



ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ

Оригинальная статья
УДК 616-006.04
<https://doi.org/10.52560/2713-0118-2023-3-11-23>

Контрастная спектральная двухэнергетическая маммография – метод выбора в диагностике рака молочной железы у молодых женщин

А. В. Чёрная¹, Р. Х. Ульянова², С. С. Багненко³,
П. В. Криворотько⁴, С. Н. Новиков⁵, А. Н. Зайцев⁶

^{1,3,4,5,6} Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр онкологии имени Н. Н. Петрова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Санкт-Петербург, Россия

¹ Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр имени В. А. Алмазова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Санкт-Петербург, Россия

² Санкт-Петербургский государственный университет, Клиника высоких медицинских технологий им. Н. И. Пирогова, г. Санкт-Петербург, Россия

³ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Санкт-Петербург, Россия

¹ dr.chernaya@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-7975-3165>

² ulyanovaroksana@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0001-9007-5900>

³ bagnenko_ss@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-4131-6293>

⁴ dr.krivorotko@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-4898-9159>

⁵ krokon@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-7185-1967>

⁶ zansp@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-7428-2106>

Автор, ответственный за переписку: Антонина Викторовна Чёрная, dr.chernaya@mail.ru

Резюме

Рак молочной железы (РМЖ) у молодых женщин — это рак, развившийся у женщин до 40 лет. Нами была поставлена цель сравнить общую диагностическую эффективность контрастной спектральной двухэнергетической маммографии (CESM) и цифровой маммографии (ЦМГ) в выявлении РМЖ у женщин моложе 40 лет. В исследуемую группу были включены 75 пациенток.

© Чёрная А. В., Ульянова Р. Х., Багненко С. С., Криворотько П. В., Новиков С. Н., Зайцев А. Н., 2023

При анализе полученных данных все показатели диагностической эффективности при CЕСM статистически значимо превысили данные ЦМГ.

Таким образом, благодаря возможности оценки васкуляризации CЕСM характеризуется высокой чувствительностью в диагностике РМЖ у молодых женщин по сравнению с ЦМГ.

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

Для цитирования: Чёрная А. В., Ульянова Р. Х., Багненко С. С., Криворотько П. В., Новиков С. Н., Зайцев А. Н. Контрастная спектральная двухэнергетическая маммография — метод выбора в диагностике рака молочной железы у молодых женщин // Радиология — практика. 2023;(3):11-23. <https://doi.org/10.52560/2713-0118-2023-3-11-23>

ORIGINAL RESEARCH

Original research

Contrast Enhanced Spectral Mammography as the Method of Choice in the Diagnosis of Breast Cancer in Young Women

A. V. Chernaya¹, R. Kh. Ul'yanova², S. S. Bagnenko³,
P. V. Krivorot'ko⁴, S. N. Novikov⁵, A. N. Zaytsev⁶

^{1,3,4,5,6} Federal State Budgetary Institution «National Medical Research Center of Oncology named after N. N. Petrov» of the Ministry of Health of the Russian Federation, Saint Petersburg, Russia

¹ Almazov National Medical Research Centre, Ministry of Health of Russia, Saint Petersburg, Russia

² Saint Petersburg State University Clinic of High Medical Technologies, Saint Petersburg, Russia

³ Saint Petersburg State Pediatric Medical University, Saint Petersburg, Russia

¹ dr.chernaya@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-7975-3165>

² ulyanovaroksana@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0001-9007-5900>

³ bagnenko_ss@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-4131-6293>

⁴ dr.krivorotko@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-4898-9159>

⁵ krokon@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-7185-1967>

⁶ zansp@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-7428-2106>

Author responsible for correspondence: Antonina V. Chernaya, dr.chernaya@mail.ru

Abstract

Breast cancer (BC) in young women is cancer that has developed in women aged less than 40 years. Purpose of this study was to compare the overall diagnostic performance of CЕСM and

digital mammography (DM) in detecting breast cancer in women under 40 years. The study group included 75 patients.

When analyzing the data obtained, all indicators of diagnostic effectiveness in CESM statistically significantly exceeded the DM data.

Thus, due to the ability to assess vascularization, CESM is characterized by higher sensitivity in the diagnosis of breast cancer in young women comparing to DM.

Keywords: Contrast Enhanced Spectral Mammography, Digital Mammography, Breast Cancer; Dense Breast Tissue; Young Age

For citation: Chernaya A. V., Ul'yanova R. Kh., Bagnenko S. S., Krivorot'ko P. V., Novikov S. N., Zaytsev A. N. Contrast Enhanced Spectral Mammography as the Method of Choice in the Diagnosis of Breast Cancer in Young Women. *Radiology – Practice*. 2023;3:11-23. (In Russ.). <https://doi.org/10.52560/2713-0118-2023-3-11-23>

Актуальность

Ежегодно диагностируется более 140 000 случаев рака молочной железы (РМЖ) у молодых женщин по всему миру (рис. 1). Пятилетняя выживаемость в этой группе заболевших ниже, чем у женщин более старшего возраста, независимо от гистологического типа опухоли и стадии процесса. Несмотря на относительно невысокую частоту заболевания (в России – 7 %), эта локали-

зация рака остается ведущей причиной онкологической смертности в этой возрастной группе.

Эффективность лечения РМЖ во многом зависит от своевременной диагностики опухолевого процесса. Основные инструментальные способы выявления РМЖ хорошо известны и включают маммографию, ультразвуковое исследование и магнитно-резонансную томографию (МРТ) молочных желез (МЖ)

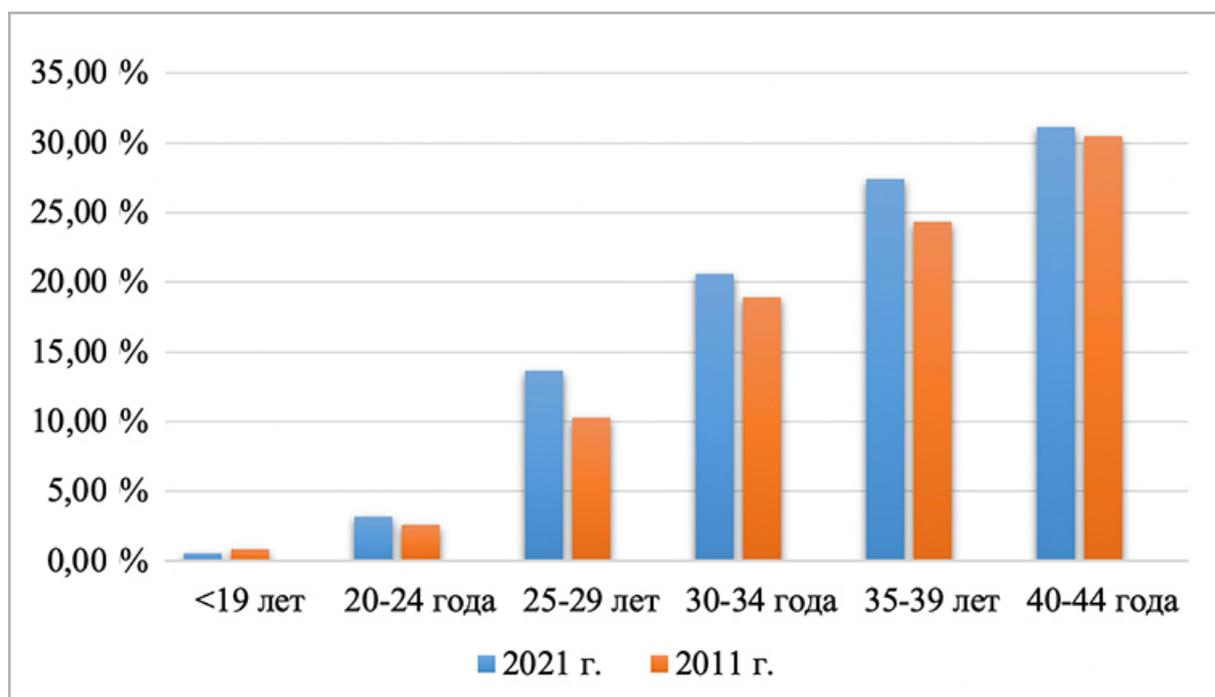


Рис. 1. Заболеваемость РМЖ в мире у женщин молодого возраста в 2011 г. и 2021 г. (уд. вес, %)

[6, 11]. Несмотря на эффективность маммографического исследования, одним из основных недостатков является ее ограниченная чувствительность у женщин с плотной тканью молочных желез (ПТМЖ) [1, 9]. Сообщается, что чувствительность маммографии у молодых женщин с ПТМЖ составляет всего 38–50 % [5].

Опухоли, наблюдаемые у молодых пациенток, чаще демонстрируют следующие неблагоприятные прогностические особенности: отсутствие или низкая экспрессия рецепторов к стероидным гормонам (эстрогену и прогестерону) [7], высокая степень злокачественности (чаще встречаются низко- или недифференцированные опухоли), большой размер опухоли (более высокая стадия к моменту диагностики), более частая вовлеченность региональных лимфатических узлов, гиперэкспрессия эпидермального фактора роста человека (Her2) и частая лимфоваскулярная инвазия, чаще наблюдаются воспалительные формы РМЖ. Все это приводит к тому, что РМЖ у женщин до 40 лет диагностируется на более поздних стадиях, что ухудшает прогноз и увеличивает риск рецидива и отдаленных метастазов [1].

Контрастная спектральная двухэнергетическая маммография (CESM) — это методика исследования МЖ, которая совмещает достоинства классической маммографии и МРТ МЖ. Ее особенностью является внутривенное введение йодсодержащего контрастного вещества, что позволяет обнаружить области повышенного кровотока. Уже многие исследования показали, что в диагностике РМЖ CESM обладает более высокой чувствительностью и специфичностью по сравнению с ЦМГ [8].

Так как в последнее время увеличивается количество пациенток больных РМЖ молодого возраста (до 40 лет) и в этой группе женщин преобладает высокая ПТМЖ, то использование контрастного усиления может помочь в выявле-

нии и дифференциальной диагностике образований МЖ [2].

Цель: проведение сравнительного анализа информативности ЦМГ и CESM в диагностике РМЖ у молодых женщин.

Материалы и методы

В проспективный анализ нами включены данные обследования 438 пациенток с подозрением на РМЖ. При анализе эффективности CESM и ЦМГ у пациенток различных возрастов в группе 438 человек 75 (17 %) женщин были в возрасте до 40 лет, 363 (83 %) — 40 лет и старше. Частота высокой рентгеновской плотности тканей МЖ (C+D тип по классификации ACR) в группе женщин до 40 лет составила 92 %. Средний возраст обнаружения РМЖ у молодых женщин составил 36 лет.

Все женщины были обследованы по единому алгоритму. Им выполнялось клинично-инструментальное обследование, включающее в себя: физикальный осмотр, ЦМГ, CESM, пункционную биопсию, гистологическое и иммуногистохимическое исследования. Всем женщинам диагностическое исследование выполнено в первую фазу менструального цикла (с 5-го по 12-й день от начала цикла). ЦМГ осуществлялась на аппарате Senographe DS «GE» (США), снабженном плоскочастотным детектором. ЦМГ проводилась по стандартной методике в краниокаудальной (СС) и медиолатеральной (МЛО) проекциях.

Полученные изображения были проанализированы и описаны в соответствии с терминологией BI-RADS (Breast Imaging Reporting and Data System).

Рентгеновская плотность МЖ оценивалась в соответствии с классификацией, предложенной Американским колледжем радиологов: А — полностью жировая, В — жировая с рассеянной фиброгландулярной тканью, С — неоднородно плотная и D — чрезвычайно плотная. В соответствии с международными

рекомендациями ACR МЖ оценивалась как плотная при C и D вариантах маммографической картины.

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

Исследование проводилось после внутривенного введения неионного йодсодержащего контрастного препарата объемом 1,3 мл/кг при концентрации йода 370 мг/мл и 1,5 мл/кг при концентрации 350 мг/мл соответственно. Для введения контрастного вещества использовался инжектор. Порядок выполнения снимков зависел от интересующей железы, начиная с СС проекции заинтересованной железы и заканчивая МЛО незаинтересованной МЖ. Исследование выполнялось с обеих сторон, вне зависимости от локализации подозрительного очага, с целью своевременной диагностики клинически бессимптомно протекающего рака в противоположной МЖ. Более подробное описание технологии выполнения CESM было опубликовано нами ранее [4].

Выводы на низкоэнергетических изображениях (кальцинаты, асимметрия и области архитектурной перестройки) оценивались во время CESM с дополнительными маммографическими проекциями. Диагностическую информативность CESM и ЦМГ оценивали на основании определения чувствительности, специфичности и точности диагностического метода. Рассчитывались такие показатели, как прогностическая точность положительных результатов, а также прогностическая точность отрицательных результатов. Эталонным стандартом оценки информативности исследования было патоморфологическое исследование. Статистический анализ проводился с использованием программы «Statistica». Для оценки статистической достоверности различий диагностических показателей ЦМГ и CESM использовался критерий хи-квадрат. Статистически достоверными различиями считались при достижении $p < 0,05$.

Результаты

У 75 женщин возрастом до 40 лет было диагностировано 38 злокачественных образований и 37 доброкачественных изменений в МЖ. Из группы злокачественных образований были диагностированы следующие гистологические типы РМЖ: инвазивная неспецифицированная карцинома обнаружена у 16 (42 %) пациенток (рис. 2), инвазивный дольковый рак — у 7 (18 %), дольковая карцинома (in situ) — у 1 (2,6 %), внутрипротоковая карцинома (in situ) — у 10 (27 %), муцинозная карцинома — у 1 (2,6 %), рак в кисте — у 1 (2,6 %), рак Педжета соска — у 1 (2,6 %), медуллярный рак — у 1 (2,6 %) пациентки (рис. 3, 4).

В 37 случаях обнаружены следующие доброкачественные образования МЖ: фиброаденома — у 15 (40,5 %) (рис. 5), внутрипротоковые папилломы — у 6 (16,3 %), кисты — у 8 (21,6 %)

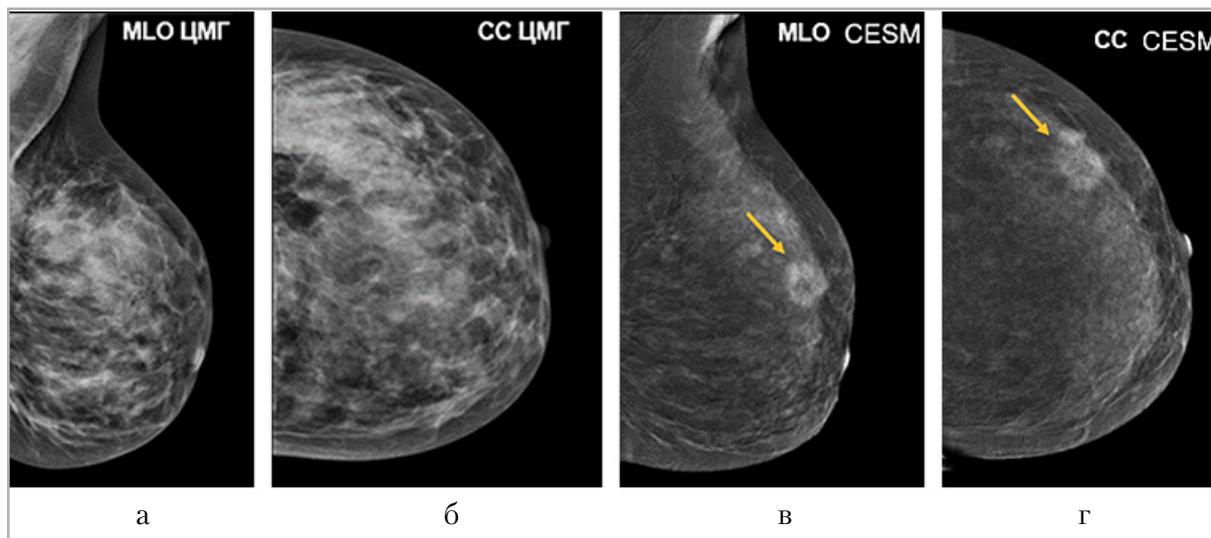


Рис. 2. Рентгенограммы левой молочной железы пациентки 28 лет, носительницы мутации BRCA1: *а, б* – обзорные цифровые маммограммы в косой и прямой проекции: на фоне хорошо выраженного железистого компонента узловые образования не визуализируются, категория BI-RADS 2; *в, г* – CESM, субтракционные маммограммы в косой и прямой проекции: в верхненаружном квадранте определяется узловое образование с нечеткими контурами, неоднородной структуры за счет распада с выраженным накоплением контрастного вещества (*желтые стрелки*), категория BI-RADS 5. *Гистологическое заключение*: инвазивный неспецифический РМЖ

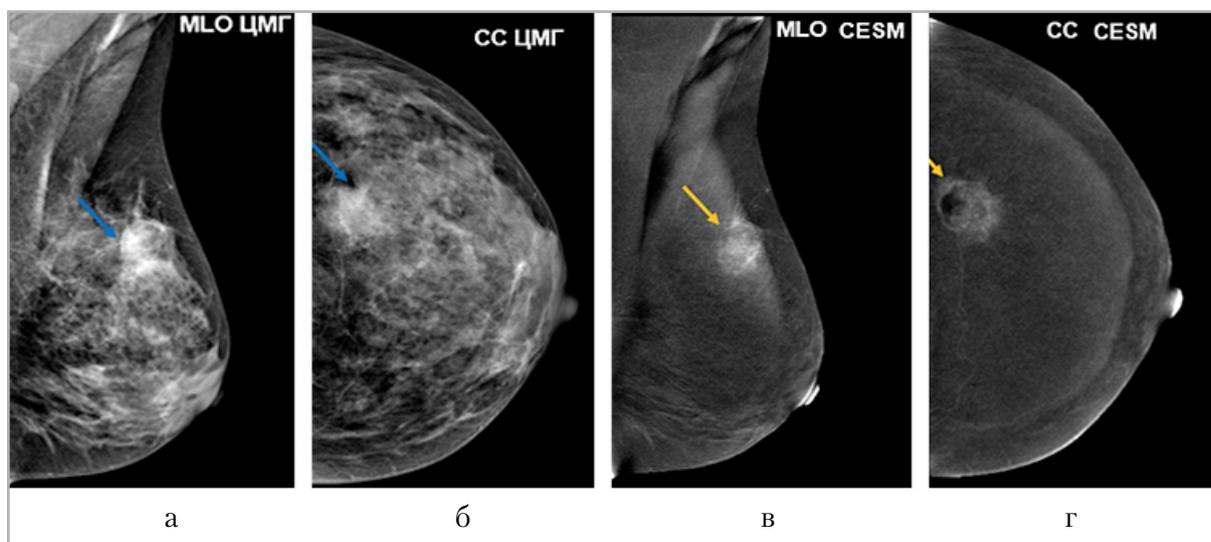


Рис. 3. Рентгенограммы левой молочной железы пациентки 32 лет: *а, б* – обзорные цифровые маммограммы в косой и прямой проекции: на фоне хорошо выраженного железистого компонента визуализируется образование с четкими неровными контурами (*синие стрелки*), симулирующее доброкачественный процесс, категория BI-RADS 3; *в, г* – CESM, субтракционные маммограммы в косой и прямой проекции: в верхненаружном квадранте определяется узловое образование с нечеткими контурами, неоднородной структуры, с выраженным неоднородным накоплением контрастного вещества (*желтая стрелка*), категория BI-RADS 5. *Гистологическое заключение*: инвазивная муцинозная карцинома

(рис. 6), гамартома – у 2 (5,4 %), доброкачественная филоидная опухоль – у 1 (2,7 %), локализованный аденоз – у 2 (5,4 %), фибролипома – у 1 (2,7 %)

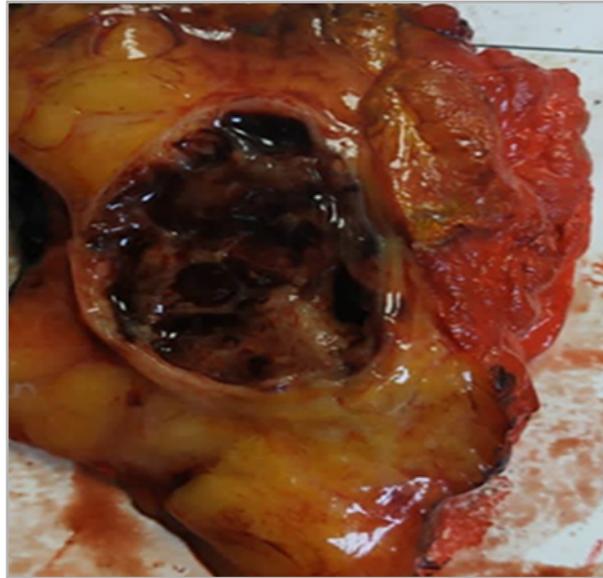


Рис. 4. Макропрепарат муцинозной карциномы МЖ, чистый тип

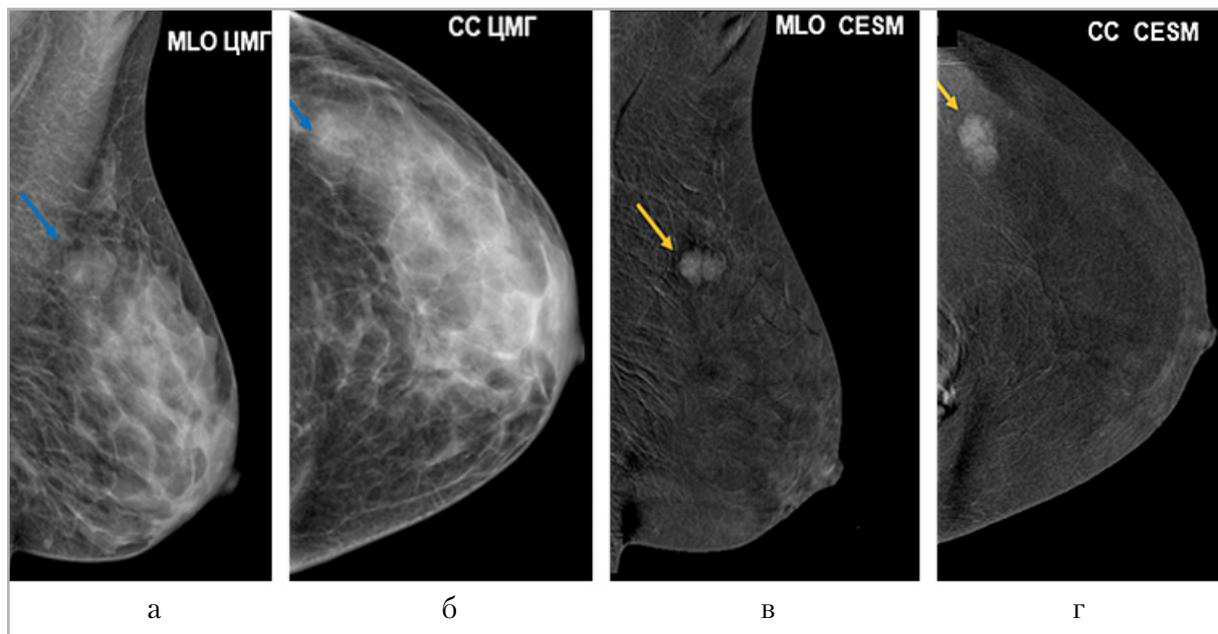


Рис. 5. Рентгенограммы левой молочной железы пациентки 38 лет: а, б — обзорные цифровые маммограммы в косой и прямой проекции: на фоне хорошо выраженного железистого компонента в верхнем квадранте ЛМЖ неотчетливо определяется фокус уплотнения (синяя стрелка), категория BI-RADS 3; в, г — CESH, субтракционные маммограммы в косой и прямой проекции: в верхненаружном квадранте определяется дольчатое образование с четкими контурами с выраженным «точечным» типом накопления контрастного вещества (желтая стрелка), категория BI-RADS 4а. Гистологическое заключение: фибroadенома с большим количеством митозов

и воспалительные изменения — у 2 (5,4 %) больных.

При сравнительном анализе информативности CESH и ЦМГ показатели

чувствительности, специфичности и точности диагностического метода при выявлении РМЖ при CESH составили 94,7, 83,8, 89,3 % соответственно, при

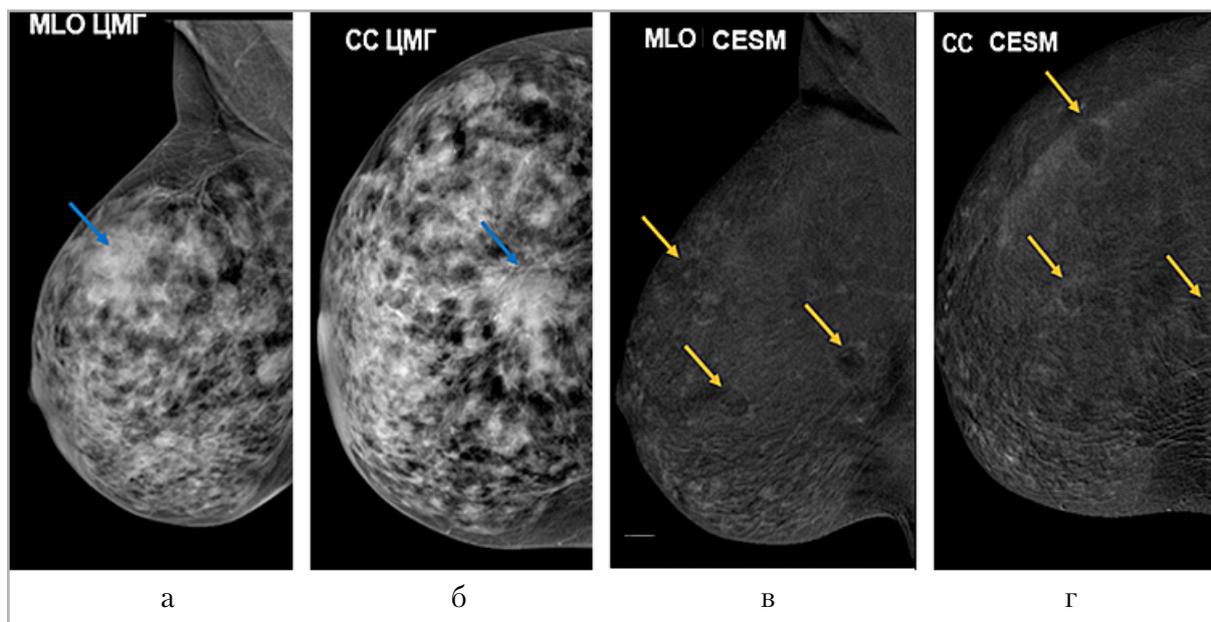


Рис. 6. Рентгенограммы правой молочной железы пациентки 34 лет: а, б — обзорные цифровые маммограммы в косой и прямой проекции: на фоне хорошо выраженного железистого компонента на границе верхних квадрантов неотчетливо определяется фокус уплотнения (синие стрелки) с нечеткими контурами, категория BI-RADS 4c; в, г — CESM, субтракционные маммограммы в косой и прямой проекции: в МЖ визуализируются множественные кисты с накоплением контрастного вещества по кольцевидному типу (желтые стрелки), узловые образования не определяются, категория BI-RADS 3. Гистологическое заключение: фрагмент ткани МЖ с фокусом фиброза, с эктатически расширенным протоком и участками цилиндроклеточных изменений эпителия протоков с очаговой лимфогистиоцитарной инфильтрацией. Опухолевые клетки не обнаружены

ЦМГ — 78,9, 81,1, 80,0 % соответственно (табл.).

Прогностическая точность положительных результатов в данной группе при CESM составила 85,7 %, а при ЦМГ — 81,1 %. Прогностическая точность отрицательных результатов CESM соответствует 93,9 % и превышает данные ЦМГ — 78,9 % (табл. 1).

При проведении сравнительного анализа диагностических возможностей CESM и ЦМГ было показано, что ЛО заключения при CESM (n = 2) наблюдались в тех случаях, когда у пациенток было выраженное фоновое накопление на постконтрастных изображениях. ЛП заключение при CESM мы наблюдали при воспалительных изменениях в острую фазу заболевания и при фиброаденомах с большим количеством митозов.

Обсуждение

РМЖ у молодых женщин, как правило, имеет более агрессивную молекулярную природу, склонен к быстрому прогрессированию и метастазированию и часто связан с неблагоприятным прогнозом [1]. Но выявляется он редко, так как эта возрастная группа не подлежит организованному популяционному скринингу, поэтому заболевшие почти всегда выявляют признаки болезни самостоятельно. Лучевые методы исследования у женщин с подозрением на РМЖ должны назначаться своевременно и не должны быть отложены в связи с предполагаемыми противопоказаниями в виде беременности или лактации. Женщины в возрасте до 40 лет имеют особенности, которые необходимо учитывать во время диагностики РМЖ. В первую очередь это ПТМЖ. Диагно-

**Диагностическая эффективность КСДМ и ЦМГ в группе женщин
в возрасте до 40 лет (n = 75)**

Метод исследования	Число больных в группах в зависимости от характера заключения				Показатели информативности диагностических методов, %				
	ИП	ЛП	ЛО	ИО	Чувствительность	Специфичность	Точность	Прогностическая точность положительных результатов	Прогностическая точность отрицательных результатов
CESM	36	6	2	31	94,7	83,8	89,3	85,7	93,9
ЦМГ	30	7	8	30	78,9	81,1	80,0	81,1	78,9
p					< 0,001	0,015	0,05	0,012	< 0,001

Примечание: CESM – контрастная спектральная маммография, ЦМГ – цифровая маммография, ИП – истинно положительные, ИО – истинно отрицательные, ЛП – ложноположительные, ЛО – ложноотрицательные.

стическая эффективность ЦМГ имеет ограничения в обнаружении РМЖ у пациенток с ПТМЖ. Для подтверждения диагноза у этих пациентов необходимы дополнительные методы визуализации МЖ [12].

Ограничения ЦМГ, особенно у женщин с повышенным риском РМЖ и/или с ПТМЖ при маммографии, привели к поиску улучшенных методов диагностики. CESM успешно используется для диагностики РМЖ в мире с 2011 года. Уже на начальных этапах клинического использования CESM указывалось на достаточно высокую чувствительность, специфичность и точность метода для выявления РМЖ [8].

Принимая во внимание представленные ранее данные о более высокой чувствительности CESM по сравнению с маммографией и ультразвуковым исследованием у женщин с ПТМЖ [8, 10], представляется перспективным использование этого метода для ранней диагностики РМЖ у молодых женщин, т. е. в группе больных, где плотность тканей МЖ выше и чаще встречаются агрессивные подтипы РМЖ.

К числу ее основных достоинств относятся доступность, невысокая стоимость, простота и быстрота выполнения. Важное достоинство CESM, которое отличает ее от ЦМГ, заключается в том, что ее информативность не зависит от рентгеновской плотности тканей МЖ [5].

Тесная взаимосвязь между васкуляризацией опухолевых клеток и накоплением контрастного препарата позволяет использовать CESM для диагностики РМЖ у молодых женщин. Использование контрастного усиления позволило повысить чувствительность метода до 96 % в выявлении ранних форм РМЖ.

С учетом результатов нашего исследования, данных отечественных [3] и зарубежных [10] авторов можно заключить, что использование CESM в диагностике РМЖ необходимо, так как CESM обладает высокой диагностической эффективностью при дифференциальной диагностике образований в МЖ у женщин молодого возраста.

Заключение

Анализируя полученные результаты, можно сделать выводы, что примене-

ние CESM позволяет значительно повысить чувствительность, специфичность и точность выявления РМЖ у молодых пациенток, что подтверждается высоким процентом совпадений патоморфологических и маммографических заключений. У этой группы больных CESM, по сравнению с ЦМГ, позволяет увеличить эффективность диагностики РМЖ: чувствительность возрастает с 78,9 до 94,7 % ($p < 0,001$), специфичность с 81,1 до 83,8 % ($p = 0,015$), точность с 80,0 до 89,3 % ($p = 0,05$), прогностическая точность отрицательных результатов с 78,9 до 93,9 % ($p < 0,001$), прогностическая точность положительных результатов с 81,1 до 85,7 % ($p = 0,012$).

Результаты данного исследования убедительно показали необходимость более широкого внедрения CESM в практику с целью улучшения качества как ранней, так и уточняющей диагностики.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Сулейменова Д. М., Жолдыбай Ж. Ж., Айнакулова А. С., Аманкулова Ж. Б., Исаева А. М. Рак молочной железы у молодых женщин: адаптированные рекомендации по лучевому обследованию // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2021. Т 3. С. 46–52.
2. Чёрная А. В., Ульянова Р. Х., Багненко С. С. и др. Контрастная спектральная двухэнергетическая маммография – инструмент точной диагностики онкопатологии на фоне плотной ткани молочной железы // Медицинская визуализация. 2023. Т. 27. N 1. С. 25–34.
3. Чёрная А. В., Ульянова Р. Х., Криворотько П. В. и др. Возможности контрастной спектральной двухэнергетической маммографии в диагностике мультицентричного рака молочной железы // Опухоли женской репродуктивной системы. 2021. Т. 17. N 4. С. 20–28.
4. Чёрная А. В., Новиков С. Н., Криворотько П. В., Ульянова Р. Х., Данилов В. В. Новые технологии при выявлении рака молочной железы – контрастная двухэнергетическая спектральная маммография // Медицинская визуализация. 2019. Т. 2. С. 49–61.
5. Эрштейн М. А., Меских Е. В., Колесник А. Ю., Оксанчук Е. А. Скрининг РМЖ: история и реалии // Вестник Российского научного центра рентгенорадиологии. 2019. Т. 19. N 2. С. 64–85.
6. Dibble E. H., Singer T. M., Jimoh N., Baird G. L., Lourenco A. P. Dense Breast Ultrasound Screening After Digital Mammography Versus After Digital Breast Tomosynthesis. *Am. J. Roentgenol.* 2019. Vol. 213, no. 6. P. 1397–1402.
7. Krammer J., Pinker-Domenig K., Robson M. E., Gönen M., Bernard-Davila B., Morris E. A., Mangino D. A., Jochelson M. S. Breast cancer detection and tumor characteristics in BRCA1 and BRCA2 mutation carriers. *Breast Cancer Res. Treat.* 2017. Vol. 163, no. 3. P. 565–571.
8. Mori M., Akashi-Tanaka S., Suzuki S. et al. Diagnostic accuracy of contrast-enhanced spectral mammography in comparison to conventional full-field digital mammography in a population of women with dense breasts. *Breast Cancer.* 2017. Vol. 24, no. 1. P. 104–110.
9. Pandya T., Liu Z., Dolan H., Hersch J., Brennan M., Houssami N., Nickel B. Australian Women’s Responses to Breast Density Information: A Content Analysis. *Int J. Environ Res Public Health.* 2023. Vol. 20, no. 2. P. 1596.
10. Sung J. S., Lebron L., Keating D., D’Alessio D., Comstock C. E., Lee C. H., Pike M. C., Ayhan M., Moskowitz C. S., Morris E. A., Jochelson M. S. Performance of Dual-Energy Contrast-enhanced Digital Mammography for Screening Women at Increased Risk of Breast Cancer. *Radio-logy.* 2019. Vol. 293, no. 1. P. 81–88.
11. Tabar L., Dean P. B. Recommendations for breast cancer screening. *Lancet Oncol.* 2020. Vol. 21, no. 11. P. 511.
12. Vourtsis A., Berg W. A. Breast density implications and supplemental screening.

Eur. Radiol. 2019. Vol. 29, no. 4. P. 1762–1777.

References

1. *Sulejmenova D. M., Zholdy`baj Zh. Zh., Ajnakulova A. S., Amankulova Zh. B., Isaeva A. M.* Breast cancer in young women: adapted imaging recommendations. *International Journal of Applied and Fundamental Research*. 2021. Vol. 3. P. 46–52. (In Russ.).
2. *Chyornaya A. V., Ul`yanova R. X., Bagnenko S. S. et al.* Contrast enhanced spectral mammography as a tool for accurate diagnosis of cancer on the background of the dense breast tissue. *Medical Visualization*. 2023. Vol. 27, no. 1. P. 25–34. (In Russ.).
3. *Chyornaya A. V., Ul`yanova R. X., Krivorot`ko P. V. et al.* Utility of dual-energy contrast-enhanced spectral mammography for the diagnosis of multicentric breast cancer. *Tumors of female reproductive system*. 2021. Vol. 17, no. 4. P. 20–28. (In Russ.).
4. *Chernaya A. V., Novikov S. N., Krivorotko P. V., Ul`yanova R. K., Danilov V. V.* New technologies in breast cancer detection – contrast enhanced dual-energy spectral mammography. *Medical Visualization*. 2019. Vol. 2. P. 49–61. (In Russ.).
5. *E`rshtejn M. A., Meskih E. V., Kolesnik A. Yu., Oksanchuk E. A.* Breast cancer screening: history and realities. *Journal of radiology and nuclear medicine*. 2019. Vol. 19, no. 2. P. 64–85. (In Russ.).
6. *Dibble E. H., Singer T. M., Jimoh N., Baird G. L., Lourenco A. P.* Dense Breast Ultrasound Screening After Digital Mammography Versus After Digital Breast Tomosynthesis. *Am J. Roentgenol*. 2019. Vol. 213, no. 6. P. 1397–1402.
7. *Krammer J., Pinker-Domenig K., Robson M. E., Gönen M., Bernard-Davila B., Morris E. A., Mangino D. A., Jochelson M. S.* Breast cancer detection and tumor characteristics in BRCA1 and BRCA2 mutation carriers. *Breast Cancer Res. Treat.* 2017. Vol. 163, no. 3. P. 565–571.
8. *Mori M., Akashi-Tanaka S., Suzuki S. et al.* Diagnostic accuracy of contrast-enhanced spectral mammography in comparison to conventional full-field digital mammography in a population of women with dense breasts. *Breast Cancer*. 2017. Vol. 24, no. 1. P. 104–110.
9. *Pandya T., Liu Z., Dolan H., Hersch J., Brennan M., Houssami N., Nickel B.* Australian Women’s Responses to Breast Density Information: A Content Analysis. *Int J. Environ Res Public Health*. 2023. Vol. 20, no. 2. P. 1596.
10. *Sung J. S., Lebron L., Keating D., D’Alessio D., Comstock C. E., Lee C. H., Pike M. C., Ayhan M., Moskowicz C. S., Morris E. A., Jochelson M. S.* Performance of Dual-Energy Contrast-enhanced Digital Mammography for Screening Women at Increased Risk of Breast Cancer. *Radiology*. 2019. Vol. 293, No. 1. P. 81–88.
11. *Tabar L., Dean P. B.* Recommendations for breast cancer screening. *Lancet Oncol*. 2020. Vol. 21, no. 11. P. 511.
12. *Vourtsis A., Berg W. A.* Breast density implications and supplemental screening. *Eur. Radiol*. 2019. Vol. 29, no. 4. P. 1762–1777.

Сведения об авторах / Information about the authors

Чёрная Антонина Викторовна, кандидат медицинских наук, врач-рентгенолог, старший научный сотрудник научного отделения диагностической и интервенционной радиологии ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр онкологии имени Н. Н. Петрова» Минздрава России, ассистент кафедры лучевой диагностики и медицинской визуализации с клиникой ИМО ФГБУ «НМИЦ им. В. А. Алмазова» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия.

197758, г. Санкт-Петербург, пос. Песочный, ул. Ленинградская, д. 68.
+7 (921) 744-19-20
Вклад автора: сбор полученных данных, написание рукописи статьи.

Chernaya Antonina Viktorovna, Ph. D. Med., Radiologist, Senior Researcher, Scientific Department of Diagnostic and Interventional Radiology of NMRC of Oncology named after N. N. Petrov of MoH of Russia, Assistant of the Department of Radiation Diagnostics and Medical Imaging Almazov National Medical Research Centre, Ministry of Healthcare of Russia, Saint Petersburg, Russia.
68, Leningradskaya street, Pesochny, Saint Petersburg, 197758, Russia.
+7 (812) 439-95-55
Author's contribution: collection of data obtained, writing the manuscript of the article.

Ульянова Роксана Хачиковна, врач-рентгенолог Клиники высоких медицинских технологий им. Н. И. Пирогова Санкт-Петербургского государственного университета Министерства образования России, Санкт-Петербург, Россия.
190103, г. Санкт-Петербург, Набережная реки Фонтанки, д. 154.
+7 (812) 676-25-25
Вклад автора: сбор полученных данных, написание рукописи статьи.
Ul'yanova Roksana Khachikovna, Radiologist of Saint-Petersburg State University Clinic of High Medical Technologies of Ministry of Education of the Russian Federation, Saint Petersburg, Russia.
154, Fontanka River Embankment, Saint Petersburg, 190103, Russia.
+7 (812) 676-25-25
Author's contribution: collection of data obtained, writing the manuscript of the article.

Багненко Сергей Сергеевич, доктор медицинских наук, доцент, заместитель директора, заведующий научным отделением, ведущий научный сотрудник научного отделения диагностической и интервенционной радиологии ФГБУ «НМИЦ онкологии им. Н. Н. Петрова» Минздрава России, профессор кафедры современных методов диагностики и радиолучевой терапии ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия.
197758, г. Санкт-Петербург, пос. Песочный, ул. Ленинградская, д. 68.
+7 (812) 439-95-55
Вклад автора: консультативная помощь.

Bagnenko Sergey Sergeevich, M. D. Med., Associate Professor, Deputy Director, Head of the Scientific Department, Leading Researcher of the Scientific Department of Diagnostic and Interventional Radiology of NMRC of Oncology named after N. N. Petrov of MoH of Russia, Professor of the Department of Modern Methods of Diagnosis and Radiobeam Therapy of the Federal State Budgetary Educational Institution «St. Petersburg State Pediatric Medical University» of the Ministry of Healthcare of Russia, Saint Petersburg, Russia.
68, Leningradskaya street, Pesochny, Saint Petersburg, 197758, Russia.
+7 (812) 439-95-55
Author's contribution: advisory assistance.

Криворотько Петр Владимирович, доктор медицинских наук, профессор, заведующий хирургическим отделением опухолей молочной железы, ведущий научный сотрудник ФГБУ «НМИЦ онкологии им. Н. Н. Петрова» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия.
197758, г. Санкт-Петербург, пос. Песочный, ул. Ленинградская, д. 68.
+7 (812) 439-95-55
Вклад автора: консультативная помощь.

Krivorot'ko Petr Vladimirovich, M. D. Med., Professor, Head of the Surgical Department of Breast Tumors, Leading researcher of NMRC of Oncology named after N. N. Petrov of the Ministry of Healthcare of Russia, Saint Petersburg, Russia.
68, Leningradskaya street, Pesochny, Saint Petersburg, 197758, Russia.
+7 (812) 439-95-55
Author's contribution: advisory assistance.

Новиков Сергей Николаевич, доктор медицинских наук, профессор, заведующий отделением радиотерапии, заведующий научным отделением радиационной онкологии и ядерной медицины, ведущий научный сотрудник ФГБУ «НМИЦ онкологии им. Н. Н. Петрова» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия.

197758, г. Санкт-Петербург, пос. Песочный, ул. Ленинградская, д. 68.
+7 (812) 439-95-55
Вклад автора: консультативная помощь.

Novikov Sergey Nikolaevich, M. D. Med., Professor, Head of the Radiotherapy Department, Leading researcher of NMRC of Oncology named after N. N. Petrov of the Ministry of Healthcare of Russia, Saint Petersburg, Russia. 68, Leningradskaya street, Pesochny, Saint Petersburg, 197758, Russia.
+7 (812) 439-95-55
Author's contribution: advisory assistance.

Зайцев Александр Николаевич, кандидат медицинских наук, врач-рентгенолог, старший научный сотрудник научного отделения диагностической и интервенционной радиологии ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр онкологии имени Н. Н. Петрова» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия.
197758, г. Санкт-Петербург, пос. Песочный, ул. Ленинградская, д. 68.
+7 (911) 231-25-20
Вклад автора: сбор полученных данных и разработка дизайна исследования.

Zaytsev Aleksandr Nikolaevich, Ph. D. Med., Radiologist, Senior Researcher, Scientific Department of Diagnostic and Interventional Radiology of NMRC of Oncology named after N. N. Petrov of the Ministry of Healthcare of Russia, Saint Petersburg, Russia. 68, Leningradskaya street, Pesochny, Saint Petersburg, 197758, Russia.
+7 (911) 231-25-20
Author's contribution: collection of data obtained, writing the manuscript of the article.

Финансирование исследования и конфликт интересов

Исследование не финансировалось какими-либо источниками. Авторы заявляют, что данная работа, ее тема, предмет и содержание не затрагивают конкурирующих интересов. Мнения, изложенные в статье, принадлежат авторам рукописи. Авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

Research funding and conflict of interest

The study was not funded by any sources. The authors state that this work, its topic, subject and content do not affect competing interests. The opinions expressed in the article belong to the authors of the manuscript. The authors confirm the compliance of their authorship with the international ICMJE criteria (all authors have made a significant contribution to the development of the concept, the preparation of the article, read and approved the final version before publication).

Статья поступила в редакцию 30.03.2023;
одобрена после рецензирования 09.05.2023;
принята к публикации 10.05.2023.

The article was submitted 30.03.2023;
approved after reviewing 09.05.2023;
accepted for publication 10.05.2023.