and D, as well as in women with implanted mammary glands. 1,500 women with high mammographic density were examined.

Key words: Breast, X-Ray Tomosynthesis, Mammography Screening, High Mammographic Density.

Актуальность

Высокая маммографическая плотность коррелирует с риском рака молочной железы (МЖ). При сравнении самой низкой категории плотности с самой высокой, относительный риск увеличивается в 5,3 раза. По данным Lusine Yaghjyan et al. (2011), плотные структуры содержат больше энзима ароматазы, что, вероятно связано с более высоким местным содержанием эстрадиола и может объяснить более высокую заболеваемость рака МЖ [18]. В литературе достаточно широко обсуждается вопрос о влиянии высокой маммографической плотности на риск развития рака, а также о сложности его своевременной диагностики в плотных тканевых структурах МЖ.

Наличие высокой рентгеновской плотности МЖ, как фактора риска последующего развития рака у пациенток обозначил Wolfe еще в 1976 г. [25]. Плотная ткань МЖ, как фактор риска, опережает наследственность. Примерно 43 % женщин старше 40 лет и 30 % женщин в постменопаузе имеют плотную ткань

МЖ (Engman N., Golmakani M., 2017) [21. По данным Nazari S. (2018), 50 % случаев рака МЖ, выявляемых ранее чем через 12 месяцев после «очередной» маммографии, были связаны с высокой плотностью тканей МЖ (интервальный рак) [22, 23]. 71 % всех случаев пролиферативных изменений и 64 % всех случаев рака обнаруживаются на фоне высокой рентгеновской плотности МЖ (Stone J. et al., 2006) [26].

Очевидно, что для преодоления сложностей в диагностике «плотной молочной железы» идеально подходит методика цифрового рентгеновского томосинтеза [12, 13, 16]. Однако до сих пор мировая научная общественность ведет споры о роли и месте томосинтеза в диагностике патологических состояний МЖ. Несмотря на то что патент «Система томосинтеза для визуализации молочных желез» был получен Loren Niklason в 1999 г., до настоящего времени обсуждается целесообразность использования медицинской технологии [29, 31]. Включение ее в стандарт не про-

исходит, несмотря на принятие профессиональным сообществом и проведенные рандомизированные исследования о высокой диагностической эффективности. До недавнего времени соотношение пользы от применения томосинтеза в ранней диагностике и потенциальный вред от лучевой нагрузки при процедуре не были очевидны [14–16, 29].

С другой стороны, снижение смертности как основной показатель эффективности скрининга, при проведении томосинтеза не было просчитано [27].

В связи с этим обсуждаются несколько сценариев совместного и самостоятельного использования цифрового томосинтеза. Рассматривается, например, использование томосинтеза и цифровой маммографии как при двойном так и однократном чтении. Возможен анализ только томограмм (при условии персонифицированного подхода к скринингу и наличии архива цифровых маммограмм). Наиболее перспективным является сочетание анализа цифровых томограмм и синтезированных при постпроцессинге маммограмм [17]. Так, в публикации Tagliafico A. et al. (2017) показано, что двойное чтение томосинтеза и синтезированных маммограмм имело лучшую точность из всех стратегий анализа, хотя у него было самое длинное время описания [28]. Для такого подхода особенно обнадеживающими являются данные европейских исследователей с привлечением более чем 1000 женщин, 4768 парных исследований. Их анализ показал, что среднее увеличение дозы цифрового томосинтеза по сравнению с цифровой маммографией составляет 38 %, а диапазон составляет от 0 до 75 %. То есть, увеличение дозы облучения МЖ при томосинтезе, по сравне-

нию с цифровой маммографией незначительно [19]. Как следствие, учитывая растущую роль томосинтеза, его использование в сочетании с синтетическими 2D-изображениями не должно сдерживаться проблемами, связанными с радиационной нагрузкой, и должно опираться на доказательства потенциальной клинической пользы [21, 24]. Некоторые рекомендации инициативы Европейской комиссии по раку МЖ (ЕСIBC) уже содержат раздел по скринингу и диагностике с применением цифрового маммографического томосинтеза [14]. Например, предлагается использовать томосинтез вместо диагностических маммографических исследований у женщин со средним и высоким риском развития рака молочной железы, отобранными из-за подозрительных находок при маммографическом скрининге. Эта рекомендация соответствует и маршрутизации пациентов в монографии А. Ю. Васильева (2020), которым руководствуемся в своей работе [3, 4]. Хотелось бы отметить, что высокая диагностическая эффективность рентгеновского цифрового томосинтеза МЖ показана и в нашей публикации [1].

Учитывая возможности, предоставляемые данной методикой, стандартный алгоритм обследования пациенток из групп риска, при скрининге МЖ, расширяется включением в него томосинтеза. Из вышесказанного можно также сделать вывод и о месте методики цифрового маммографического томосинтеза в модели жизненного цикла медицинской инновации J. McKinlay [19]. Автор описывает путь, который проходит любая медицинская технология с момента появления до момента ее вытеснения с рынка.

Данная модель включает в себя 7 этапов:

- 1) перспективные отчеты: первые положительные сообщения об инновации в средствах массовой информации и/или научных медицинских журналах;
- 2) профессиональное принятие: инновации воспринимаются профессиональными ассоциациями и медицинскими учреждениями;
- 3) общественное признание и стороннее одобрение: инновация признается полезной (эффективной и безопасной), принимается системой здравоохранения и страховыми компаниями;
- 4) стандартная процедура: инновация становится частью обычной клинической практики, исследования представлены в форме докладов интересных случаев, ретроспективных и сравнительных исследований;
- 5) рандомизированные клинические исследования инноваций. Этот вид исследований является наиболее доказательным методом оценки эффективности инновации;
- 6) профессиональная критика результатов рандомизированных клинических исследований;
- 7) эрозия и дискредитация: происходит по мере появления критических отчетов и/или появления новых, более привлекательных инноваций для той же ниши.

Цифровой томосинтез МЖ прошел 4 этап жизненного цикла инновации, проходит 5, т. е. находится на пике своего развития. Диагностическая эффективность томосинтеза уже доказана рандомизированными исследованиями, сама процедура является частью обычной клинической

практики, и опция «томосинтез» входит в большинство комплектаций новых маммографов.

Теперь непосредственно о скрининге. Существует несколько определений понятия «скрининг». Наиболее распространенный в РФ вариант — система первичного обследования групп клинически бессимптомных лиц с целью выявления случаев заболевания [2]. В странах Европы принято следующее определение: маммологический скрининг-организованная государственная популяционная программа обследования, основанная на методике маммографии, с целью снижения смертности от рака МЖ. В нашей стране работа по проверочной лучевой диагностике МЖ регламентируется несколькими приказами по диспансеризации, методическими руководствами по маммографии и томосинтезу. Обозначены следующие принципы скрининга: заболевание должно представлять собой значимую проблему, должны существовать методы его диагностики, должны существовать методы лечения заболевания, метод диагностики должен быть приемлем для использования в популяции, применение метода диагностики должно быть экономически целесообразным, скрининг должен быть непрерывным [5–7]. Анализируя зарубежные и отечественные литературные источники, приказы и методические руководства, обращают на себя внимание вопросы неоднородности популяции при маммологическом скрининге (наличие групп риска) и возможности применения новых методик и вспомогательных технологий маммографической диагностики и их сочетаний. В настоящее время происходит пересмотр положений о возможном переходе от популяцион-

ного скрининга к мультимодальному индивидуальному, с выделением различных групп риска на основе семейного анамнеза, изучения ДНК-профиля женщин определения факторов риска рака МЖ. Применение новых, более информативных технологий в реализации программ скрининга, на наш взгляд, является весьма перспективным. В нашем распоряжении имеется современная технология лучевого обследования — цифровой рентгеновский томосинтез, диагностическая ценность которого имеет большую доказательную базу, относительно невысокую лучевую нагрузку. При ответственном и вдумчивом подходе, когда польза от использования превысит затраты и риск, целесообразно рассмотреть вопрос о возможности применения цифрового рентгеновского томосинтеза в реализации скрининговых программ. На наш взгляд, пациентки с плотной паренхимой МЖ категорий BI-RADS C, D нуждаются в более коротких скрининговых интервалах (не 1 раз в 2 года) и обследования с применением дополнительных методов визуализации.

Цель: изучение возможностей применения цифрового рентгеновского томосинтеза в реализации программы персонализированного маммологического скрининга у женщин с высокой маммографической плотностью.

В Сургутском клиническом перинатальном центре программу маммографического скрининга начали реализовывать с 2000 г. Центр явился инициатором скрининга на территории Ханты-Мансийского автономного округа. С 2007 г. произошел переход на цифровой маммографический скрининг, создана многолетняя цифровая архивная база, насчитывающая бо-

лее 50 тыс скрининговых исследований. С 2014 г. в программе скрининга у женщин с высокой маммографической плотностью молочной железы применялся цифровой рентгеновский томосинтез. Рентгенологическое исследование женщин проводилось на аппарате Selenia Dimensions 3D в комбинированном режиме (при одной компрессии выполнялась стандартная маммография и 3D-маммография — ТОМО). В программу персонализированного скрининга с применением рентгеновского томосинтеза были включены 1400 женщин с высокой маммографической плотностью. В режиме ТОМО маммограф выполнял серию из 15 снимков с поворотом рентгеновской трубки от $-7,50$ до $+7,50$ относительно приемника. Программная оболочка рабочей станции выводит полученные данные в 3 вариантах: стандартная маммограмма, серия изображений из 15 маммограмм, выполненных под различным углом, и реконструкция серии. В результате реконструкции формировалась серия изображений МЖ параллельно приемнику излучения с шагом в 1 мм. При просмотре каждого варианта изображений доступны все стандартные инструменты, применяемые в оценке цифрового изображения: увеличение, лупа, изменение контрастности и яркости, инверсия, измерение объектов и др. Снимки в режиме томосинтеза производились в условиях экспозиции с уменьшением количества мАс и той же мощности на рентгеновской трубке по сравнению со стандартной маммографией. Это позволяло практически не увеличивать эффективную дозу на пациента при выполнении серии из 15 снимков. Доза на ткань МЖ со-

ставила в среднем как на серию томограмм, так и в стандартном 2D-режиме 1,2 мГр (эффективная доза излучения — 0,18 мЗв). Пациенткам была выполнена маммография обеих МЖ в 2 проекциях в комбинированном режиме: в условиях компрессии МЖ последовательно выполнялась серия «ТОМО» и стандартная маммография, после чего осуществлялась автоматическая декомпрессия. Получая таким образом, изображения, врач имел возможность работать с 3 массивами данных одной проекции МЖ. При выведении на один рабочий монитор обзорной маммограммы, а на другой реконструированных срезов МЖ возможно сравнение изображений и выделение того среза, на уровне которого четче выявлялось образование, видимое на стандартной маммограмме. Также возможна оценка серии из 15 необработанных маммограмм при движении рентгеновской трубки на 15°. В режиме томосинтеза использовали 2-кратное увеличение последовательно по квадрантам (верхненааружный, верхневнутренний, нижневнутренний, нижненааружный) и режим инверсии. Далее прицельно, с применением «лупы» оценивались отдельные зоны интереса. Томосинтез позволил акцентировать внимание на контурах образований за счет исключения суперпозиции окружающих тканей. После архивирования исследования на рабочую станцию врача-рентгенолога Multivox, к каждому томографическому срезу был применен специальный программный модуль поиска микрокальцинатов. Принцип работы данного модуля заключается в обнаружении и подсвечивании ярко-красным цветом всех кальцинированных структур в МЖ, даже супер

мелких, трудноразличимых при визуальной оценке изображения. Затем, с помощью виртуальной «лупы» оценивались зоны скопления микрокальцинатов, их форма, конфигурация и структура. Применение программного модуля к каждому томографическому слою позволяло избежать эффекта наложения и получить представление о пространственном расположении микрокальцинатов (рис. 1, а, б).

Без использования программного модуля поиск микрокальцинатов является не всегда простой задачей, но очень важным аспектом скрининга. Сгруппированная микрокальцинация в количестве 5–7 штук на площади менее 1 см — частая форма дебюта рака или его единственное проявление. По данным Г. Т. Сухих и соавт. [9] при 5 и больше микрокальцинатах рака МЖ диагностируется более чем у 25 % женщин.

Применение цифрового рентгеновского томосинтеза актуально при имплантированных МЖ. У женщин с имплантами могут быть использованы УЗИ и МР-маммография. Но использование стандартной маммографии проблематично, так как компрессия МЖ с имплантами зачастую невозможна, выведение ткани железы отдельно от импланта, процедура сложная и болезненная. При выполнении рентгеновского томосинтеза МЖ не компримируется, а лишь фиксируется во время исследования. Таким образом, получается качественное изображение как ткани МЖ, так и импланта. При оценке имплантов видны изменения стенок самого импланта и особенности рестриктивных рубцовых изменений, на серии томограмм более четко визуализируются окружающие ткани, что позволяет более корректно оценить степень

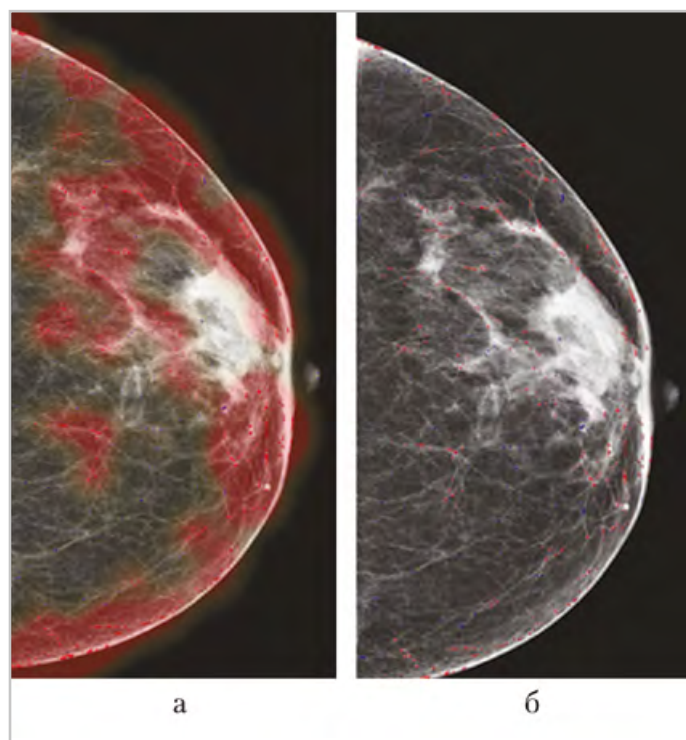


Рис. 1. Изображение молочной железы, применен программный модуль поиска микрокальцинатов (а), «подсвечены» участки уплотнения и кальцинации в молочной железе и результат работы модуля без «подсвечивания» (б)

выраженности плотной структуры. Методика рентгеновского томосинтеза может быть достойной альтернативой бесконтрастной МР-маммографии, являющейся «золотым стандартом» исследования имплантированных МЖ [8, 10].

Методика рентгеновского томосинтеза была использована у 12 женщин с имплантами МЭ.

Диспансерная группа женщин с высоким риском РМЖ насчитывает 5016 пациенток, маммографический скрининг им проводится ежегодно. В нее включены женщины с явным неблагоприятным состоянием МЖ. Это и выраженная фиброзно-кистозная мастопатия, и радиальные рубцы, а также склерозирующий аденоз, высокая маммографическая плотность, мутации

генов с отягощенным семейным анамнезом. Из этой группы по результатам первого раунда маммографического скрининга было отобрано 1500 (29,9 %) женщин с высокой маммографической плотностью, без выявленных патологических процессов — 830 женщин в возрасте 40-49 лет, где маммографическая плотность была более 75 % (BI-RADS D), и 570 женщин более старшего возраста — 50-59 лет с маммографической плотностью более 50 % (BI-RADS C). Этим женщинам начиная с 2015 г. ежегодный персонафицированный скрининг проводился с применением цифрового рентгеновского томосинтеза. С целью сравнительного анализа стандартного маммографического изображения и томосинтеза были отобраны 220 женщин, имеющих высокую

маммографическую плотность МЖ, исследования были диагностически, не скрининговыми. У всех женщин маммографическая плотность по классификации Wolf, принятая до 2013 г., соответствовала 3 и 4 категориям, фиброзно-железистый компонент составлял более 50–75 %.

В соответствии с категориями BI-RADS — это категории C и D. Результаты данного исследования опубликованы в 2017 г. [2], где показано, что чувствительность и специфичность томосинтеза превосходит таковые стандартной цифровой маммографии: чувствительность маммографии — 97 %, томосинтез — 95,5 %, специфичность — 85 и 89 % соответственно, что аналогично литературным данным [18, 19].

Это послужило основанием включить рентгеновский томосинтез в программу маммологического скрининга в группе пациенток повышенного риска с высокой маммографической плотностью (группа диспансерного наблюдения, ACR C и D).

Нельзя не сказать о женщинах с имплантированными МЖ. Таких пациенток на диспансерном учете было 12. Получено качественное изображение как импланта, так и ткани МЖ. У 2 пациенток были выявлены повреждения имплантов с образованием силиконовых кист, а у 2 — фиброаденомы в ткани железы. Наличие импланта в МЖ следует рассматривать как состояние, требующее систематического контроля. Учитывая, что проведение стандартной маммографии проблематично, томосинтез — метод выбора для скрининга у женщин с имплантами, как достойная, менее затратная по времени и стоимости альтернатива МР-маммографии.

Клинический пример

Пациентка Д., 38 лет, из группы риска, скрининг проведен с применением цифрового томосинтеза (COMBO-режим). По данным стандартной маммографии определялся С тип плотности МЖ (ACR-C). Узловое образование заподозрено на границе верхних квадрантов левой железы, имеет нечеткие, лучистые контуры. (рис. 2, а). После проведения анализа томограмм левой МЖ узловое образование не было выявлено. Однако отмечается наличие сгруппированных на локальном участке микрокальцинатов (рис. 2, б). При 4-кратном увеличении визуализируются 6 микрокальцинатов (рис. 2, в). Предварительное заключение по данным томосинтеза: Susp. bl. mam. sin. (BI-RADS 4). Выполнена толстоигольная вакуумная биопсия под рентгеновским контролем. Патологический участок иссечен. При гистологическом исследовании диагностирован рак *in situ* (BI-RADS 5).

Клинический пример

Пациентка Л., 44 лет, скрининг проведен с применением цифрового томосинтеза (COMBO-режим). По данным стандартной маммографии определялся С тип плотности МЖ (ACR-C). Узловое образование заподозрено на границе верхних квадрантов правой железы (рис. 3, а). После проведения анализа томограмм правой молочной железы узловое образование не было выявлено (рис. 3, б). Заключение по данным томосинтеза BI-RADS 2. Для динамического наблюдения рекомендовано обследование через 1 год с применением цифрового томосинтеза в режиме COMBO.

Клинический пример

Пациентка З., 36 лет, с имплантатами МЖ. По данным стандартной маммографии визуализирован имплантат, узловое образование заподозрено в субареолярной зоне левой железы (рис. 4, а). После проведения анализа томограмм правой МЖ узловое образование не было выявлено (рис. 4, б). Заключение по данным томосинтеза BI-RADS 2. Для динамического наблюдения рекомендовано обследование через 1 год с применением цифрового томосинтеза в режиме COMBO.

Заключение

Цифровой рентгеновский томосинтез МЖ — перспективный метод визуализации для выявления патологических процессов, в том числе и рака и может быть применен в качестве скрининга у женщин группы риска с высокой маммографической плотностью. В последние годы было опубликовано целый ряд исследований, посвященных применению рентгеновского томосинтеза при скрининге РМЖ. В работах G. Mariscotti (2016), S. Zackrisson (2018), X.-A. Phi, A. Tagilifico (2018) показано,

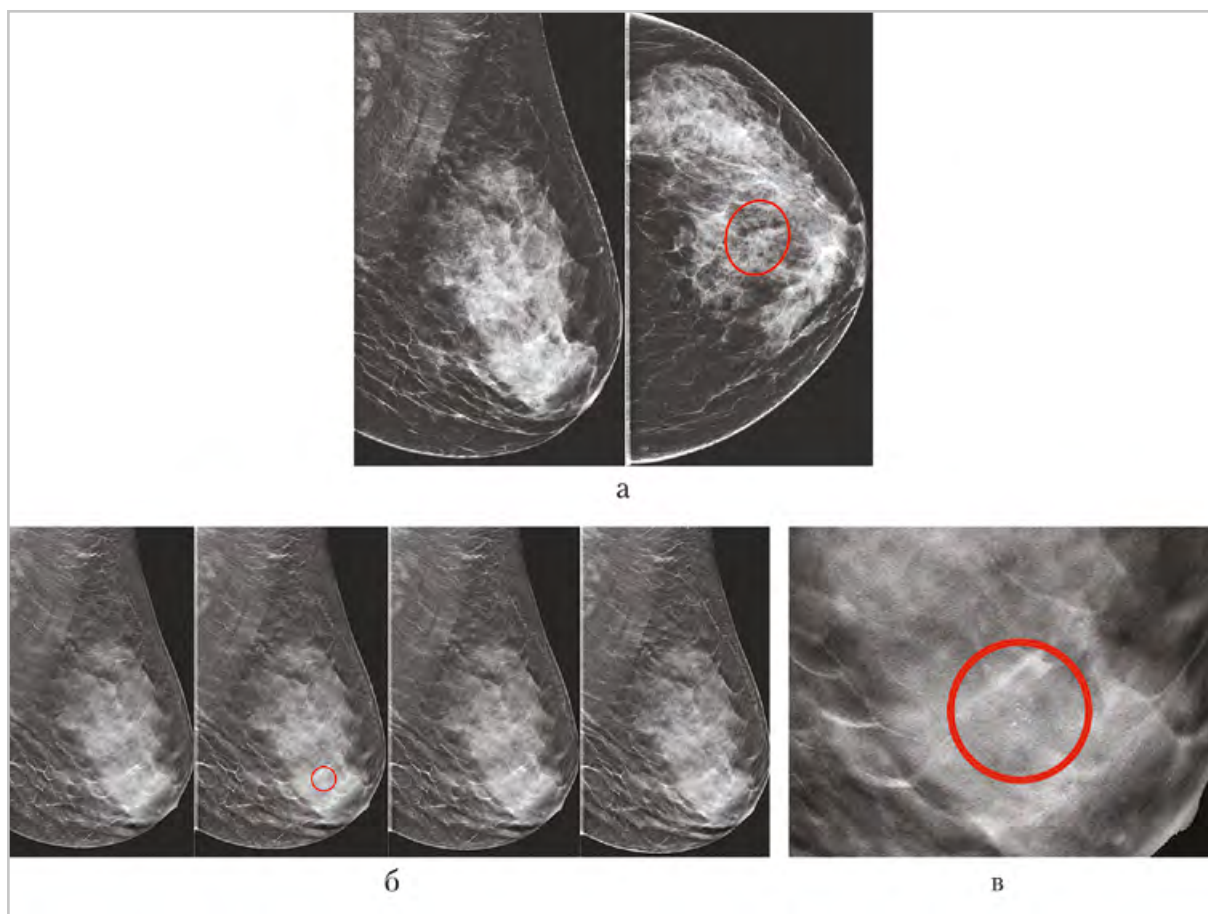


Рис. 2. Стандартные цифровые маммограммы и томограммы левой молочной железы пациентки Д., 38 лет: на стандартных маммограммах (а) узловое образование заподозрено на границе верхних квадрантов; на томограммах в косой и краниокаудальной проекциях (б) патологическое образование не выявлено; на увеличенном фрагменте томограммы в косой проекции (в) визуализирована группа микрокальцинатов

что рентгеновский томосинтез имеет большую чувствительность (от 81,1 до 95 %) у женщин с высокой маммографической плотностью, чем цифровая маммография, но специфичность и при этом не меняется [20, 29, 31]. Исследование эффективности цифрового томосинтеза свидетельствуют о его потенциальных преимуществах, в том числе увеличение

частоты выявления рака [23]. Это же показано и в наших исследованиях [1].

Представленные преимущества методики томосинтеза МЖ (А. Ю. Васильев, 2020):

- повышение диагностической точности при незначительном увеличении времени и эффективной дозы;

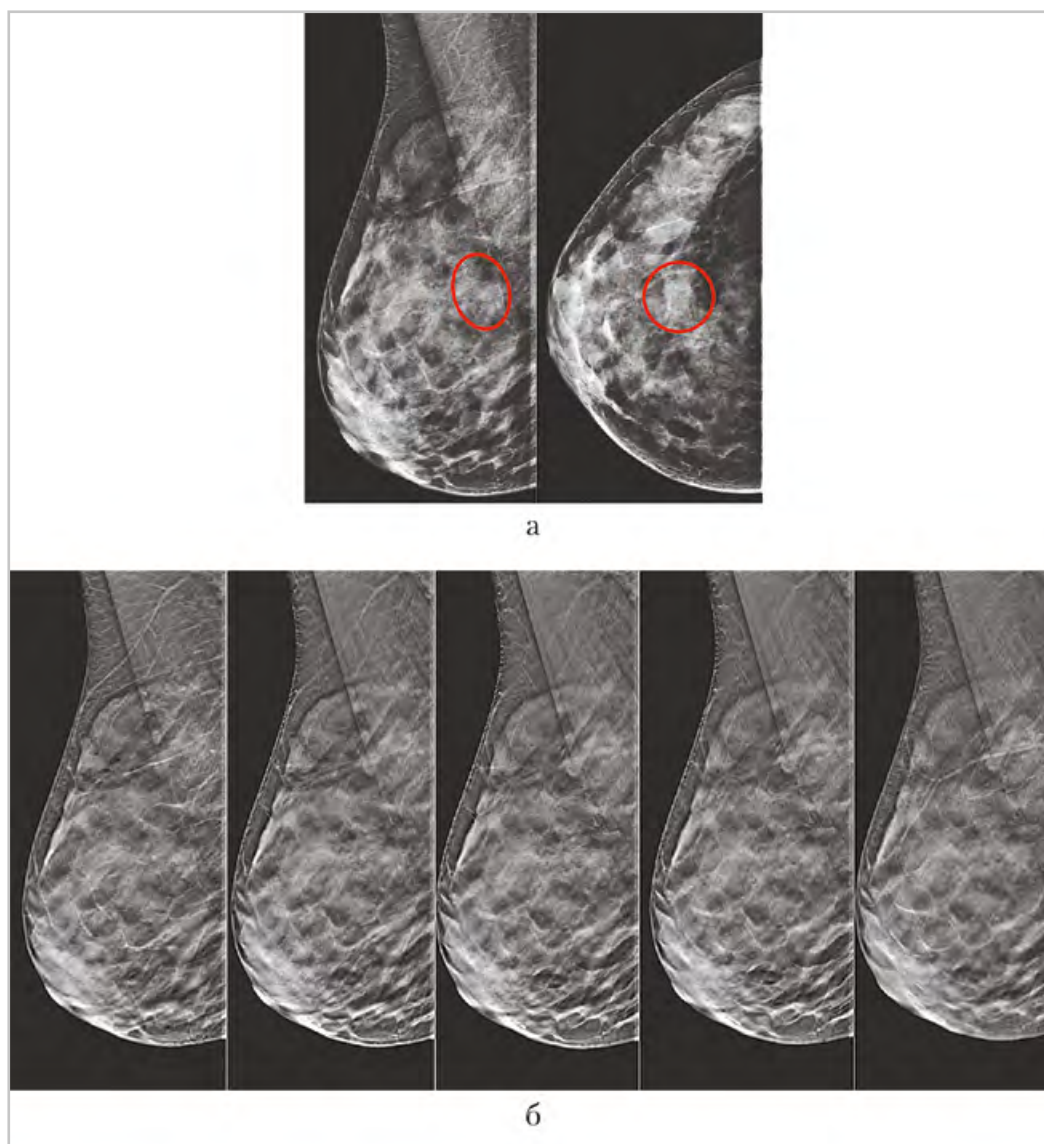


Рис. 3. Стандартные цифровые маммограммы правой молочной железы в косой и краниокаудальной проекциях, томограммы в косой проекции пациентки Л., 44 лет: на стандартных маммограммах (а) узловое образование заподозрено на границе верхних квадрантов; на томограммах в косой проекции (б) патологическое образование не выявлено

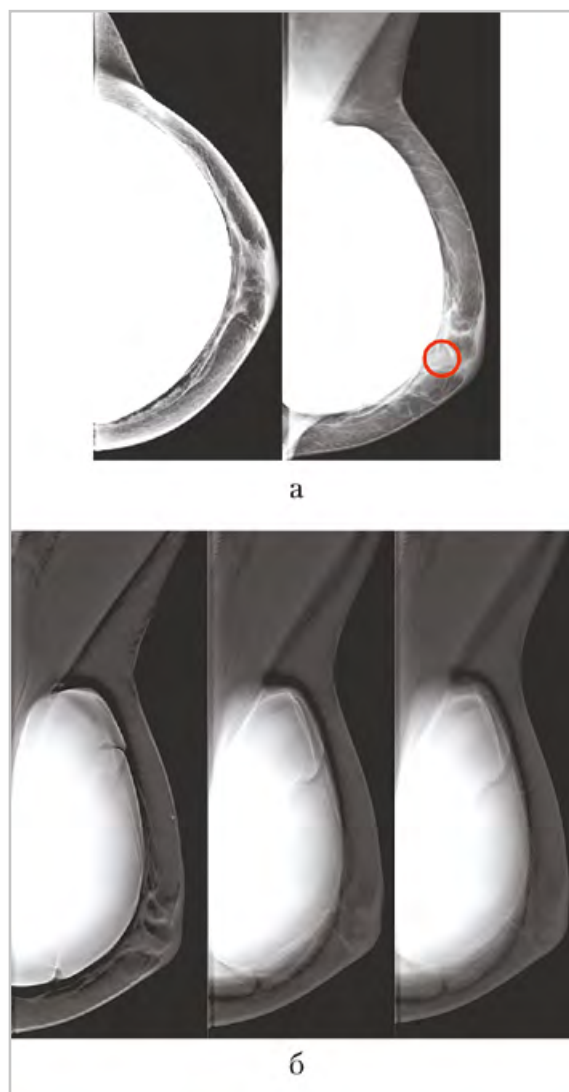


Рис. 4. Стандартные цифровые маммограммы левой молочной железы в косой и краниокаудальной проекциях, томограммы в косой проекции пациентки 3., 36 лет: на стандартных маммограммах узловое образование заподозрено в субареолярной зоне (а); на томограмме в косой проекции патологическое образование не выявлено (б)

- улучшение визуализации узловых образований;
- выявление образований, не определяемых при обзорной маммографии;
- уменьшение количества прицельных снимков, использование других методов лучевой диагностики, уменьшение количества диагностических пункционных биопсий дела-

ет эту методику предпочтительной не только в диагностических, но и скрининговых программах [4].

Таким образом, применение рентгеновского томосинтеза в персонализированном скрининге женщин с высоким риском рака, с рентгенологически плотной структурой ткани МЖ (ACR C, D), имплантированных МЖ, вполне оправданно. У женщин с плотным мам-

мографическим фоном (ACR C, D) более информативная методика томосинтеза может быть включена в алгоритм программы скрининга. Цифровой рентгеновский томосинтез — метод выбора в скрининге женщин с имплантатами МЖ.

Список литературы

1. Белоцерковцева Л. Д., Климова Н. В., Сарсебаева З. О. Возможности рентгеновского томосинтеза в диагностике заболеваний молочной железы в программе вспомогательных репродуктивных технологий // Вопросы гинекологии, акушерства и перинатологии. М.: Династия, 2017. № 4 (16). С. 13–16.
2. Беляев А. М., Туравилова Е. В. и др. Методические рекомендации по выполнению программы популяционного скрининга злокачественных новообразований молочной железы среди женского населения. М.: Министерство здравоохранения Российской Федерации, 2019. 40 с.
3. Васильев А. Ю., Павлова Т. В., Мануйлова О. О. Томосинтез в дифференциальной диагностике непальпируемых образований молочных желез. Учебное пособие. М.: «Московский Государственный Медико-стоматологический Университет им. А. И. Евдокимова», 2016. С. 24–25.
4. Васильев А. Ю. Томосинтез. М.: Икар, 2020. С. 30.
5. Захарова Н. А., Семиглазов В. Ф., Манухас Г. М. Клинические рекомендации РООМ по скринингу рака молочной железы. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2018. С. 18.
6. Морозов С. П. и др. Методические рекомендации «Организация программы популяционного скрининга злокачественных новообразований молочной железы среди женского населения. М., 2020. 15 с.
7. Национальное руководство по маммологии / Под ред. А. Д. Каприна, Н. И. Рожковой. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2016. С. 17.
8. Рожкова Н. И., Прокопенко С. П., Мазо М. Л. Диагностика и лечение рака молочной железы: что изменилось за 20 лет // Научно-практический журнал «Доктор. Ру. Гинекология. Эндокринология». 2018. № 2 (146). С. 35–40.
9. Состояние онкологической помощи населению России в 2017 году // под ред. А. Д. Каприна, В. В. Старинского, Г. В. Петровой. М.: МНИОИ им. П. А. Герцена, 2018. 236 с.
10. Сухих Г. Т., Ашрафян Л. А., Кузнецов И. Н. Ранняя диагностика основных локализаций рака органов репродуктивной системы у женщин: проблемы и перспективы // Научно-практический журнал «Доктор. Ру. Гинекология. Эндокринология». 2018. № 2 (146). С. 6–9.
11. Vaidya A. M., Chetlen A. L., Schetter S. E. Does a high-risk recommendation in mammography reports increase attendance at a breast cancer risk assessment clinic? // J. of the Am. Col. of Radiol. Elsevier. 2015. V. 12. P. 923–929.
12. Arti R. J., Kenny Q., Sam D. O., Phan T., Huynh M. D. Stereotactic breast biopsies: an update in the era of digital tomosynthesis. Radiol. 2018. № 47 (9). P. 17–20.
13. Chae E. Y., Kim H. H., Cha J. H., Shin H. J., Choi W. J. Detection and characterization of breast lesions in a selective diagnostic population: diagnostic accuracy study for comparison between one-view digital breast tomosynthesis and two-view full-field digital mammography // Radiol. 2016. № 89 (1062). P. 121.

14. *Gennaro G., Bernardi D., Houssami N.* Radiation dose with digital breast tomosynthesis compared to digital mammography: per-view analysis // *Eur. Radiol.* 2018. № 28 (2). P. 573–581.
15. *Houssami N.* Overdiagnosis of breast cancer in population screening: does it make breast screening worthless? // *Cancer Biol. Med.* 2017. № 14. P. 1–8.
16. *Keating N. L., Pace L. E.* New guidelines for breast cancer screening in US women // *JAMA.* 2015. № 314. P. 71.
17. *Kim W. H., Chang J. M., Koo H. R., Seo M., Bae M. S., Lee J. et al.* Impact of prior mammograms on combined reading of digital mammography and digital breast tomosynthesis // *Acta Radiol.* 2017. № 58 (2). P. 148–155.
18. *Yaghjian L. et al.* Mammographic breast density and subsequent risk of breast cancer in postmenopausal women according to tumor characteristics // *J. of the National Cancer Institute.* 2011. V. 103. P. 1179–1189.
19. *McKinlay J. B.* From promising report to standard procedure: seven stages in the career of a medical innovation. *The Milbank Mem. Fund Quarterly // Health and Society.* 1981. V. 59. № 3. P. 374–411.
20. *Mariscotti G., Durando M., Houssami N., Zuiani C., Martincich L., Londero V. et al.* Digital breast tomosynthesis as an adjunct to digital mammography for detecting and characterising invasive lobular cancer: a multi-reader study // *Clin. Radiol.* 2016. № 71(9). P. 889–895. DOI:10.1016/j.crad.2016.04.004.
21. *Engmann N. J., Golmakani M. K., Miglioretti D. L.* Population-attributable risk proportion of clinical risk factors for breast cancer // *JAMA Oncol.* 2017. № 3 (9). P. 1228–1237.
22. *Nazari S. S., Mukherjee P.* An overview of mammographic density and its association with breast cancer // *Breast Cancer.* 2018. № 25 (3). P. 259–267.
23. *Phi X. A., Tagliafico A., Houssami N. et al.* Digital breast tomosynthesis for breast cancer screening and diagnosis in women with dense breasts – a systematic review and meta-analysis // *BMC Cancer.* 2018. № 18 (1). P. 380.
24. *Sharma N., McMahon M., Haigh I. et al.* The potential impact of digital breast tomosynthesis on the benign biopsy rate in women recalled within the UK breast screening programme // *Radiol.* 2019. № 291. P. 310–317.
25. *Stephen A. Feig* Personalized screening for breast cancer: a wolf in sheep's clothing? // *Am. J. of Roentgenol.* 2015. № 205 (6). P. 1365–1371.
26. *Stone J., Dite G. S., Gunasekara A. et al.* The heritability of mammographically dense and nondense breast tissue // *Cancer Epidemiol. Biomarkers Prev.* 2006. V. 15 (4). P. 612–617.
27. *Schünemann H.J., Lerda D., Quinn C. et al.* For the European Commission Initiative on Breast Cancer (ECIBC) Contributor Group. Breast cancer screening and diagnosis: a synopsis of the European breast guidelines // *Ann. Intern. Med.* 2020. № 172. P. 46–56.
28. *Tagliafico A., Calabrese M., Bignotti B., Signori A., Fiscì E., Rossi F., Valdora F.* Accuracy and reading time for six strategies using digital breast tomosynthesis in women with mammographically negative dense breasts // *Eur. Radiol.* 2017. № 27 (12). P. 5179–5184.
29. *Tagliafico A. S., Francesca M., Giovanna D. et al.* An exploratory radiomics analysis on digital breast tomosynthesis in women with mammographically negative dense breasts // *Breast.* 2018. № 40. P. 92–96.
30. *Moon W. K., Chang J.-F., Lo Ch.-M. et al.* Quantitative breast density analysis using

tomosynthesis and comparison with MRI and digital mammography // *Computer Methods and Programs in Biomedicine*. 2018. № 154. P. 99–107.

31. *Zackrisson S., Lång K., Rosso A. et al.* One-view breast tomosynthesis versus two-view mammography in the Malm Breast Tomosynthesis Screening Trial (MBTST): a prospective, population-based, diagnostic accuracy study // *The Lancet Oncol.* 2018. № 19 (11). P. 1493–1503.

References

1. *Belocerkovceva L. D., Klimova N. V., Sarsebaeva Z. O.* Possibilities of X-ray tomosynthesis in the diagnosis of breast diseases in the program of assisted reproductive technologies. Moscow: Dinastija, 2017. No. 4 (16). P. 13–16 (in Russian).
2. *Beljaev A. M., Turavilova E. V. et al.* Methodical recommendations for the implementation of the population screening program for malignant neoplasms of the mammary gland among the female population. Moscow: Ministerstvo zdravoohraneniya Rossijskoj Federacii. 2019. P. 40 (in Russian).
3. *Vasil'ev A. Yu., Pavlova T. V., Manujlova O. O.* Tomosynthesis in the differential diagnosis of non-palpable mammary glands. Ucheb. posob. Moscow: «Moskovskij Gosudarstvennyj Mediko-stomatologicheskij Universitet im. A. I. Evdokimova». 2016. P. 24–25 (in Russian).
4. *Vasil'ev A. Yu.* Tomosynthesis. Moscow: Ikar, 2020. C. 30 (in Russian).
5. *Zaharova N. A.* Clinical guidelines of ROOM for breast cancer screening. N. A. Zaharova, V. F. Semiglazov, G. M. Manihas. Moscow: GEOTAR-Media. 2018. P. 18 (in Russian).
6. *Morozov S. P.* Metodicheskie rekomendacii «Organization of the program of population screening of malignant neoplasms of the mammary gland among the female population». Moscow, 2020. P. 15 (in Russian).
7. Nacional'noe rukovodstvo po mammologii. Pod red. A. D. Kaprina, N. I. Rozhkovoj. Moscow: GEOTAR-Media, 2016. P. 17. (in Russian).
8. *Rozhkova N. I., Prokopenko S. P., Mazo M. L.* Diagnosis and treatment of breast cancer: what has changed in 20 years. Scientific and practical journal «Doctor. RU. Ginekologija Jendokrinologija». 2018. No. 2 (146). P. 35–40 (in Russian).
9. The state of cancer care for the population of Russia in 2017. pod red. A. D. Kaprina, V. V. Starinskogo, G. V. Petrovoj. M.: MNIOI im. P. A. Gercena, 2018. P. 236 (in Russian).
10. *Suhij G. T., Ashrafjan L. A., Kuznecov I. N.* Early diagnosis of the main localizations of cancer of the reproductive system in women: problems and prospects. Nauchno-prakticheskij zhurnal «Doktor. Ru Ginekologija Jendokrinologija». No. 2 (146). 2018. P. 6–9 (in Russian).
11. *Vaidya A. M., Chetlen A. L., Schetter S. E.* Does a high-risk recommendation in mammography reports increase attendance at a breast cancer risk assessment clinic? *Journal of the American College of Radiology*. Elsevier. 2015. V. 12. P. 923–929.
12. *Arti R. J., Kenny Q. S., Phan T. H.* Stereotactic breast biopsies: an update in the era of digital tomosynthesis. *Radiol.* 2018. No. 47 (9). P. 17–20.
13. *Chae E. Y., Kim H. H., Cha J. H., Shin H. J., Choi W. J.* Detection and characterization of breast lesions in a selective diagnostic population: diagnostic accuracy study for comparison between one-view digital breast tomosynthesis and two-view full-

- field digital mammography. *Radiol.* 2016. No. 89 (1062). P. 121.
14. *Gennaro G., Bernardi D., Houssami N.* Radiation dose with digital breast tomosynthesis compared to digital mammography: per-view analysis. *Eur. Radiol.* 2018. No. 28 (2). P. 573–581.
 15. *Houssami N.* Overdiagnosis of breast cancer in population screening: does it make breast screening worthless? *Cancer Biol. Med.* 2017. No. 14. P. 1–8.
 16. *Keating N. L., Pace L. E.* New guidelines for breast cancer screening in US women. *JAMA.* 2015. No. 314. P. 71.
 17. *Kim W.H., Chang J.M., Koo H.R., Seo M., Bae M.S., Lee J. et al.* Impact of prior mammograms on combined reading of digital mammography and digital breast tomosynthesis. *Acta Radiol.* 2017. No. 58 (2). P. 148–155.
 18. *Yaghjian L. et al.* Mammographic breast density and subsequent risk of breast cancer in postmenopausal women according to tumor characteristics. *J. of the National Cancer Institute.* 2011. V. 103. P. 1179–1189.
 19. *McKinlay J. B.* From promising report to standard procedure: seven stages in the career of a medical innovation. *The Milbank Mem. Fund Quarterly. Health and Society.* 1981. V. 59. No. 3. P. 374–411.
 20. *Mariscotti G., Durando M., Houssami N., Zuiani C., Martincich L., Londero V. et al.* Digital breast tomosynthesis as an adjunct to digital mammography for detecting and characterising invasive lobular cancer: a multi-reader study. *Clin. Radiol.* 2016. No. 71 (9). P. 889–895. DOI:10.1016/j.crad.2016.04.004.
 21. *Engmann N. J., Golmakani M. K., Miglioretti D. L.* Population-attributable risk proportion of clinical risk factors for breast cancer. *JAMA Oncol.* 2017. No. 3 (9). P. 1228–1237.
 22. *Nazari S. S., Mukherjee P.* An overview of mammographic density and its association with breast cancer. *Breast Cancer.* 2018. No. 25 (3). P. 259–267.
 23. *Phi X. A., Tagliafico A., Houssami N., Greuter M. J. W., de Bock G. H.* Digital breast tomosynthesis for breast cancer screening and diagnosis in women with dense breasts — a systematic review and meta-analysis. *BMC Cancer.* 2018. No. 18 (1). P. 380.
 24. *Sharma N., McMahon M., Haigh I. et al.* The potential impact of digital breast tomosynthesis on the benign biopsy rate in women recalled within the UK breast screening programme. *Radiol.* 2019. No. 291. P. 310–317.
 25. *Stephen A. Feig* personalized screening for breast cancer: a wolf in sheep's clothing? *Am. J. of Roentgenology* 2015. No. 205 (6). P. 1365–1371.
 26. *Stone J., Dite G. S., Gunasekara A. et al.* The heritability of mammographically dense and nondense breast tissue. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev.* 2006. V. 15 (4). P. 612–617.
 27. *Schünemann H.J., Lerda D., Quinn C. et al.* For the European Commission Initiative on Breast Cancer (ECIBC) Contributor Group. Breast cancer screening and diagnosis: a synopsis of the European breast guidelines. *Ann. Intern. Med.* 2020. No. 172. P. 46–56.
 28. *Tagliafico A., Calabrese M., Bignotti B., Signori A., Fiscì E., Rossi F., Valdora F.* Accuracy and reading time for six strategies using digital breast tomosynthesis in women with mammographically negative dense breasts. *Eur. Radiol.* 2017. No. 27 (12). P. 5179–5184.
 29. *Tagliafico A. S., Francesca M., Giovanna D. et al.* An exploratory radiomics analysis on digital breast tomosynthesis in women with mammographically negative dense breasts. *Breast.* 2018. No. 40. P. 92–96.