

DOI: 10.21294/1814-4861-2021-20-4-99-107

УДК: 618.19-006.6-07

Для цитирования: Айнаулова А.С., Кайдарова Д.Р., Жолдыбай Ж.Ж., Иноземцева Н.И., Габдуллина М.О., Карибаев И.М. Возможности современных лучевых методов дополнительной визуализации молочных желез в скрининге рака молочной железы: обзор литературы. Сибирский онкологический журнал. 2021; 20(4): 99–107. – doi: 10.21294/1814-4861-2021-20-4-99-107

For citation: Ainakulova A.S., Kaidarova D.R., Zholdybai Zh.Zh., Inozemtseva N.I., Gabdullina M.O., Karibaev I.M. Role of modern imaging techniques in additional visualization of breast cancer: literature review. Siberian Journal of Oncology. 2021; 20(4): 99–107. – doi: 10.21294/1814-4861-2021-20-4-99-107

ВОЗМОЖНОСТИ СОВРЕМЕННЫХ ЛУЧЕВЫХ МЕТОДОВ ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ МОЛОЧНЫХ ЖЕЛЕЗ В СКРИНИНГЕ РАКА МОЛОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ: ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

А.С. Айнаулова^{1,2}, Д.Р. Кайдарова^{1,2}, Ж.Ж. Жолдыбай^{1,2},
Н.И. Иноземцева^{1,2}, М.О. Габдуллина¹, И.М. Карибаев¹

Казахский научно-исследовательский институт онкологии и радиологии, г. Алматы, Казахстан¹

Казахстан, 050000, г. Алматы, пр. Абая, 91. E-mail: kydyralievamadina28@gmail.com¹

Казахский национальный медицинский университет им. С.Д. Асфендиярова, г. Алматы, Казахстан²
Казахстан, 050012, г. Алматы, ул. Толе би, 94²

Аннотация

Актуальность. Рак молочной железы (РМЖ) занимает первое место в структуре онкологической заболеваемости женского населения во всем мире. Несмотря на успехи в его лечении, ранняя диагностика РМЖ ограничена возможностями скрининговой маммографии и зачастую требует дополнительной визуализации молочных желез. **Цель исследования** – обобщение и анализ имеющихся данных о современных лучевых методах дополнительной визуализации молочных желез, применяемых для усовершенствования скрининга РМЖ. **Материал и методы.** В обзор включены данные рандомизированных контролируемых исследований (РКИ) и метаанализов об эффективности лучевых методов визуализации молочных желез в ранней диагностике РМЖ, опубликованные за последние 7 лет. Поиск производился в системах Pubmed, Web of Science, Scopus, The Cochrane Library. Всего было найдено 100 литературных источников, посвященных анализу эффективности лучевых методов в скрининге РМЖ, из которых 51 использован в представленном обзоре. **Результаты.** Скрининг РМЖ с применением различных методов визуализации в мире проводится более 30 лет, и за последние 10 лет достигнут значительный прогресс в усовершенствовании рентгенологических, ультразвуковых и магнитно-резонансных технологий в ранней диагностике РМЖ. На данный момент перед организаторами здравоохранения стоит вопрос выбора вектора усовершенствования программы скрининга РМЖ путем внедрения цифрового томосинтеза, контрастной спектральной маммографии или ускоренной МРТ. Согласно текущим результатам анализа данных литературы, наиболее высокой чувствительностью обладают контрастная спектральная маммография и ускоренная МРТ, но исследования чувствительности, специфичности, положительного и отрицательного прогностических значений (PPV, NPV) продолжаются. **Заключение.** Представленные данные подтверждают актуальность поиска вектора усовершенствования программы скрининга РМЖ, для чего требуется еще больше многоцентровых проспективных исследований с целью определения оптимального метода улучшения программы скрининга РМЖ.

Ключевые слова: рак молочной железы, скрининг, ранняя диагностика, цифровая маммография, томосинтез, контрастная спектральная маммография, МРТ молочных желез.

ROLE OF MODERN IMAGING TECHNIQUES IN ADDITIONAL VIZUALISATION OF BREAST CANCER: LITERATURE REVIEW

A.S. Ainakulova^{1,2}, D.R. Kaidarova^{1,2}, Zh.Zh. Zholdybai^{1,2}, N.I. Inozemtseva^{1,2}, M.O. Gabdullina¹, I.M. Karibaev¹

Kazakh Research Institute of Oncology and Radiology, Almaty, Kazakhstan¹
91, Abai Ave., 050000, Almaty, Kazakhstan. E-mail: kydyralievamadina28@gmail.com¹
S.D. Asfendiyarov Kazakh National Medical University, Almaty, Kazakhstan²
94A, Tole bi str., 050012, Almaty, Kazakhstan²

Abstract

Background. Breast cancer is the most common cancer in women worldwide. Despite advances in treatment of breast cancer, early-stage breast cancer detection is limited by screening mammography and often requires additional breast imaging. **The purpose of the study** was to analyze available data on modern imaging techniques of additional breast visualization used for improving breast cancer screening. **Material and Methods.** The review includes data from randomized controlled trials and meta-analyses on the effectiveness of breast imaging techniques for early-stage breast cancer detection. The search was carried out in Pubmed, Web of Science, Scopus and Cochrane Library databases. Out of 100 publications published over the past 7 years, 51 were included in the presented review. **Results.** Breast cancer screening using various imaging techniques has been carried out in the world for more than 30 years, and over the past 10 years significant progress has been made in improving X-ray, ultrasound and magnetic resonance technologies in the early breast cancer detection. At present, healthcare organizers are faced with the question of choosing a vector for improving the breast cancer screening program by introducing digital tomosynthesis, contrast spectral mammography, or accelerated MRI. According to the current results of the analysis of literature data, contrast spectral mammography and accelerated MRI have the highest sensitivity, but studies of sensitivity, specificity, positive and negative predictive values (PPV, NPV) are ongoing. **Conclusion.** The data presented in the review confirm the necessity for finding the vector for improving the breast cancer screening program using multicenter prospective trials.

Key words: breast cancer, screening, early diagnosis, digital mammography, tomosynthesis, contrast spectral mammography, breast MRI.

Введение

Рак молочной железы (РМЖ) – ведущая причина смертности от рака среди женщин по всему миру. Благодаря широкому распространению современных методов лечения отмечается улучшение показателей выживаемости среди женщин с данным диагнозом. Несмотря на существенные успехи в лечении пациенток, ранняя диагностика этого заболевания остается серьезной проблемой.

В большинстве стран с целью ранней диагностики РМЖ разработаны скрининговые программы. Чаще всего в качестве методов обследования в программе скрининга РМЖ используются: клиническое обследование молочных желез и цифровая маммография (ЦМ). Результаты многочисленных рандомизированных контролируемых исследований свидетельствуют о снижении смертности благодаря скрининговой маммографии на 30 % [1]. Однако в настоящее время в медицинском сообществе обсуждаются способы повышения эффективности маммографического скрининга [2], так как маммография имеет свои ограничения: чувствительность метода значительно снижается у женщин с высокой плотностью молочных желез – до 50 % от исходных 79–85 % у женщин с жировой плотностью молочных желез [3, 4]. Около 20 %

женщин после ЦМ требуется дополнительная визуализация молочных желез [5] и биопсия, которая обладает низкой PPV (28,6 %), что, в свою очередь, приводит к повышенной лучевой нагрузке на организм женщины, высокому уровню тревожности пациенток и экономическим потерям для государства [6].

Эти ограничения часто становятся причиной игнорирования скрининга женщинами, что снижает эффективность всей программы [7, 8]. Главными требованиями к современной программе скрининга РМЖ являются высокая чувствительность и специфичность с высокой PPV, а также безопасность и широкая доступность программы.

Цель исследования – обобщение и анализ имеющихся данных о современных лучевых методах дополнительной визуализации молочных желез, применяемых для усовершенствования скрининга РМЖ.

Применение ультразвуковых методов визуализации молочных желез в скрининге РМЖ

Наиболее часто используемым дополнительным методом визуализации молочных желез в программе скрининга РМЖ является ультразвуковое

исследование (УЗИ). На первое место выступает этот метод у женщин с типом плотности молочных желез C-D [9, 10]. Это относительно недорогой, безопасный и широкодоступный метод. Чувствительность изолированного УЗИ в ранней диагностике РМЖ соответствует чувствительности цифровой маммографии [11].

В Американском колледже радиологов (ACR) проведено проспективное исследование, в которое включены 2637 женщин с высокой плотностью молочных желез, имевших нормальные результаты маммографии и, как минимум, один фактор риска развития РМЖ. По результатам УЗИ молочных желез биопсия была рекомендована 8 % женщин, из которых у 7,4 % гистологически подтвержден злокачественный процесс [12].

N. Ohuchi et al. в ходе рандомизированного контролируемого исследования (J-START) обследовали 72 998 женщин в возрасте от 40 до 49 лет. Установлено, что использование УЗИ в комплексе с ЦМ приводит к повышению чувствительности скрининговой программы, в то же время отмечается снижение показателей специфичности [13], что приводит к большему числу биопсий [14].

W.H. Kim et al. сравнили ультразвуковой метод визуализации молочных желез с цифровым томосинтезом (ЦТ) у 698 женщин с высокой плотностью молочных желез. Результаты исследования продемонстрировали, что УЗИ эффективнее, чем ЦТ, при исследовании женщин из группы высокого риска развития РМЖ [15]. А. Tagliafico et al. опубликовали промежуточные результаты текущего проспективного исследования (ASTOUND), в котором также проводилось сравнение этих двух методов визуализации молочных желез. Общее количество участников – 3231 человек, критериями включения в исследование были: плотные молочные железы и негативные результаты скрининговой маммографии. При УЗИ диагностировано 23 случая РМЖ, в то время как с помощью ЦТ выявлен 1 случай РМЖ. Таким образом, эффективность УЗИ на фоне плотных молочных желез в сравнении с ЦТ составила 7,1 на 1000 женщин против 4,0 на 1000 соответственно [16].

Рентгенологические методы визуализации молочных желез в скрининге РМЖ.

Цифровой томосинтез молочных желез в скрининге РМЖ

В последние два десятилетия с целью улучшения эффективности выявления РМЖ и персонализации лечения активно разрабатываются специальные рентгенологические технологии. Наиболее современной является ЦТ молочных желез. В США в 2011 г. метод был одобрен FDA для использования в качестве диагностического метода, а в 2016 г. – в качестве скринингового метода исследования [17].

ЦТ, подобно компьютерной томографии, производит серию низкодозированных снимков

молочной железы в различных проекциях с помощью вращающейся рентгеновской трубки. Затем изображения реконструируются с помощью специального программного обеспечения. Главным преимуществом ЦТ является устранение эффекта суперимпозиции ткани молочных желез, в результате чего улучшается визуализация всех структурных элементов, что позволяет дифференцировать нарушение архитектоники от объемных изменений и обнаруживать образования, не всегда видимые на маммограммах.

Важным преимуществом ЦТ является значительное уменьшение повторных исследований. E. McDonald et al. обследовали 25 000 женщин, из них 20,5 % после маммографии были приглашены на повторное исследование, в то время как после ЦТ повторное исследование потребовалось в 16,0 % случаев [18].

По данным проспективного исследования, проведенного P. Skaane et al., с участием 13 000 женщин, при использовании ЦТ выявляемость РМЖ составила 8,0 на 1000 обследованных, в то время как при использовании ЦМ эффективность выявления РМЖ равнялась 6,1 на 1000. Кроме того, отмечалось уменьшение числа ложноотрицательных результатов на 15 % [19]. В многоцентровом ретроспективном исследовании, наряду со значительным снижением повторных исследований, также показана аналогичная эффективность метода: частота обнаружения РМЖ с 4,2 на 1000 выросла до 5,4 на 1000 исследований [20]. Исключение составили 10 % женщин с плотностью молочных желез типа D [15].

В США ЦТ все чаще выступает в качестве основного метода скрининговой программы РМЖ благодаря высокой эффективности и снижению повторных исследований. Его ограничениями являются высокая себестоимость, времязатратность для врача, потребность в облачном хранилище данных и высокая лучевая нагрузка для пациента. К важным недостаткам ЦТ относится низкая эффективность выявления РМЖ у женщин с высокой плотностью молочных желез [21].

Рентгенологические методы визуализации молочных желез в скрининге РМЖ.

Контрастная спектральная маммография (КСМ) в скрининге РМЖ

Контрастная спектральная маммография – рентгенологический метод визуализации молочных желез с болюсным введением йодсодержащего контрастного вещества, позволяющий обнаружить гиперваскулярные очаги в молочных железах, ассоциированные с РМЖ. Техника проведения КСМ включает в себя внутривенное введение йодсодержащего контрастного вещества из расчета 1,2–1,5 мл/кг. Экспозиция производится через 2,5–3 мин после введения контраста. В течение 5 мин производится серия снимков в стандартных

краниокаудальных и медиолатеральных косых проекциях, с получением изображений низкой энергии, которые являются эквивалентом обычной маммограммы и изображений высокой энергии. Затем происходит автоматическая генерация двух типов изображения в единое изображение, которое отображает распределение контрастного вещества и васкуляризацию структурных элементов молочной железы [22–24]. Важной опцией для дифференциальной диагностики заболеваний молочных желез является возможность произвести отсроченные снимки, так как контрастное вещество сохраняется в ткани молочной железы до 10 мин.

По причине превосходства КСМ над цифровой маммографией (ЦМ) она используется в целях диагностики РМЖ у пациенток с клиническими симптомами злокачественного заболевания или неоднозначными результатами скрининговой маммографии. В 2014 г. опубликованы результаты клинического исследования с участием 113 женщин с неоднозначными результатами скрининговой маммографии. Метод КСМ показал 100 % чувствительность в выявлении РМЖ в сравнении с ЦМ, чувствительность которой составила 96,9 % [25]. В ходе ретроспективного анализа эффективности КСМ было проанализировано 426 историй болезни пациенток с РМЖ и 218 пациенток с доброкачественными образованиями молочных желез, подвергнутых КСМ. Результаты продемонстрировали высокую чувствительность КСМ в обеих группах. 85 % доброкачественных и 93 % злокачественных образований визуализировались на рекомбинантных изображениях, в то время как на маммограммах было выявлено 74,3 % доброкачественных и 89,6 % злокачественных образований [26].

Многие исследователи отметили значительные преимущества КСМ для исследования молочных желез высокой и очень высокой плотности. В многоцентровом клиническом исследовании метода КСМ у 70 женщин с плотными молочными железами и подозрительными изменениями на маммограммах F. Diekmann et al. выявили улучшение показателей чувствительности с 35 до 59 % [27]. Y. Cheung et al. проспективно сравнивали методы КСМ и ЦМ у 89 женщин со 100 различными установленными поражениями на фоне плотных молочных желез. Отмечено повышение чувствительности с 71,5 до 92,7 %, специфичности – с 51,8 до 67,9 % [28]. J. Sung et al. сравнивали КСМ и УЗИ в скрининговой программе РМЖ. Среди 250 пациенток со средним риском развития РМЖ было обнаружено 5 случаев РМЖ: один выявлен при помощи ЦМ, два – при помощи УЗИ, в то время как КСМ показала 100 % выявляемость [29], что говорит о высокой чувствительности метода. E. Klang et al. представили итоги ретроспективного сравнения КСМ и УЗИ: чувствительность КСМ была более чем в 2 раза выше (97 % против 40 %); показатели специфичности для КСМ составили 92 %, для УЗИ молочных желез – 8 % [30].

Учитывая высокую эффективность КСМ в диагностике РМЖ, было предложено включить этот метод в скрининговую программу РМЖ для пациенток высокого риска, имеющих противопоказания к ежегодной МРТ. Однако часть медицинского сообщества выступила против, аргументируя это часто развивающимися аллергическими реакциями на введение контрастного вещества. Поэтому предложенный алгоритм диагностики используется преимущественно в рамках исследовательских работ.

M. Jochelson et al. сравнивали диагностические возможности СМ, ЦМ и МРТ у 52 женщин с установленным диагнозом РМЖ. Эффективность методов составила 96, 81 и 96 % соответственно [31]. E. Fallenberg et al. провели похожее исследование этих диагностических методов среди 80 женщин с РМЖ в возрасте от 28 до 79 лет. ЦМ и КСМ были доступны во всех случаях, в отличие от МРТ: две участницы страдали клаустрофобией и имели противопоказания к ее проведению. Чувствительность КСМ составила 100 %, МРТ и ЦМ – 97,4 и 82,5 % соответственно [32].

Первое крупное проспективное исследование, сравнивающее применение КСМ, ЦМ и МРТ в скрининговой программе РМЖ, было проведено M. Jochelson et al. Было отобрано 307 женщин с высоким риском развития РМЖ, которые были обследованы с помощью КСМ и МРТ с интервалом в 30 дней. На изображениях низкой энергии (ЦМ) узловых образований ни в одном случае выявлено не было. С помощью МРТ и КСМ диагностировано 2 инвазивных дольковых рака. У одной пациентки по данным МРТ имелась зона повышенной гипervasкуляризации менее 1 см, которая не визуализировалась на КСМ. Спустя 9 мес на этом месте при КСМ был обнаружен протоковый рак *in situ* с новым инвазивным раком в контралатеральной железе. В период однолетнего наблюдения случаев интервального РМЖ не было выявлено, но 2 новых случая РМЖ зарегистрированы по результатам скрининга. Таким образом, специфичность КСМ оказалась не хуже специфичности МРТ молочных желез [33].

После публикации результатов этого исследования КСМ стала широко использоваться у женщин с высоким риском развития РМЖ, который коррелировал с семейным анамнезом; с плотностью молочных желез типа D; с предраковыми заболеваниями молочных желез; а также у пациенток, которым рекомендовано ежегодное МРТ, но страдающих тяжелой степенью клаустрофобии, аллергическими реакциями на гадолиний или имеющих металлические объекты в организме. Также растет число женщин, обеспокоенных отложениями гадолиния в головном мозге, в связи с чем они отдают предпочтение КСМ [34].

В 2017 г. на заседании Сообщества радиологов Северной Америки (RSNA) J. Sumkin et al.

представили результаты сравнения МРТ, КСМ и радионуклидных методов визуализации молочных желез. В исследовании приняли участие 79 женщин с РМЖ. Метод МРТ продемонстрировал большую чувствительность, чем КСМ, хотя имел значительно большее число ложноположительных результатов [35]. Следует отметить, что радионуклидные методы визуализации молочных желез не рекомендуются к применению Американским колледжем радиологии (ACR) ввиду высокой суммарной дозы ионизирующего излучения [36].

J. Sung et al. ретроспективно проанализировали эффективность скрининговой КСМ у 904 женщин. Большая часть участниц имели высокую плотность молочных желез (77 %) и практически каждая (90 %) – другие факторы риска, такие как отягощенный семейный анамнез или РМЖ в личном анамнезе. Среди них было обнаружено 14 случаев РМЖ, а частота выявления составила 15/1000 обследованных женщин, 43 % случаев диагностированы только благодаря КСМ [29].

C. Chou et al. провели сравнение методов визуализации молочных желез с контрастированием, основанных на выявлении гипervasкулярных очагов (МРТ, КСМ и ЦТ с контрастированием). В исследовании приняли участие 185 женщин с различными поражениями молочных желез категории оценок BI-RADS 4 и BI-RADS 5. В этой популяции насчитывалось 81 злокачественное новообразование и 144 доброкачественных образования. Результаты были следующими: МРТ, КСМ и ЦТ с контрастированием показали более высокую чувствительность, чем нативные изображения ЦМ и ЦТ. Не обнаружено существенной разницы между эффективностью МРТ молочных желез и КСМ [37]. Кроме того, КСМ и МРТ молочных желез обладают равной чувствительностью при оценке подозрительных микрокальцинатов [38].

Преимуществом КСМ является хорошая переносимость, все 49 опрошенных женщин отметили комфортность, быстроту и бесшумность КСМ по сравнению с МРТ [39]. В проспективном скрининговом исследовании 79 % женщин предпочитали КСМ, если были предупреждены об одинаковой чувствительности двух методов [40].

К недостаткам КСМ относится достаточно высокое ионизирующее излучение в сравнении с другими методами визуализации молочных желез: в зависимости от объема железистой ткани и технических характеристик аппарата диапазон дополнительной лучевой нагрузки может варьироваться от 20 до 80 % [41, 42]. Следует отметить, что эти значения укладываются в нормы стандартов безопасности и качества маммографии. Существует несколько ограничений для использования КСМ, самым значительным из них является возможность развития аллергической реакции на введение контрастного вещества. По данным M. Jochelson et al., у 1,3 % пациенток наблюдались умеренные

аллергические реакции [33]. I. Houben et al. сообщили о 5 (0,6 %) случаях развития незначительных аллергических реакций при выполнении 839 КСМ [43]. Важным методом профилактики аллергических реакций является тщательный сбор анамнеза. Почечная недостаточность у женщин пожилого возраста, у больных сахарным диабетом, миеломной болезнью или другими заболеваниями почек, также является ограничением для проведения КСМ и требует оценки функционального состояния почек перед исследованием.

МРТ молочных желез в скрининге РМЖ

МРТ молочных желез считается наиболее чувствительным методом (97 %) для диагностики РМЖ. Метод позволяет выявлять ранние формы РМЖ еще до формирования самого узла. Несмотря на высокую чувствительность МРТ, ее специфичность не выше, чем при ЦМ. В клиническом обзоре 18 064 скрининговых МР-томограмм и 7519 маммограмм женщин с высоким риском развития РМЖ выявлено, что раковые узлы, выявленные с помощью МРТ, относились к категории инвазивных, в то время как выявленные с помощью маммографии гистологически чаще соответствовали протоковому раку *in situ* [44].

В 2007 г. Американским онкологическим сообществом (ACS) предложен клинический протокол ежегодного МРТ-скрининга РМЖ для женщин из группы высокого риска. Однако не все подозрительные изменения, выявленные на МРТ, имели злокачественную природу [45]. Тем не менее применение ежегодного МРТ-скрининга РМЖ способствовало улучшению показателей выживаемости у носителей генетических мутаций [46, 47]. Ввиду высокой себестоимости метода, его времязатратности и недоступности для целевой группы в последние годы разрабатываются новые технологии МРТ.

Ускоренная МРТ – метод, предложенный для снижения себестоимости и времязатратности исследования за счет сокращения количества выполненных последовательностей сканирования: T1; T2-STIR и DWI. Эта методика впервые была использована C. Kuhl et al., которые в проспективном исследовании провели оценку эффективности скрининговой МРТ в трех последовательностях сканирования, что занимало 3 мин вместо 17 мин при стандартной процедуре. Выполнено 606 ускоренных МРТ у 443 женщин с промежуточным или повышенным риском развития РМЖ. Предварительное чтение изображений врачами заняло 28 с, чувствительность метода составила 100 %, специфичность – 94,3 %. Для чтения изображений одной последовательности потребовалось 2,8 с, чувствительность при этом составила 90,9 % при отрицательном прогностическом значении, равном 99,8 % [48]. При ретроспективном анализе 100 историй болезни пациенток с РМЖ, которым

проводилась ускоренная МРТ, более 95 % узлов визуализировались на T1 изображениях. Чувствительность ускоренной МРТ составила 100 % в тех случаях, когда имелись предыдущие исследования и анамнез заболевания [49]. Не выявлено разницы в эффективности выявления РМЖ между ускоренной и обычной МРТ у 568 женщин, при сокращении времени сканирования на 18,8 мин и интерпретации изображений – на 4,9 мин [50]. Ускоренная МРТ не уступает по эффективности полноценной МРТ молочных желез [51].

Заключение

Цифровой томосинтез и контрастная спектральная маммография – это усовершенствованные рентгенологические методы визуализации молочных желез, принципиально отличающиеся друг от друга. ЦТ основан на получении серии снимков под различным углом наклона рентгеновской трубки с последующим преобразованием их в трехмерное цифровое изображение, что позволяет минимизировать влияние окружающих тканей молочной железы. К существенным недостаткам ЦТ относится невысокая чувствительность метода при исследовании молочных желез высокой плотности, высокая себестоимость и высокое ионизирующее излучение.

Контрастная спектральная маммография основана на выявлении очагов гиперваскуляризации,

подобно МРТ. Предварительные результаты использования КСМ в скрининге РМЖ указывают на перспективность метода. Основным преимуществом КСМ является высокая чувствительность и специфичность метода, последняя выше, чем при МРТ. Еще одним достоинством КСМ считается относительно низкая стоимость метода. Однако относительно высокий риск аллергических реакций на введение йодсодержащего контрастного вещества и повышенное ионизирующее излучение представляют собой основные ограничения метода.

МРТ считается золотым стандартом в диагностике РМЖ, однако, несмотря на все преимущества, внедрение ускоренной МРТ в программу скрининга РМЖ является трудной задачей с учетом низкой доступности, ограничений метода (клаустрофобия, наличие металлических объектов в организме), отложения гадолиния в тканях и высокой себестоимости.

Таким образом, КСМ и МРТ обладают одинаково высокой чувствительностью. По специфичности из трех методов визуализации молочных желез лидирующую позицию занимает КСМ. Однако требуются дальнейшие многоцентровые проспективные исследования для определения оптимального метода для улучшения программы скрининга РМЖ.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. *Siu A.L.*; U.S. Preventive Services Task Force. Screening for Breast Cancer: U.S. Preventive Services Task Force Recommendation Statement. *Ann Intern Med.* 2016 Feb 16; 164(4): 279–96. doi: 10.7326/M15-2886.
2. *Oeffinger K.C., Fontham E.T., Etzioni R., Herzig A., Michaelson J.S., Shih Y.C., Walter L.C., Church T.R., Flowers C.R., LaMonte S.J., Wolf A.M., DeSantis C., Lortet-Tieulent J., Andrews K., Manassaram-Baptiste D., Saslow D., Smith R.A., Brawley O.W., Wender R.*; American Cancer Society. Breast Cancer Screening for Women at Average Risk: 2015 Guideline Update From the American Cancer Society. *JAMA.* 2015 Oct 20; 314(15): 1599–614. doi: 10.1001/jama.2015.12783.
3. *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; 27(7): 2744–51. doi: 10.1007/s00330-016-4636-4.
4. *Vourtsis A., Berg W.A.* Breast density implications and supplemental screening. *Eur Radiol.* 2019; 29(4): 1762–1777. doi: 10.1007/s00330-018-5668-8.
5. *Lehman C.D., Arao R.F., Sprague B.L., Lee J.M., Buist D.S., Kerklikowske K., Henderson L.M., Onega T., Tosteson A.N., Rauscher G.H., Miglioretti D.L.* National Performance Benchmarks for Modern Screening Digital Mammography: Update from the Breast Cancer Surveillance Consortium. *Radiology.* 2017 Apr; 283(1): 49–58. doi: 10.1148/radiol.2016161174.
6. *McDonald E.S., McCarthy A.M., Akhtar A.L., Synnestevedt M.B., Schnall M., Conant E.F.* Baseline Screening Mammography: Performance of Full-Field Digital Mammography Versus Digital Breast Tomosynthesis. *Am J Roentgenol.* 2015 Nov; 205(5): 1143–8. doi: 10.2214/AJR.15.14406.
7. *Niell B.L., Freer P.E., Weinfurter R.J., Arleo E.K., Drukteinis J.S.* Screening for Breast Cancer. *Radiol Clin North Am.* 2017 Nov; 55(6): 1145–1162. doi: 10.1016/j.rcl.2017.06.004.
8. *Bonneux L.* Advantages and disadvantages of breast cancer screening: time for evidence-based information. *Ned Tijdschr Geneesk.* 2009; 153: A887.
9. *Shen S., Zhou Y., Xu Y., Zhang B., Duan X., Huang R., Li B., Shi Y., Shao Z., Liao H., Jiang J., Shen N., Zhang J., Yu C., Jiang H., Li S., Han S., Ma J., Sun Q.* A multi-centre randomised trial comparing ultrasound vs mammography for screening breast cancer in high-risk Chinese women. *Br J Cancer.* 2015 Mar 17; 112(6): 998–1004. doi: 10.1038/bjc.2015.33.

10. *Rebolj M., Assi V., Brentnall A., Parmar D., Duffy S.W.* Addition of ultrasound to mammography in the case of dense breast tissue: systematic review and meta-analysis. *Br J Cancer.* 2018 ; 118(12): 1559–70. doi: 10.1038/s41416-018-0080-3.
11. *Berg W.A., Bandos A.I., Mendelson E.B., Lehrer D., Jong R.A., Pisano E.D.* Ultrasound as the Primary Screening Test for Breast Cancer: Analysis From ACRIN 6666. *J Natl Cancer Inst.* 2015 Dec 28; 108(4): djv367. doi: 10.1093/jnci/djv367.
12. *Weigert J.M.* The Connecticut Experiment; The Third Installment: 4 Years of Screening Women with Dense Breasts with Bilateral Ultrasound. *Breast J.* 2017 Jan; 23(1): 34–39. doi: 10.1111/tbj.12678.
13. *Ohuchi N., Suzuki A., Sobue T., Kawai M., Yamamoto S., Zheng Y.F., Shiono Y.N., Saito H., Kuriyama S., Tohno E., Endo T., Fukao A., Tsuji I., Yamaguchi T., Ohashi Y., Fukuda M., Ishida T.*; J-START investigator groups. Sensitivity and specificity of mammography and adjunctive ultrasonography to screen for breast cancer in the Japan Strategic Anti-cancer Randomized Trial (J-START): a randomised controlled trial. *Lancet.* 2016 Jan 23; 387(10016): 341–348. doi: 10.1016/S0140-6736(15)00774-6.
14. *Health Quality Ontario.* Ultrasound as an Adjunct to Mammography for Breast Cancer Screening: A Health Technology Assessment. *Ont Health Technol Assess Ser.* 2016 Jul 1; 16(15): 1–71.
15. *Kim W.H., Chang J.M., Lee J., Chu A.J., Seo M., Gweon H.M., Koo H.R., Lee S.H., Cho N., Bae M.S., Shin S.U., Song S.E., Moon W.K.* Diagnostic performance of tomosynthesis and breast ultrasonography in women with dense breasts: a prospective comparison study. *Breast Cancer Res Treat.* 2017 Feb; 162(1): 85–94. doi: 10.1007/s10549-017-4105-z.
16. *Tagliafico A.S., Calabrese M., Mariscotti G., Durando M., Tosto S., Monetti F., Aivaldi S., Bignotti B., Nori J., Bagni A., Signori A., Sormani M.P., Houssami N.* Adjunct Screening With Tomosynthesis or Ultrasound in Women With Mammography-Negative Dense Breasts: Interim Report of a Prospective Comparative Trial. *J Clin Oncol.* 2016 Jun 1; 34(16): 1882–1888. doi: 10.1200/JCO.2015.63.4147.
17. *US Food and Drug Administration, Department of Health and Human Services Digital Accreditation [Internet].* URL: <https://www.fda.gov/Radiation-EmittingProducts/MammographyQualityStandardsAccreditationProgram/FacilityCertificationandInspection/ucm114148.htm> (cited 26 December 2017).
18. *Rafferty E.A., Park J.M., Philpotts L.E., Poplack S.P., Sumkin J.H., Halpern E.F., Niklason L.T.* Assessing radiologist performance using combined digital mammography and breast tomosynthesis compared with

- digital mammography alone: results of a multicenter, multireader trial. *Radiology*. 2013 Jan; 266(1): 104–13. doi: 10.1148/radiol.12120674.
19. Skaane P, Bandos A.I., Gullien R., Eben E.B., Ekseth U., Haaknaasen U., Izadi M., Jepsen I.N., Jahr G., Krager M., Niklason L.T., Hofvind S., Gur D. Comparison of digital mammography alone and digital mammography plus tomosynthesis in a population-based screening program. *Radiology*. 2013 Apr; 267(1): 47–56. doi: 10.1148/radiol.12121373.
20. Friedewald S.M., Rafferty E.A., Rose S.L., Durand M.A., Plecha D.M., Greenberg J.S., Hayes M.K., Copit D.S., Carlson K.L., Cink T.M., Barke L.D., Greer L.N., Miller D.P., Conant E.F. Breast cancer screening using tomosynthesis in combination with digital mammography. *JAMA*. 2014 Jun 25; 311(24): 2499–507. doi: 10.1001/jama.2014.6095.
21. Vourtsis A., Berg W.A. Breast density implications and supplemental screening. *Eur Radiol*. 2019; 29(4): 1762–1777. doi: 10.1007/s00330-018-5668-8.
22. Lalji U.C., Jeukens C.R., Houben I., Nelemans P.J., van Engen R.E., van Wyliek E., Beets-Tan R.G., Wildberger J.E., Paulis L.E., Lobbes M.B. Evaluation of low-energy contrast-enhanced spectral mammography images by comparing them to full-field digital mammography using EUREF image quality criteria. *Eur Radiol*. 2015 Oct; 25(10): 2813–20. doi: 10.1007/s00330-015-3695-2.
23. Fallenberg E.M., Dromain C., Diekmann F., Renz D.M., Amer H., Ingold-Heppner B., Neumann A.U., Winzer K.J., Bick U., Hamm B., Engelken F. Contrast-enhanced spectral mammography: Does mammography provide additional clinical benefits or can some radiation exposure be avoided? *Breast Cancer Res Treat*. 2014; 146(2): 371–81. doi: 10.1007/s10549-014-3023-6.
24. Francescone M.A., Jochelson M.S., Dershaw D.D., Sung J.S., Hughes M.C., Zheng J., Moskowitz C., Morris E.A. Low energy mammogram obtained in contrast-enhanced digital mammography (CEDM) is comparable to routine full-field digital mammography (FFDM). *Eur J Radiol*. 2014 Aug; 83(8): 1350–5. doi: 10.1016/j.ejrad.2014.05.015.
25. Lobbes M.B., Lalji U., Houwers J., Nijssen E.C., Nelemans P.J., van Roozendaal L., Smidt M.L., Heuts E., Wildberger J.E. Contrast-enhanced spectral mammography in patients referred from the breast cancer screening programme. *Eur Radiol*. 2014; 24(7): 1668–76. doi: 10.1007/s00330-014-3154-5.
26. Travieso-Aja M.D.M., Maldonado-Saluzzi D., Naranjo-Santana P., Fernández-Ruiz C., Severino-Rondón W., Rodríguez Rodríguez M., Vega Benítez V., Pérez-Luzardo O. Diagnostic performance of contrast-enhanced dual-energy spectral mammography (CESM): a retrospective study involving 644 breast lesions. *Radiol Med*. 2019; 124(10): 1006–1017. doi: 10.1007/s11547-019-01056-2.
27. Diekmann F., Freyer M., Diekmann S., Fallenberg E.M., Fischer T., Bick U., Pöllinger A. Evaluation of contrast-enhanced digital mammography. *Eur J Radiol*. 2011 Apr; 78(1): 112–21. doi: 10.1016/j.ejrad.2009.10.002.
28. Cheung Y.C., Lin Y.C., Wan Y.L., Yeow K.M., Huang P.C., Lo Y.F., Tsai H.P., Ueng S.H., Chang C.J. Diagnostic performance of dual-energy contrast-enhanced subtracted mammography in dense breasts compared to mammography alone: interobserver blind-reading analysis. *Eur Radiol*. 2014 Oct; 24(10): 2394–403. doi: 10.1007/s00330-014-3271-1.
29. Sung J.S., Jochelson M.S., Lee C.H., Bernstein J.L., Reiner A.S., Morris E.A. SSJ01-05 comparison of contrast enhanced digital mammography and whole breast screening ultrasound for supplemental breast cancer screening. *RSNA*, Chicago, IL, 2016.
30. Klang E., Krosser A., Amitai M.M., Sorin V., Halshok Neiman O., Shalmon A., Gotlieb M., Sklair-Levy M. Utility of routine use of breast ultrasound following contrast-enhanced spectral mammography. *Clin Radiol*. 2018 Oct; 73(10): 908.e11–908.e16. doi: 10.1016/j.crad.2018.05.031.
31. 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 MR imaging in women with known breast carcinoma. *Radiology*. 2013 Mar; 266(3): 743–51. doi: 10.1148/radiol.12121084.
32. Fallenberg E.M., Dromain C., Diekmann F., Engelken F., Krohn M., Singh J.M., Ingold-Heppner B., Winzer K.J., Bick U., Renz D.M. Contrast-enhanced spectral mammography versus MRI: Initial results in the detection of breast cancer and assessment of tumour size. *Eur Radiol*. 2014 Jan; 24(1): 256–64. doi: 10.1007/s00330-013-3007-7.
33. Jochelson M.S., Pinker K., Dershaw D.D., Hughes M., Gibbons G.F., Rahbar K., Robson M.E., Mangino D.A., Goldman D., Moskowitz C.S., Morris E.A., Sung J.S. Comparison of screening CEDM and MRI for women at increased risk for breast cancer: A pilot study. *Eur J Radiol*. 2017 Dec; 97: 37–43. doi: 10.1016/j.ejrad.2017.10.001.
34. Sardanelli F., Fallenberg E.M., Clauser P., Trimboli R.M., Camps-Herrero J., Helbich T.H., Forrai G.; European Society of Breast Imaging (EUSOBI), with language review by Europa Donna–The European Breast Cancer Coalition. Mammography: an update of the EUSOBI recommendations on information for women. *Insights Imaging*. 2017; 8(1): 11–8. doi: 10.1007/s13244-016-0531-4.
35. Sumkin J.H., Berg W.A., Carter G.J., Bandos A.I., Chough D.M., Ganott M.A., Hakim C.M., Kelly A.E., Zuley M.L., Houshmand G., Anello M.I., Gur D. Diagnostic Performance of MRI, Molecular Breast Imaging, and Contrast-enhanced Mammography in Women with Newly Diagnosed Breast Cancer. *Radiology*. 2019 Dec; 293(3): 531–540. doi: 10.1148/radiol.2019190887.
36. Covington M.F., Rhodes D.J., Pizzitola V.J. Molecular Breast Imaging and the 2016 Update to the ACR Appropriateness Criteria for Breast Cancer Screening. *J Am Coll Radiol*. 2016; 13(12 Pt A): 1408. doi: 10.1016/j.jacr.2016.09.017.
37. Chou C.P., Lewin J.M., Chiang C.L., Hung B.H., Yang T.L., Huang J.S., Liao J.B., Pan H.B. Clinical evaluation of contrast-enhanced digital mammography and contrast enhanced tomosynthesis – Comparison to contrast-enhanced breast MRI. *Eur J Radiol*. 2015; 84(12): 2501–8. doi: 10.1016/j.ejrad.2015.09.019.
38. Cheung Y.C., Tsai H.P., Lo Y.F., Ueng S.H., Huang P.C., Chen S.C. Clinical utility of dual-energy contrast-enhanced spectral mammography for breast microcalcifications without associated mass: a preliminary analysis. *Eur Radiol*. 2016 Apr; 26(4): 1082–9. doi: 10.1007/s00330-015-3904-z.
39. Hobbs M.M., Taylor D.B., Buzynski S., Peake R.E. Contrast-enhanced spectral mammography (CESM) and contrast enhanced MRI (CEMRI): Patient preferences and tolerance. *J Med Imaging Radiat Oncol*. 2015 Jun; 59(3): 300–5. doi: 10.1111/1754-9485.12296.
40. Phillips J., Miller M.M., Mehta T.S., Fein-Zachary V., Nathanson A., Hori W., Monahan-Earley R., Slanetz P.J. Contrast-enhanced spectral mammography (CESM) versus MRI in the high-risk screening setting: patient preferences and attitudes. *Clin Imaging*. 2017; 42: 193–7. doi: 10.1016/j.clinimag.2016.12.011.
41. Jeukens C.R., Lalji U.C., Meijer E., Bakija B., Theunissen R., Wildberger J.E., Lobbes M.B. Radiation exposure of contrast-enhanced spectral mammography compared with full-field digital mammography. *Invest Radiol*. 2014 Oct; 49(10): 659–65. doi: 10.1097/RLL.0000000000000068.
42. James J.R., Pavlicek W., Hanson J.A., Boltz T.F., Patel B.K. Breast Radiation Dose With CESM Compared With 2D FFDM and 3D Tomosynthesis Mammography. *Am J Roentgenol*. 2017; 208(2): 362–72. doi: 10.2214/AJR.16.16743.
43. Houben I.P.L., Van de Voorde P., Jeukens C.R.L.P.N., Wildberger J.E., Kooreman L.F., Smidt M.L., Lobbes M.B.I. Contrast-enhanced spectral mammography as work-up tool in patients recalled from breast cancer screening has low risks and might hold clinical benefits. *Eur J Radiol*. 2017 Sep; 94: 31–37. doi: 10.1016/j.ejrad.2017.07.004.
44. 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 Sep; 280(3): 716–22. doi: 10.1148/radiol.2016151419.
45. Warner E., Hill K., Causer P., Plewes D., Jong R., Yaffe M., Foulkes W.D., Ghadirian P., Lynch H., Couch F., Wong J., Wright F., Sun P., Narod S.A. Prospective study of breast cancer incidence in women with a BRCA1 or BRCA2 mutation under surveillance with and without magnetic resonance imaging. *J Clin Oncol*. 2011; 29(13): 1664–9. doi: 10.1200/JCO.2009.27.0835.
46. Heijndijk E.A., Warner E., Gilbert F.J., Tilanus-Linthorst M.M., Evans G., Causer P.A., Eeles R.A., Kaas R., Draisma G., Ramsay E.A., Warren R.M., Hill K.A., Hoogerbrugge N., Wasser M.N., Bergers E., Oosterwijk J.C., Hoening M.J., Rutgers E.J., Klijn J.G., Plewes D.B., Leach M.O., de Koning H.J. Differences in natural history between breast cancers in BRCA1 and BRCA2 mutation carriers and effects of MRI screening-MRISC, MARIBS, and Canadian studies combined. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev*. 2012 Sep; 21(9): 1458–68. doi: 10.1158/1055-9965.EPI-11-1196.
47. Rijnshurger A.J., Obdeijn I.M., Kaas R., Tilanus-Linthorst M.M., Boetes C., Loo C.E., Wasser M.N., Bergers E., Kok T., Muller S.H., Peterse H., Tollenaar R.A., Hoogerbrugge N., Meijer S., Bartels C.C., Seynaeve C., Hoening M.J., Kriege M., Schmitz P.I., Oosterwijk J.C., de Koning H.J., Rutgers E.J., Klijn J.G. BRCA1-associated breast cancers present differently from BRCA2-associated and familial cases: long-term follow-up of the Dutch MRISC Screening Study. *J Clin Oncol*. 2010; 28(36): 5265–73. doi: 10.1200/JCO.2009.27.2294.
48. Kuhl C.K., Schrading S., Strobel K., Schild H.H., Hilgers R.D., Bieling H.B. Abbreviated breast magnetic resonance imaging (MRI): first postcontrast subtracted images and maximum-intensity projection—a novel approach to breast cancer screening with MRI. *J Clin Oncol*. 2014 Aug 1; 32(22): 2304–10. doi: 10.1200/JCO.2013.52.5386.
49. Mango V.L., Morris E.A., David Dershaw D., Abramson A., Fry C., Moskowitz C.S., Hughes M., Kaplan J., Jochelson M.S. Abbreviated protocol for breast MRI: are multiple sequences needed for cancer detection? *Eur J Radiol*. 2015 Jan; 84(1): 65–70. doi: 10.1016/j.ejrad.2014.10.004.

50. Harvey S.C., Di Carlo P.A., Lee B., Obadina E., Sippon D., Mullen L. An Abbreviated Protocol for High-Risk Screening Breast MRI Saves Time and Resources. *J Am Coll Radiol.* 2016 Nov; 13(11S): R74–R80. doi: 10.1016/j.jacr.2016.09.031.

51. van Zelst J.C.M., Vreemann S., Witt H.J., Gubern-Merida A., Dorrius M.D., Duvivier K., Lardenoije-Broker S., Lobbes M.B.I., Loo C.,

Veldhuis W., Veltman J., Drieling D., Karssemeijer N., Mann R.M. Multireader Study on the Diagnostic Accuracy of Ultrafast Breast Magnetic Resonance Imaging for Breast Cancer Screening. *Invest Radiol.* 2018 Oct; 53(10): 579–586. doi: 10.1097/RLI.0000000000000494.

Поступила/Received 15.05.2020
Принята в печать/Accepted 10.09.2020

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Айнакулова Акмарал Сериковна, кандидат медицинских наук, Казахский национальный медицинский университет им. С.Д. Асфендиярова; врач отделения лучевой диагностики, Казахский НИИ онкологии и радиологии (г. Алматы, Казахстан). SPIN-код: 8029-7094. AuthorID (РИНЦ): 1070516. ORCID: 0000-0003-1773-5145.

Кайдарова Дилара Радиковна, доктор медицинских наук, академик НАН РК; председатель правления АО «Казахский НИИ онкологии и радиологии» (г. Алматы, Казахстан). SPIN-код: 1534-7137. AuthorID (РИНЦ): 993287. ORCID: 0000-0002-0969-5983.

Жолдыбай Жамиля Жолдыбаевна, доктор медицинских наук, профессор, заведующая кафедрой визуальной диагностики, Казахский национальный медицинский университет им. С.Д. Асфендиярова; заведующая отделением лучевой диагностики, Казахский НИИ онкологии и радиологии (г. Алматы, Казахстан). Researcher ID (WOS): AAG-6647-2019. ORCID: 0000-0003-0553-9016.

Иноземцева Наталья Игоревна, врач отделения лучевой диагностики Казахского НИИ онкологии и радиологии (г. Алматы, Казахстан). SPIN-код: 7511-1059. AuthorID (РИНЦ): 1070824. ORCID: 0000-0003-0159-187X.

Габдуллина Мадина Оразайқызы, Казахский НИИ онкологии и радиологии (г. Алматы, Казахстан). SPIN-код: 3437-2301. Researcher ID (WOS): AAN-4070-2020. AuthorID (РИНЦ): 1070226. ORCID: 0000-0003-4993-4747.

Карибаев Ильяс Мейржанулы, Казахский НИИ онкологии и радиологии (г. Алматы, Казахстан). SPIN-код: 9283-1754. AuthorID (РИНЦ): 1070259. ORCID: 0000-0002-2280-2886.

ВКЛАД АВТОРОВ

Айнакулова Акмарал Сериковна: разработка концепции научной работы, анализ статистических данных, обзор литературы, написание черновика рукописи.

Кайдарова Дилара Радиковна: рецензирование, окончательное утверждение рукописи для публикации.

Жолдыбай Жамиля Жолдыбаевна: рецензирование, анализ научной работы, критический пересмотр с внесением ценного интеллектуального содержания, окончательное утверждение рукописи для публикации.

Иноземцева Наталья Игоревна: анализ научной работы, критический пересмотр с внесением ценного интеллектуального содержания.

Габдуллина Мадина Оразайқызы: статистическая обработка, обзор публикаций по теме статьи, составления черновика рукописи.

Карибаев Ильяс Мейржанулы: статистическая обработка.

Финансирование

Это исследование не потребовало дополнительного финансирования.

Конфликт интересов

Авторы объявляют, что у них нет конфликта интересов.

ABOUT THE AUTHORS

Akmaral S. Ainakulova, MD, PhD, Asfendiyarov Kazakh National Medical University, Kazakh Institute of Oncology and Radiology (Almaty, Kazakhstan). ORCID: 0000-0003-1773-5145.

Dilyara R. Kaidarova, MD, Professor, Member of the National Academy of Science of the Republic of Kazakhstan; Chairman of the Board of JSC «Kazakh Institute of Oncology and Radiology» (Almaty, Kazakhstan). ORCID: 0000-0002-0969-5983.

Zhamilya Zh. Zholdybai, MD, Professor, Head of Diagnostic Imaging Department, Asfendiyarov Kazakh National Medical University, Kazakh Institute of Oncology and Radiology (Almaty, Kazakhstan). Researcher ID (WOS): AAG-6647-2019. ORCID: 0000-0003-0553-9016.

Natalya I. Inozemtseva, MD, Diagnostic Imaging Department, Kazakh Institute of Oncology and Radiology (Almaty, Kazakhstan). ORCID: 0000-0003-0159-187X.

Madina O. Gabdullina, Kazakh Institute of Oncology and Radiology (Almaty, Kazakhstan). Researcher ID (WOS): AAN-4070-2020. ORCID: 0000-0003-4993-4747.

Ilyas M. Karibayev, Kazakh Institute of Oncology and Radiology (Almaty, Kazakhstan). ORCID: 0000-0002-2280-2886.

AUTHOR CONTRIBUTION

Akmaral S. Ainakulova: study conception, analysis of statistical data, literature review, drafting of the manuscript.

Dilyara R. Kaidarova: peer review, final approval of the version of the manuscript for publication.

Zhamilya Zh. Zholdybai: peer review, research supervision, critical revision of manuscript for important intellectual content, final approval of the version of the manuscript for publication.

Natalya I. Inozemtceva: research supervision, critical revision of manuscript for important intellectual content.

Madina O. Gabdullina: statistical analysis, review of publications, writing of the manuscript.

Ильяс М. Карибайев: statistical analysis.

Funding

This study required no additional funding.

Conflict of interest

The authors declare that they have no conflict of interest.