



© Е.А. Бусько^{1,2}, П.В. Криворотко¹, В.В. Семиглазов^{1,3},
 Н.И. Рожкова^{5,6}, С.Н. Новиков¹, К.В. Козубова^{1,2}, Э.С. Филонова¹, Р.А. Кадырлеев^{1,2},
 А.А. Чеминава¹, Е.И. Бусько³, И.А. Буровик^{1,2}, С.С. Багненко^{1,4}

Контрастно-усиленное ультразвуковое исследование как инструмент прецизионного картирования сигнального лимфатического узла молочной железы

¹Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр онкологии имени Н.Н. Петрова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Санкт-Петербург, Российская Федерация

²Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет», Санкт-Петербург, Российская Федерация

³Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет имени академика И.П. Павлова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Санкт-Петербург, Российская Федерация

⁴Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Санкт-Петербург, Российская Федерация

⁵Московский научно-исследовательский онкологический институт имени П.А. Герцена — филиал Федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный медицинский исследовательский центр радиологии» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Москва, Российская Федерация

⁶Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы», Москва, Российская Федерация

© Ekaterina A. Busko^{1,2}, Petr V. Krivorotko¹, Vladislav V. Semiglazov^{1,3}, Nadezhda I Rozhkova^{5,6},
 Sergey N. Novikov¹, Ksenia V. Kozubova^{1,2}, Elvira S. Filonova¹, Roman A. Kadyrleev^{1,2},
 Anna A. Cheminaeva¹, Elena I. Busko¹, Ilya A. Burovik^{1,2}, Sergey S. Bagnenko^{1,4}

Contrast-Enhanced Ultrasound for Precise Sentinel Lymph Node Mapping in Breast Cancer

¹N.N. Petrov National Medical Research Centre of Oncology, St. Petersburg, the Russian Federation

²St. Petersburg State University, St. Petersburg, the Russian Federation

³Pavlov First Saint Petersburg State Medical University, St. Petersburg, the Russian Federation

⁴St. Petersburg State Pediatric Medical University, St. Petersburg, the Russian Federation

⁵P. Hertsen Moscow Oncology Research Institute — branch of the National Medical Research Radiological Centre of the Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow, the Russian Federation

⁶Peoples' Friendship University of Russia (RUDN), Moscow, the Russian Federation

Введение. Предоперационное стадирование рака молочной железы по статусу сигнальных лимфатических узлов традиционно выполняется радиоизотопными методами, которые сопряжены с лучевой нагрузкой, необходимостью специализированной инфраструктуры и риском аллергических реакций. Контрастно-усиленное ультразвуковое исследование выступает перспективной альтернативой, однако его широкое клиническое применение ограничено отсутствием унифицированных протоколов визуализации и недостаточной изученностью анатомо-клинических факторов, влияющих на точность картирования лимфатического русла.

Цель. Оптимизация методики поиска сигнальных лимфатических узлов с помощью контрастно-усиленного ультразвукового исследования с определением показаний и ограничений метода.

Материалы и методы. В исследование включены 30 пациенток с верифицированным раком молочной железы стадии cT1–2N0M0. Всем больным выполнялось

Introduction. Preoperative axillary staging in breast cancer has traditionally relied on radiotracer-guided sentinel lymph node (SLN) biopsy. However, this approach is constrained by ionizing radiation exposure, the requirement for dedicated nuclear medicine infrastructure, and the potential for hypersensitivity reactions to adjunctive mapping agents. Contrast-enhanced ultrasound (CEUS) has emerged as a promising non-ionizing alternative. Nevertheless, its widespread clinical use remains limited by the absence of standardized imaging protocols and insufficient characterization of the anatomical and clinical factors that influence mapping accuracy.

Aim. To evaluate the feasibility of contrast-enhanced ultrasound for preoperative visualization of sentinel lymph nodes, defining the indications and limitations of the method.

Materials and Methods. The study included 30 patients with clinically staged cT1-2N0M0 breast cancer. All patients underwent CEUS following subareolar injection of a microbub-

контрастно-усиленное ультразвуковое исследование с субареолярным введением микропузырькового контрастного препарата. В качестве контрольного метода использовалась предоперационная радионуклидная визуализация, а также гистологическое заключение постоперационного материала.

Результаты. Визуализация лимфатических сосудов достигнута в 100 % случаев, сигнальных лимфатических узлов — в 90 %. Совпадение локализации сигнальных лимфатических узлов с радионуклидным методом составило 83,3 %.

Выводы. Контрастно-усиленное ультразвуковое исследование является перспективным методом визуализации сигнальных лимфатических узлов, обладающим высокой диагностической ценностью с благоприятным профилем безопасности, однако для внедрения в предоперационный алгоритм обследования требуется дальнейшая стандартизация протокола и валидация в многоцентровых исследованиях.

Ключевые слова: рак молочной железы; аксиллярные лимфатические узлы; контрастно-усиленное ультразвуковое исследование; сигнальный лимфатический узел

Для цитирования: Бусько Е.А., Криворотко П.В., Семиглазов В.В., Рожкова Н.И., Новиков С.Н., Козубова К.В., Филонова Э.С., Кадырлеев Р.А., Чеминава А.А., Бусько Е.И., Бузовик И.А., Бажненко С.С. Контрастно-усиленное ультразвуковое исследование как инструмент прецизионного картирования сигнального лимфатического узла молочной железы. *Вопросы онкологии*. 2026; 72(3): 673-681.-DOI: 10.37469/0507-3758-2026-72-3-2670

✉ Контакты: Филонова Эльвира Сергеевна, elialiubimskaia@gmail.com

Введение

Рак молочной железы (РМЖ) является ведущей онкологической патологией среди женщин и остается ведущей причиной смертности от злокачественных новообразований во всем мире, несмотря на достижения в области скрининга, диагностики и терапии [1]. По данным статистики, только в России в 2024 г. зарегистрировано более 84 тыс. новых случаев заболевания у женщин (22,4 % от общей заболеваемости), смертность в структуре женского населения на 2023 г. от РМЖ занимает первое место (15,5 %) [2–3].

Помимо высокого показателя заболеваемости, клинический исход при локально распространенном РМЖ существенно определяется состоянием регионарных лимфатических узлов (ЛУ), поскольку их метастатическое поражение ассоциируется с неблагоприятным прогнозом и необходимостью более агрессивного лечения [4–6].

В современных клинических рекомендациях указано, что предоперационная оценка состояния регионарных ЛУ у пациенток с ранними стадиями РМЖ является обязательной, поскольку их статус определяет тактику хирургического вмешательства и необходимость адъювантной терапии [7]. Биопсия сигнального лимфатического узла (БСЛУ) стала золотым стандартом аксиллярного стадирования у больных с клинически интактными узлами, позволяя снизить количество расширенных операций и связанных

с ними осложнений, таких как лимфедема и нарушение функции верхней конечности. Эффективность и безопасность БСЛУ подтверждены в многочисленных клинических исследованиях, что обеспечило ее широкое международное признание [5–10].

Results. Lymphatic channels were successfully visualized in 100 % of cases, and SLNs were identified in 90 %. The concordance rate for SLN localization between CEUS and lymphoscintigraphy was 83.3 %.

Conclusion. Contrast-enhanced ultrasound is a promising modality for preoperative SLN mapping, demonstrating high diagnostic performance and a favorable safety profile. However, for its subsequent integration into the preoperative diagnostic algorithm, further standardization of the imaging protocol and validation in multicenter studies are required.

Keywords: breast cancer; axillary lymph nodes; contrast-enhanced ultrasound; sentinel lymph node

For Citation: Ekaterina A. Busko, Petr V. Krivotrotko, Vladislav V. Semiglazov, Nadezhda I. Rozhkova, Sergey N. Novikov, Ksenia V. Kozubova, Elvira S. Filonova, Roman A. Kadyrleev, Anna A. Chemina, Elena I. Busko, Ilya A. Burovik, Sergey S. Bagnenko. Contrast-enhanced ultrasound for precise sentinel lymph node mapping in breast cancer. *Voprosy Onkologii = Problems in Oncology*. 2026; 72(3): 673-681.-DOI: 10.37469/0507-3758-2026-72-3-2670

с ними осложнений, таких как лимфедема и нарушение функции верхней конечности. Эффективность и безопасность БСЛУ подтверждены в многочисленных клинических исследованиях, что обеспечило ее широкое международное признание [5–10].

Традиционные методы идентификации сигнальных лимфатических узлов (СЛУ) включают применение радионуклидных препаратов, меченных технецием 99m , и/или визуализацию с помощью красителей (лимфазурина, метиленового синего), вводимых перитуморально или субареолярно. Комбинированный подход (радиоизотоп и краситель) демонстрирует высокие показатели эффективности, однако сопряжен с ограничениями, включая лучевую нагрузку на пациента и персонал, необходимость специализированной инфраструктуры, а также риск аллергических реакций на вводимые препараты [10]. Ограничения стимулируют поиск альтернативных методов визуализации, которые были бы менее инвазивными, доступными и безопасными.

Одним из перспективных подходов является контрастно-усиленное ультразвуковое исследование (КУУЗИ) с использованием микропузырьковых контрастных препаратов (МКП), которое позволяет визуализировать лимфатические сосуды (ЛС) и СЛУ без использования ионизирующего излучения, а высокое пространственное разрешение в режиме реального времени обеспечивает более четкое различение лимфатических структур

по сравнению с серошкальным ультразвуковым исследованием (УЗИ) [10–12].

По данным последних исследований, КУУЗИ показывает высокую чувствительность и специфичность при идентификации СЛУ у пациенток с ранним РМЖ, сопоставимую с традиционными методами, а также демонстрирует дополнительные преимущества, такие как возможность динамического наблюдения и навигации для прицельной биопсии под контролем УЗИ [10–13]. Однако несмотря на растущий объем публикаций, методика проведения и интерпретации результатов остается недостаточно стандартизированной, что ограничивает ее широкое внедрение в клиническую практику и требует дальнейшего изучения. *Цель* — оптимизация методики поиска СЛУ с помощью КУУЗИ с определением показаний и ограничений метода.

Материалы и методы

Настоящее исследование проводилось на базе ФГБУ «НМИЦ онкологии им. Н.Н. Петрова» Минздрава России в период с октября по декабрь 2018 г. и включало 30 пациенток с верифицированным РМЖ и клинической стадией заболевания cT1–2N0M0. Обобщенная характеристика больных представлена в табл. 1.

Распределение больных в зависимости от стадии заболевания и объема выполненного хирургического лечения представлено в табл. 2.

Критерии включения: первичная опухоль молочной железы без клинических и инструментальных признаков поражения регионарных ЛУ. *Критерии исключения:* воспалительный РМЖ, предыдущие хирургические вмешательства в ипсилатеральной аксиллярной области, морфологически подтвержденное метастатическое поражение подмышечных ЛУ, проведение неоадьювантной терапии.

За сутки до предполагаемого оперативного вмешательства всем пациенткам, вошедшим в исследование, интратуморально с помощью гамма-зонда вводился меченый коллоидный радиофармпрепарат (РФП) с последующим динамическим скинтиграфическим исследованием всех регионарных ЛУ со стороны локализации РМЖ. Первый ЛУ, накапливающий РФП, рассматривается как сигнальный.

В день операции испытуемым первым этапом выполнялась оценка аксиллярной области с помощью серошкального УЗИ. Критериями отсутствия метастатического поражения ЛУ являлись: овальная/бобовидная форма, преобладание продольного размера над поперечным, сохранение кортико-медуллярной дифференцировки, равномерность кортикального слоя, хилусный симметричный кровоток. При отсутствии данных за вторичное изменение ЛУ проводили КУУЗИ.

Таблица 1. Общая характеристика пациенток, включенных в исследование

Параметр	n	%
Число больных	30	100
Репродуктивный период	16	53,3
Менопауза	14	46,7
Средний возраст, лет (M ± σ)	50,2 ± 12,1	
Индекс массы тела, кг/м ² (M ± σ)	27,0 ± 5,9	

Table 1. Baseline characteristics of the study cohort

Characteristic	n	%
Total patients	30	100
Reproductive age	16	53,3
Postmenopausal	14	46,7
Mean age, years (Mean ± SD)	50.2 ± 12.1	
Body mass index, kg/m ² (Mean ± SD)	27.0 ± 5.9	

Таблица 2. Распределение больных в зависимости от стадии РМЖ и объема оперативного вмешательства

Стадия	n	%
T1mic	1	3,3
T1a	2	6,7
T1b	5	16,7
T1c	12	40,0
T2	10	33,3
Объем операции		
Органосохраняющая	16	53,4
Мастэктомия	10	33,3
Реконструктивная	4	13,3

Table 2. Distribution of patients by breast cancer stage and type of surgical intervention

Stage	n	%
T1mic	1	3.3
T1a	2	6.7
T1b	5	16.7
T1c	12	40.0
T2	10	33.3
Type of surgery		
Breast-conserving surgery	16	53.4
Mastectomy	10	33.3
Reconstructive surgery	4	13.3

КУУЗИ выполнялось на ультразвуковом аппарате экспертного класса с использованием микропузырькового контрастного препарата (МКП) второго поколения на основе инертного газа — гексафторида серы (Sonovue). Для повышения качества визуализации использовался режим низкого механического индекса (MI) = 0,1-0,4, позволяющий минимизировать разрушение микропузырьков и увеличить продолжительность их циркуляции в зоне исследования. Введение

готового лиофилизата контрастного вещества выполнялось подкожно посредством субареолярного введения со стороны верхнеаружного квадранта в стандартном объеме 0,5 мл. Для более точного введения инъекция осуществлялась с помощью туберкулинового инъекционного шприца однократного применения с иглой 27G.

После введения МКП проводилось динамическое наблюдение за его распространением по ЛС (рис. 1).

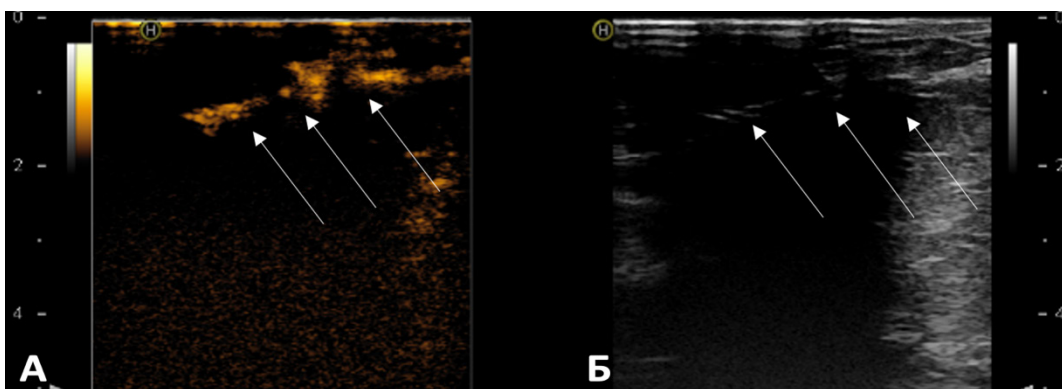


Рис. 1. Контрастное усиление от лимфатических сосудов после субареолярного введения МКП (стрелки): А — лимфатический сосуд в режиме контрастной гармоник; Б — тот же лимфатический сосуд в В-режиме
Fig. 1. Contrast-enhanced ultrasound visualization of lymphatic vessels following subareolar injection of a microbubble contrast agent (arrows). (A) A lymphatic vessel displayed in contrast harmonic imaging mode. (B) The same lymphatic vessel visualized in B-mode

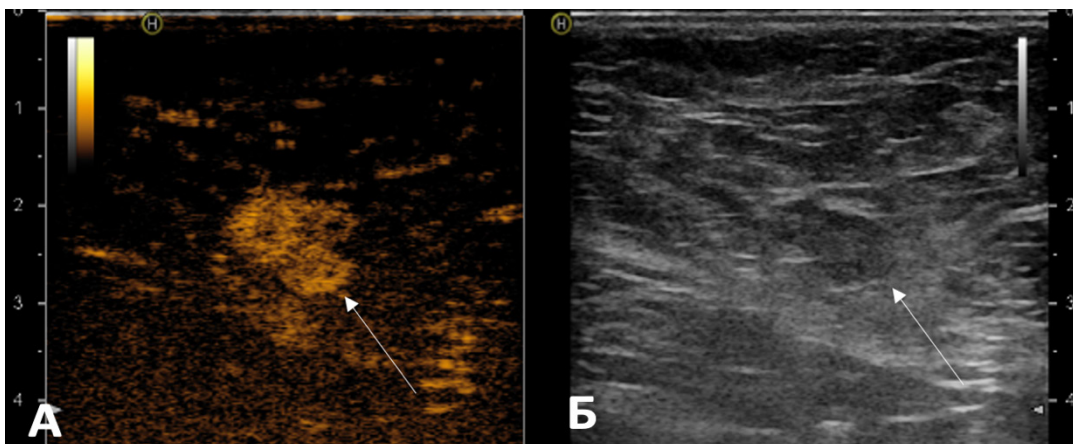


Рис. 2. Зона аккумуляции МКП в ипсилатеральной аксиллярной области после субареолярного введения эхоконтраста (стрелка): А — ЛУ в режиме контрастной гармоник; Б — тот же ЛУ в В-режиме
Fig. 2. Area of microbubble contrast agent accumulation in the ipsilateral axillary region following subareolar injection of ultrasound contrast agent (arrow). (A) A lymph node visualized in contrast harmonic imaging mode. (B) The same lymph node in B-mode

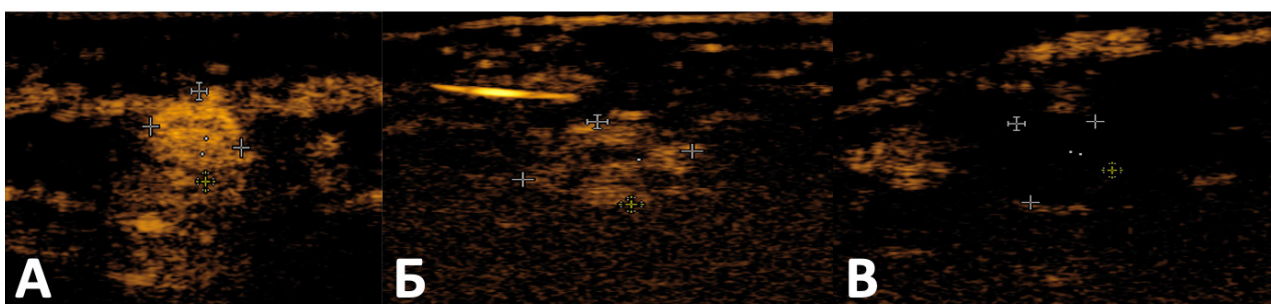


Рис. 3. Паттерны контрастирования ЛУ после субареолярного введения эхоконтраста в режиме контрастной гармоник (выделены курсорами): А — гомогенный; Б — гетерогенный; В — аконтрастный
Fig. 3. Lymph node contrast enhancement patterns following subareolar contrast administration, visualized in contrast harmonic imaging mode (delineated by cursors). (A) Homogeneous enhancement. (B) Heterogeneous enhancement. (B) Non-enhancing (akinetic) pattern

При отсутствии визуализации контрастирования ЛС и ЛУ проводили мягкое массажирование околоареолярной зоны с целью активизации лимфооттока. Сразу после этого выполнялось ультразвуковое сканирование аксиллярной области. Если эхоконтрастирование по-прежнему не фиксировалось, вводили дополнительную дозу МКП. Область, где в подмышечной зоне с соответствующей стороны впервые отмечалось накопление МКП, расценивали как СЛУ (рис. 2).

В зависимости от особенностей накопления МКП, в СЛУ выделяли следующие паттерны контрастирования:

- 1) Гомогенный — равномерное интенсивное контрастирование ЛУ (отличная визуализация).
- 2) Гетерогенный — в структуре ЛУ выявлялись участки со сниженным или отсутствующим контрастированием (частичная визуализация).
- 3) Аконтрастный — отсутствие накопления контрастного препарата в ЛУ (отсутствие визуализации) (рис. 3).

После идентификации СЛУ по данным КУУЗИ, в проекции ЛУ ставилась красная кожная метка. Далее с помощью гамма-детектора проводился поиск СЛУ с наибольшим накоплением РФП. Метка черного цвета на коже являлась местом предполагаемого СЛУ, выявленная с помощью РФП.

Если проекции кожных меток совпадали, тест считался положительным. Если нет, данные, полученные с помощью КУУЗИ, считались ошибочными.

Результаты

В ходе проведенного исследования визуализация ЛС с использованием КУУЗИ достигнута у всех пациенток ($n = 30$), что свидетельствует о высокой чувствительности метода на уровне лимфатического русла. Транзитное время после инъекции МКП до контрастного усиления первого аксиллярного ЛУ составило 10–60 сек. Для улучшения визуализации массаж околоареолярной области выполнялся 22 пациенткам (73,3 %).

Отток МКП по ЛС от места инъекции визуализировался в 100 % случаев. СЛУ были успешно идентифицированы в большинстве наблюдений (90,0 %), при этом характер контрастирования варьировал от равномерного интенсивного накопления до неоднородного распределения МКП в структуре узла. У 76,6 % ($n = 23$) была достигнута хорошая визуализация подмышечного ЛУ (гомогенный паттерн контрастирования ЛУ). Из них в 13,0 % ($n = 3$) определялось два ЛУ, что можно интерпретировать как один СЛУ и один ЛУ второго порядка. В 13,4 % ($n = 4$) достигнута частичная визуализация ЛУ (гетерогенный

паттерн контрастирования ЛУ). В 10,0 % ($n = 3$) визуализировать СЛУ с помощью КУУЗИ не удалось (аконтрастный паттерн).

Таким образом, при субареолярном введении МКП у пациенток с ранней стадией РМЖ удалось визуализировать ЛУ в 90,0 % случаев ($n = 27$).

Сравнительный анализ с результатами радионуклидного исследования продемонстрировал высокий уровень совпадения локализации СЛУ. Маркировка зоны совпала у 25 пациенток (83,3 %), в двух случаях визуализируемые с помощью МКП СЛУ не показали повышенное излучение при измерении гамма-зондом, что расценено как расхождение с радионуклидным методом.

По данным срочного гистологического исследования СЛУ, метастатическое поражение было выявлено в трех случаях. У одном из них СЛУ не был визуализирован с помощью МКП.

Анализ случаев отсутствия визуализации ЛУ ($n = 3$) показал, что эффективность метода может зависеть от индекса массы тела и гормонального статуса: затруднения чаще отмечались у пациенток в менопаузе и при избыточной массе тела, что может быть связано с фиброзно-жировыми изменениями тканей и особенностями лимфооттока.

Данные нашего исследования подтверждаются следующим клиническим наблюдением. Пациентка (50 лет) обратилась с жалобами на пальпируемое образование в правой молочной железе. По результатам маммографического исследования на фоне диффузного фиброаденоматоза (ACR_c) узловых образований не визуализировались — BI-RADS 0. По данным УЗИ с соноэластографией (СЭГ), в правой молочной железе на 9–10 часах выявлено гипозоногенное образование неправильной формы с нечеткими контурами размерами 6 × 5 мм. При компрессионной СЭГ образование картировалось 3–4 эластотипом — BI-RADS 4c. Метастатического изменения ипсилатеральных аксиллярных ЛУ, по данным УЗИ, выявлено не было (рис. 4).

По результатам биопсии был верифицирован инвазивный неспецифический РМЖ, G1, люминальный А молекулярный подтип, $T_1N_0M_0$. Маркировка СЛУ производилась двумя методами: с помощью МКП и РФП. Локализация предполагаемого СЛУ, по данным двух методов, совпала (рис. 4). Больной выполнена органосохраняющая операция правой молочной железы с БСЛУ.

Постоперационный материал. Инвазивная неспецифицированная (NST) карцинома правой молочной железы в виде двух узлов G2 (2 + 3 + 1) 6 и G2 (2 + 3 + 1) 5,3 мм в наибольшем измерении, с выраженным внутривидовым компонентом солидного и криброзного

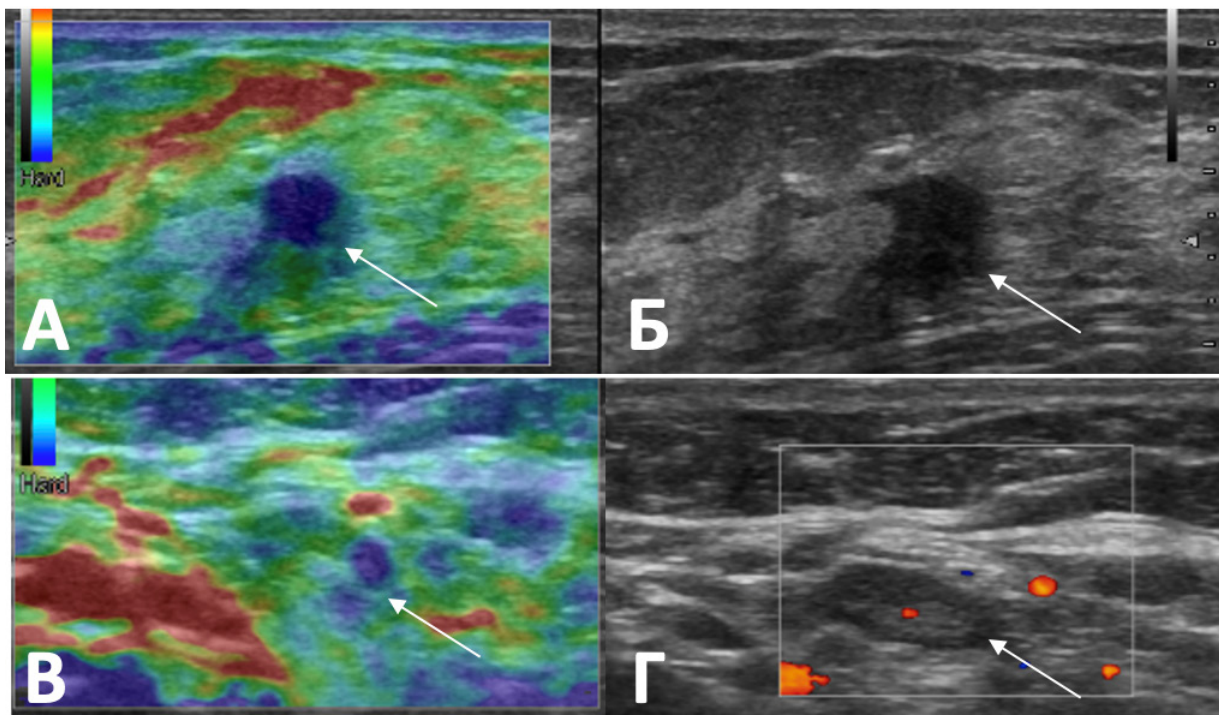


Рис. 4. Ультразвуковая картина образования правой молочной железы и аксиллярных ЛУ (стрелка): А — компрессионная СЭГ образования в молочной железе, 3–4 эластотип; Б — В-режим, гипоехогенный очаг; В — компрессионная СЭГ ЛУ, 2 эластотип; Г — В-режим, неизменный ЛУ

Fig. 4. Ultrasound features of a right breast lesion and its associated axillary lymph nodes (arrow). (A) Strain elastography of the breast lesion, elasticity score 3–4. (Б) B-mode image demonstrating a corresponding hypoechoic mass. (B) Strain elastography of a regional lymph node, elasticity score 2. (Г) B-mode image of the same, unremarkable lymph node

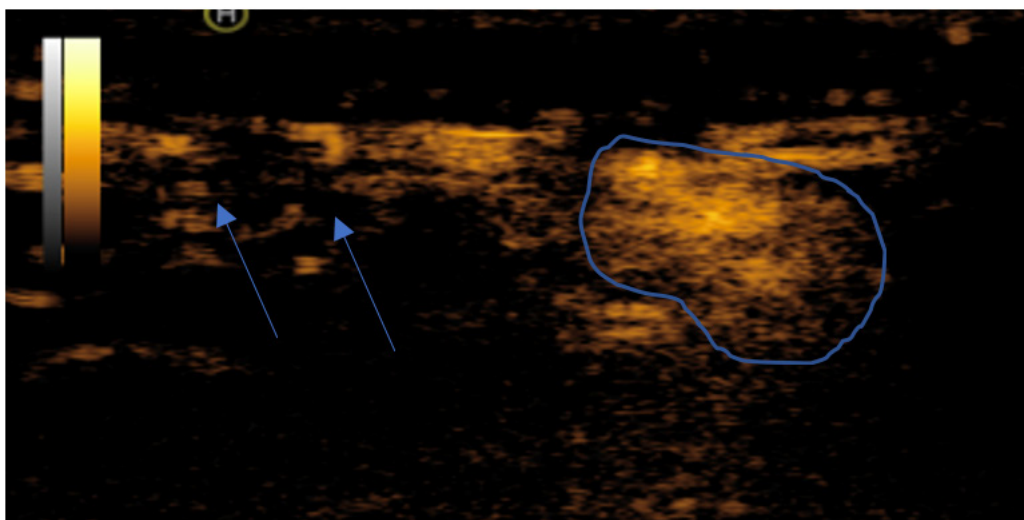


Рис. 5. КУУЗИ сигнального ЛУ, режим контрастной гармоника. Линия контрастного усиления от лимфатического сосуда (стрелка), подходящая к зоне аккумуляции контрастного препарата в СЛУ (синяя линия)

Fig. 5. Sentinel lymph node mapping via contrast-enhanced ultrasound in contrast harmonic imaging mode. A distinct, enhancing lymphatic vessel (arrow) is seen directly communicating with the focal microbubble accumulation within the sentinel lymph node (delineated by the blue contour)

типов pG2 с апикальными некрозами. Четыре исследованных ЛУ (из них один сигнальный) без метастазов. $T_{p1b(m)}N_0M_0$. Следует отметить, что второй опухолевый фокус методами лучевой диагностики не визуализировался.

Сравнительный анализ эффективности РФП и МКП в данном исследовании не проводился ввиду малой выборки. Основной целью была отработка методики поиска СЛУ с помощью

МКП и определение показаний и ограничений метода.

Для статистически значимых выводов требуется поперечное исследование с большей выборкой, включающее выполнение радиоизотопного исследования и КУУЗИ с последующей маркировкой СЛУ с помощью красителя или металлического проводника, с дальнейшим сопоставлением диагностической эффективности методов.

Обсуждение

Результаты настоящего исследования демонстрируют, что КУУЗИ с субареолярным введением МКП является высокоинформативным и безопасным методом предоперационной визуализации лимфатического русла и СЛУ у пациенток с ранним РМЖ. Полученные данные согласуются с растущим объемом международных публикаций, подтверждающих клиническую целесообразность внедрения данной технологии в рутинную практику. Согласно данным обзора К. Omoto и соавт. (2024), КУУЗИ рассматривается как безопасная и технически доступная альтернатива радиоизотопным методам, позволяющая избежать лучевой нагрузки и упростить организационные аспекты предоперационной подготовки [14]. Авторы подчеркивают, что использование КУУЗИ обеспечивает визуализацию ЛС в режиме реального времени, что принципиально отличает его от методов, основанных на накоплении РФП.

В нашем исследовании визуализация СЛУ достигнута в 90 % случаев, а совпадение с радионуклидным методом составило 83,3 %. Эти показатели сопоставимы с данными проспективных исследований. Так, в работе Q. Cui и соавт. (2020), включавшей более 100 пациенток с ранними стадиями РМЖ, частота выявления СЛУ с помощью КУУЗИ составила 96,3 %, а конкордантность с традиционной методикой — 100 % [14]. Это подтверждает высокую воспроизводимость метода и его потенциальную клиническую применимость (продемонстрировано и в нашей работе). Авторы отмечают, что внедрение технологии способствует снижению числа необоснованных аксиллярных лимфодиссекций и, как следствие, уменьшению частоты послеоперационных осложнений [15].

Метаанализ X. Liu и соавт. (2023) продемонстрировал, что чувствительность КУУЗИ в выявлении метастатического поражения СЛУ достигает 88–90 %, а специфичность превышает 85 % [16]. Аналогичные данные представлены в крупном многоцентровом исследовании J. Li и соавт. (2022), где показано, что предоперационное применение КУУЗИ позволяет достоверно идентифицировать СЛУ и может использоваться как предоперационный вспомогательный инструмент для стадирования [17]. Полученные результаты, как и наши данные, подтверждают высокую диагностическую ценность КУУЗИ.

Следует отметить, что в ряде исследований подчеркивается возможность оценки не только локализации, но и морфофункциональных характеристик СЛУ, где ключевую роль играет анализ паттернов накопления МКП. В систематическом

обзоре Z. Niu и соавт. (2022) показано, что гетерогенное контрастирование, дефекты наполнения и асимметрия кортикального слоя являются надежными предикторами метастатического поражения [18]. В нашем исследовании гомогенный паттерн преобладал (76,6 %), что коррелирует с отсутствием метастазов в большинстве удаленных узлов. Эти результаты подтверждают потенциал КУУЗИ в стратификации пациентов по риску метастазирования и, как следствие, в снижении числа необоснованных аксиллярных лимфодиссекций.

Сравнивая полученные результаты с данными литературы, следует отметить, что показатель выявляемости СЛУ в нашем исследовании несколько ниже, чем в ряде зарубежных работ. Это может быть обусловлено меньшим количеством наблюдений, а также индивидуальными анатомо-физиологическими особенностями пациентов, в частности менопаузальным статусом и избыточной массой тела. В исследовании Y. Dong и соавт. (2025) было проведено подробное изучение анатомо-клинических факторов, влияющих на эффективность контрастного усиления [19].

Недавно опубликованный метаанализ X. Yuan и соавт. (2025) показал, что различные техники КУУЗИ обладают сопоставимой диагностической ценностью, однако стандартизация протокола исследования играет ключевую роль в повышении точности метода [20].

Важным достоинством КУУЗИ является возможность визуализации ЛС, что позволяет более точно определить путь лимфооттока и выявить альтернативные лимфатические коллекторы. В исследовании J. Luo и соавт. (2021) показано, что применение КУУЗИ позволяет выявлять вариабельность лимфатических путей, что имеет важное значение для индивидуализации хирургического вмешательства [21].

Следует также отметить, что КУУЗИ обладает рядом организационных преимуществ. Отсутствие необходимости использования радиоизотопов позволяет применять метод в условиях большинства лечебных учреждений, что существенно расширяет доступность и снижает затраты на проведение исследования.

Несмотря на очевидные достоинства, метод имеет ряд ограничений. К ним относятся: зависимость от оператора, необходимость стандартизации методики, а также отсутствие единых критериев интерпретации паттернов контрастирования. В этой связи представляется необходимым проведение крупных многоцентровых исследований, направленных на разработку унифицированных протоколов.

Таким образом, анализ собственных данных в сочетании с результатами современных иссле-

дований позволяет рассматривать КУУЗИ как перспективный и клинически значимый метод предоперационной оценки СЛУ при РМЖ.

Заключение

Применение КУУЗИ для поиска СЛУ у пациенток с РМЖ в нашей работе позволило визуализировать ЛС в 100 % случаев, ипсилатеральные ЛУ — в 90 %; совпадение локализации СЛУ при КУУЗИ и радионуклидном методе составило 83,3 % (25/30 пациенток). КУУЗИ является перспективным методом визуализации СЛУ, обладающим высокой диагностической ценностью с благоприятным профилем безопасности, однако для внедрения в предоперационный алгоритм обследования требуются дальнейшая стандартизация протокола и валидация в многоцентровых исследованиях.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
Conflict of interest
The authors declare no conflict of interest.

Финансирование

Исследование не имело спонсорской поддержки.
Funding
The work was performed without external funding.

Соблюдение прав пациентов и правил биоэтики

Все процедуры с вовлечением пациенток были проведены в соответствии с Хельсинкской декларацией по правам человека в редакции 2013 г. Все пациентки подписали информированное согласие на участие в исследовании.
Compliance with patient rights and principles of bioethics
All procedures performed in studies involving human participants were in accordance with the ethical standards of the Declaration of Helsinki (2013 revision). All patients gave written informed consent to participate in the study.

Участие авторов

Авторы декларируют соответствие своего авторства международным критериям ICMJE. Все авторы в равной степени участвовали в подготовке публикации: разработке концепции статьи, получении и анализе фактических данных, написании и редактировании текста статьи, проверке и утверждении текста статьи.
Все авторы одобрили финальную версию статьи перед публикацией, выразили согласие нести ответственность за все аспекты работы, подразумевающую надлежащее изучение и решение вопросов, связанных с точностью или добросовестностью любой части работы.

Authors' contributions

The authors declare that their authorship is in accordance with the international ICMJE criteria. All authors have made a substantial contribution to the publication: conception of the work, acquisition and analysis of data, drafting and editing the article, revision and final approval of the version to be published.

All authors approved the final version of the article before publication and agreed to be responsible for all aspects of the work, ensuring proper study and resolution of issues related to the accuracy or integrity of any part of the work.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Bray F, Laversanne M., Sung H., et al. Global cancer statistics 2022: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries. *CA Cancer J Clin.* 2024; 74(3): 229-263.-DOI: 10.3322/caac.21834.
2. Злокачественные новообразования в России в 2024 году (заболеваемость). Под ред. А.Д. Каприна, С.В. Иванова, А.Е. Шабада и др. М.: МНИОИ им. П.А. Герцена — филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России. 2025. [Malignant neoplasms in Russia in 2024 (incidence). Ed. by A.D. Kaprin, S.V. Ivanov, A.E. Shabad, et al. Moscow: P.A. Herzen Moscow Oncology Research Institute — branch of the National Medical Research Radiological Centre, Ministry of Health of Russia. 2025. (In Rus)].
3. Мерабишвили В.М., Семиглазов В.Ф., Бусько Е.А. Возрастные особенности распространенности, ранней диагностики и выживаемости больных раком молочной железы (клинико-популяционное исследование). *Вопросы онкологии.* 2024; 70(3): 450-459.-DOI: 10.37469/0507-3758-2024-70-3-450-459. [Merabishvili V.M., Semiglazov V.F., Busko E.A. Age-related features of prevalence, early diagnosis and survival in breast cancer patients (clinical and population-based study). *Voprosy Onkologii = Problems in Oncology.* 2024; 70(3): 450-459.-DOI: 10.37469/0507-3758-2024-70-3-450-459 (In Rus)].
4. Ge I., Erbes T., Juhasz-Böss I. Prognostic value and management of regional lymph nodes in locoregional breast cancer recurrence: a systematic review of the literature. *Arch Gynecol Obstet.* 2022; 306(4): 943-957.-DOI: 10.1007/s00404-021-06352-9.
5. Криворотко П.В., Табагуа Т.Т., Новиков С.Н., et al. Биопсия сигнальных лимфатических узлов при раке молочной железы. Опыт НМИЦ онкологии им. Н.Н. Петрова. *Вопросы онкологии.* 2024; 70(3): 516-525.-DOI: 10.37469/0507-3758-2024-70-3-516-525. [Krivorotko P.V., Tabagua T.T., Novikov S.N., et al. Sentinel lymph node biopsy in breast cancer. Experience of the N.N. Petrov National Medical Research Center of Oncology. *Voprosy Onkologii = Problems in Oncology.* 2024; 70(3): 516-525.-DOI: 10.37469/0507-3758-2024-70-3-516-525 (In Rus)].
6. Табагуа Т.Т., Криворотко П.В., Амиров Н.С., et al. Биопсия сигнальных лимфатических узлов у пациентов с клинически позитивными лимфатическими узлами после неoadъювантной терапии: сравнение отдаленных результатов при выполнении биопсии сигнальных лимфатических узлов и при аксиллярной лимфаденэктомии при ycN0-статусе. *Вопросы онкологии.* 2025; 71(3): 476-488.-DOI: 10.37469/0507-3758-2025-71-3-OF-2315. [Tabagua T.T., Krivorotko P.V., Amirov N.S., et al. Sentinel lymph node biopsy in patients with clinically positive lymph nodes after neoadjuvant therapy: comparison of long-term outcomes of sentinel lymph node biopsy versus axillary lymph node dissection in ycN0 status. *Voprosy Onkologii = Problems in Oncology.* 2025; 71(3): 476-488.-DOI: 10.37469/0507-3758-2025-71-3-OF-2315 (In Rus)].
7. Рак молочной железы: клинические рекомендации. Министерство здравоохранения Российской Федерации. М. 2021. [Breast cancer: clinical guidelines. Ministry of Health of the Russian Federation. Moscow. 2021 (In Rus)].
8. Табагуа Т.Т., Левченко В.Е., Мортада В.В., et al. Роль обратного лимфогенного картирования при проведении процедуры биопсии сигнальных лимфатических узлов у больных раком молочной железы. *Вопросы онкологии.* 2024; 70(3): 499-505.-DOI: 10.37469/0507-3758-2024-70-3-499-505. [Tabagua T.T., Levchenko V.E., Mortada V.V., et al. The role of reverse lymphatic mapping in sentinel lymph

- node biopsy procedure in breast cancer patients. *Voprosy Onkologii = Problems in Oncology*. 2024; 70(3): 499-505.-DOI: 10.37469/0507-3758-2024-70-3-499-505 (In Rus)].
9. Huang T., Wang W., Sun X. Sentinel lymph node biopsy omission in early-stage breast cancer: current evidence and clinical practice. *Front Oncol*. 2025; 15: 1598730.-DOI: 10.3389/fonc.2025.1598730.
 10. Rocco N., Velotti N., Pontillo M., et al. New techniques versus standard mapping for sentinel lymph node biopsy in breast cancer: a systematic review and meta-analysis. *Updates Surg*. 2023; 75(6): 1699-1710.-DOI: 10.1007/s13304-023-01560-1.
 11. Deng H., Lei J., Jin L., Shi H. Diagnostic efficacy of sentinel lymph node in breast cancer under percutaneous contrast-enhanced ultrasound: an updated meta-analysis. *Thorac Cancer*. 2021; 12(21): 2849-2856.-DOI: 10.1111/1759-7714.14139.
 12. Любимская Э.С., Бусько Е.А., Гончарова А.Б., et al. Визуализация микрососудистого русла при контрастно-усиленном ультразвуковом исследовании в диагностике опухолей мягких тканей. *Регионарное кровообращение и микроциркуляция*. 2025; 24(1): 31-38.-DOI: 10.24884/1682-6655-2025-24-1-31-38. [Lyubimskaya E.S., Busko E.A., Goncharova A.B., et al. Visualization of microvascular bed in contrast-enhanced ultrasound for diagnosis of soft tissue tumors. *Regional Blood Circulation and Microcirculation*. 2025; 24(1): 31-38.-DOI: 10.24884/1682-6655-2025-24-1-31-38 (In Rus)].
 13. Rautiainen S., Sudah M., Joukainen S., et al. Contrast-enhanced ultrasound-guided axillary lymph node core biopsy: Diagnostic accuracy in preoperative staging of invasive breast cancer. *Eur J Radiol*. 2015; 84(11): 2130-2136.-DOI: 10.1016/j.ejrad.2015.08.006.
 14. Omoto K., Futsuhara K., Watanabe T. Sentinel lymph node identification using contrast-enhanced ultrasound in breast cancer: review of the literature. *J Med Ultrason*. 2024; 51(4): 581-585.-DOI: 10.1007/s10396-023-01313-y.
 15. Cui Q., Dai L., Li J., Xue J. Accuracy of CEUS-guided sentinel lymph node biopsy in early-stage breast cancer: a study review and meta-analysis. *World J Surg Oncol*. 2020; 18(1): 112.-DOI: 10.1186/s12957-020-01890-z.
 16. Liu X., Wang M., Wang Q., Zhang H. Diagnostic value of contrast-enhanced ultrasound for sentinel lymph node metastasis in breast cancer: an updated meta-analysis. *Breast Cancer Res Treat*. 2023; 202(2): 221-231.-DOI: 10.1007/s10549-023-07063-2.
 17. Li J., Li H., Guan L., et al. The value of preoperative sentinel lymph node contrast-enhanced ultrasound for breast cancer: a large, multicenter trial. *BMC Cancer*. 2022; 22: 455.-DOI: 10.1186/s12885-022-09551-y.
 18. Niu Z., Xiao M., Ma L., et al. The value of contrast-enhanced ultrasound enhancement patterns for the diagnosis of sentinel lymph node status in breast cancer: systematic review and meta-analysis. *Quant Imaging Med Surg*. 2022; 12(2): 936-948.-DOI: 10.21037/qims-21-416.
 19. Dong Y., Liu J., Jia W., et al. Factors affecting preoperative sentinel lymph nodes contrast-enhanced ultrasound in breast cancer. *Quant Imaging Med Surg*. 2025; 15(9): 8125-8136.-DOI: 10.21037/qims-2024-2879.
 20. Yuan X.W., Cao C.L., Li W.X., et al. Diagnostic value of different contrast-enhanced ultrasound (CEUS) methods for sentinel lymph node metastasis in patients with breast neoplasms: a meta-analysis and indirect comparison. *Quant Imaging Med Surg*. 2025; 15(6): 5660-5673.-DOI: 10.21037/qims-24-317.
 21. Luo J., Feng L., Zhou Q., et al. The value of contrast-enhanced ultrasound in determining the location of sentinel lymph nodes in breast cancer. *Cancer Imaging*. 2021; 21: 143.-DOI: 10.1186/s40644-021-00397-4.

Поступила в редакцию / Received / 15.04.2026
 Прошла рецензирование / Reviewed / 29.04.2026
 Принята к печати / Accepted for publication / 18.06.2026

Сведения об авторах / Author Information / ORCID

Екатерина Александровна Бусько / Ekaterina A. Busko / ORCID ID: 0000-0002-0940-6491; eLibrary SPIN: 7323-1083; Author ID (Scopus): 55458951100.

Петр Владимирович Криворотко / Petr V. Krivorotko / ORCID ID: 0000-0002-4898-9159; eLibrary SPIN: 2448-7506; Author ID (Scopus): 36600762900.

Владислав Владимирович Семиглазов / Vladislav V. Semiglazov / ORCID ID: 0000-0002-8825-5221; eLibrary SPIN: 6786-9577; Author ID (Scopus): 7006310596.

Надежда Ивановна Рожкова / Nadezhda I. Rozhkova / ORCID ID: 0000-0003-0920-1549; eLibrary SPIN: 8478-1840; Author ID (Scopus): 7006577356.

Сергей Николаевич Новиков / Sergey N. Novikov / ORCID ID: 0000-0002-7185-1967; eLibrary SPIN: 7346-0687; Author ID (Scopus): 7202404433.

Ксения Вячеславовна Козубова / Ksenia V. Kozubova / ORCID ID: 0000-0001-9611-0439; eLibrary SPIN: 4834-3728; Author ID (Scopus): 57828117300.

Эльвира Сергеевна Филонова / Elvira S. Filonova / ORCID ID: 0000-0002-2038-3964; eLibrary SPIN: 9755-2866; Author ID (Scopus): 58786066100.

Роман Андреевич Кадырлеев / Roman A. Kadyrleev / ORCID ID: 0000-0001-6576-1087; eLibrary SPIN: 7360-4884; Author ID (Scopus): 57203729388.

Анна Андреевна Чеминава / Anna A. Cheminava / ORCID ID: 0009-0002-2265-0402; eLibrary SPIN: 7095-0103.

Елена Игоревна Бусько / Elena I. Busko / ORCID ID: 0009-0002-1783-5226; eLibrary SPIN: 9269-5794.

Илья Александрович Буровик / Ilya A. Burovik / ORCID ID: 0000-0002-4714-1228; eLibrary SPIN: 1923-6457; Author ID (Scopus): 57190569907.

Сергей Сергеевич Багненко / Sergey S. Bagnenko / ORCID ID: 0000-0002-4131-6293; eLibrary SPIN: 4389-9374; Author ID (Scopus): 57425014500.

