

Ультразвуковой артефакт реверберации: помощь или помеха при исследовании матки и эндометрия? Обзор литературы и собственные наблюдения

© Озерская И.А.^{1*}, Казарян Г.Г.², Минашкина Е.В.^{3,4}, Арбузов Ю.О.⁵

¹ ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы (РУДН)» Минобрнауки России; 117198 Москва, ул. Миклухо-Маклая, 6, Российская Федерация

² ООО «Медскан»; 119421 Москва, ул. Обручева, д. 21А, Российская Федерация

³ ФГАОУ ВО Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет); 119991 Москва, ул. Трубецкая, д. 8, стр. 2, Российская Федерация

⁴ Центр репродукции и генетики «Нова Клиник»; 119415 Москва, ул. Лобачевского, д. 20, Российская Федерация

⁵ ООО «Клиника лечения боли «МЕДИКА»; 194291 Санкт-Петербург, пр. Луначарского, д. 49, Российская Федерация

Цель исследования: обобщить современные данные о физической природе артефакта реверберации и его влиянии на качество ультразвукового изображения матки и эндометрия, включая изменения показателей трехмерной доплерографии (VI, FI, VFI).

Материал и методы. Выполнен аналитический обзор 85 публикаций в базах PubMed, Scopus и e-Library за 1982–2025 гг., посвященных артефактам ультразвуковой визуализации, физике реверберации и применению 3D-ангиосканирования при исследовании матки и эндометрия.

Результаты. Артефакт реверберации обусловлен многократным отражением ультразвуковых волн между акустически плотными границами и проявляется серией параллельных эхосигналов, идущих дистальнее истинной структуры. В В-режиме он может имитировать утолщение эндометрия или внутриполостные включения, а при цветовом и энергетическом доплеровском картировании создавать ложные зоны кровотока. Исследований влияния реверберации на показатели VI, FI и VFI не обнаружено, однако теоретически артефакт способен завышать значения VI и VFI за счет появления ложных цветовых вокселей.

Закключение. Реверберация является не только источником диагностических ошибок, но и потенциальным диагностическим ориентиром. Знание механизмов ее возникновения, контроль настроек доплеровских режимов и стандартизация протоколов 3D-ангиосканирования позволяют повысить точность оценки морфологических и гемодинамических характеристик матки и эндометрия. Необходимы дальнейшие исследования, направленные на количественную оценку влияния артефактов на сосудистые индексы.

Ключевые слова: ультразвук; артефакт реверберации; эндометрий; цветное доплеровское картирование; 3D Power Doppler; VI; FI; VFI

Авторы подтверждают отсутствие конфликтов интересов.

Для цитирования: Озерская И.А., Казарян Г.Г., Минашкина Е.В., Арбузов Ю.О. Ультразвуковой артефакт реверберации: помощь или помеха при исследовании матки и эндометрия? Обзор литературы и собственные наблюдения. *Медицинская визуализация*. 2026; 30 (2): 97–109. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-1623>

Поступила в редакцию: 20.12.2025. **Принята к печати:** 20.12.2025. **Опубликована online:** 1.06.2026.



Ultrasound reverberation artifact: help or hindrance in the examination of the uterus and endometrium?

© Irina A. Ozerskaya^{1*}, Gayane G. Kazaryan², Elena V. Minashkina^{3, 4}, Yury O. Arbuzov⁵

¹ Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba; 6, Miklukho-Maklay str., Moscow 117198, Russian Federation

² LLC "Medskan"; 21A, Obruchev str., Moscow 119421, Russian Federation

³ I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University); 8, bld. 2, Trubetskaya str., Moscow 119991, Russian Federation

⁴ Nova Clinic Center for Reproduction and Genetics; 20, Lobachevsky str., Moscow 119415, Russian Federation

⁵ Pain Treatment Clinic MEDICA LLC; 49, Lunacharsky Ave., St. Petersburg 194291, Russian Federation

Objective: to summarize current knowledge on the physical nature of reverberation artifact and its impact on the quality of uterine and endometrial ultrasound imaging, including possible effects on three-dimensional power Doppler indices (VI, FI, VFI).

Materials and methods. An analytical review of 85 publications in the PubMed, Scopus and eLibrary databases for 1982–2025, devoted to ultrasound imaging artifacts, reverberation physics and the use of 3D Power Doppler for endometrial assessment.

Results. Reverberation artifact results from multiple reflections of ultrasound waves between acoustically dense interfaces, producing a series of parallel echoes distal to the true structure. In B-mode, it may mimic endometrial thickening or intracavitary lesions; in color or power Doppler imaging, it can generate false flow signals. No direct quantitative studies evaluating the effect of reverberation on VI, FI, VFI were identified. However, theoretically, reverberation may lead to overestimation of VI and VFI due to the appearance of spurious color voxels.

Conclusion. Reverberation should be regarded not only as a source of diagnostic error but also as a potential diagnostic clue. Understanding its mechanisms, optimizing Doppler settings, and standardizing 3D Power Doppler protocols improve the accuracy of morphological and hemodynamic assessment of the uterus and endometrium. Further quantitative studies are warranted to determine the degree of artifact influence on vascular indices.

Keywords: ultrasound; reverberation artifact; endometrium; uterus; color Doppler; 3D Power Doppler; VI; FI; VFI

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

For citation: Ozerskaya I.A., Kazaryan G.G., Minashkina E.V., Arbuzov Yu.O. Ultrasound reverberation artifact: help or hindrance in the examination of the uterus and endometrium? *Medical Visualization*. 2026; 30 (2): 97–109. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-1623>

Received: 20.12.2025.

Accepted for publication: 20.12.2025.

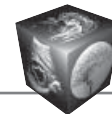
Published online: 1.06.2026.

Введение

Впервые эффект реверберации описали M.C. Ziskin и соавт. (1982) у пациента с огнестрельным ранением живота [1]. В последующие годы вышли работы, в которых рассматривались физические основы различных артефактов при ультразвуковом исследовании [2–5]. Артефакты были описаны при исследовании печени, желчного пузыря, почек, щитовидной железы и мягких тканей, легких и других органов [6–10].

Артефакты ультразвукового изображения традиционно рассматриваются как нежелательные эффекты, искажающие анатомическую достоверность. Однако в ряде случаев их правильная интерпретация имеет диагностическую ценность.

Одним из наиболее распространенных является артефакт реверберации, возникающий при многократном отражении ультразвуковых волн между двумя акустически плотными границами. В В-режиме он проявляется серией параллельных эхосигналов, дистальных к истинной структуре, что может затруднять корректную визуализацию ткани, расположенной в зоне искажений [4, 7]. Разновидностью реверберации является акустический эффект “хвост кометы” или “ring-down artifact”, между которыми небольшое визуальное различие. Появление данных артефактов связано с мелким пузырьком газа или плотной структурой малого размера в виде короткой гиперэхогенной полосы, позволяющих выявить газ в тканях и жид-



костных структурах, например при пневмобилии, пневмоперитонеуме, абсцессах, гангрене, в различных кистах [4, 11–15], а также ассистировать при проведении трахеостомии или катетеризации крупных вен [16, 17].

В цветовых доплеровских режимах встречается акустический эффект мерцания “twinkling artifact”, который имитирует кровоток [18–20]. Эта особенность позволяет успешно выявлять мелкие конкременты в почках по эффекту мерцания, отличать артефакт от патологии и использовать его как дополнительный диагностический ориентир [21, 22].

Источников литературы, описывающих использование эффекта реверберации при исследовании органов малого таза у женщин, мало. Чаще всего данный артефакт можно наблюдать за металлизированными внутриматочными контрацептивами (ВМК), что позволяет не только регистрировать факт наличия ВМК в полости матки, но и оценивать неправильное положение, миграцию или перфорацию [4, 23–25].

Феномен “хвост кометы”, в том числе указывающий на мелкие пузырьки газа в кистах яичников и шейки матки, при воспалительных процессах эндометрия и придатков матки, а также в струме яичника, описан отечественными и зарубежными авторами [26–28]. Однако не найдено ни одного источника, в котором обсуждался вопрос влияния артефакта реверберации на данные объемного кровотока и расчета сосудистых индексов.

Цель исследования: обобщить современные данные о физической природе артефакта реверберации и его влиянии на качество ультразвукового изображения матки и эндометрия, включая изменения показателей трехмерной доплерографии (VI, FI, VFI).

Материал и методы

Анализ выполнен на основе обзора литературы по ультразвуковым артефактам, физике реверберации и применению трехмерной энергетической доплерографии (3D Power Doppler) при исследовании матки и эндометрия. Включено 85 публикаций, индексированных в PubMed, Scopus и e-Library за 1982–2025 гг., посвященных физическим принципам артефактов, методологии расчета VI, FI, VFI и их клиническому применению, из которых было отобрано 37 статей. Также в анализе использовано 4 книги, вышедшие в России, но не вошедшие в перечисленные базы данных.

Особое внимание уделено вопросам влияния настроек доплеровского режима и условий сканирования на воспроизводимость сосудистых индексов, а также обзорам, описывающим артефакт реверберации и его влияние на изображение.

Результаты и их обсуждение

Реверберация возникает при многократном отражении ультразвуковых волн между двумя гладкими поверхностями. После первого отражения часть энергии возвращается к датчику, формируя истинный эхосигнал, а оставшаяся часть снова отражается вглубь, вызывая повторные эхоимпульсы, которые аппарат ошибочно воспринимает как сигналы, исходящие от более глубоких структур. В результате формируется серия ложных параллельных линий или “эходорожек”, идущих дистальнее истинного отражающего объекта. Каждая последующая линия имеет меньшую амплитуду, что связано с постепенным ослаблением энергии отраженных волн. На изображении реверберация проявляется серией параллельных ослабевающих линий, что приводит к ложному утолщению или “многослойности” структур, которые формируются на границе раздела разных по плотности сред, таких как мягкие ткани–жидкость, мягкие ткани–газ, мягкие ткани–металл и жидкость–газ (рис. 1–3) [3, 4]. В гинекологической практике реверберация чаще возникает в эндометриальной полости, при наличии жидкости, внутриматочных контрацептивов и/или газа.

Акустический артефакт “хвост кометы” является частным случаем реверберации. Ультразвуковая волна отражается между двумя очень близко расположенными структурами, вызывая плотный, сужающийся вниз артефакт, похожий на хвост кометы. Этот эффект визуализируется как яркая узкая вертикальная полоса, идущая по ходу ультразвукового луча от гиперэхогенного включения малого размера и чаще всего не исчезающая с изменением угла сканирования (рис. 4) [4, 5].

Схожим с артефактом “хвост кометы” является ring-down (звонковый) артефакт, который возникает при резонансных колебаниях газа, особенно в жидкой среде. Газовый пузырек ведет себя как резонатор и создает непрерывный звуковой сигнал в виде яркой вертикальной полосы, похожей на хвост кометы, но непрерывной и более широкой, не уменьшающейся по интенсивности (рис. 5) [29]. Более высокие частоты и перпендикулярное направление луча способствуют усилению эффекта, тогда как наклонное сканирование или смещение позиции датчика изменяет артефакт, что можно использовать для его распознавания.

Типичным проявлением реверберации является ложное утолщение эндометрия, псевдополипозные включения, “эходорожки” от внутриматочного контрацептива. Визуализация эндометрия в этих случаях крайне затруднена, поэтому приходится использовать косо-сагиттальные сечения, при которых эндометриальная ткань доступна для



Рис. 1. Реверберация на границе мягких тканей и жидкостного содержимого кисты яичника.

Fig. 1. Reverberation at the interface between soft tissues and the fluid content of an ovarian cyst.



Рис. 2. Реверберация на границе мягких тканей и жидкости (содержимое мочевого пузыря), частично распространяющаяся на переднюю стенку тела матки.

Fig. 2. Reverberation at the interface between soft tissues and fluid (urinary bladder contents), partially extending onto the anterior wall of the uterine body.



Рис. 3. Реверберация металлической оплетки внутриматочного контрацептива, расположенного в полости матки.

Fig. 3. Reverberation of the metallic mesh of the intrauterine contraceptive device located within the uterine cavity.



Рис. 4. Акустический артефакт «хвост кометы» в виде нескольких мелких гиперэхогенных включений с сигналом треугольной формы, вершина которого направлена по ходу ультразвукового луча в ткани эндоцервикса.

Fig. 4. Acoustic “comet-tail” artifact appearing as several small hyperechoic foci with a triangular signal pattern, the apex directed along the path of the ultrasound beam into the endocervical tissue.

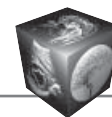


Рис. 5. Акустический артефакт “ring-down” (звонковый) в виде длинного гиперэхогенного следа, направленного по ходу ультразвукового луча в жидкостном содержимом кисты шейки матки.

Fig. 5. “Ring-down” acoustic artifact presented as a long hyperechoic trail directed along the ultrasound beam within the fluid contents of a cervical cyst.

исследования (рис. 6). Кроме изменения угла сканирования, также могут помочь использование тканевой гармоник, регулировка динамического диапазона, уменьшение общей чувствительности (gain).

В 1993 г. В.Н. Демидов и соавт. описали признаки хронического эндометрита (ХЭ), обратив внимание на неоднородную структуру эндометрия, повышенную эхогенность, расширение полости матки за счет жидкостного содержимого (рис. 7) [30]. В дальнейшем были добавлены дополнительные признаки, в том числе гиперэхогенные включения с акустическим феноменом, характерным для пузырьков газа (рис. 8) [31]. Чрезмерно гиперэхогенную и утолщенную срединную линию В.Н. Демидов и А.И. Гус связывают со скоплением мелких пузырьков газа в полости матки, которые, сливаясь, дают утолщенную, иногда удвоенную линию (рис. 9). Авторы отмечают, что наличие газа в полости является важным эхографическим признаком ХЭ, при этом реверберация служит диагностическим ориентиром.



Рис. 6. Внутриматочный контрацептив. **а** – реверберация в виде множественных параллельных линий с формированием акустической тени за контрацептивом; **б** – определяется небольшой фрагмент эндометрия, толщина которого 3,8 мм; **в** – косо-сагитальное сечение полости матки, на котором можно визуализировать эндометрий на некотором протяжении.

Fig. 6. Intrauterine contraceptive device. **a** – reverberation appearing as multiple parallel lines with formation of an acoustic shadow behind the device; **b** – a small fragment of endometrium is visualized, measuring 3.8 mm in thickness; **v** – oblique sagittal section of the uterine cavity, in which the endometrium is visualized over a portion of its length.





Рис. 7. Хронический эндометрит, жидкостное содержимое полости матки. **а** – полость расширена в средней трети; **б** – полость расширена в дне; **в** – полость расширена в нижней трети.

Fig. 7. Chronic endometritis with fluid contents of the uterine cavity. **a** – cavity expanded in the mid-third; **б** – cavity expanded at the fundus; **в** – cavity expanded in the lower third.



Рис. 8. Хронический эндометрит, мелкие гиперэхогенные включения с акустическим феноменом “хвост кометы”. **а** – пузырьки газа в эндометриальной ткани и в субэндометриальном слое; **б** – множественные пузырьки газа на линии смыкания стенок полости матки.

Fig. 8. Chronic endometritis with small hyperechoic inclusions exhibiting a “comet-tail” acoustic phenomenon. **a** – gas bubbles in the endometrial tissue and subendometrial layer; **б** – multiple gas bubbles along the apposition line of the uterine wall.

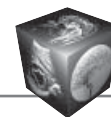


Рис. 8 (окончание). в – два изолированных пузырька газа в проекции базального слоя; г – единственный пузырек газа на срединной линии эндометрия.

Fig. 8 (end). в – two isolated gas bubbles in the projection of the basal layer; г – a solitary gas bubble on the midline of the endometrium.



Рис. 9. Хронический эндометрит, скопление мелких пузырьков газа в полости матки. а – чрезмерно выраженная, гиперэхогенная, утолщенная срединная линия на всем протяжении полости матки; б – удвоение чрезмерно гиперэхогенной срединной линии за счет небольшого зияния полости матки с жидкостным содержимым.

Fig. 9. Chronic endometritis with accumulation of small gas bubbles in the uterine cavity. а – excessively prominent, hyperechoic, thickened midline throughout the cavity; б – duplication of the excessively hyperechoic midline due to slight opening of the uterine cavity with fluid contents.

Цветовое и энергетическое картирование передает цветом движущиеся структуры или среды на фоне неподвижных, которые визуализируются оттенками серого. При реверберации часть отраженного сигнала возвращается к датчику с небольшой временной задержкой, что интерпретируется как доплеровский сдвиг частоты, соответствующий движению. Несмотря на то что эффекты “хвост кометы” и мерцания имеют разные физические основы их возникновения, они могут наблюдаться вместе, поскольку оба вызваны сложным отражением от неровной поверхности [18, 32]. В случае движения мягких тканей, перемещения внутриполостной жидкости или пузырьков газа их колебания могут детектироваться как артефакт-

ное цветовое окрашивание красного, синего или смешанного спектра (“color blooming”) вне сосудов [4, 32]. Реверберационные сигналы имитируют кровотоки, формируя ложные цветовые пятна при наличии инородного тела или вдоль чрезмерно выраженной срединной линии эндометрия (рис. 10–12). Использование спектральной доплерографии, при которой отсутствует типичный артериальный или венозный кровоток, а также изменение угла инсонации и применение фильтров позволяют подтвердить артефактный характер сигнала (рис. 13). Таким образом, артефакт реверберации в доплеровских режимах способен как имитировать патологическую васкуляризацию, так и затруднять визуализацию реальных сосудов.



Однако понимание его природы и применение простых приемов верификации позволяют избежать диагностических ошибок и повысить достоверность оценки сосудистого рисунка матки и эндометрия.

Большинство исследований, посвященных значению объемных индексов кровотока, таких как васкуляризационного индекса (VI), потокового индекса (FI) и васкуляризационно-потокового индек-

са (VFI) эндометрия, фокусируются на их клинической интерпретации (оценка рецептивности, репродуктивная функция, опухоли эндометрия) и лишь косвенно упоминают зависимость этих индексов от параметров сканирования и качества изображения [33–36]. В то же время в ряде технических и методологических обзоров подчеркивается, что настройки усиления, фильтров, PRF и угла инсонации оказывают существенное влия-

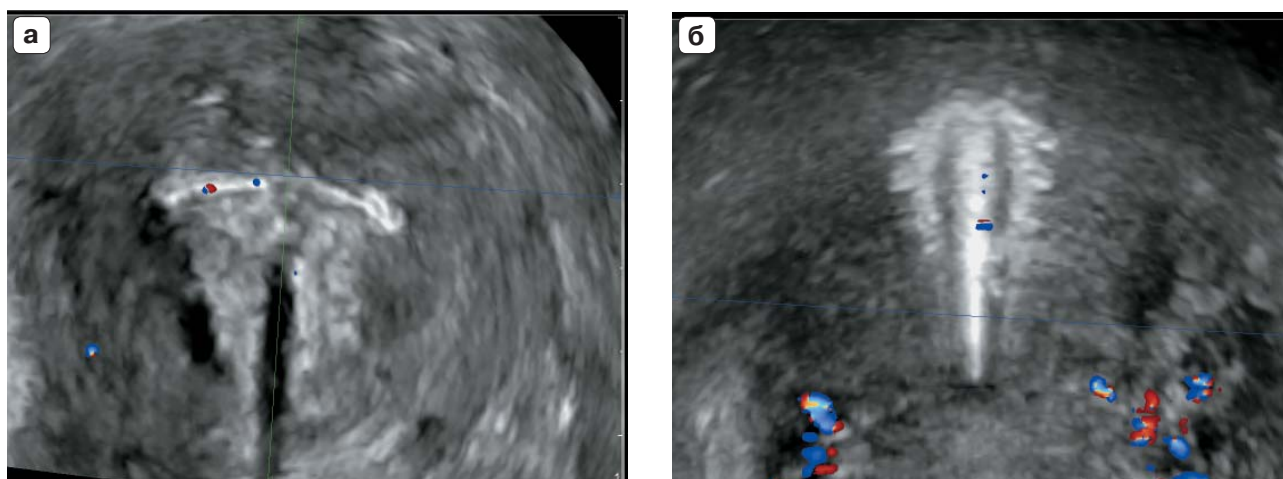


Рис. 10. Акустический артефакт ложных цветowych пятен (“color blooming”) при наличии внутриматочного контрацептива, 3D-реконструкция в ангиорежиме. **а** – внесосудистое окрашивание горизонтальных ветвей; **б** – цветочные сигналы на вертикальной ветви

Fig. 10. False color spots artifact (“color blooming”) in the presence of an intrauterine contraceptive device, 3D angio-mode reconstruction. **a** – extravascular coloration of horizontal branches; **b** – color signals on the vertical branch.

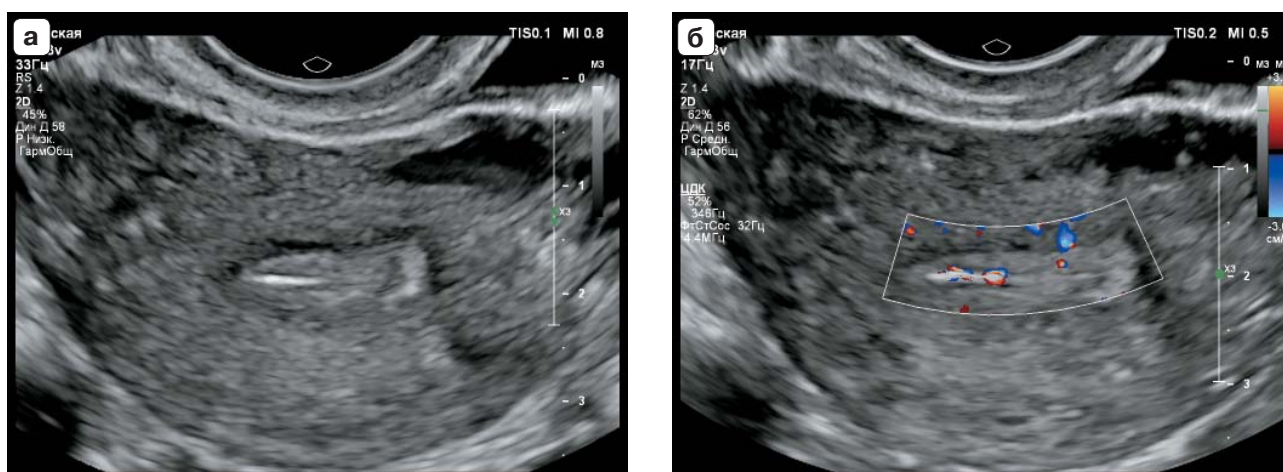


Рис. 11. Хронический эндометрит, акустический артефакт ложных цветowych пятен (“color blooming”) на срединной линии эндометрия, матка во фронтальном сечении. **а** – чрезмерно выраженная линия смыкания листков эндометрия правой половины полости матки, В-режим; **б** – появление цветочного окрашивания этой линии при включении ЦДК со скоростью шкалой 3 см/с

Fig. 11. Chronic endometritis, false color spots artifact (“color blooming”) on the midline of the endometrium, uterus in frontal view. **a** – excessively conspicuous apposition line of the endometrial leaflets on the right side of the cavity, B-mode; **b** – appearance of color mapping along this line when color Doppler is activated with a velocity scale of 3 cm/s.

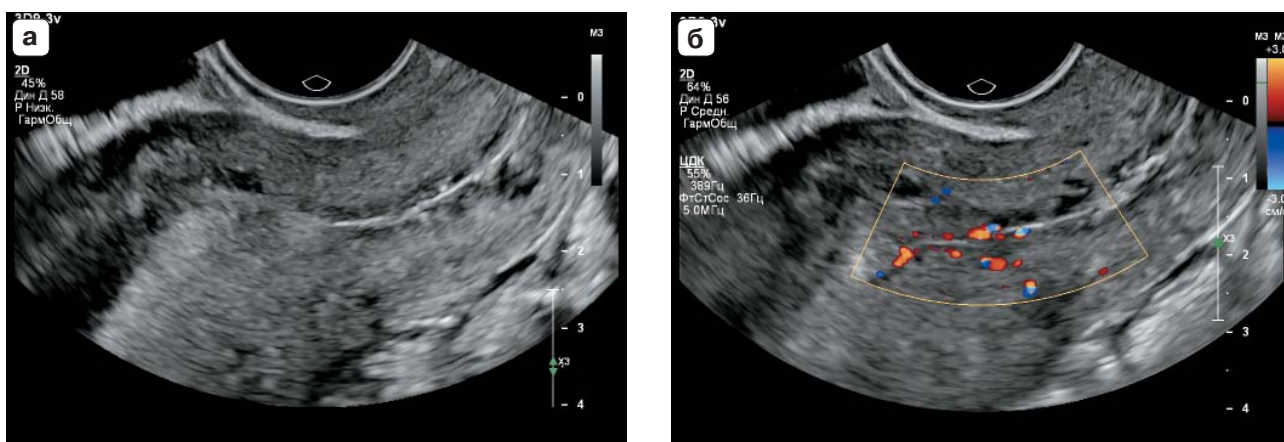
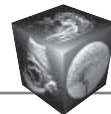


Рис. 12. Хронический эндометрит, акустический артефакт ложных цветowych пятен (“color blooming”) на срединной линии эндометрия в нижней трети полости матки. **а** – чрезмерно гиперэхогенная линия смыкания листков эндометрия, аналогичная линия цервикального канала, сагиттальная плоскость, В-режим; **б** – появление цветовой окраски срединной линии эндометрия при включении ЦДК со скоростью шкалой 3 см/с.

Fig. 12. Chronic endometritis, false color spots artifact (“color blooming”) on the midline of the endometrium in the lower third of the uterine cavity. **a** – excessively hyperechoic apposition line of the endometrial leaflets, analogous to the cervical canal line, sagittal plane, B-mode; **б** – appearance of color mapping along the midline of the endometrium with color Doppler at a velocity scale of 3 cm/s.

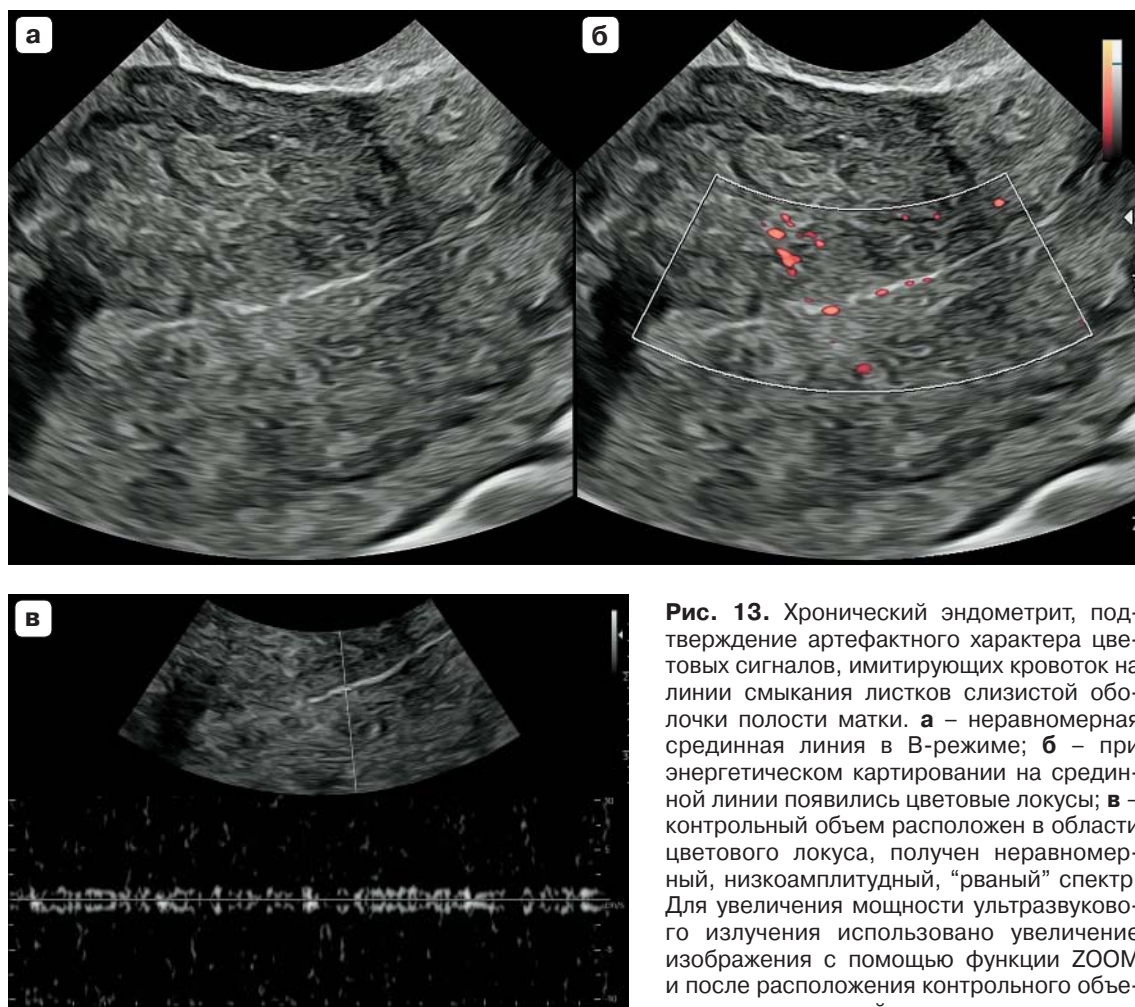


Рис. 13. Хронический эндометрит, подтверждение артефактного характера цветowych сигналов, имитирующих кровотоки на линии смыкания листков слизистой оболочки полости матки. **а** – неравномерная срединная линия в В-режиме; **б** – при энергетическом картировании на срединной линии появились цветowych локусы; **в** – контрольный объем расположен в области цветowych локуса, получен неравномерный, низкоамплитудный, “рваный” спектр. Для увеличения мощности ультразвукового излучения использовано увеличение изображения с помощью функции ZOOM и после расположения контрольного объема в интересующей зоне отключили энергетическое картирование.



Fig. 13. Chronic endometritis, confirmation of the artifactual nature of color signals that simulate blood flow along the apposition line of the mucosal leaflets of the uterine cavity. **а** – irregular apposition line in B-mode; **б** – on power Doppler mapping, color loci appear along the apposition line; **в** – sample volume positioned over a color locus yields an uneven, low-amplitude, “fragmented” spectrum. To increase the ultrasound output power, image magnification was applied using ZOOM, and after placing the sample volume in the region of interest, power Doppler was turned off.

ние на значения сосудистых индексов, а наличие артефактов, таких как реверберация, боковые лепестки или “color blooming”, может приводить к ложному повышению показателей васкуляризации [37–39].

У пациенток с ХЭ при использовании 3D-реконструкции в ангиорежиме для оценки гемодинамики эндометрия эффект ложных цветowych пятен выявляется достаточно часто. Располагаются они в участках высокой эхогенности, что наилучшим образом визуализируется в корональном сечении эндометрия (рис. 14). Трудность состоит в том, что одним из признаков ХЭ является нарушение венозного оттока не только в эндометриальной ткани, но и в теле матки, проявляющееся повыше-

нием VI и VFI. В тех случаях, когда имеется большое количество цветowych сигналов, особенно расположенных в гиперэхогенных зонах, а также по срединной линии, следует с большой осторожностью расценивать их как проявление гиперваскуляризации (рис. 15). Также следует подвергнуть сомнению обнаружение цветowych сигналов на срединной линии эндометрия как свидетельство адекватного кровоснабжения ткани при оценке рецептивности эндометрия по шкале Аппельбаум (Applebaum Uterine Scoring) [40] в связи с тем, что в этих случаях необходима более тщательная дифференциальная диагностика с ХЭ и сопутствующим эффектом реверберации, “цветowych пятен” при ЦДК.

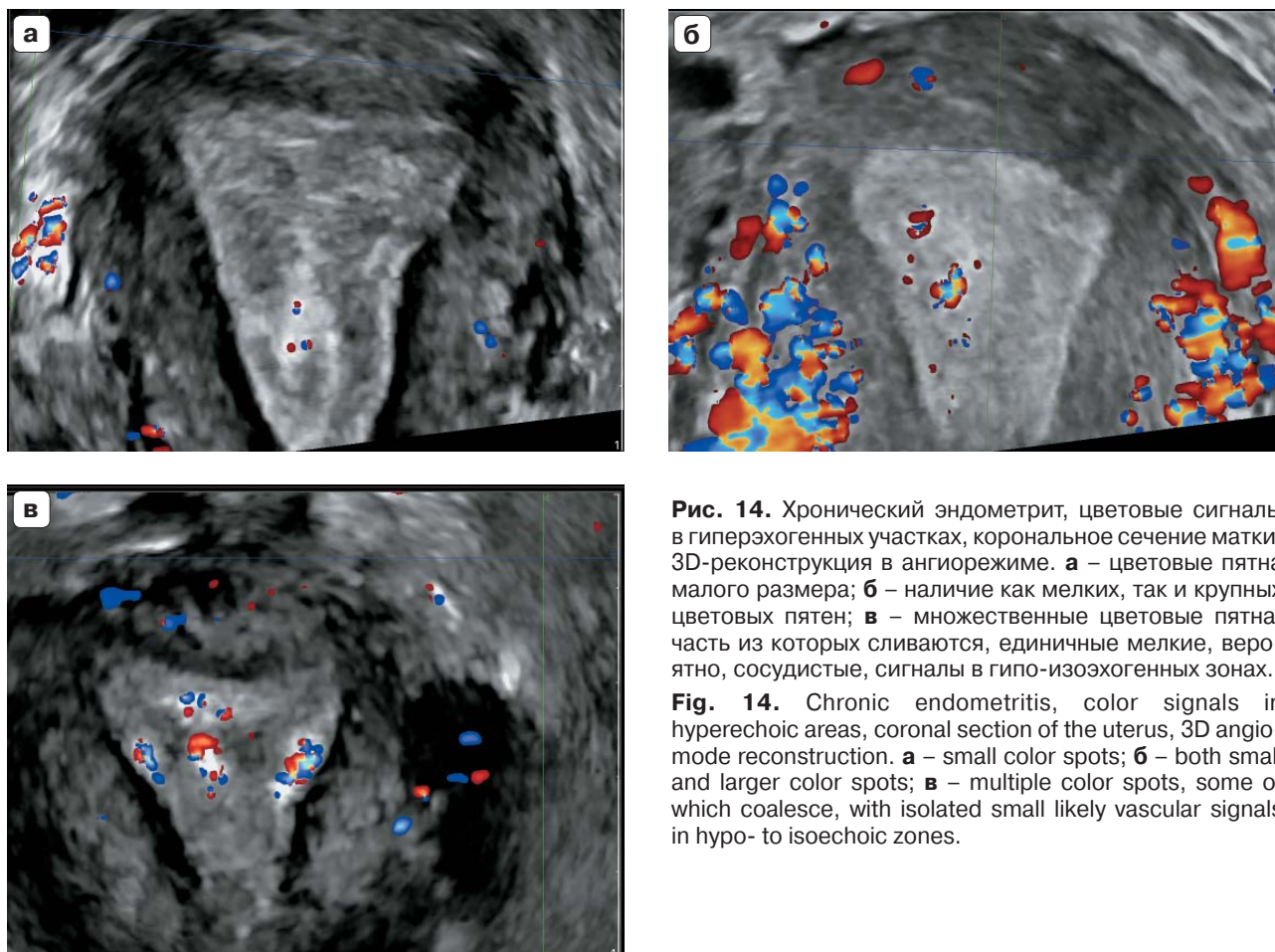


Рис. 14. Хронический эндометрит, цветowych сигналы в гиперэхогенных участках, корональное сечение матки, 3D-реконструкция в ангиорежиме. **а** – цветowych пятна малого размера; **б** – наличие как мелких, так и крупных цветowych пятен; **в** – множественные цветowych пятна, часть из которых сливаются, единичные мелкие, вероятно, сосудистые, сигналы в гипо-изоэхогенных зонах.

Fig. 14. Chronic endometritis, color signals in hyperechoic areas, coronal section of the uterus, 3D angiography reconstruction. **а** – small color spots; **б** – both small and larger color spots; **в** – multiple color spots, some of which coalesce, with isolated small likely vascular signals in hypo- to isoechoic zones.

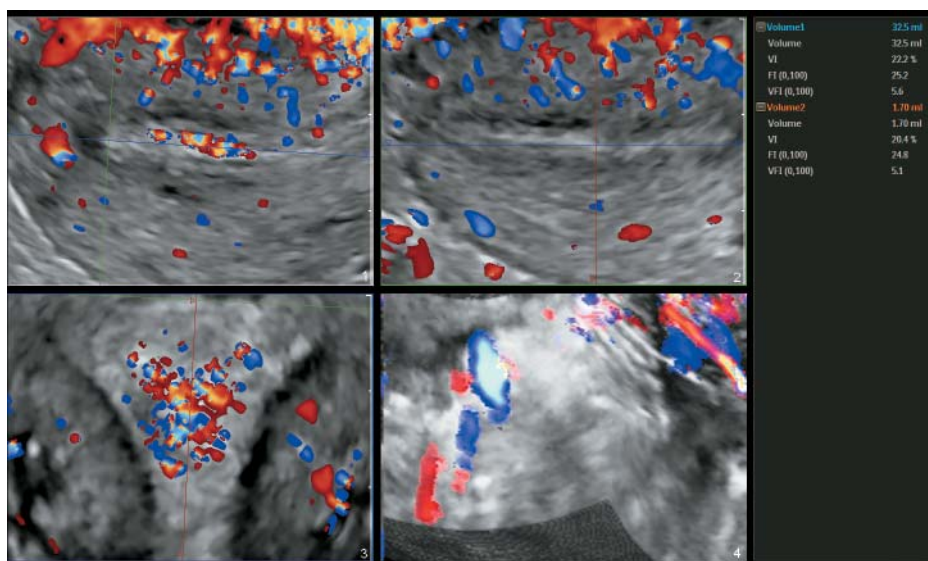
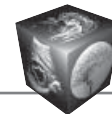


Рис. 15. Хронический эндометрит, показатели кровоснабжения матки: VI 22,2%, FI 25,2, VFI 5,6; эндометрия – VI 20,4%, FI 24,8, VFI 5,1. Данные значения свидетельствуют о выраженной гипervasкуляризации эндометрия, однако расположение цветовых сигналов по ходу линии смыкания листков эндометрия в средней трети полости, сливные цветовые пятна в гиперэхогенных зонах характерны для артефакта ложных цветовых пятен и не позволяют подтвердить сосудистые нарушения эндометриальной ткани.

Fig. 15. Chronic endometritis, uterine perfusion parameters: VI 22.2%, FI 25.2, VFI 5.6; endometrial perfusion: VI 20.4%, FI 24.8, VFI 5.1. These values indicate pronounced endometrial hypervasularization; however, the distribution of color signals along the apposition line of the endometrial leaflets in the mid-third of the cavity and the coalescing color spots in hyperechoic areas are characteristic of the false color spots artifact and do not support confirmation of vascular pathology in the endometrial tissue.

В клинической гинекологической практике реверберационные артефакты наиболее часто приводят к гипердиагностике полипов, гиперплазии и ложной васкуляризации эндометрия. Для их предотвращения рекомендуется:

- менять угол сканирования и положение датчика;
- регулировать усиление и динамический диапазон;
- использовать тканевую гармонику;
- сопоставлять данные В-режима и ЦДК/ЭДК;
- учитывать фазу цикла и клинические данные.

Современные исследования подчеркивают, что точность оценки VI, FI и VFI зависит от стандартизации протоколов 3D-ангиосканирования и устранения артефактов. Реверберация, являясь источником ложных цветовых сигналов, требует особого внимания при интерпретации объемных индексов кровотока. Один из основоположников применения 3D-ангиографии в гинекологии J.L. Alcázar в 2008 г. предложил Международному обществу ультразвука в акушерстве и гинекологии (ISUOG) дать рекомендации по стандартизации настроек прикладной программы VOCAL [41], однако до сих пор такие рекомендации отсутствуют.

В связи с тем, что существующая доказательная база позволяет лишь теоретически обосновать возможность искажения VI, FI и VFI при реверберации и не дает количественной оценки степени этого влияния, необходимы экспериментальные

и клинические исследования, направленные на стандартизацию протоколов трехмерной доплерографии и верификацию достоверности объемных сосудистых индексов при наличии ультразвуковых артефактов.

Таким образом, реверберация в ультразвуковой диагностике матки и эндометрия имеет двойственное значение. С одной стороны, она может исказить изображение и затруднять диагностику, с другой – служить ценным индикатором акустических свойств тканей и наличия внутриполостных структур.

Закключение

Артефакт реверберации – неотъемлемая часть ультразвукового изображения, в том числе при исследовании матки и эндометрия. При неосведомленности он может служить источником диагностических ошибок, однако при правильной оценке становится диагностической подсказкой, отражающей физическое состояние полости матки.

Понимание природы реверберации, ее влияния на В-режим, цветовое и энергетическое картирование, а также осознание возможных искажений индексов VI, FI и VFI позволяют повысить точность и достоверность ультразвуковой диагностики. Необходимы дальнейшие исследования, направленные на количественную оценку влияния артефактов и разработку стандартов для надежного анализа объемного кровотока в эндометрии.



Участие авторов

Озерская И.А. – концепция и дизайн исследования, ответственность за целостность всех частей статьи, утверждение окончательного варианта статьи.

Казарян Г.Г. – обзор публикаций по теме статьи, написание текста, подготовка и редактирование текста.

Минашкина Е.В. – обзор публикаций по теме статьи, написание текста.

Арбузов Ю.О. – участие в научном дизайне.

Authors' participation

Ozerskaya I.A. – concept and design of the study, responsibility for the integrity of all parts of the article, approval of the final version of the article.

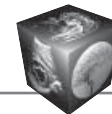
Kazaryan G.G. – review of publications, writing text, text preparation and editing.

Minashkina E.V. – review of publications, writing text.

Arbuzov Yu.O. – participation in scientific design.

Список литературы [References]

1. Ziskin M.C., Thickman D.I., Goldenberg N.J. et al. The comet tail artifact. *J. Ultrasound Med.* 1982; 1 (1): 1–7. <https://doi.org/10.7863/jum.1982.1.1.1>
2. Thickman D.I., Ziskin M.C., Goldenberg N.J., Linder B.E. Clinical manifestations of the comet tail artifact. *J. Ultrasound Med.* 1983; 2 (5): 225–230. <https://doi.org/10.7863/jum.1983.2.5.225>
3. Kremkau F.W., Taylor K.J. Artifacts in ultrasound imaging. *J. Ultrasound Med.* 1986; 5 (4): 227–237. <https://doi.org/10.7863/jum.1986.5.4.227>
4. Громов А.И., Кубова С.Ю. Ультразвуковые артефакты. М.: Издательский дом Видар М, 2007. 64 с. Gromov A.I., Kubova S.Yu. Ultrasonic artifacts. Moscow: Vidar M Publishing House, 2007. 64 p. (In Russian)
5. Feldman M.K., Katyal S., Blackwood M.S. US artifacts. *Radiographics.* 2009; 29 (4): 1179–1189. <https://doi.org/10.1148/rg.294085199>
6. Kuwano M., Maruyama H., Kondo T. et al. Multiple comet tail artifacts in the liver: a case of congenital hepatic fibrosis showing unusual biliary appearance. *J. Med. Ultrason.* (2001). 2014; 41 (3): 377–380. <https://doi.org/10.1007/s10396-014-0519-y>
7. Prabhu S.J., Kanal K., Bhargava P. et al. Ultrasound artifacts: classification, applied physics with illustrations, and imaging appearances. *Ultrasound Q.* 2014; 30 (2): 145–157. <https://doi.org/10.1097/RUQ.0b013e3182a80d34>
8. Hosek W.T., Gullett J. Soft tissue ultrasound and the comet tail artifact. *Acad. Emerg. Med.* 2010; 17 (6): e41–42. <https://doi.org/10.1111/j.1553-2712.2010.00757.x>
9. Bahçecioğlu A.B., Gürsoy A., Dizbay Sak S. et al. The sonographer's and pathologist's perspective of echogenic microfoci in papillary thyroid carcinoma. *Eur. Thyroid J.* 2023; 12 (6): e230108. <https://doi.org/10.1530/ETJ-23-0108>
10. Hodson D.Z., Kumwenda T., Wallrauch C. et al. Subtle Sonographic Signs of Disseminated Tuberculosis: A Case Report and Narrative Literature Review. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 2024; 111 (3): 529–534. <https://doi.org/10.4269/ajtmh.24-0100>
11. Marchetti P., De Peppo F., Ceriati E., Adorisio O. Comet-tail artefacts and abdominal pain: radiological mistake or an underestimated event? *BMJ Case Rep.* 2013; 2013: bcr2013009896. <https://doi.org/10.1136/bcr-2013-009896>
12. Safai Zadeh E., Görg C., Prosch H. et al. Lung Ultrasound and Pleural Artifacts: A Pictorial Review. *Diagnostics (Basel)*. 2024; 14 (2): 179. <https://doi.org/10.3390/diagnostics14020179>
13. Lahel R.S., Mathur S. Sonographic "Comet Tail" Artifacts in the Urinary Bladder in a Case of Type V Hyperlipidemia: A Previously Unreported Association. *J. Med. Ultrason.* 2024; 32 (4): 334–336. https://doi.org/10.4103/jmu.jmu_79_23
14. Rana S.S., Gupta R. Comet Tail Artifacts in Pseudocyst on Endoscopic Ultrasound. *Dig. Dis. Sci.* 2024; 69 (5): 1522–1523. <https://doi.org/10.1007/s10620-024-08336-6>
15. Cheong I., Pérez Fernández I., Andriani O.C., Tamagnone F.M. Point-of-care ultrasound in the diagnosis of hepatic gas gangrene. *J. Ultrasound.* 2025. <https://doi.org/10.1007/s40477-025-00985-1>
16. Chou H.C., Chong K.M., Sim S.S. et al. Real-time tracheal ultrasonography for confirmation of endotracheal tube placement during cardiopulmonary resuscitation. *Resuscitation.* 2013; 84 (12): 1708–1712. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2013.06.018>
17. Chen N., Chen H.J., Chen T. et al. Emphysematous thrombophlebitis caused by a misplaced central venous catheter: A case report. *Wld J. Clin. Cases.* 2023; 11 (29): 7207–7213. <https://doi.org/10.12998/wjcc.v11.i29.7207>
18. Ozan E., Atac G.K., Gundogdu S. Twinkling artifact on color Doppler ultrasound: an advantage or a pitfall? *J. Med. Ultrason.* (2001). 2016; 43 (3): 361–371. <https://doi.org/10.1007/s10396-016-0715-z>
19. Tchelepi H., Ralls P.W. Color comet-tail artifact: clinical applications. *Am. J. Roentgenol.* 2009; 192 (1): 11–18. <https://doi.org/10.2214/AJR.07.3893>
20. Hügel U., Rosenov A., Baumgartner I., Thalhammer C. Farbkodierte Duplexsonografie der Gefäße in der Praxis: Artefakte [Vascular Color-Coded Duplex Ultrasound in Practice: Artifacts]. *Praxis (Bern 1994)*. 2019; 108 (10): 679–684. <https://doi.org/10.1024/1661-8157/a003276> (In German)
21. Громов А.И., Сапожников О.А., Каприн А.Д. Доплеровский артефакт мерцания: физические механизмы и место в диагностической практике. Современное состояние вопроса. *Медицинская визуализация.* 2023; 27 (1): 120–134. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-1206> Gromov A.I., Sapozhnikov O.A., Kaprin A.D. Doppler flicker artifact: physical mechanisms and place in diagnostic practice. Current state of the issue. *Medical Visualization.* 2023; 27 (1): 120–134. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-1206> (In Russian)
22. Рязанов В.В., Садыкова Г.К., Железняк И.С., Куценко В.П., Либерт А.А., Постановов Р.А., Кузнецова Н.Ю., Столова Э.Н. Информативность доплеровского артефакта мерцания в диагностике конкрементов мочевыводящих путей. *Известия Российской военно-медицинской академии.* 2023; 42 (3): 285–292. <https://doi.org/10.17816/rmmar528480> Ryazanov V.V., Sadykova G.K., Zheleznyak I.S. et al. Information content of the Doppler flickering artifact in the diagnosis of urinary tract stones. *Bulletin of the Russian Military Medical Academy.* 2023; 42 (3): 285–292. <https://doi.org/10.17816/rmmar528480> (In Russian)
23. Najarian K.E., Kurtz A.B. New observations in the sonographic evaluation of intrauterine contraceptive devices. *J. Ultrasound Med.* 1986; 5 (4): 205–210. <https://doi.org/10.7863/jum.1986.5.4.205>
24. Complete uterine perforation by an intrauterine contraceptive device. *Appl. Radiol.* 2005. <https://doi.org/10.1007/s10396-014-0519-y>



- appliedradiology.com/articles/complete-uterine-perforation-by-an-intrauterine-contraceptive-device?utm_source (дата обращения 9.12.2025)
25. Nowitzki K.M., Hoimes M.L., Chen B. et al. Ultrasonography of intrauterine devices. *Ultrasonography*. 2015; 34 (3): 183–194. <https://doi.org/10.14366/usg.15010>
 26. Демидов В.Н., Гус А.И. Патология полости матки и эндометрия. ВМК. Практическое пособие. Выпуск третий. М., 2001. 138 с.
Demidov V.N., Gus A.I. Pathology of the uterine cavity and endometrium. VMC. Practical manual. Third edition. Moscow, 2001. 138 p. (In Russian)
 27. Zalud I., Rocha F. Artifacts, Pitfalls and Normal Variants. Donald School J. *Ultrasound Obstet. Gynecol.* 2012; 6 (1): 1–8. <http://doi.org/10.5005/jp-journals-10009-1221>
 28. Feng Y., Chen Y., Wu Q. et al. A retrospective case series at a tertiary hospital in China: ultrasonographic features of Struma ovarii. *BMC Cancer*. 2025; 25 (1): 1180. <https://doi.org/10.1186/s12885-025-14606-x>
 29. Feldman M.K., Katyal S., Blackwood M.S., Böhnhof J.A. Ultrasound Artifacts – Part 1. *Ultraschall Med.* 2016; 37 (2): 140–153; quiz 154–155. <https://doi.org/10.1055/s-0041-107766>
 30. Демидов В.Н., Демидов Б.С., Марченко Л.А. Эхографические критерии хронического эндометрита. *Ультразвуковая диагностика в акушерстве, гинекологии и педиатрии*. 1993; 4: 21–28.
Demidov V.N., Demidov B.S., Marchenko L.A. Sonographic criteria for chronic endometritis. *Ultrasound Diagnostics in Obstetrics, Gynecology and Pediatrics*. 1993; 4: 21–28. (In Russian)
 31. Демидов В.Н., Гус А.И. Патология полости матки и эндометрия. ВМК. Практическое пособие. Выпуск четвертый. М.: БИНОМ, 2016. 160 с.
Demidov V.N., Gus A.I. Pathology of the uterine cavity and endometrium. VMC. Practical guide. Issue four. M.: BINOM, 2016. 160 p. (In Russian)
 32. Ribić M., Coce N., Filipović-Grčić L. et al. Comet tail artifacts in gray scale ultrasound and colour doppler ultrasound in various anatomical regions and their clinical significance. *Med.Sci.* 2025. 567 (70–71): 102–108. <https://doi.org/10.21857/94kl4c1zzm>
 33. Alcázar J.L. Three-dimensional ultrasound assessment of endometrial receptivity: a review. *Reprod. Biol. Endocrinol.* 2006; 4: 56. <https://doi.org/10.1186/1477-7827-4-56>
 34. Ng E.H.Y., Chan C.C.W., Tang O.S. et al. Endometrial and subendometrial blood flows measured by three-dimensional power Doppler ultrasound in the prediction of pregnancy during IVF treatment. *Hum. Reprod.* 2006; 21 (1): 164–170. <https://doi.org/10.1093/humrep/dei277>
 35. Martins W.P., Raine-Fenning N.J. Analysis and acquisition reproducibility of 3D power Doppler. *Ultrasound Obstet. Gynecol.* 2010; 36 (3): 392–393; author reply 393–394. <https://doi.org/10.1002/uog.7757>
 36. Liu Y., Yue Q., Wang L. et al. Using 2D/3D ultrasound observation of endometrial thickness, endometrial volume, and blood flow changes to predict the outcome of frozen embryo transfer cycles: a prospective study. *Quant. Imaging. Med. Surg.* 2023; 13 (6): 3915–3926. <https://doi.org/10.21037/qims-22-705>
 37. Terslev L., Diamantopoulos A.P., Døhn U.M. et al. Settings and artefacts relevant for Doppler ultrasound in large vessel vasculitis. *Arthr. Res. Ther.* 2017; 19 (1): 167. <https://doi.org/10.1186/s13075-017-1374-1>
 38. Baad M., Lu Z.F., Reiser I., Paushter D. Clinical Significance of US Artifacts. *Radiographics*. 2017; 37 (5): 1408–1423. <https://doi.org/10.1148/rg.2017160175>
 39. Quien M.M., Saric M. Ultrasound imaging artifacts: How to recognize them and how to avoid them. *Echocardiography*. 2018; 35 (9): 1388–1401. <https://doi.org/10.1111/echo.14116>
 40. Applebaum M. The uterine biophysical profile. *Ultrasound Obstet. Gynecol.* 1995; 5 (1): 67–68. <https://doi.org/10.1046/j.1469-0705.1995.05010067.x>
 41. Alcázar J.L. Three-dimensional power Doppler derived vascular indices: what are we measuring and how are we Doing it? *Ultrasound Obstet. Gynecol.* 2008; 32 (4): 485–487. <https://doi.org/10.1002/uog.6144>

Для корреспонденции*: Озерская Ирина Аркадиевна – e-mail: ozerskaya_usd@mail.ru

Озерская Ирина Аркадиевна – доктор мед. наук, профессор, профессор кафедры ультразвуковой диагностики факультета непрерывного медицинского образования медицинского института ФГАОУ ВО “Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы (РУДН)” Минобрнауки России, Москва. <https://orcid.org/0000-0001-8929-6001>

Казарян Гаяне Геворковна – канд. мед. наук, заведующая отделением ультразвуковой диагностики ООО “Медскан”, Москва. <https://orcid.org/0000-0002-1198-8187>

Минашкина Елена Владимировна – врач ультразвуковой диагностики ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), Москва; врач ультразвуковой диагностики Центра репродукции и генетики “Нова клиник” ООО “МедИнСервис”, Москва. <https://orcid.org/0009-0004-3548-7944>

Арбузов Юрий Олегович – врач ультразвуковой диагностики ООО “Клиника лечения боли “МЕДИКА”, Санкт-Петербург. <https://orcid.org/0009-0006-4845-3561>

Contact*: Irina A. Ozerskaya – e-mail: ozerskaya_usd@mail.ru

Irina A. Ozerskaya – Doct. of Sci. (Med.), Professor, Professor of the Department of Ultrasound Diagnostics, Faculty of Continuing Medical Education of the Medical Institute, Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba (RUDN University), Moscow. <https://orcid.org/0000-0001-8929-6001>

Gayane G. Kazaryan – Cand. of Sci. (Med.), Head of the department of ultrasound, LLC “Medskan”, Moscow. <https://orcid.org/0000-0002-1198-8187>

Elena V. Minashkina – Physician of Ultrasonographic Diagnostics, Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University); Physician of Ultrasonographic Diagnostics, Center for Reproduction and Genetics “Nova Clinic”, MedInService LLC, Moscow. <https://orcid.org/0009-0004-3548-7944>

Yury O. Arbuzov – Physician of Ultrasonographic Diagnostics, Pain Treatment Clinic MEDICA LLC, Saint Petersburg. <https://orcid.org/0009-0006-4845-3561>