

ВОЗМОЖНОСТИ ДВУХЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ КОНТРАСТНОЙ СПЕКТРАЛЬНОЙ МАММОГРАФИИ ПРИ КОМПЛЕКСНОЙ ЛУЧЕВОЙ ДИАГНОСТИКЕ РАКА МОЛОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ: ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

С.А. РАХМАНКУЛОВА^{1,2}, Н.А. КАБИЛДИНА¹, А.Б. САДУАКАСОВА², Ж.К. КАБИЛДИН¹

¹НАО «Карагандинский медицинский университет», Караганда, Республика Казахстан;

²РГП на ПХВ «Больница Медицинского центра Управления делами Президента РК», Астана, Республика Казахстан

АННОТАЦИЯ

Актуальность: Контрастная спектральная маммография (КСМ) представляет собой современную методику визуализации, сочетающую цифровую маммографию с внутривенным контрастированием на основе йода. Метод позволяет получать изображения, отражающие ангиогенез и васкуляризацию патологических очагов, тем самым потенциально повышая диагностическую точность при раке молочной железы (РМЖ). Заболеваемость и смертность от РМЖ среди женщин остаются на высоком уровне по всему миру, что определяет его актуальность. Несмотря на многообещающие результаты исследований, многие аспекты клинического применения КСМ требуют дальнейшего изучения. В частности, актуальным является сравнительная оценка диагностической ценности КСМ с другими лучевыми методами визуализации, как цифровой маммографии (ЦМ) и магнитно-резонансной томографии (МРТ).

Цель исследования – проанализировать диагностические возможности контрастной спектральной маммографии в сравнении с другими методами лучевой диагностики при раке молочной железы.

Методы: Произведен поиск и отбор статей, посвященных диагностике РМЖ, в базах данных PubMed, Web of Science, Scopus, Google Scholar за период с 2015 по 2025 года. Для написания данного обзора по всем ресурсам было найдено 107 литературных источников, из которых 30 были включены в представленный обзор.

Результаты: Исследования показывают, что КСМ является технически выполнимой процедурой и хорошо переносится пациентками. Метод позволяет визуализировать неоангиогенез опухоли, что делает его более информативным по сравнению с ЦМ. По чувствительности и специфичности КСМ сопоставима с МРТ, однако отличается большей доступностью и может применяться при наличии противопоказаний к МРТ.

Заключение: КСМ демонстрирует более высокую информативность по сравнению с традиционной ЦМ, особенно в случае высокой плотности тканей молочной железы. Благодаря которым, метод позволит уменьшить количество ложноположительных результатов и ограничить количество нежелательных инвазивных вмешательств. Своевременное выявление РМЖ на ранних стадиях существенно повышает шансы на успешное лечение, снижает риск метастазирования и улучшает показатели общей и безрецидивной выживаемости.

Ключевые слова: контрастная спектральная маммография (КСМ), цифровая маммография (ЦМ), магнитно-резонансная томография (МРТ), рак молочной железы (РМЖ).

Введение: Рак молочной железы (РМЖ) – это злокачественная опухоль, развивающаяся из эпителиальных клеток протоков и долек молочной железы. Характеризуется агрессивным ростом и вариативностью клинического течения, с инвазией в протоки и дольки. Основные факторы риска: стрессовая иммуносупрессия, наследственность, поздняя менопауза, гормональные факторы, ожирение, курение и алкоголизм [1]. На глобальном уровне РМЖ занимает лидирующие позиции как по числу выявленных случаев, так и по уровню смертности среди женщин и остается актуальной проблемой на сегодняшний день. Согласно данным GLOBOCAN (2022) в мире регистрируется более 2,3 миллиона новых случаев РМЖ среди обоих полов, унося из жизни 670 000 женщин в год. Заболевание стоит на первом месте среди причин рака в странах как с высокоразвитой, так и с переходной экономикой. В Казахстане ежегодно регистрируется около 5500 новых случаев и 1600 случаев смертности от РМЖ [2]. В свете

столь высоких показателей заболеваемости и летальности, особую значимость приобретает своевременная и ранняя диагностика, что требует совершенствования существующих методов визуализации [3].

Цель исследования – проанализировать диагностические возможности контрастной спектральной маммографии в сравнении с другими методами лучевой диагностики при раке молочной железы.

Материалы и методы: Для проведения данного обзора были рассмотрены и проанализированы литературные источники из баз данных PubMed, Web of Science, Scopus, Google Scholar опубликованные в период с 2015 по 2025 года. Основной целью было изучение эффективности и точности различных методов диагностики РМЖ. Поиск осуществлялся с использованием ключевых слов: контрастная спектральная маммография (КСМ), цифровая маммография (ЦМ), магнитно-резонансная томография (МРТ), рак молочной железы (РМЖ).

Анализ литературы проводился с учётом формальных критериев: типа публикации, уровня доказательности (по шкале GRADE), качества методологии, индексируемости источника в международных базах. Были применены следующие критерии:

Критерии включения: открытый доступ; полный текст; период; тип статьи: клиническое исследование, систематические обзоры, оригинальные статьи и метаанализы.

Критерии исключения: статьи без описания методологии или с неполными данными о группе пациен-

тов и применяемых методах диагностики; публикации без доступа к полному тексту; повторяющиеся публикации; источники на языках, отличных от русского и английского.

Для написания данного обзора по всем ресурсам было найдено 107 литературных источника, из которых 30 были включены в представленный обзор. Основные этапы поиска были выполнены в соответствии с руководящими принципами, установленными PRISMA, как показано на рисунке 1.



Рисунок 1 – Блок-схема выбора исследования PRISMA

Оценку качества включённых работ проводили по шкале Newcastle-Ottawa Scale (NOS), охватывающей три домена: отбор участников, сопоставимость групп и полноту представления исходов. Максимальная оценка составляла 9 баллов. Для оценки уверенности в доказательствах по ключевым диагностическим показателям использовали подход GRADE, учитывающий дизайн исследований, риск систематических ошибок, согласованность и точность результатов [4].

В 2022 году Объединённой комиссией по контролю качества медицинской помощи Министерства здравоохранения Республики Казахстан были утверждены клинические протоколы по диагностике и терапии РМЖ (Протокол №174) [5].

ЦМ – это рентгенологический неинвазивный метод визуализации МЖ, считающийся стандартом для скрининга и диагностики РМЖ. Национальная программа скрининга предполагает обследование женщин в возрасте от 40 до 70 лет с интервалом один раз в два года. Благодаря этому подходу уровень смертности удалось снизить на 15-25% [3,6]. Однако метод ограничен при визуализации молочных желёз с высокой плотностью ткани (ПТМЖ), что может снижать диагностическую чувствительность. Структура молочной железы определяется соотношением жировой и фиброгладу-

лярной ткани. Оценка ПТМЖ проводится по классификации Американского колледжа радиологии (ACR) [7]. Согласно системе BI-RADS, последняя редакция которой (5-е издание) применяется с 2013 года, выделяют следующие категории: ACR A – преимущественно жировая ткань (<25% фиброгладулярной); ACR B – умеренно плотная (25-50%); ACR C – неоднородно плотная (5-75%); ACR D – чрезвычайно плотная (>75%). Чувствительность ЦМ выявлении РМЖ снижается преимущественно при типах ACR C и D.

КСМ как инновационный метод визуализации молочной железы сочетает в себе стандартную ЦМ с режимами низкой (26-32 кэВ) и высокой (40-49 кэВ) энергии и внутривенным введением йодсодержащего контрастного вещества (ЙКВ). Это даёт возможность визуализировать патологические изменения, сопровождающиеся неоваскуляризацией, даже при ПТМЖ [8]. С момента внедрения КСМ в 2003 году [9] интерес к методу постоянно растёт. Тем не менее, наряду с преимуществами, существуют потенциальные риски, включая аллергические реакции (0,2-0,7%) и нефротоксичность, которые были описаны в исследованиях К. Coffey и соавт. (2022) [10]. Согласно метаанализу, частота побочных реакций сопоставима с компьютерной томографией – около 0,8%. Кроме того, суммарная доза облучения

при КСМ превышает таковую при ЦМ примерно в 1,5-1,8 раза [11]. Техника выполнения КСМ включает болюсное введение ЙКВ в дозе 1,5 мл/кг со скоростью 2,5 мл/с. Через 2 минуты после инъекции выполняется серия снимков в стандартных проекциях (СС и МЛО) для обеих МЖ. Использование низко- и высокоэнергетических рентгеновских лучей позволяет построить постконтрастные карты, отражающие зоны повышенного накопления ЙКВ. Проекция МЛО интересующей стороны делается последней, чтобы оценить скорость вымывания контраста. При необходимости возможны дополнительные проекции (боковые, увеличенные) [12]. L. Nicosia и соавт. продемонстрировали, что КСМ обладает более высокой чувствительностью и специфичностью в диагностике РМЖ, особенно у женщин с ПТМЖ [13]. Результаты систематического обзора, проведенного T. Tagliafico с соавт., включающего ретроспективные и проспективные исследования, подтвердили высокую диагностическую эффективность метода: чувствительность КСМ достигает 98% [14].

Для точной диагностики, помимо вышеуказанных диагностических методик, используют магнитно-резонансную томографию (МРТ). Для выполнения исследования нужны МРТ аппараты мощностью 1,5 Тесла и выше, которые обеспечивают более высокое пространственное и временное разрешение, что повышает диагностическую достоверность при выявлении патологических очагов. МРТ с использованием ЙКВ с содержанием гадолиния позволяет обнаруживать более агрессивные и инвазивные типы РМЖ. В сравнении с традиционными методами диагностики, МРТ имеет высокую чувствительность в обнаружении рака. Высокая чувствительность основана на том, что ни один рак не может вырасти более 2 мм в размере без образования кровеносных сосудов, которые обеспечивают доставку большого количества питательных веществ для роста опухоли. ЙКВ с содержанием гадолиния имеют относительно большие молекулы, которые легко проходят из сосудов и быстро накапливаются в стромах опухоли [15]. Стандартный протокол МРТ включает режимы T1 и T2 с подавлением сигнала от жировой ткани, динамическое контрастное усиление, диффузионно-взвешенные изображения, а также построение карт измеряемого коэффициента диффузии (Apparent Diffusion Coefficient) [16]. Высокая проницаемость сосудов при раке дает возможность быстрого накопления ЙКВ в опухоли и приводит к быстрому вымыванию ЙКВ из очага, что помогает лучше визуализировать патологические участки усиления и дифференцировать злокачественные и доброкачественные опухоли [17]. Согласно рекомендации Европейского общества визуализации молочной железы (European Society of Breast Imaging, EUSOBI) [18], МРТ применяется, когда результаты стандартной визуализации неубедительны и необходимо исключить злокачественную опухоль, для определения предоперационного стадирования и определения точного размера опухоли. Размер опухоли инвазивной карциномы на МРТ соответствует фактическому размеру опухоли в послеоперационном материале. Кроме того, в 25% случаев опухоль является мультифокальной (один или несколько очагов расположены в одном квадранте МЖ) и в 20% случаев

ев – мультицентричной (один или несколько инвазивных очагов расположены на расстоянии более 4 см от первичной опухоли). Неправильная оценка размера и неспособность обнаружить дополнительные очаги распространения, могут привести к положительным краям резекции после операции или раннему рецидиву. Еще одним преимуществом МРТ является выявление синхронного поражения МЖ, которое встречается примерно у 3% всех пациентов с РМЖ [19]. Синхронные контралатеральные поражения скрыты на ЦМ и не выявляются примерно в 75% случаев. МРТ имеет ряд недостатков, основным из которых является высокая стоимость и наличие противопоказаний у пациентов с металлическими имплантами в организме, кардиостимуляторы, аллергия на ЙКВ с содержанием гадолиния и клаустрофобия, что ограничивает широкое применение МРТ при исследовании МЖ.

Результаты: КСМ обладает высокой чувствительностью (90-95%) и специфичностью (85-90%), особенно при выявлении рака в ПТМЖ. M. Mori и соавт. провели исследование, сравнивающее диагностическую эффективность КСМ и ЦМ при ПТМЖ. В этом исследовании КСМ показал чувствительность 86,2%, специфичность 94,2% и диагностическую точность 90,9%. При этом ЦМ показала низкую чувствительность 53,4%, специфичность 85,9% и диагностическую точность 72,7% [20]. M. Helal и соавт. продемонстрировали дополнительное преимущество КСМ: их исследование показало, что метод позволяет эффективно дифференцировать рецидивы РМЖ после хирургического вмешательства. Чувствительность КСМ при выявлении рецидива РМЖ в зоне послеоперационного рубца составила 91,2%, а положительная прогностическая ценность – 77,5%. Из общего числа обследованных, у 48,6% был выявлен рецидив в послеоперационном периоде [21]. При проведении КСМ можно определить качественные характеристики РМЖ, такие как степень накопления ЙКВ (отсутствие, слабое, умеренное и выраженное). В зависимости от типа накопления в патологическом очаге (лакунарный, облаковидный, диффузно-сферический, точечный, сетчатый, хлопковидный, кольцевидный, неоднородно-кольцевидный) можно проводить дифференциальную диагностику между доброкачественными и злокачественными новообразованиями в МЖ [22].

S. Weigel и соавторы выполнили систематический анализ проспективных исследований, в котором сопоставляли КСМ и ЦМ у женщин с различной степенью ПТМЖ. Согласно их данным, чувствительность ЦМ по мере увеличения плотности снижалась: от 100% при ACR A до 50% при ACR D. Чувствительность ЦМ по общей выборке составила 79,9%. В исследование были включены 438 пациенток, из которых у 154 подтвердились злокачественные образования, а у 284 – доброкачественные. При сравнении диагностических характеристик у женщин с высокой ПТМЖ (ACR C и D), КСМ демонстрировала лучшие результаты: чувствительность – 96,8%, специфичность – 93,3%, точность – 94,5%, по сравнению с ЦМ, где соответствующие показатели составили 85,7%, 87,3% и 86,8% [23].

Магнитно-резонансная томография (МРТ) с контрастным усилением позволяет выявлять опухолевые образования, остающиеся недоступными для визуализации

зации при ЦМ. В пилотном исследовании, проведенном М. Jochelson и соавт. (2023), оценивались диагностические возможности КСМ и МРТ в условиях скрининга у 307 женщин с умеренным и высоким риском развития РМЖ. Все участницы прошли как КСМ, так и МРТ и находились под наблюдением в течение двух лет. На первом этапе скрининга было выявлено три случая злокачественных новообразований: два инвазивных рака были диагностированы как при КСМ, так и при МРТ, тогда как один случай протоковой карциномы *in situ* был обнаружен только при МРТ. Ни один из этих случаев не был выявлен на маммограммах низкоэнергетического режима КСМ, также не зафиксировано пальпируемых интервальных опухолей. При этом показатели специфичности КСМ и МРТ оказались сопоставимыми – 94,7% и 94,1%, соответственно [24, 25]. Благодаря применению контрастных веществ на основе гадолиния, МРТ позволяет проводить дифференциацию между доброкачественными и злокачественными процессами, оценивать анатомическую локализацию и степень распространённости опухоли, а также визуализировать лимфатические узлы с признаками метастатического поражения. Метод демонстрирует высокую эффективность в выявлении рецидивов заболевания после хирургического вмешательства и остаётся надёжным диагностическим инструментом даже в присутствии

силиконовых имплантов. МРТ также широко применяется при планировании объёма хирургического лечения и мониторинге эффективности лечения [26].

Для повышения надёжности и объективности анализа включённых в обзор наблюдательных и диагностических исследований проведена оценка качества по шкале NOS, которая охватывает три домена: отбор участников, сопоставимость групп и полноту исходов. Большинство работ набрали 7-9 баллов из 9 возможных, что свидетельствует об их высоком методологическом уровне.

Кроме того, для оценки уверенности в доказательствах по ключевым диагностическим характеристикам (чувствительность, специфичность, точность) использован подход GRADE, учитывающий дизайн исследования, риск смещения, непрямые доказательства, согласованность и точность. Так, в исследовании S. Weigel et al. чувствительность КСМ при плотной ткани составила 96,8% (при типах плотности ACR C-D). Данный уровень доказательств оценивается как высокий, поскольку исследование было проспективным, с низким риском систематических ошибок и высокой согласованностью показателей [23].

Для наглядности нами создана таблица, отражающая оценку качества включённых наблюдательных и диагностических исследований по шкале NOS (Таблица 1).

Таблица 1 – Оценка качества включённых исследований по шкале NOS

Исследование/Год	Тип исследования	Отбор (до 4+)	Сопоставимость (до 2+)	Исходы (до 3+)	Σ NOS	Качество
Mori et al. (2016) [20]	проспективное	++++	++	+++	9/9	Высокое
Helal et al. (2019) [21]	ретроспективное	+++	++	++	7/9	Умеренное-высокое
Weigel et al. (2022) [23]	проспективное	+++	++	++	7/9	Умеренное
Jochelson et al. (2023) [24]	пилотное когортное	+++	++	++	7/9	Умеренное
Hobbs et al. (2015) [29]	небольшое качественное	++	++	+	4/9	Низкое

КСМ в последние годы приобретает всё большее значение не только как диагностический метод, но и как инструмент для динамического наблюдения за пациентками с РМЖ в условиях системной терапии, включая неoadъювантную химиотерапию (НАХТ). Исследования показывают, что КСМ позволяет выявлять изменения васкуляризации опухоли, что может служить ранним маркером терапевтического ответа до появления морфологических признаков регресса [27]. Сравнительные проспективные исследования продемонстрировали сопоставимую эффективность КСМ и МРТ в оценке остаточной опухоли после НАХТ. При этом КСМ обладает преимуществами в виде меньшей стоимости, доступности и лучшей переносимости процедуры пациентками [28]. С точки зрения восприятия пациентками, КСМ также показывает положительные результаты. В исследовании М. Hobbs и соавт. с участием 49 женщин отмечено, что КСМ воспринимается комфортнее, чем МРТ. Пациенты сообщали о меньшем уровне тревожности, отсутствии шума, быстроте процедуры и лучшей переносимости в целом. Это делает метод особенно привлекательным для скрининга и повторных исследований, а также для пациенток с противопоказаниями к МРТ [29]. Таким образом, КСМ может рассматриваться как альтернатива МРТ при динамическом контроле эффективности лечения у пациенток,

получающих НАХТ, особенно в условиях ограниченного доступа к МРТ или наличия противопоказаний к её проведению.

Обсуждение: С момента внедрения КСМ в клиническую практику метод активно распространяется в ряде стран Европы, Азии и Северной Америки. Наибольшая частота применения метода отмечается во Франции, Италии, Германии, Великобритании, США, Китае и Южной Корее, где КСМ используется как дополнение или альтернатива МРТ при диагностике и мониторинге рака молочной железы. В Великобритании, согласно исследованию 2017 года, КСМ продемонстрировала сопоставимую результативность в скрининге женщин с плотной тканью молочной железы по сравнению с МРТ, при этом затраты на исследование оказались существенно ниже [30]. Несмотря на высокую диагностическую эффективность КСМ, также имеются ряд факторов, которые ограничивают её универсальное применение и требуют критического осмысления при интерпретации результатов. Во-первых, метод остаётся зависимым от качества выполнения исследования и опыта врача-рентгенолога. Интерпретация усиления контрастного вещества может варьировать, особенно при наличии послеоперационных рубцовых изменений, фиброза или доброкачественных пролиферативных процессов, что создаёт

риск ложноположительных результатов и гипердиагностики. КСМ представляет собой перспективный и клинически значимый метод визуализации, способный повысить точность диагностики РМЖ и улучшить

оптимизировать маршрутизацию пациенток. Для повышения наглядности в Таблице 2 представлена сравнительная характеристика современных методов визуализации при диагностике РМЖ.

Таблица 2 – Сравнительная характеристика методов визуализации РМЖ

Критерий	Цифровая маммография (ЦМ)	Контрастная спектральная маммография (КСМ)	Магнитно-резонансная томография (МРТ)
Доступность	Широко доступна, входит в скрининг	Доступна ограниченно, внедряется в клиники	Ограниченная, требуется оборудование $\geq 1,5$ Т
Чувствительность	53-80%, снижается при ACR C и D	86-98%, особенно при высокой ПТМЖ	90-100%, высокая даже при плотной ткани
Специфичность	85-90%	85-95%	85-95%
Влияние ПТМЖ	Снижается чувствительность метода и эффективность	Менее значимо, хорошо работает при ACR C-D	Независима от плотности тканей
Инвазивность	Неинвазивна	Инвазивна (введение йКВ)	Инвазивна (введение йКВ)
Излучение	Ионизирующее	Повышенная лучевая нагрузка	Нет ионизирующего излучения
Контрастное вещество	Не требуется	Йодсодержащее	Гадолиний
Противопоказания	Беременность	Аллергия на йод, почечная недостаточность	Металлические импланты, клаустрофобия, аллергия на йКВ
Обнаружение мультифокальности	Ограничено	Надёжно определяет мультифокальные/ мультицентричные формы	Надёжно определяет мультифокальные/ мультицентричные формы
Оценка рецидива после операции	Низкая информативность	Высокая чувствительность	Высокая чувствительность
Комфорт для пациента	Хорошая переносимость	Быстрее и комфортнее МРТ	Возможны дискомфорт, тревожность
Стоимость	Относительно низкая	Средняя	Высокая

Заключение: Проведённый анализ отечественных и зарубежных источников подтверждает, что КСМ обладает высокой диагностической ценностью и может служить эффективным дополнением к традиционным методам лучевой визуализации при РМЖ. Метод обеспечивает одновременную оценку морфологических и функциональных характеристик опухоли, в том числе визуализацию патологического неопластического неангиогенеза, что значительно расширяет диагностические возможности, особенно у женщин с ПТМЖ и повышенным риском развития РМЖ. КСМ отличается хорошей переносимостью, меньшей стоимостью и удобством выполнения, что делает её практически значимым инструментом для рутинного применения в клинической практике. Применение КСМ способствует повышению онкологической настороженности, снижению числа ложноположительных результатов и повышению эффективности лечебно-диагностических решений.

Список использованных источников:

1. Sun Y., Zhao Zh., Yang Zh., Xu F., Lu H., Zhu Zh., Shi W., Jiang J., Yao P., Zhu H. Risk factors and preventions of breast cancer // *Int. J. Biol. Sci.* – 2017. – Vol. 13 (11). – P. 1387-1397. <https://doi.org/10.7150/ijbs.21635>
2. International Agency for Research on Cancer. Kazakhstan: GLOBOCAN 2020 fact sheet [Electronic resource]. – Lyon: IARC, 2021. <https://gco.iarc.who.int/media/globocan/factsheets/populations/398-kazakhstan-fact-sheet.pdf> (дата обращения: 04.08.2025).
3. Ельшибаева Э., Смаилова К., Рахманкулова С., Мерзалимова А., Азатбек Ф. Контрастная спектральная двухэнергетическая маммография (CESM): инновационная технология в ранней диагностике рака молочной железы // *Вестник МЦУДПРК.* – 2023. – № 4 (93). – С. 111–115. [Elshibayeva E., Smailova K., Rakhmanculova S., Mergalimova A., Azatbek F. Kontrastnaya spektralnaya dvukhenergeticheskaya mammografiya (CESM): innovatsionnaya tekhnologiya v ranney diagnostike raka molochnoy zhelezy // *Vestnik MTsUDPRK.* – 2023. – № 4 (93). – С. 111–

115 (in Russ.)). [https://bmcudp.kz/upload/docs/VESTNIK%20%20\(95\).pdf](https://bmcudp.kz/upload/docs/VESTNIK%20%20(95).pdf)

4. Wells G., Shea B., O'Connell D., Peterson J., Welch V., Losos M., Tugwell P. The Newcastle–Ottawa Scale (NOS) for assessing the quality of non-randomised studies in meta-analyses [Electronic resource]. – Ottawa Hospital Research Institute. – 2014. http://www.ohri.ca/programs/clinical_epidemiology/oxford.asp (дата обращения: 04.08.2025).

5. Рак молочной железы: клинический протокол Республики Казахстан 2022. Одобрено Объединенной комиссией по качеству медицинских услуг МЗ РК от 21 ноября 2022 года, Протокол № 174 [Rak molochnoy zhelezy: klinicheskij protokol Respubliki Kazakhstan 2022. Odobren Ob"edinennoj komissiej po kachestvu medicinskix uslug MZ RK ot 21 noyabrya 2022 goda, Protokol № 174 (in Russ.)). <https://diseases.medelement.com/disease/рак-молочной-железы-кп-рк-2022/17464> (дата обращения: 04.08.2025).

6. Мусагулова А., Абенова Г., Маханбеткулова Д. Оценка эффективности программ скрининга рака молочной железы в Казахстане. // *Medicine, Science and Education.* – 2025. – № 1 (4). – С. 253–262 [Musagulova A., Abenova G., Makhambetkulova D. Otsenka effektivnosti programm skringinga raka molochnoy zhelezy v Kazakhstane // *Medicine, Science and Education.* – 2025. – № 1 (4). – С. 253–262 (in Russ.)). <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-effektivnosti-programm-skrininga-raka-molochnoy-zhelezy-v-kazakhstane>

7. Fowler E., Sellers T., Lu B., Heine J. Breast Imaging Reporting and Data System (BI-RADS) breast composition descriptors: automated measurement development for full field digital mammography // *J. Med. Phys.* – 2013. – Vol. 40 (11). – P.113502. <https://doi.org/10.1118/1.4824319>

8. Bhavika K., Lobbes M.B. Contrast enhanced spectral mammography: a review // *Semin. Ultrasound CT MR.* – 2018. – Vol. 39 (1). – P. 70-79. <https://doi.org/10.1053/j.sult.2017.08.005>

9. Lewin J.M., Patel B.K., Tanna A. Contrast-enhanced mammography: a scientific review // *J. Breast Imaging.* – 2020. – Vol. 2 (1). – P. 7-15. <https://doi.org/10.1093/jbi/wbz074>

10. Coffey K., Jochelson M.S. Contrast-enhanced mammography in breast cancer screening // *Eur. J. Radiol.* – 2022. – Vol. 156. – P.110513. <https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2022.110513>

11. Rudnicki W., Heinze S., Niemiec J., Kojas Z., Sas-Korczynska B., Hendrick E., Luczynska E. Correlation between quantitative

assessment of contrast enhancement in contrast-enhanced spectral mammography (CESM) and histopathology: preliminary results // *Eur. Radiol.* – 2019. – Vol. 29 (11). – P. 6220-6226. <https://doi.org/10.1007/s00330-019-06232-6>

12. Yang M.L., Bhimani C., Roth R., Germaine P. Contrast enhanced mammography: focus on frequently encountered benign and malignant diagnoses // *Cancer Imaging.* – 2023. – Vol. 23 (1). – P. 10. <https://doi.org/10.1186/s40644-023-00526-1>

13. Nicosia L., Bozzini A.C., Latronico A., Cassano E. Contrast-enhanced spectral mammography: importance of the assessment of breast tumor size // *Korean J. Radiol.* – 2021. – Vol. 22 (3). – P. 489-491. <https://doi.org/10.3348/kjr.2020.0611>

14. Tagliafico A.S., Bignotti B., Rossi F., Signori A., Sormani M., Valdora F., Calabrese M., Houssami N. Diagnostic performance of contrast-enhanced spectral mammography: systematic review and meta-analysis // *Breast.* – 2016. – Vol. 28. – P. 165-175. <https://doi.org/10.1016/j.breast.2016.04.008>

15. Mann R., Kuhl K., Moy L. Contrast-enhanced MRI for breast cancer screening // *J. Magn. Reson. Imaging.* – 2019. – Vol. 50 (2). – P. 377-390. <https://doi.org/10.1002/jmri.26654>

16. Серебрякова С.В., Труфанов Г.Е., Фокин В.А., Юхно Е.А. Магнитно-резонансная томография с контрастным усилением в дифференциальной диагностике узловых образований // *Визуализация в медицине.* – 2016. – № 1. – С. 10-21 [Serebryakova S.V., Trufanov G.E., Fokin V.A., Yukhno E.A. Magnitno-rezonansnaya tomografiya s kontrastnym usileniem v differentsial'noi diagnostike uzlovyykh obrazovaniy // *Vizualizatsiya v meditsine.* – 2016. – № 1. – С. 10-21 (in Russ.)]. <https://doi.org/10.18705/2311-4495-2016-3-5-82-94>

17. Mann R., Cho N., Moy L. Breast MRI: state of the art // *Radiology.* – 2019. – Vol. 292 (3). – P. 520-536. <https://doi.org/10.1148/radiol.2019182947>

18. Clauser P., Mann R., Athanasiou A., Prosch H., Pinker K., Dietzel M., Helbich T., Fuchsjäger M., Camps-Herrero J., Sardanelli F., Forrai G., Baltzer P. A survey by the European Society of Breast Imaging on the utilisation of breast MRI in clinical practice // *Eur. Radiol.* – 2018. – Vol. 28 (5). – P. 1909-1918. <https://doi.org/10.1007/s00330-017-5121-4>

19. Al Marwani M., Alamri N., Allebdi A. Synchronous bilateral breast cancer with different histology // *Radiol. Case Rep.* – 2023. – Vol. 18 (7). – P. 2491-2497. <https://doi.org/10.1016/j.radcr.2023.04.006>

20. Mori M., Akashi-Tanaka S., Suzuki S., Daniels M.I., Watanabe C., Hirose M., Nakamura S. Diagnostic accuracy of contrast-enhanced spectral mammography in comparison to conventional full-field digital mammography in women with dense breasts // *Breast Cancer (Tokyo, Japan).* – 2017. – Vol. 4 (1). – P. 104-110. <https://doi.org/10.1007/s12282-016-0681-8>

21. Helal M.H., Mansour S.M., Ahmed H.A., Abdel Ghany A.F., Kamel O.F., Elkholy N.G. The role of contrast-enhanced spectral mammography in the evaluation of postoperative breast cancer

// *Clin. Radiol.* – 2019. – Vol. 74 (10). – P. 771-781. <https://doi.org/10.1016/j.crad.2019.06.002>

22. Чёрная А.В., Новиков С.Н., Криворотко П.В., Ульянова Р.Х., Данилов В.В. Новые технологии при выявлении рака молочной железы – контрастная двухэнергетическая спектральная маммография // *Медицинская визуализация.* – 2019. – № 2. – С. 49-61 [Chyornaya A.V., Novikov S.N., Krivorotko P.V., Ulyanova R.Kh., Danilov V.V. Novye tekhnologii pri vyivlenii raka molochnoy zhelezy – kontrastnaya dvukhenergeticheskaya spektralnaya mamografiya // *Meditsinskaya vizualizatsiya.* – 2019. – № 2. – С. 49-61 (in Russ.)]. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-2019-2-49-61>

23. Weigel S., Heindel W., Heidrich J., Hense H.W., Heidinger O. Digital mammography screening: sensitivity of the programme dependent on breast density // *Eur. Radiol.* – 2017. – Vol. 27 (7). – P. 2744-2751. <https://doi.org/10.1007/s00330-016-4636-4>

24. Jochelson M.S., Dershaw D.D., Sung J.S., Heerdt A.S., Thornton C., Moskowitz C.S., Ferrara J., Morris E.A. Bilateral contrast-enhanced dual-energy digital mammography: feasibility and comparison with conventional digital mammography and MRI imaging in women with known breast carcinoma // *J. Radiol.* – 2023. – Vol. 266, №3. – P. 743-751. <https://doi.org/10.1148/radiol.12121084>

25. Peltecu G. Ductal carcinoma in situ – quo vadis? // *J. Chirurgia (Bucharest, Romania).* – 2021. – Vol. 116 (5). – P. 5-6. <https://doi.org/10.21614/chirurgia.116.5.suppl.s143>

26. Sung J.S., Stamler S., Brooks J., Kaplan J., Huang T., Dershaw D.D., Lee C.H., Morris E.A., Comstock C.E. Breast cancers detected at screening MR imaging and mammography in patients at high risk: method of detection reflects tumor histopathologic results // *Radiology.* – 2016. – Vol. 280 (3). – P. 716-722. <https://doi.org/10.1148/radiol.2016151419>

27. Cheung Y.C., Lin Y.C., Wan Y.L., Tsai H.P., Ueng Sh., Chen Sh. Diagnostic performance of dual-energy contrast-enhanced subtraction digital mammography for breast microcalcifications without associated mass // *Eur. Radiol.* – 2019. – Vol. 29 (6). – P. 3061-3070. <https://doi.org/10.1007/s00330-018-5914-4>

28. Kaiyin M., Lingling T., Leilei T., Wenjia L., Bin J. Head-to-head comparison of contrast-enhanced mammography and contrast-enhanced MRI for assessing pathological complete response to neoadjuvant therapy in patients with breast cancer: a meta-analysis // *Breast Cancer Res Treat.* – 2023. – Vol. 202 (1). – P. 1-9. <https://doi.org/10.1007/s10549-023-07034-7>

29. Hobbs M., Taylor B., Buzynski S., Peake E. Contrast-enhanced spectral mammography (CESM) and contrast enhanced MRI (CEMRI). Patient preferences and tolerance // *J. Med. Imaging Radiat. Oncol.* – 2015. – Vol. 59 (3). – P. 300-305. <https://doi.org/10.1111/1754-9485.12296>

30. Patel B.K., Gray R.J., Pockaj B.A. Potential cost savings of contrast-enhanced digital mammography // *Am. J. Roentgenol.* – 2017. – Vol. 208 (2). – P. 231-237. <https://doi.org/10.2214/AJR.16.16161>

АНДАТПА

СҮТ БЕЗІ ҚАТЕРЛІ ІСІГІНІҢ КЕШЕНДІ СӘУЛЕЛІК ДИАГНОСТИКАСЫНДАҒЫ ЕКІ ЭНЕРГИЯЛЫ КОНТРАСТТЫ СПЕКТРЛДЫ МАММОГРАФИЯНЫҢ МҮМКІНДІКТЕРІ: ӘДЕБИЕТКЕ ШОЛУ

С.А. Рахманқұлова^{1,2}, Н.А. Кабилдина¹, А.Б. Садуақасова², Ж.К. Кабилдин¹

¹«Қарағанды медициналық университеті» КЕАҚ, Қарағанды, Қазақстан Республикасы;

²«Қазақстан Республикасы Президенті Іс басқармасы Медициналық орталығының ауруханасы» ШЖҚ РМК, Астана, Қазақстан Республикасы

Өзектілігі: Контрасты спектральды маммография (КСМ) – бұл дәстүрлі маммография принциптерін йодты контрасты затты енгізумен біріктіретін инновациялық технология. Бұл патологиялық ошақтардың ангиогенезін және васкуляризациясын көрсететін суреттерді алуға мүмкіндік береді, бұл сүт безі қатерлі ісігін (СБКІ) диагностикалаудың сезімталдығы мен спецификалығын потенциалды түрде арттырады. СБКІ әлемдегі әйелдер арасында онкологиялық аурулар мен қатерлі ісіктер бойынша бірінші орында тұр және бүгінгі күнге дейін өзекті мәселе болып қала береді. Зерттеулердің көптеген нәтижелеріне қарамастан, КСМ клиникалық қолданысының аспектілері одан әрі зерттеуді қажет етеді. Атап айтқанда, цифрлық маммография (ЦМ) және сүт бездерінің магнитті-резонанстық томографиясы (МРТ) сияқты басқа да сәулелік әдістерімен салыстырғанда КСМ-ның диагностикалық құндылығын салыстырмалы бағалау өзекті болып табылады.

Зерттеу мақсаты – басқа сәулелік әдістермен салыстырғанда сүт безінің қатерлі ісігін диагностикалаудағы контрастты спектрльды маммографияның мүмкіндіктерін зерттеу.

Әдістері: СБҚІ диагностикасына арналған мақалаларды Pubmed, Web of Science, Scopus, Google scholar дерекқорларында 2015 жылдан 2025 жылға дейін іздеу және іріктеу жүргізілді. Осы шолуды жазу үшін барлық ресурстар бойынша 107 әдеби дереккөз табылды, оның 30-ы ұсынылған шолуға енгізілді.

Нәтижелері: Көптеген зерттеулердің нәтижелері бойынша КСМ-ның орындалуы оңай және пациенттер жақсы көтереді. Бұл әдіс ЦМ-дан артық, себебі ісіктің патологиялық неоваскуляризациясының болуы туралы ақпарат береді. МРТ-мен салыстырғанда, КСМ сезімталдығы мен спецификалығы бойынша ұқсас. Демек, КСМ сүт бездерін визуализациялаудың балама әдісі ретінде қолданылуы мүмкін, бұл ретте КСМ қолжетімдірек және МРТ қарсы көрсеткіштері бар пациенттерге жасалуы мүмкін.

Қорытынды: КСМ әдісінің сезімталдығы, спецификалығы және дәлдігі сүт безінің тығыздығының түріне және пациенттердің жасына қарамастан, ЦМ көрсеткіштерінен асып түседі. Осының арқасында бұл әдіс жасалған оң нәтижелердің санын азайтуға және қажетсіз инвазивті әдістердің санын шектеуге мүмкіндік береді. Қатерлі ісіктерді уақтылы анықтау сәтті емдеу мүмкіндігін едәуір арттырады және метастаздану қаупін төмендетеді.

Түйінді сөздер: контрастты спектральды маммография (КСМ), цифрлық маммография (ЦМ), магнитті-резонансты томография (МРТ), сүт безінің қатерлі ісігі (СБҚІ).

ABSTRACT

POSSIBILITIES OF DUAL-ENERGY CONTRAST SPECTRAL MAMMOGRAPHY IN COMPLEX RADIATION DIAGNOSIS OF BREAST CANCER: A LITERATURE REVIEW

S.A. Rakhmankulova^{1,2}, N.A. Kabildina¹, A.B. Saduakassova², Zh. K. Kabildin¹

¹Karaganda Medical University, Karaganda, the Republic of Kazakhstan;

²Hospital of the Medical Center of the Administration of the President of the Republic of Kazakhstan, Astana, the Republic of Kazakhstan

Relevance: Contrast spectral mammography (CSM) is an innovative technology that combines the principles of traditional digital mammography with intravenous administration of an iodine-containing contrast agent. This makes it possible to obtain images reflecting angiogenesis and vascularization of pathological foci, which potentially increases the sensitivity and specificity of breast cancer (BC) diagnosis. BC occupies the first place in the structure of cancer morbidity and mortality from cancer among the female population worldwide and remains an urgent problem today. Despite promising research results, many aspects of the clinical application of CSM require further study. In particular, it is relevant to compare the diagnostic value of CSM with other radiation imaging methods such as digital mammography (DM) and magnetic resonance imaging (MRI) of the mammary glands.

The study aimed to explore the diagnostic capacity of contrast spectral mammography in breast cancer detection compared to other radiation methods.

Methods: A search and selection of articles in the databases PubMed, Web of Science, Scopus, and Google Scholar from 2015 to 2025, devoted to the diagnosis of breast cancer. To write this review, 107 literary sources were found for all resources, of which 30 were included in the presented review.

Results: The results showed that CSM is easily performed and well tolerated by patients. The method is superior to DM because it provides information about the presence of pathological neoangiogenesis of the tumor. Compared to MRI, CSM is similar in sensitivity and specificity. Therefore, CSM can be used as an alternative method of breast imaging due to its higher accessibility and usability in patients with contraindications for MRI.

Conclusion: CSM exceeds the capacity of conventional DM, regardless of breast density. As a result, this method can reduce the number of false positive results and limit the number of unwanted invasive interventions. Early detection of BC significantly increases the chances of successful treatment, reduces the risk of metastasis, and improves overall and disease-free survival.

Keywords: contrast spectral mammography (CSM), digital mammography (DM), magnetic resonance imaging (MRI), breast cancer.

Прозрачность исследования: Авторы несут полную ответственность за содержание данной статьи.

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование: Авторы заявляют об отсутствии финансирования исследования.

Вклад авторов: вклад в концепцию, научный дизайн, создание научной статьи – все авторы; исполнение заявленного научного исследования – Рахманкулова С.А., Кабилдин Ж.К.; интерпретация заявленного научного исследования – Кабилдина Н.А., Садуакасова А.Б.

Сведения об авторах:

Рахманкулова С.А. (корреспондирующий автор) – врач рентгенолог высшей категории, докторант 1 курса по специальности «Медицина», НАО «Карагандинский медицинский университет», Караганда, Республика Казахстан, тел. +77759457722, e-mail: salta85.85@list.ru, ORCID: 0009-0005-6456-1418;

Кабилдина Н.А. – к.м.н., ассоциированный профессор, заведующая кафедрой «Онкологии и лучевой диагностики», НАО «Карагандинский медицинский университет», Караганда, Республика Казахстан, тел. +77015338259, e-mail: kabilidin@qmu.kz, ORCID: 0000-0002-5616-1829;

Садуакасова А.Б. – д.м.н., профессор, руководитель центра ядерной медицины, РГП «Больница Медицинского Центра Управления делами Президента РК» на ПХВ, Астана, Республика Казахстан, тел. +77019909993, e-mail: sadik.a73@mail.ru, ORCID: 0000-0001-7089-5696;

Кабилдин Ж.К. – студент 5 курса «Общая Медицина» НАО «Карагандинский медицинский университет», Караганда, Республика Казахстан, тел. +77780140707, e-mail: zhan.kabilidin@mail.ru, ORCID: 0009-0000-3814-733X.

Адрес для корреспонденции: Рахманкулова С.А., НАО «Карагандинский Медицинский Университет», ул. Н. Гоголя 40, Караганда 100000, Республика Казахстан.