

ISSN 1607-0763 (Print); ISSN 2408-9516 (Online)

<https://doi.org/10.24835/1607-0763-1025>

Ультразвуковой мерцающий артефакт в дифференциальной диагностике кальцинатов молочных желез

© Громов А.И.^{1, 4*}, Комин Ю.А.^{2, 3}, Мозеров С.А.², Красницкая С.К.³

¹ ФГБОУ ВО “Московский государственный медико-стоматологический университет имени А.И. Евдокимова” Минздрава России; 127473 Москва, ул. Делегатская, д. 20, стр. 1, Российская Федерация

² Обнинский институт атомной энергетики – филиал ФГАОУ ВО “Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»” Минобрнауки России; 249039 Обнинск, Калужская обл., тер. Студгородок, 1, Российская Федерация

³ Военно-медицинское учреждение, Москва, Российская Федерация

⁴ Клиническая больница №2 АО Группа компаний “МЕДСИ”; 125284 Москва, 2-й Боткинский проезд, д. 5, корп. 3, 4, Российская Федерация

Цель исследования: оценка возможности использования ультразвукового мерцающего артефакта в выявлении кальцинатов молочных желез как диагностического критерия рака молочной железы.

Материал и методы. Проведено целенаправленное ультразвуковое исследование с применением цветового доплеровского картирования для установления наличия мерцающего артефакта у 112 пациенток, у которых при рентгеновской маммографии были выявлены кальцинаты.

Результаты. По данным ультразвукового исследования мерцающий артефакт зарегистрирован только у 10 из 112 обследованных женщин. Выраженный мерцающий артефакт зарегистрирован у 3 пациенток, кальцинаты были единичными, преимущественно дольковыми, размером более 1 мм. В 5 случаях артефакт мерцания определялся средней степени выраженности, по характеру распределения также преобладали единичные, размером более 1 мм. У 2 пациенток с сгруппированными кальцинатами имел место слабовыраженный мерцающий артефакт, размер их был также более 1 мм. При размерах кальцината менее 1 мм мерцающий артефакт удалось зарегистрировать только у 1 (1,5%) пациентки из 65.

Выводы. Полученные данные свидетельствуют о том, что доплеровский мерцающий артефакт в молочных железах возникает практически только в макрокальцинатах (размером более 1 мм) и преимущественно единичных. Современные ультразвуковые аппараты не позволяют достоверно регистрировать мерцающий артефакт в кальцинатах размером менее 1 мм, что свидетельствует о невозможности использования цветового доплеровского кодирования для выявления микрокальцинатов как предиктора рака молочной железы.

Ключевые слова: кальцинаты, мерцающий артефакт, ультразвук, рак молочной железы, маммография

Авторы подтверждают отсутствие конфликтов интересов.

Для цитирования: Громов А.И., Комин Ю.А., Мозеров С.А., Красницкая С.К. Ультразвуковой мерцающий артефакт в дифференциальной диагностике кальцинатов молочных желез. *Медицинская визуализация*. 2021; 25 (3): 157–166. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-1025>

Поступила в редакцию: 18.04.2021.

Принята к печати: 13.09.2021.

Опубликована online: 15.09.2021.

Twinkling artifact in differential diagnosis of mammary calcinates

© Alexander I. Gromov^{1, 4*}, Yury A. Komin^{2, 3}, Sergey A. Mozerov², Svetlana K. Krasnickaya³

¹ A.I. Evdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry; 20/1, Delegatskaya str., Moscow 127473, Russian Federation



² Obninsk Institute for Nuclear Power Engineering; 1, Studgorodok, Obninsk 249039, Russian Federation

³ Medical military facility, Moscow, Russian Federation

⁴ Clinical hospital No.2 of "Medsi group" Joint Stock Company; 2nd Botkinsky pr., 5-3, 4, Moscow 125284, Russian Federation

Research goal: evaluation of the possibility of using an ultrasound twinkling artifact in the detection of breast calcifications as a diagnostic criterion for breast cancer.

Material and methods. A targeted ultrasound study using color Doppler mapping was performed to determine the presence of a twinkling artifact in 112 patients who had calcifications detected during X-ray mammography.

Results. According to the ultrasound examination, the twinkling artifact was registered only in 10 of the 112 women examined. A pronounced twinkling artifact was registered in 3 patients, the calcifications were single, mainly lobular, with a size of more than 1 mm. In 5 cases, the flicker artifact was determined to be of moderate severity, and the distribution pattern was also dominated by single ones, more than 1 mm. Two patients with grouped calcinates had a weakly expressed twinkling artifact, their dimensions were also more than 1 mm.

Conclusion. The data obtained indicate that the Doppler twinkling artifact in the mammary glands occurs only in macrocalcinates (larger than 1 mm) and, mainly, single ones. Modern ultrasound devices do not allow registering a twinkling artifact in calcinates smaller than 1 mm, which indicates that it is impossible to use Doppler color coding to detect microcalcinates as a predictor of breast cancer.

Keywords: calcinates, twinkling artifact, ultrasound, breast cancer, mammography

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest. The study had no sponsorship.

For citation: Gromov A.I., Komin Yu.A., Mozerov S.A., Krasnickaya S.K. Twinkling artifact in differential diagnosis of mammary calcinates. *Medical Visualization*. 2021; 25 (3): 157–166. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-1025>

Received: 18.04.2021.

Accepted for publication: 13.09.2021.

Published online: 15.09.2021.

Введение

Выявление микрокальцинатов при рентгеновской маммографии является важнейшим диагностическим критерием рака молочной железы. Они представляют собой микрообызвествления, отложения солей кальция различной формы, размеров, количества и локализации. По локализации выделяют протоковые, дольковые, стромальные. Кальцинаты, характерные для рака молочной железы, отличаются беспорядочным расположением и малыми размерами (от 50 до 600 мкм) [1]. Рентгеновская маммография – “золотой стандарт” скрининга рака молочной железы и визуализации кальцинатов, но существует ряд серьезных недостатков: возраст обследуемых для первичного маммографического исследования (40 лет) и лучевая нагрузка.

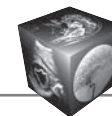
Допплеровский мерцающий артефакт (twinkling artifact) уже 25 лет используется в ультразвуковой диагностике для визуализации кальцинатов различных органов и наиболее эффективно для диагностики и дифференциальной диагностики конкрементов мочевых путей [2, 3]. Выявление мерцающего артефакта имеет высокую положительную прогностическую ценность в диагностике мелких камней почек, что привело к широкому применению цветового доплеровского картирования (ЦДК) в практике. При этом физическая основа возникновения мерцающего артефакта до

последнего времени до конца не понятна, хотя основной версией является кавитация микропузырьков газа. В 2018–2019 гг. Н.С. Кульберг и соавт., проводя экспериментальные исследования на тканеимитирующих фантомах в различных режимах ультразвукового сканирования, предположили, что артефакт мерцания может быть двух типов [4, 5].

Идея использовать мерцающий артефакт для выявления микрокальцинатов молочных желез нашла воплощение в научных работах начиная с начала двухтысячных годов, и эти работы продолжают и по настоящее время [6]. Так, Y. Fujimoto и соавт. в 2017 г. и A. Relea и соавт. в 2018 г. провели исследования на предмет соответствия доплеровского мерцающего артефакта микрокальцинатам молочных желез. В ходе проведенного ретроспективного анализа кальцинатов на рентгеновских маммограммах и ультразвуковой доплеровской картины мерцающий артефакт был выявлен у 28 обследуемых из 44 и у 27 из 46 [7, 8]. Однако полученные различными авторами данные в значительной степени противоречивы.

Цель исследования

Оценка возможности использования ультразвукового мерцающего артефакта в выявлении кальцинатов молочных желез как диагностического критерия рака молочной железы.



Материал и методы

Материалом исследования послужили данные комплексного рентгеноэхографического обследования 112 пациенток, у которых при рентгеновской маммографии были обнаружены кальцинаты молочных желез. Средний возраст пациенток составил 60,9 года. Рентгеновское маммографическое исследование проводилось в двух стандартных проекциях (краниокаудальной (CC) и медиолатеральной (MLO)). При этом определялся тип плотности ткани молочной железы (ACR), тип кальцинатов (дольковые, протоковые, стромальные), их размер (<1 и >1 мм) и характер распределения (единичные (1), диффузное расположение (2), регионарное расположение (3), сгруппированное расположение (4), линейное расположение (5), сегментарное расположение (6)). Следующим этапом выполнялось ультразвуковое исследование на ультразвуковом сканере GE Logiq 9 (General Electric, США) в В-режиме (частота – 12 МГц, усиление – 44, глубина – 3,5–4,0 см, частота смены кадров (FR) – 17 Гц, DR – 120, акустическая мощность – 100%, CrossXBeam – включено). Сканированию подвергалась область интереса, где на рентгеновских изображениях визуализировались микрокальцинаты, подключался режим ЦДК (частота – 8 МГц, усиление – 4,5, акустическая мощность – 100%, частота повторения импульсов (PRF) – 1,6 кГц, фильтр пульсации стенок сосудов (WF) – 171 Гц). При визуализации мерцающего артефакта оценка проводилась субъективно по 4-балльной шкале (0 – отсутствие, 1 – слабовыраженный, 2 – средней степени выраженности, 3 – выраженный).

Материалы исследования статистически обработаны с помощью методов параметрического и непараметрического анализа. Статистический анализ проводился с использованием программы IBM SPSS Statistics 20.

Результаты

Анализ рентгеновских изображений показал, что среди обследованных преобладали пациентки с I и II типами (ACR) плотности ткани молочных желез. Распределение обследуемых по типу плотности ткани представлено на диаграмме.

Распределение выявленных кальцинатов молочных желез по их характеру было следующим: дольковые кальцинаты – 66 (58,9%), протоковые и стромальные – суммарно 46 (41,1%).

Распределение пациенток в зависимости от типа кальцинатов при рентгеновской маммографии и их размеров представлено в табл. 1.

Как видно из табл. 1, большую часть составляли пациентки с дольковыми кальцинами разме-

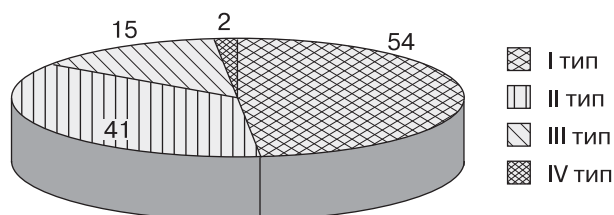


Диаграмма. Распределение пациенток в зависимости от типа плотности ткани.

Diagramm. Distribution of patients depending on the type of tissue density.

ром <1 мм – 42%, пациентки со стромальными макрокальцинами >1 мм – 22,3%, с дольковыми макрокальцинами >1 мм и стромальными кальцинами <1 мм – 17 и 13,4% соответственно. И самая малочисленная группа с долей 5,4% – пациентки с протоковыми кальцинами.

В зависимости от характера расположения кальцинатов распределение было следующим: единичные кальцинаты визуализировались у 83 (74,1%) пациенток, диффузное расположение определялось у 19 (17%), регионарное расположение – у 1 (0,9%), сгруппированные – у 4 (3,6%), линейные – у 3 (2,6%) и сегментарное расположение – у 2 (1,8%) пациенток.

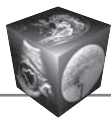
По данным ультразвукового исследования мерцающий артефакт в области наличия кальцинатов на маммограммах зарегистрирован только у 10 (8,9%) обследованных женщин. Их характеристика представлена в табл. 2.

Таким образом, мерцающий артефакт при ЦДК удалось зарегистрировать только в 8,9% случаев наличия кальцинатов в молочных железах. При этом в 9 из 10 наблюдений размер кальцинатов составлял 1 мм и более. Только в одном случае мерцающий артефакт был зарегистрирован в кальцинате размером менее 1 мм, что составило 1,5% от всех случаев микрокальцинатов.

Таблица 1. Распределение пациенток в зависимости от типа и размеров кальцинатов

Table 1. Distribution of patients depending on the type and size of calcinates

Тип кальцинатов	Размер	
	>1 мм	<1 мм
Дольковые	19	47
Стромальные	25	15
Протоковые	3	3
Всего	47	65

**Таблица 2.** Характеристика кальцинатов молочных желез и степень выраженности мерцающего артефакта**Table 2.** Characteristics of mammary calcinates and the degree of severity of the twinkling artifact

Пациентка №	Плотность ткани молочной железы	Дольковые кальцинаты, мм	Стромальные кальцинаты, мм	Протоковые кальцинаты, мм	Характер распределения кальцинатов	Мерцающий артефакт
1	2	–	3	–	1	2
2	2	1	–	–	4	1
3	1	–	–	2	5	2
4	4	3	–	–	1	3
5	1	–	2	–	1	2
6	3	–	4	–	1	1
7	2	<1	–	5	1	2
8	3	2	–	–	1	3
9	1	–	3	–	2	2
10	2	–	1	1	1	3

Клинический пример №1

Пациентка Р., 1981 года рождения, проходила первичное скрининговое маммографическое обследование молочных желез. На маммограммах: молочные железы полусферической формы, симметричные. Контуры кожи и соски желез не изменены. Структура железистого треугольника представлена преимущественно жировой тканью, объем паренхимы до 25% (тип I (ACR)). Ретромаммарное пространство не затенено. В верхне-наружном квадранте левой молочной железы в пределах одного сегмента визуализируются злокачественные микрокальцинаты по типу “битого камня”. Диагностическая категория BI-RADS: справа – 1; слева – 5 (рис. 1). Ультразвуковое исследование молочных желез: структура представлена преимущественно жировой тканью с отдельными железистыми элементами, очаговых изменений и объемных образований не выявлено. В режиме ЦДК артефакт мерцания в зоне рентгенологической визуализации микрокальцинатов не выявлен. Регионарные лимфатические узлы не изменены.

Выполнена трепанобиопсия участка микрокальцинации под стереотаксическим рентгенонаведением с последующим гистологическим исследованием. Диагноз: протоковая карцинома *in situ* (TisN0M0). В дальнейшем больной проведена онкопластическая резекция.

Клинический пример №2

Пациентка Г., 1958 года рождения, проходила скрининговое маммографическое обследование молочных желез. Контуры кожи и соски желез не изменены. Структура железистого треугольника представлена преимущественно жировой тканью, объем паренхимы до 25% (тип I (ACR)). В верхненаружном квадранте левой молочной железы визуализируются сгруппированные злокачественные микрокальцинаты по типу “битого камня” – диагностическая категория BI-RADS: справа – 1; слева – 5 (рис. 2). Ультразвуковое исследование молочных желез: структура представлена преимущественно

но жировой тканью с отдельными железистыми элементами, очаговых изменений и объемных образований не выявлено. В режиме ЦДК артефакт мерцания в зоне рентгенологической визуализации микрокальцинатов не регистрируется. Регионарные лимфатические узлы не изменены. Выполнена секторальная резекция участка микрокальцинации. Диагноз: внутрипротоковая карцинома (TisN0M0).

В большинстве случаев мерцающий артефакт от кальцинатов молочных желез был средней степени выраженности в 5 наблюдениях, выраженный в 3 случаях, слабый – в 2.

Выраженный мерцающий артефакт возникал в кальцинатах, которые были единичными, преимущественно дольковыми, размером более 1 мм (1,2, 1,6 и 2,8 мм соответственно), соотношение железистой и жировой ткани в паренхиме молочной железы у этих пациенток варьировало от 50 до 100% (рис. 3).

В 5 случаях мерцающий артефакт определялся как средней степени выраженности, преобладали единичные кальцинаты, однократно встречались диффузного и линейного типа. В 3 случаях кальцинаты были стромальными и по одному случаю дольковыми и протоковыми. Соотношение железистой и жировой ткани в паренхиме молочной железы варьировало от 0 до 50% (рис. 4).

У 2 пациенток с сгруппированными дольковыми и стромальными кальцинатами имел место слабый мерцающий артефакт. Соотношение железистой и жировой ткани в паренхиме молочной железы варьировало от 50 до 75% (рис. 5).

В одном случае при размере кальцината менее 1 мм возникал средней степени выраженности “twinkling” артефакт, но всегда нужно иметь в виду, что располагающиеся в окружении кальцинаты размером более 1 мм (дольковые, протоковые

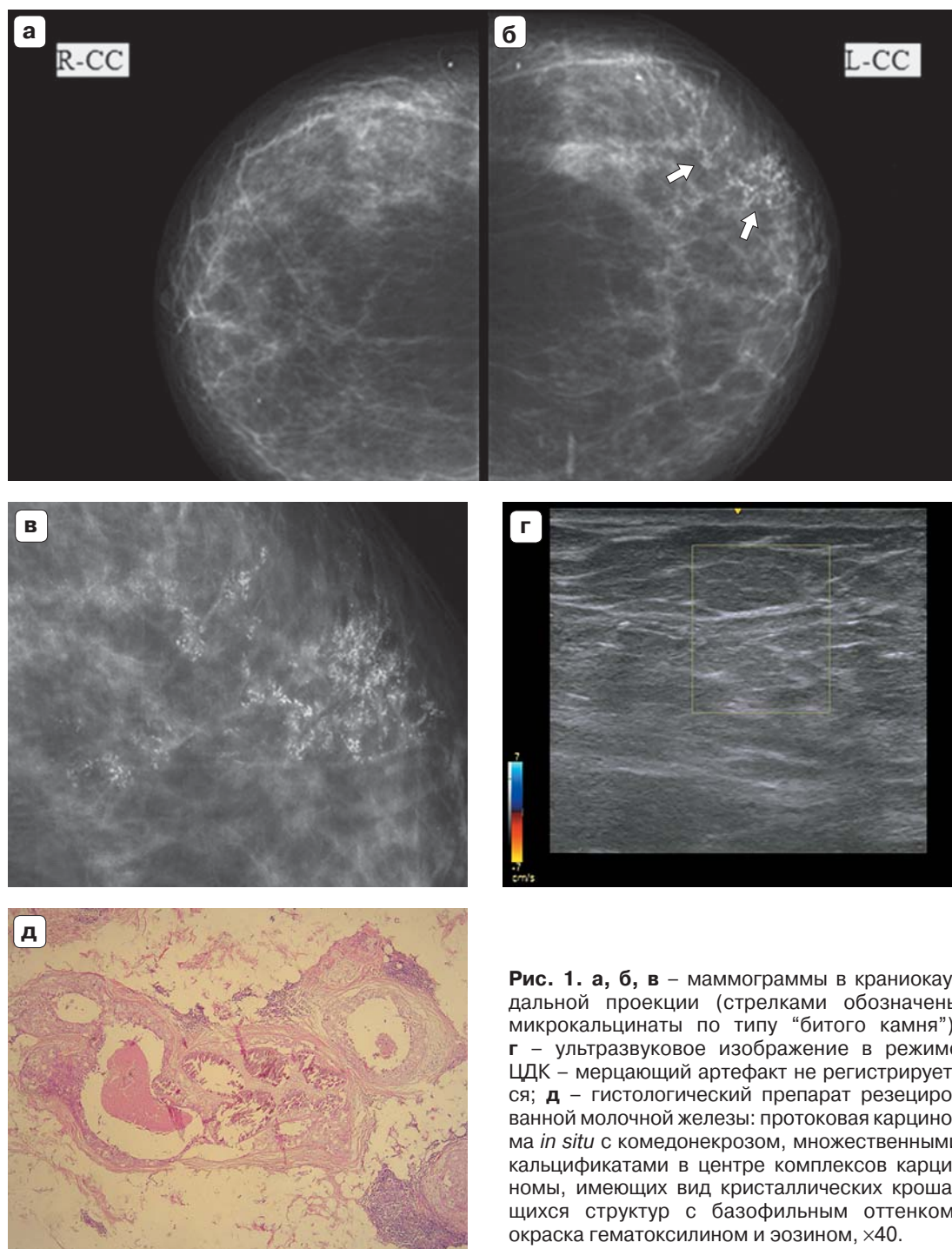
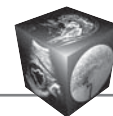


Рис. 1. а, б, в – маммограммы в краниокаудальной проекции (стрелками обозначены микрокальцинаты по типу “битого камня”); г – ультразвуковое изображение в режиме ЦДК – мерцающий артефакт не регистрируется; д – гистологический препарат резецированной молочной железы: протоковая карцинома *in situ* с комедонекрозом, множественными кальцификатами в центре комплексов карциномы, имеющих вид кристаллических крошащихся структур с базофильным оттенком, окраска гематоксилином и эозином, $\times 40$.

Fig. 1. а, б, в – mammograms in the craniocaudal projection (arrows indicate microcalcines of the “broken stone” type); г – Doppler ultrasound image, the twinkling artifact is not registered; д – histological preparation of the resected breast: ductal carcinoma *in situ* with comedonecrosis, multiple calcifications in the center of the carcinoma complexes, having the form of crystalline crumbling structures with a basophilic hue, staining with hematoxylin and eosin, $\times 40$.

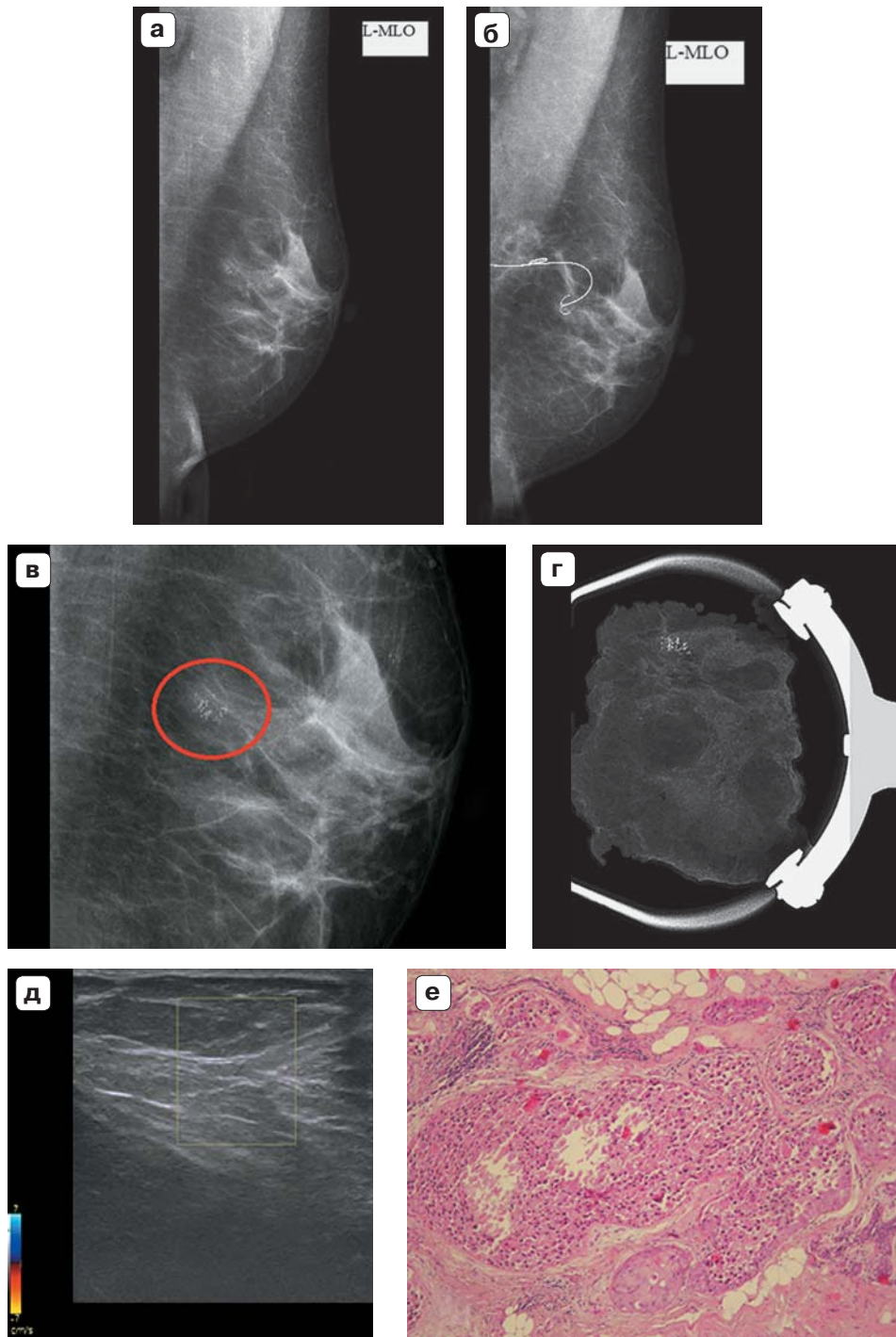


Рис. 2. а, в – маммограммы левой молочной железы, в верхненаружных отделах сгруппированные микрокальцинаты по типу “битого камня” (обведены эллипсом); б – маммограмма левой молочной железы, установлена локализационная игла; г – рентгенологическое исследование операционного материала; д – ультразвуковое изображение в режиме ЦДК, мерцающий артефакт не регистрируется; е – гистологический препарат резецированного участка молочной железы: солидные комплексы протоковой карциномы *in situ* с крошащимися микрокальцификатами в центре, окраска гематоксилином и эозином, $\times 100$.

Fig. 2. а, в – mammograms of the left breast, in the upper-outer sections grouped microcalcinerates by the type of “broken stone” (circled with an ellipse); б – mammogram of the left breast, a localization needle is installed; г – x-ray examination of the operating material; д – Doppler ultrasound image, the twinkling artifact is not registered; е – histological preparation of the resected area of the breast: solid complexes of ductal carcinoma *in situ* with crumbling microcalcifications in the center, stained with hematoxylin and eosin, $\times 100$.

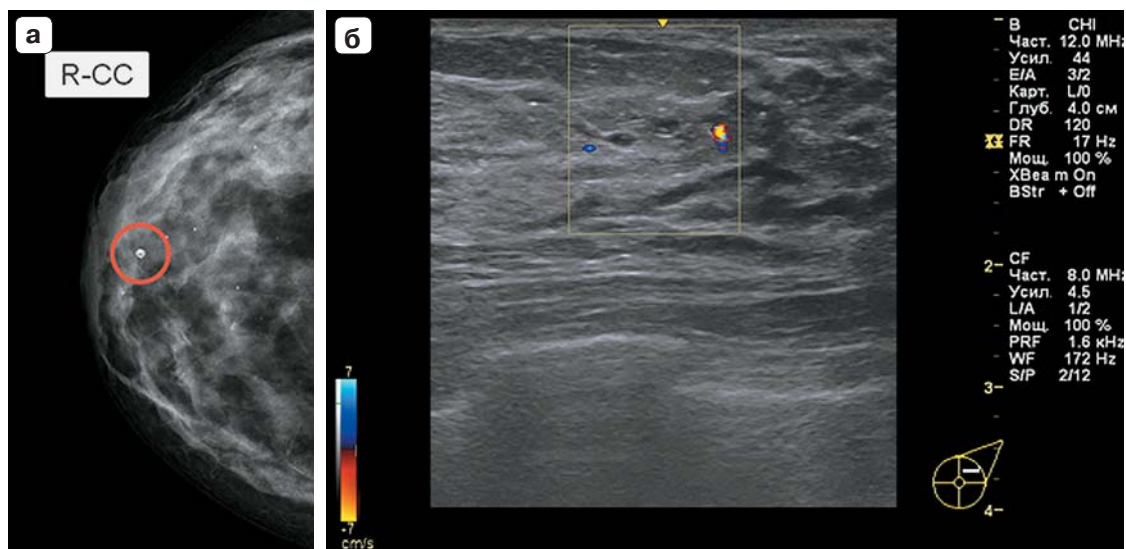
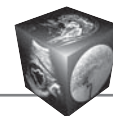


Рис. 3. Единичный кальцинат молочной железы. **а** – рентгеновская маммограмма, кальцинат обведен кругом; **б** – ультразвуковое исследование в режиме ЦДК, выраженный мерцающий артефакт.

Fig. 3. Single breast calcinate. **a** – X-ray mammography, calcinate is circled; **б** – ultrasound examination in the mode of color Doppler mapping, pronounced twinkling artifact.

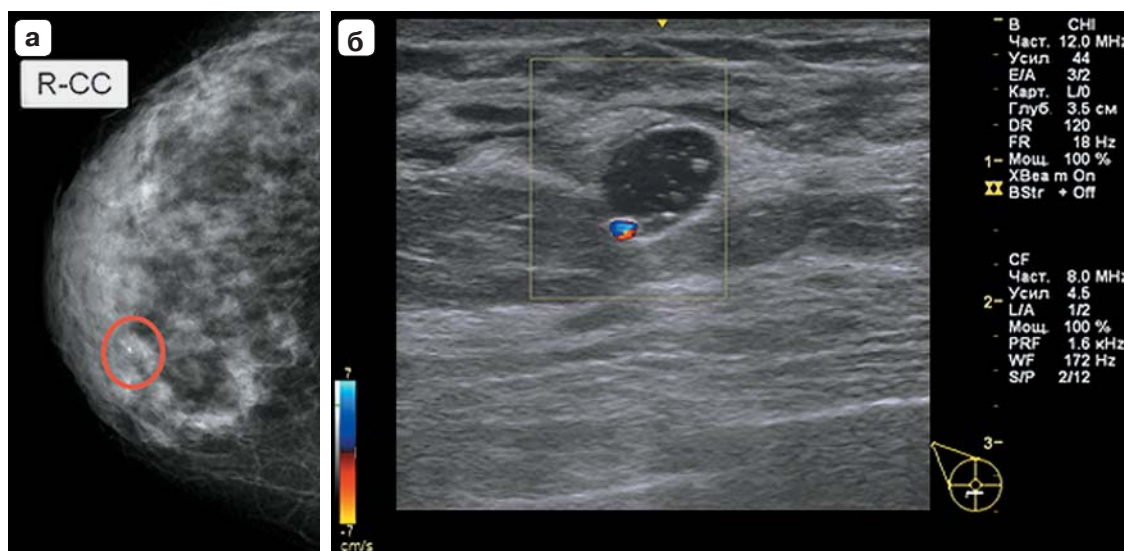


Рис. 4. Единичный кальцинат молочной железы. **а** – рентгеновская маммограмма, кальцинат обведен эллипсом; **б** – ультразвуковое исследование в режиме ЦДК, мерцающий артефакт средней степени выраженности.

Fig. 4. Single breast calcinate. **a** – X-ray mammography, calcinate encircled by an ellipse; **б** – ultrasound examination in the mode of color Doppler mapping, a twinkling artifact of moderate severity.

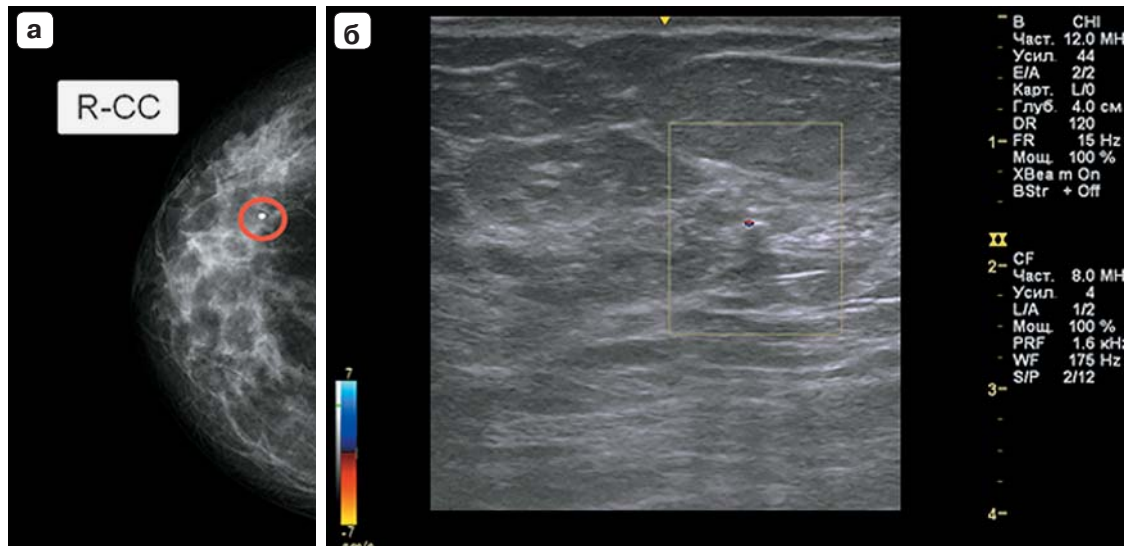


Рис. 5. Единичный кальцинат молочной железы. **а** – рентгеновская маммограмма, кальцинат обведен кругом; **б** – ультразвуковое исследование в режиме ЦДК, слабовыраженный мерцающий артефакт.

Fig. 5. Single breast calcinate. **a** – X-ray mammography, calcinate is circled; **b** – ultrasound examination in the mode of color Doppler mapping, a weakly expressed twinkling artifact.

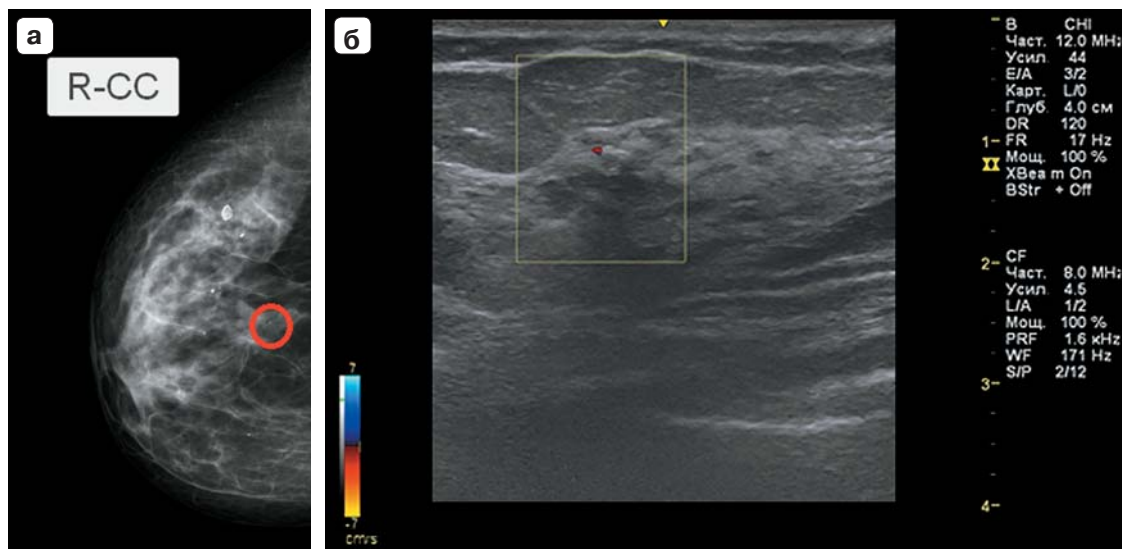
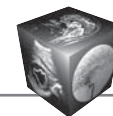


Рис. 6. Дольковый кальцинат молочной железы размером менее 1 мм. **а** – рентгеновская маммограмма, кальцинат обведен кругом; **б** – ультразвуковое исследование в режиме ЦДК, мерцающий артефакт средней степени выраженности.

Fig. 6. Lobular calcinate of the breast, less than 1 mm in size. **a** – X-ray mammography, calcinate is circled; **b** – ultrasound examination in the mode of color Doppler mapping, a twinkling artifact of moderate severity.



и стромальные) могут привести к ложноположительным результатам при ультразвуковой идентификации микрокальцинатов (рис. 6).

Среди всех обследуемых в 2 случаях была выявлена протоковая карцинома *in situ*, доплеровский артефакт мерцания не определялся.

Подводя итог нашей работы, можно заключить, что доплеровский мерцающий артефакт той или иной степени выраженности возникает при наличии доброкачественных микрокальцинатов (размером более 1 мм), преимущественно единичных. Таким образом, применение данного метода для дифференциальной диагностики микрообызвествлений в молочных железах и скрининге непальпируемых форм рака в виде микрокальцинатов не имеет практического применения.

Выводы

1. Допплеровский мерцающий артефакт регистрируется в 8,9% случаев наличия кальцинатов в молочных железах. Причиной относительно редкой его регистрации является особенность тканей молочной железы.

2. Возможность регистрации микрокальцинатов молочной железы (размером менее 1 мм), являющихся предикторами рака молочной железы, крайне низка, удается зафиксировать только в 1,5%. Использовать мерцающий артефакт для поиска таких кальцинатов нецелесообразно.

3. Мерцающий артефакт не может использоваться в скрининге рака молочной железы.

4. Степень выраженности мерцающего артефакта в кальцинатах молочной железы не зависит от типа плотности ткани молочной железы.

Участие авторов

Громов А.И. – концепция и дизайн исследования, участие в научном дизайне, анализ и интерпретация полученных данных, написание текста, подготовка и редактирование текста, подготовка, создание опубликованной работы, утверждение окончательного варианта статьи.

Комин Ю.А. – участие в научном дизайне, проведение исследования, сбор и обработка данных, статистическая обработка данных, анализ и интерпретация полученных данных, написание текста, подготовка и редактирование текста, подготовка, создание опубликованной работы, ответственность за целостность всех частей статьи.

Мозеров С.А. – проведение исследования, анализ и интерпретация полученных данных, написание текста, подготовка и редактирование текста.

Красницкая С.К. – проведение исследования, анализ и интерпретация полученных данных, написание текста, подготовка и редактирование текста.

Authors' participation

Gromov A.I. – concept and design of the study, participation in scientific design, analysis and interpretation of the obtained data, writing text, text preparation and editing, preparation and creation of the published work, approval of the final version of the article.

Komin Yu.A. – participation in scientific design, conducting research, collection and analysis of data, statistical analysis, analysis and interpretation of the obtained data, writing text, text preparation and editing, preparation and creation of the published work, responsibility for the integrity of all parts of the article.

Mozerov S. A. – conducting research, analysis and interpretation of the obtained data, writing text, text preparation and editing.

Krasnickaya S. K. – conducting research, analysis and interpretation of the obtained data, writing text, text preparation and editing.

Список литературы

1. Корженкова Г.П. Комплексная рентгено-сонографическая диагностика заболеваний молочной железы: Практическое руководство / Под ред. Н.В. Кочергиной. Гос. учреждение НИИ клин. онкологии Рос. онкол. науч. центра им. Н.Н. Блохина Рос. акад. мед. наук. М.: Фирма Стром, 2004. 123 с.
2. Rahmouni A., Bargoin R., Herment A. Color Doppler twinkling artifact in hyperechoic regions. *Radiology*. 1996; 199: 269–271.
3. Васильев А.Ю., Громов А.И. Цветовое доплеровское картирование с использованием энергетического доплера в оценке патологии предстательной железы. *Военно-медицинский журнал*. 1997; 318 (4): 33–37.
4. Кульберг Н.С., Громов А.И., Леонов Д.В., Осипов Л.В., Усанов М.С., Морозов С.П. Диагностический режим обнаружения кальцинатов и конкрементов при ультразвуковом исследовании. *Радиология-практика*. 2018; 1: 37–49.
5. Leonov D.V., Kulberg N.S., Gromov A., Vladimirovsky A.V., Morozov S.P. Discovery of two types of twinkling can explain contradictory observations among twinkling artifact investigators in ultrasound imaging. Статья в открытом архиве. <https://arxiv.org> № 1912.02490, 2019. 36 с.
6. Фазылов А.А., Фазылова С.А. Рак молочной железы: вклад эхографического «эффекта Громова-Зыкина» в уточняющую диагностику. IV съезд Российской ассоциации специалистов ультразвуковой диагностики в медицине: Тезисы докладов. М., 2003: 223.
7. Fujimoto Y., Shimono C., Shimoyama N., Osaki M. Twinkling Artifact of Microcalcifications in Breast Ultrasound. *Ultrasound Med. Biol.* 2017; 43: 21.
8. Relea A., Alonso J.A., González M., Zornoza C., Bahamonde S., Vinuela B.E., Encinas M.B. Usefulness of the twinkling artifact on Doppler ultrasound for the detection of breast microcalcifications. *Radiología*. 2018; 60 (5): 413–423.



References

1. Korzhenkova G.P. Complex X-ray and sonographic diagnostics of breast diseases. Practical guide / Edited by N.V. Kochergina. N.N. Blokhin NMRCO. Moscow: Strom, 2004. 123 p. (In Russian)
2. Rahmouni A., Bargoin R., Herment A. Color Doppler twinkling artifact in hyperechoic regions. *Radiology*. 1996; 199: 269–271.
3. Vasiliev A. Yu., Gromov A. I. Color Doppler mapping using energy Doppler in the assessment of prostate pathology. *Military Medical Journal*. 1997; 318 (4): 33–37. (In Russian)
4. Kulberg N.S., Gromov A.I., Leonov D.V., Osipov L.V., Usanov M.S., Morozov S.P. Ultrasound diagnostic mode for kidney stone and soft tissue calculi detection. *Radiology-practice*. 2018; 1: 37–49.
5. Leonov D.V., Kulberg N.S., Gromov A., Vladimirovsky A.V., Morozov S.P. Discovery of two types of twinkling can explain contradictory observations among twinkling artifact investigators in ultrasound imaging. <https://arxiv.org/abs/1912.02490>, 2019. 36 p.
6. Fazylov A. A., Fazylova S. A. Breast cancer: the contribution of the echographic “Gromov–Zykin effect” to the clarifying diagnosis. IV Congress of the Russian Association of Ultrasound Diagnostics Specialists in Medicine. Abstracts of reports. Moscow, 2003: 223. (In Russian)
7. Fujimoto Y., Shimono C., Shimoyama N., Osaki M. Twinkling Artifact of Microcalcifications in Breast Ultrasound. *Ultrasound Med. Biol.* 2017; 43: 21.
8. Relea A., Alonso J.A., González M., Zornoza C., Bahamonde S., Vinuela B.E., Encinas M.B. Usefulness of the twinkling artifact on Doppler ultrasound for the detection of breast microcalcifications. *Radiología*. 2018; 60 (5): 413–423.

Для корреспонденции*: Громов Александр Игоревич – 125284 Москва, 2-й Боткинский проезд, д. 6, корп. 3. Клиническая больница МЕДСИ в Боткинском проезде. Тел.: +7-495-737-61-82, доб. 42021. E-mail: gai8@mail.ru

Громов Александр Игоревич – доктор мед. наук, профессор, профессор кафедры лучевой диагностики ФГБОУ ВО “МГМСУ имени А.И. Евдокимова” Минздрава России; заведующий отделением лучевой диагностики Клинической больницы №2 АО Группы компаний “МЕДСИ”, Москва. <https://orcid.org/0000-0002-9014-9022>

Комин Юрий Анатольевич – ассистент кафедры морфологии Обнинского института атомной энергетики – филиала ФГАОУ ВО “Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»” Минобрнауки России, Обнинск; врач военно-медицинского учреждения, Москва. <https://orcid.org/0000-0002-4777-6020>

Мозеров Сергей Алексеевич – доктор мед. наук, доцент, заведующий кафедрой морфологии Обнинского института атомной энергетики – филиала ФГАОУ ВО “Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»” Минобрнауки России, Обнинск. <https://orcid.org/0000-0002-2168-2616>

Красницкая Светлана Константиновна – начальник отделения военно-медицинского учреждения, Москва. <https://orcid.org/0000-0003-1618-0942>

Contact*: Alexander I. Gromov – 6/3, 2nd Botkinski pr., Moscow, 125284, Russia. Clinical hospital No.2 of “MEDSI group” Joint Stock Company. Phone: +7-495-737-61-82 (42021). E-mail: gai8@mail.ru

Alexander I. Gromov – Doct. of Sci. (Med.), Professor, Professor of Department of Radiology, Moscow State University of Medicine and Dentistry named after A.I. Evdokimov; Head of Radiology Department of Clinical hospital No.2 of “Medsi group” Joint Stock Company, Moscow. <https://orcid.org/0000-0002-9014-9022>

Yury A. Komin – Assistant of Department of Morphology of Obninsk Institute for Nuclear Power Engineering, Obninsk; doctor of military medical institution, Moscow. <https://orcid.org/0000-0002-4777-6020>

Sergey A. Mozerov – Doct. of Sci. (Med.), Associate professor, Head of Department of Morphology of Obninsk Institute for Nuclear Power Engineering, Obninsk. <https://orcid.org/0000-0002-2168-2616>

Svetlana K. Krasnickaya – Head of department of military medical institution, Moscow. <https://orcid.org/0000-0003-1618-0942>