

2.2026
Том 32

**УЛЬТРАЗВУКОВАЯ
И ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ
ДИАГНОСТИКА**
Ultrasound & Functional Diagnostics



2.2026

ТОМ 32

УЛЬТРАЗВУКОВАЯ
И ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ
ДИАГНОСТИКА

Ultrasound & Functional Diagnostics



УЛЬТРАЗВУКОВАЯ И ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ДИАГНОСТИКА

Ultrasound & Functional Diagnostics

2026 том 32 №2

Научно-практический журнал. Основан в 1994 г. Выходит 4 раза в год
Официальный журнал Общероссийской общественной организации
«Российская ассоциация специалистов ультразвуковой диагностики в медицине»
(РАСУДМ) (127083, г. Москва, ул. 8 Марта, д. 1, стр. 12, эт. 8, пом/ком. 4/4П)

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

Алехин Михаил Николаевич – доктор мед. наук, профессор, профессор кафедры терапии, кардиологии и функциональной диагностики с курсом нефрологии ФГБУ ДПО “Центральная государственная медицинская академия” Управления делами Президента Российской Федерации; заведующий отделением функциональной диагностики ФГБУ “Центральная клиническая больница с поликлиникой” Управления делами Президента Российской Федерации, Москва, Россия. Scopus Author ID: 6701770585. <https://orcid.org/0000-0002-9725-7528>

ЗАМЕСТИТЕЛИ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА

Митьков Владимир Вячеславович – доктор мед. наук, профессор, заведующий кафедрой ультразвуковой диагностики ФГБОУ ДПО “Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования” Министерства здравоохранения Российской Федерации, Москва, Россия. Scopus Author ID: 57192938926. <https://orcid.org/0000-0003-1959-9618>

Митькова Мина Даутовна – канд. мед. наук, доцент, доцент кафедры ультразвуковой диагностики ФГБОУ ДПО “Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования” Министерства здравоохранения Российской Федерации, Москва, Россия. Scopus Author ID: 57192940046. <https://orcid.org/0000-0002-3870-6522>

Сандриков Валерий Александрович – академик РАН, доктор мед. наук, профессор, руководитель отдела клинической физиологии, инструментальной и лучевой диагностики ФГБНУ “Российский научный центр хирургии имени академика Б.В. Петровского”, Москва, Россия. Scopus Author ID: 7007141219. <https://orcid.org/0000-0003-1535-5982>

РЕДАКТОРЫ

Балахонова Татьяна Валентиновна – доктор мед. наук, профессор, главный научный сотрудник, руководитель лаборатории ультразвуковых методов исследования сосудов Института клинической кардиологии имени А.Л. Мясникова ФГБУ “Национальный медицинский исследовательский центр кардиологии” Министерства здравоохранения Российской Федерации, Москва, Россия. <https://orcid.org/0000-0002-7273-6979>

Буланов Михаил Николаевич – доктор мед. наук, заведующий отделением ультразвуковой диагностики ГБУЗ ВО “Областная клиническая больница”, Владимир; профессор кафедры внутренних болезней Медицинского Института ФГБОУ ВО “Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого”, Великий Новгород, Россия. <https://orcid.org/0000-0001-8295-768X>

Ветшева Наталья Николаевна – доктор мед. наук, профессор кафедры ультразвуковой диагностики ФГБОУ ДПО “Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования” Министерства здравоохранения Российской Федерации, Москва, Российская Федерация. <http://orcid.org/0000-0002-9017-9432>. Scopus Author ID: 6176616600

Куликов Владимир Павлович – доктор мед. наук, профессор, заведующий кафедрой ультразвуковой и функциональной диагностики с курсом ДПО ФГБОУ ВО “Алтайский государственный медицинский университет” Минздрава России, Барнаул, Россия. <https://orcid.org/0000-0003-4869-5465>

Пыков Михаил Иванович – доктор мед. наук, профессор, заведующий кафедрой лучевой диагностики детского возраста ФГБОУ ДПО “Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования” Министерства здравоохранения Российской Федерации, Москва, Россия. <https://orcid.org/0000-0003-2395-3341>

Рыбакова Марина Константиновна – доктор мед. наук, профессор кафедры ультразвуковой диагностики ФГБОУ ДПО “Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования” Министерства здравоохранения Российской Федерации, Москва, Россия. <https://orcid.org/0000-0003-2395-3341>

Федорова Евгения Викторовна – канд. мед. наук, доцент, доцент кафедры ультразвуковой диагностики ФГБОУ ДПО “Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования” Министерства здравоохранения Российской Федерации, Москва, Россия. Scopus Author ID: 57215908276. <https://orcid.org/0000-0002-3013-5139>

Заведующая редакцией – **Капустина Анастасия Юрьевна**, канд. мед. наук
Научный редактор переводов – **Пеняева Элла Игоревна**, канд. мед. наук

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

Abuhamad Alfred – профессор, руководитель отдела акушерства и гинекологии Медицинского университета Восточной Вирджинии, Норфолк, США

Бощенко Алла Александровна – доктор мед. наук, доцент, заместитель директора по научной работе Научно-исследовательского института кардиологии – филиала ФГБНУ “Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук” (НИИ кардиологии Томского НИМЦ), Томск, Россия. Scopus Author ID: 6602887127. <https://orcid.org/0000-0001-6009-0253>

Бурков Сергей Геннадьевич – доктор мед. наук, профессор, заместитель главного врача по клинко-экспертной работе ФГБУ “Поликлиника №3” Управления делами Президента Российской Федерации, Москва, Россия

Ватолин Константин Владимирович – доктор мед. наук, профессор кафедры лучевой диагностики детского возраста ГБОУ ДПО “Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования” Минздрава России, Москва, Россия

Верзакова Ирина Викторовна – доктор мед. наук, профессор, заведующая кафедрой лучевой диагностики и лучевой терапии, ядерной медицины и радиотерапии Института дополнительного последиplomного образования ФГБОУ ВПО “Башкирский государственный медицинский университет” Минздрава России, Уфа, Россия

Воеводин Сергей Михайлович – доктор мед. наук, профессор, профессор кафедры репродуктивной медицины и хирургии ФГБОУ ВО “Российский университет медицины” Минздрава России, Москва, Россия. <https://orcid.org/0000-0001-8048-3185>

Глазун Людмила Олеговна – доктор мед. наук, профессор, заведующая кафедрой лучевой и функциональной диагностики КГБОУ ДПО “Институт повышения квалификации специалистов здравоохранения” Минздрава Хабаровского края, Хабаровск, Россия. <https://orcid.org/0000-0002-1618-9368>

Гус Александр Иосифович – доктор мед. наук, профессор, заведующий кафедрой ультразвуковой диагностики факультета непрерывного медицинского образования медицинского института ФГАОУ ВО “Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы”; главный научный сотрудник отделения ультразвуковой и функциональной диагностики отдела визуальной диагностики ФГБУ “НМИЦ акушерства, гинекологии и перинатологии имени академика В.И. Кулакова” Минздрава России, Москва, Россия. <https://orcid.org/0000-0003-1377-3128>

Дворяковский Игорь Вячеславович – доктор мед. наук, профессор, руководитель отделения ультразвуковой диагностики НИИ педиатрии ФГАУ “Научный центр здоровья детей” Минздрава России, Москва, Россия. <http://orcid.org/0000-0003-1799-2926>

Дворяковская Галина Михайловна – канд. мед. наук, Москва, Россия

Демидов Владимир Николаевич – доктор мед. наук, профессор, главный научный сотрудник отделения ультразвуковой и функциональной диагностики отдела визуальной диагностики ФГБУ “Научный центр акушерства, гинекологии и перинатологии имени академика В.И. Кулакова” Минздрава России, Москва, Россия

Dietrich Christoph F. – профессор, заведующий отделением общей медицины клиники “Beau Site”, Берн, Швейцария

Заболотская Наталия Владленовна – доктор мед. наук, доцент, профессор кафедры ультразвуковой диагностики ФГБОУ ДПО “Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования” Минздрава России, Москва, Россия

Зубарева Елена Анатольевна – доктор мед. наук, профессор, заведующая кафедрой ультразвуковой диагностики ФГАОУ ВО “Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова” Минздрава России, Москва, Россия. <https://orcid.org/0000-0002-9997-4715>

Игнашин Николай Семенович – доктор мед. наук, врач ультразвуковой диагностики ООО “Клиника на Ленинском”, Москва, Россия

Кадрев Алексей Викторович – канд. мед. наук, заведующий отделением ультразвуковой диагностики, научный сотрудник отдела урологии и андрологии Медицинского научно-образовательного института Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия, ассистент кафедры ультразвуковой диагностики Российской медицинской академии непрерывного последиplomного образования, Минздрава России, Москва, Россия. <https://orcid.org/0000-0002-6375-8164>

Кинзерский Александр Юрьевич – доктор мед. наук, профессор, заместитель директора по научной работе и инновационным технологиям ООО “Клиника профессора Кинзерского”, Челябинск, Россия

Лелюк Владимир Геннадьевич – доктор мед. наук, профессор, руководитель МПМЦ “Сосудистая клиника на Патриарших”, эксперт РАН, РФ; Москва, Россия. <https://orcid.org/0000-0002-9690-8325>

Лелюк Светлана Эдуардовна – доктор мед. наук, профессор, профессор кафедры ультразвуковой диагностики ФГБОУ ДПО “Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования” Минздрава России; главный врач МПМЦ “Сосудистая клиника на Патриарших”; Москва, Россия. <https://orcid.org/0000-0001-8428-8037>

Липман Андрей Давыдович – доктор мед. наук, консультант Клиники репродуктивного здоровья «Prior-Clinic», Москва, Россия

Михайлов Антон Валерьевич – доктор мед. наук, профессор, главный врач СПб ГБУЗ “Родильный дом №17”; главный научный сотрудник ФГБНУ “НИИ акушерства, гинекологии и репродуктологии им. Д.О. Отта”; профессор кафедры акушерства, гинекологии и репродуктологии ПСПбГМУ имени академика И.П. Павлова Минздрава России; профессор кафедры акушерства, гинекологии и репродуктологии ФГБОУ ВО “СЗГМУ имени И.И. Мечникова” Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия. <https://orcid.org/0000-0002-0343-8820>

Надточий Андрей Геннадиевич – доктор мед. наук, профессор заведующий отделом лучевой диагностики ФГБУ НМИЦ “Центральный научно-исследовательский институт стоматологии и челюстно-лицевой хирургии” Минздрава России, Москва, Россия. <https://orcid.org/0000-0002-3268-0982>

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

Орлова Лариса Петровна – доктор мед. наук, профессор, профессор кафедры клинической ультразвуковой и функциональной диагностики ГБУЗ Московской области “Московский областной научно-исследовательский клинический институт имени М.Ф. Владимирского”, Москва, Россия

Паршин Владимир Сергеевич – доктор мед. наук, профессор, главный научный сотрудник отделения ультразвуковой диагностики и малоинвазивных технологий Медицинского радиологического научного центра имени А.Ф. Цыба – филиала ФГБУ “Федеральный медицинский исследовательский центр имени П.А. Герцена” Минздрава России, Обнинск, Россия

Полухина Елена Владимировна – доктор мед. наук, доцент, профессор кафедры лучевой и функциональной диагностики КГБОУ ДПО “Институт повышения квалификации специалистов здравоохранения” министерства здравоохранения Хабаровского края, Хабаровск, Россия. <https://orcid.org/0000-0002-8760-4880>

Поморцев Алексей Викторович – доктор мед. наук, профессор, заведующий кафедрой лучевой диагностики №1 ФГБОУ ВО “Кубанский государственный медицинский университет” Минздрава России, Краснодар, Россия

Ридэн Татьяна Владимировна – доктор мед. наук, профессор, радиолог, Центральный институт диагностической и интервенционной радиологии, Клиника г. Людвигсхафен-на-Рейне, Германия

Салтыкова Виктория Геннадиевна – доктор мед. наук, профессор кафедры ультразвуковой диагностики ФГБОУ ДПО “Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования” Минздрава России, Москва, Россия

Сафонов Дмитрий Владимирович – доктор мед. наук, профессор, заведующий кафедрой лучевой диагностики факультета дополнительного профессионального образования ФГБОУ ВО “Приволжский исследовательский медицинский университет” Минздрава России, Нижний Новгород, Россия. Scopus Author ID: 55647448500

Сенча Александр Николаевич – доктор мед. наук, доцент, заведующий отделом визуальной диагностики ФГБУ “НМИЦ акушерства, гинекологии и перинатологии имени академика В.И. Кулакова” Минздрава России; профессор кафедры акушерства и гинекологии ДПО ФГАОУ “РНИМУ им. Н.И. Пирогова” Минздрава России, Москва, Россия. <https://orcid.org/0000-0002-1188-8872>

Синьковская Елена Сергеевна – канд. мед. наук, директор отделения научных исследований в ультразвуковой диагностике, руководитель программы подготовки молодых специалистов по ультразвуковой диагностике в акушерстве и гинекологии отделения медицины матери и плода, Клиника акушерства и гинекологии, Медицинский университет Восточной Вирджинии, Норфолк, США

Синюкова Галина Тимофеевна – доктор мед. наук, профессор, ведущий научный сотрудник отделения ультразвуковой диагностики ФГБНУ “Российский онкологический научный центр имени Н.Н. Блохина” Минздрава России, Москва, Россия. <https://orcid.org/0000-0002-5697-9268>

Стыгар Аркадий Михайлович – доктор мед. наук, профессор, Центр медицины плода МЕДИКА, Москва, Россия

Трофимова Елена Юрьевна – доктор мед. наук, профессор, Москва, Россия

Tutschek Boris – профессор Университета города Дюссельдорф, Дюссельдорф, Германия; руководитель Центра медицины плода, Цюрих, Швейцария

Тухбатуллин Мунир Габдулфатович – доктор мед. наук, профессор, заведующий кафедрой ультразвуковой диагностики Казанской государственной медицинской академии – филиала ФГБОУ ДПО “Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования” Минздрава России, Казань, Россия. <https://orcid.org/0000-0002-0055-4746>

Фазылов Акрам Акмалович – доктор мед. наук, профессор, профессор кафедры ультразвуковой диагностики Ташкентского института усовершенствования врачей, Ташкент, Узбекистан

Феоктистова Елена Владимировна – канд. мед. наук, доцент, заведующая отделением ультразвуковых исследований и функциональной диагностики Российской детской клинической больницы; доцент кафедры детской хирургии, доцент кафедры ультразвуковой диагностики ФГАОУ ВО “Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова” Минздрава России, Москва, Россия

Хитрова Алла Николаевна – доктор мед. наук, заведующая отделением HIFU-терапии Клиники молекулярной коррекции, Москва, Россия. <https://orcid.org/0000-0002-6835-7212>

Чекалова Марина Альбертовна – доктор мед. наук, профессор, профессор кафедры рентгенологии и ультразвуковой диагностики ФГБУ “Федеральный научный клинический центр специализированных видов медицинской помощи и медицинских технологий” ФМБА России, Москва, Россия. <https://orcid.org/0000-0002-5565-2511>

Швырёв Сергей Леонидович – канд. мед. наук, заместитель руководителя Регламентной службы Федерального реестра нормативно-справочной информации ФГБУ “Центральный научно-исследовательский институт организации и информатизации здравоохранения” Минздрава России, Москва, Россия. <https://orcid.org/0009-0004-9093-6765>

Шолохов Владимир Николаевич – доктор мед. наук, профессор, ведущий научный сотрудник отделения ультразвуковой диагностики ФГБУ “Национальный медицинский исследовательский центр онкологии им. Н.Н. Блохина” Минздрава России, Москва, Россия. <https://orcid.org/0000-0001-7744-5022>

Ярыгина Тамара Александровна – канд. мед. наук, руководитель отделения ультразвуковой диагностики, ГБУЗ МО “Московский областной НИИ акушерства и гинекологии имени академика В.И. Краснопольского”; доцент кафедры ультразвуковой диагностики факультета непрерывного медицинского образования Медицинского Института, Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы; научный сотрудник Перинатального кардиологического центра, Национальный медицинский исследовательский центр сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н. Бакулева Минздрава России, Москва, Россия. <https://orcid.org/0000-0001-6140-1930>

Журнал включен ВАК РФ в перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук

Редакция не несет ответственности за содержание публикуемых рекламных материалов.
В статьях представлена точка зрения авторов, которая может не совпадать с мнением редакции.

Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ № ФС77-21266 от 22.06.2005 года

Адрес для корреспонденции: 127083 Москва, ул. 8 марта, д. 1, стр. 12. 1 подъезд, а/я 5. ООО “РДС-Медиа”

Заведующая редакцией Капустина Анастасия Юрьевна – e-mail: kapustina.usfd@mail.ru

<https://usfd.rdsmedia.ru/jour>

Формат 60 × 90 1/8. Печ. л. 14. Тираж 1500 экз. Свободная цена.

Отпечатано в типографии Onebook.ru (ООО “СамПолиграфист”), www.onebook.ru

Подписано в печать 15.06.2026 г.

ISSN 1607-0771 (Print)
ISSN 2408-9494 (Online)

DOI: 10.24835

Ultrasound & Functional Diagnostics

Ультразвуковая и функциональная
диагностика

2026 vol. 32 No 2

Quarterly Scientific and Practical Journal . Est. 1994

Official Journal of Russian Association of Specialists in Ultrasound Diagnostics in Medicine
(1, bld. 12, apt. 4/4II, 8 Marta str., Moscow 127083, Russian Federation)

EDITOR-IN-CHIEF

Mikhail N. Alekhin – MD, Doct. of Sci. (Med.), Professor, Division of Therapy, Cardiology, Functional Diagnostics, and Nephrology, Central State Medical Academy of the Presidential Administration of the Russian Federation; Head of Functional Diagnostics Department, Central Clinical Hospital of the Presidential Administration of the Russian Federation, Moscow, Russia. Scopus Author ID: 6701770585. <https://orcid.org/0000-0002-9725-7528>

DEPUTY EDITOR-IN-CHIEF

Vladimir V. Mitkov – MD, Doct. of Sci. (Med.), Professor, Director, Diagnostic Ultrasound Division, Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Moscow, Russia. Scopus Author ID: 57192938926. <https://orcid.org/0000-0003-1959-9618>.

Mina D. Mitkova – MD, PhD, Associate Professor, Diagnostic Ultrasound Division, Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Moscow, Russia. Scopus Author ID: 57192940046. <https://orcid.org/0000-0002-3870-6522>

Valery A. Sandrikov – MD, Academician of the Russian Academy of Sciences, Doct. of Sci. (Med.), Professor, Head of the Department of Clinical Physiology of Instrumental and Radiation Diagnostics, Petrovsky Russian Research Center of Surgery, Moscow, Russia. Scopus Author ID: 7007141219. <https://orcid.org/0000-0003-1535-5982>

EDITORS

Tatiana V. Balakhonova – MD, Doct. of Sci. (Med.), Professor, Chief Researcher, Head of vascular ultrasound lab, Institute of Clinical Cardiology, National Medical Research Center of Cardiology, Moscow, Russia. <https://orcid.org/0000-0002-7273-6979>

Mikhail N. Bulanov – MD, Doct. of Sci. (Med.), Head of Ultrasound Diagnostics Department, Regional Clinical Hospital, Vladimir; Professor, Division of Internal Medicine, Medical Institute, Yaroslav-the-Wise Novgorod State University, Veliky Novgorod, Russia. <https://orcid.org/0000-0001-8295-768X>

Natalia N. Vetsheva – Doct. of Sci. (Med.), Professor, Diagnostic Ultrasound Division, Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Moscow, Russian Federation. <http://orcid.org/0000-0002-9017-9432>. Scopus Author ID: 6176616600

Vladimir P. Kulikov – MD, Doct. of Sci. (Med.), Professor, Director, Division of Ultrasound and Functional Diagnostics, Altai State Medical University, Barnaul, Russia. <https://orcid.org/0000-0003-4869-5465>

Mikhail I. Pykov – MD, Doct. of Sci. (Med.), Professor, Director, Division of Pediatric Radiology, Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Moscow, Russia. <https://orcid.org/0000-0003-2395-3341>

Marina K. Rybakova – MD, Doct. of Sci. (Med.), Professor, Diagnostic Ultrasound Division, Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Moscow, Russia. <https://orcid.org/0000-0003-2395-3341>

Evgeniya V. Fedorova – MD, PhD, Associate Professor, Diagnostic Ultrasound Division, Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Moscow, Russia. Scopus Author ID: 57215908276. <https://orcid.org/0000-0002-3013-5139>

Chief of office – **Anastasia Yu Kapustina**, MD, PhD

Scientific editor of translation – **Ella I. Penyaeva**, MD, PhD

EDITORIAL BOARD

Alfred Abuhamad – MD, Professor and Chairman for the Department of Obstetrics and Gynecology, Associate Dean for clinical affairs at Eastern Virginia Medical School, Norfolk, USA

Alla A. Boshchenko – MD, Doct. of Sci. (Med.), Associate Professor, Deputy Director for Research, Cardiology Research Institute, Tomsk National Medical Research Center, Tomsk, Russia. Scopus Author ID: 6602887127. <https://orcid.org/0000-0001-6009-0253>

Sergey G. Burkov – MD, Doct. of Sci. (Med.), Professor, Deputy Chief Physician, Polyclinic N 3, Presidential Administration of the Russian Federation, Moscow, Russia

Konstantin V. Vatolin – MD, Doct. of Sci. (Med.), Professor, Division of Pediatric Radiology, Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Moscow, Russia

Irina V. Verzakova – MD, Doct. of Sci. (Med.), Professor, Division of Radiology, Bashkir State Medical University, Ufa, Russia

Sergey M. Voevodin – MD, Doct. of Sci. (Med.), Professor, Division of Reproductive Medicine and Surgery, Russian University of Medicine, Moscow, Russia. <https://orcid.org/0000-0001-8048-3185>

Lyudmila O. Glazun – MD, Doct. of Sci. (Med.), Professor, Director, Radiology and Functional Diagnostics Division, Postgraduate Institute for Public Health Workers, Khabarovsk, Russia. <https://orcid.org/0000-0002-1618-9368>

Aleksandr I. Gus – MD, Doct. of Sci. (Med.), Professor, Director, Diagnostic Ultrasound Division, RUDN University Chief Researcher, Ultrasound and Functional Diagnostics Department, Research Center for Obstetrics, Gynecology and Perinatology named after academician V.I. Kulakov, Moscow, Russia. <http://orcid.org/0000-0003-1377-3128>

Igor V. Dvoryakovskij – MD, Doct. of Sci. (Med.), Professor, Head of Ultrasound Diagnostics Department, National Medical Research Center for Children's Health, Moscow, Russia. <http://orcid.org/0000-0003-1799-2926>

Galina M. Dvoryakovskaya – MD, PhD, Moscow, Russia

Vladimir N. Demidov – MD, Doct. of Sci. (Med.), Professor, Chief Scientist of Ultrasound and Functional Diagnostics Department, Research Center for Obstetrics, Gynecology and Perinatology named after academician V.I. Kulakov, Moscow, Russia

Christoph F. Dietrich – MD, Professor MBA, Head of Allgemeine Innere Medizin Department, the clinics (DAIM) Hirslanden Beau Site, Salem and Permanence, Bern, Switzerland

Natalya V. Zabolotskaya – MD, Doct. of Sci. (Med.), Professor, Diagnostic Ultrasound Division, Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Moscow, Russia. <https://orcid.org/0000-0003-3109-2772>

Elena A. Zubareva – Elena A. Zubareva – MD, Doct. of Sci. (Med.), Professor, Director, Diagnostic Ultrasound Division, Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia. <https://orcid.org/0000-0002-9997-4715>

Nikolay S. Ignashin – MD, Doct. of Sci. (Med.), Ultrasound Department, Clinic on Leninsky, Moscow, Russia

Alexey V. Kadrev – MD, PhD, Head of Ultrasound Diagnostics Department; Researcher, Urology and Andrology Department, Medical Research and Educational Institute, Lomonosov Moscow State University; Assistant Professor, Diagnostic Ultrasound Division, Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Moscow, Russia. <https://orcid.org/0000-0002-6375-8164>

Alexander Yu. Kinzerskij – MD, Doct. of Sci. (Med.), Professor, Deputy Director, Clinic of Professor Kinzersky, Chelyabinsk, Russia

Vladimir G. Lelyuk – MD, Doct. of Sci. (Med.), Professor, Head of Vascular Clinic, Moscow, Russia. <https://orcid.org/0000-0002-9690-8325>

Svetlana E. Lelyuk – MD, Doct. of Sci. (Med.), Professor, Diagnostic Ultrasound Division, Russian Medical Academy of Continuing Professional Education; Chief Physician, Vascular Clinic, Moscow, Russia. <https://orcid.org/0000-0001-8428-8037>

Andrey D. Lipman – MD, Doct. of Sci. (Med.), Consultant, Reproductive Health Clinic "Prior-Clinic", Moscow, Russia

Anton V. Mikhailov – MD, Doct. of Sci. (Med.), Professor, Chief Physician, Maternity Hospital No.17; Chief Researcher, D.O. Ott Research Institute of Obstetrics, Gynecology and Reproductology; Professor, Division of Obstetrics, Gynecology and Reproduction, North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov; Professor, Division of Obstetrics, Gynecology and Reproduction, Pavlov First Saint Petersburg State Medical University, St. Petersburg, Russia. <https://orcid.org/0000-0002-0343-8820>

Andrey G. Nadtochiy – MD, Doct. of Sci. (Med.), Professor, Head of Radiology Department, Central Research Institute of Dentistry and Maxillofacial Surgery, Moscow, Russia. <https://orcid.org/0000-0002-3268-0982>

Irina A. Ozerskaya – MD, Doct. of Sci. (Med.), Professor, Diagnostic Ultrasound Division, RUDN University, Moscow, Russia. <https://orcid.org/0000-0001-8929-6001>

Larisa P. Orlova – MD, Doct. of Sci. (Med.), Professor, Ultrasound and Functional Diagnostics Division, M.F. Vladimirsky Moscow Regional Clinical and Research Institute, Moscow, Russia

Vladimir S. Parshin – MD, Doct. of Sci. (Med.), Professor, Chief Researcher, Ultrasound Diagnostics Department, A. Tsyb Medical Radiological Research Center – branch of the National Medical Research Radiological Center, Obninsk, Russia

Elena V. Polukhina – MD, Doct. of Sci. (Med.), Professor, Radiology and Functional Diagnostics Division, Postgraduate Institute for Public Health Workers, Khabarovsk, Russia. <https://orcid.org/0000-0002-8760-4880>

Aleksey V. Pomortsev – MD, Doct. of Sci. (Med.), Professor, Director, Radiology Division, Kuban State Medical University, Krasnodar, Russia

Tatiana V. Riden – MD, Doct. of Sci. (Med.), Professor, Central Institute of Diagnostic and Interventional Radiology, Ludwigshafen am Rhein Clinic, Germany

Viktoria G. Saltykova – MD, Doct. of Sci. (Med.), Professor, Diagnostic Ultrasound Division, Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Moscow, Russia

Dmitry V. Safonov – MD, Doct. of Sci. (Med.), Professor, Director, Diagnostic Radiology Division, Privolzhsky Research Medical University, Nizhny Novgorod, Russia. ScopusID: 55647448500

Alexander N. Sencha – MD, Doct. of Sci. (Med.), Head of Diagnostics Department; Professor, Obstetrics and Gynecology Division, Research Center for Obstetrics, Gynecology and Perinatology named after academician V.I. Kulakov; Professor, Diagnostic Ultrasound Division, Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia. <https://orcid.org/0000-0002-1188-8872>

Elena S. Sinkovskaya – MD, PhD, Head of Maternal-Fetal Medicine Division, Department of Obstetrics and Gynecology, Eastern Virginia Medical School, Norfolk, USA

Galina T. Sinyukova – MD, Doct. of Sci. (Med.), Professor, Leading Researcher, Ultrasound Diagnostics Department, N.N. Blokhin National Medical Research Center of Oncology, Moscow, Russia. <https://orcid.org/0000-0002-5697-9268>

Arkady M. Stygar – MD, Doct. of Sci. (Med.), Professor, Center for Fetal Medicine MEDICA, Moscow, Russia

Elena Yu. Trofimova – MD, Doct. of Sci. (Med.), Professor, Moscow, Russia

Boris Tutschek – MD, Clinical lead, chief senior physician and senior physician at the Universitätsklinik Bern; Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf and Universitätsklinikum Düsseldorf, Dusseldorf, Germany; Director at Praenatal-Zuerich.ch, Zurich, Switzerland

Munir G. Tukhbatullin – MD, Doct. of Sci. (Med.), Professor, Director, Diagnostic Ultrasound Division, Kazan State Medical Academy, Kazan', Russia. <https://orcid.org/0000-0002-0055-4746>

Akram A. Fazylov – MD, Doct. of Sci. (Med.), Professor, Diagnostic Ultrasound Division, Tashkent Institute of Medical Education, Toshkent, Uzbekistan

Elena V. Feoktistova – MD, PhD, Associate Professor, Head of Ultrasound and Functional Diagnostics Division, Russian Children's Clinical Hospital; Associate Professor, Pediatric Surgery Division, Diagnostic Ultrasound Division, Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia

Alla N. Khitrova – MD, Doct. of Sci. (Med.), Head of HIFU Department, Molecular Correction Clinic, Moscow, Russia. <https://orcid.org/0000-0002-6835-7212>

Marina A. Chekalova – MD, Doct. of Sci. (Med.), Professor, Radiology and Diagnostic Ultrasound Division, Federal Scientific Clinical Center for Specialized Medical Care and Medical Technologies, Federal Medical-Biological Agency, Moscow, Russia. <https://orcid.org/0000-0002-5565-2511>

Sergey L. Shvyrev – MD, PhD, Deputy Director, Department of Regulatory Information Service Center, Federal Research Institute for Health Organization and Informatics, Moscow, Russia. <https://orcid.org/0009-0004-9093-6765>

Vladimir N. Sholokhov – MD, Doct. of Sci. (Med.), Professor, Ultrasound Diagnostics Department, N.N. Blokhin National Medical Research Center of Oncology, Moscow, Russia. <https://orcid.org/0000-0001-7744-5022>

Tamara A. Yarygina – MD, PhD, Head of the Ultrasound Diagnostics Department, Moscow Regional Research Institute of Obstetrics and Gynecology named after Academician V.I. Krasnopolsky; Associated Professor, Diagnostic Ultrasound Division, RUDN University; Researcher, Perinatal Cardiology Center, A.N. Bakulev National Medical Research Center of Cardiovascular Surgery, Moscow, Russia. <https://orcid.org/0000-0001-6140-1930>

The Journal is included in the “List of leading peer-reviewed editions, recommended for publication of Candidate’s and Doctor’s degree theses main results” approved by Higher Attestation Commission (VAK) RF.

The editorial board is not responsible for advertising content
The authors’ point of view given in the articles may not coincide with the opinion of the editorial board

Reg. № III № ФС77-21266, 22.06.2005

Address for correspondence: Postbox 5, 1, bld. 12, 8 Marta str., Moscow 127083, Russian Federation. RDS-Media Ltd.

Chief of office Anastasia Yu Kapustina – e-mail: kapustina.usfd@mail.ru

<https://usfd.rdsmedia.ru/jour>

Format 60 × 90 1/8. 14 printer’s sheet. Circulation: 1500 ex. Free price.

Printed at **Onebook.ru** (OOO “SamPoligrafist”), www.onebook.ru

Signed for printing 15.06.2026.

содержание

Ультразвуковая диагностика заболеваний сердца и сосудов

Взаимосвязь механической дисперсии и желудочковой аритмии у пациентов с ишемической болезнью сердца, перенесших инфаркт миокарда левого желудочка с зубцом Q по данным спекл-трекинг-эхокардиографии

Л.Т. Илхомова, Ф.М. Бекметова, Ш.Н. Дониёров, Б.С. Каримов . . . 13

Количественная ультразвуковая оценка каротидного атеросклероза в стратификации риска ишемического инсульта

И.Н. Умнов, Д.А. Чугаев 23

Ультразвуковая диагностика в педиатрии

Ультразвуковое исследование поражения почек у детей с туберозным склерозом

М.И. Пыков, К.А. Валялов, Л.А. Полещук, С.Л. Морозов 35

Динамика размеров матки и яичников у здоровых девочек первых 13 мес жизни по данным ультразвукового исследования

*Ч.М. Хизроева, А.Б. Сугак, Е.А. Филиппова,
З.Н. Батдалова, М.И. Пыков 49*

Ультразвуковое исследование желчных путей у детей: возможности и ограничения в разные возрастные периоды

А.А. Юсуфов, М.И. Медведева 62

Другие вопросы ультразвуковой диагностики

Роль мультипараметрического высокочастотного ультразвукового исследования базально-клеточного рака кожи при проведении фотодинамической терапии

Н.Ю. Маркина, А.А. Зыков, Е.К. Словоходов 72

Ультразвуковая диагностика в акушерстве и гинекологии

Ультразвуковая диагностика усиленной васкуляризации миометрия после прерывания беременности: обзор литературы и разбор клинического наблюдения

Т.Б. Макухина, М.Н. Буланов 85

Рекомендации, стандарты, правила

Стандартизация протокола ультразвукового исследования молочных желез. Консенсус экспертов Российской ассоциации специалистов ультразвуковой диагностики в медицине (РАСУДМ)

*Е.П. Фисенко, М.Н. Буланов, Е.А. Бусько, Н.Н. Ветшева,
В.Е. Гажонова, Т.Ю. Данзанова, Н.В. Заболотская, А.Н. Сенча 98*

Подписаться на наш журнал вы можете в любом отделении связи (каталог Роспечати, раздел “Здравоохранение. Медицина”),

Художник О.А. Рыченкова
Выпускающий редактор Ю.А. Кушель
Редактирование Т.И. Луковская
Верстка Ю.А. Кушель

Читайте о нашем журнале в сети Интернет usfd.rdsmedia.ru
Адрес для связи с редакцией amn_usfd@mail.ru

contents

Cardiovascular Ultrasound

Association between mechanical dispersion and ventricular arrhythmias in patients with coronary artery disease after Q-Wave left ventricular myocardial infarction assessed by Two-Dimensional Speckle-Tracking Echocardiography
L.T. Ilkhomova, F.M. Bekmetova, Sh.N. Doniyorov, B.S. Karimov 13

Quantitative ultrasound assessment of carotid atherosclerosis in ischemic stroke risk stratification
I.N. Umnov, D.A. Chugaev 23

Pediatric Ultrasound

Ultrasound examination of kidney lesions in children with tuberous sclerosis
M.I. Pykov, K.A. Valyalov, L.A. Poleshchuk, S.L. Morozov 35

Dynamics of uterine and ovarian size in healthy girls during the first 13 months of life according to ultrasound data
Ch.M. Khizroeva, A.B. Sugak, E.A. Filippova, Z.N. Batdalova, M.I. Pykov 49

Biliary tract ultrasound in pediatrics: potential and limitations at different ages
A.A. Yusufov, M.I. Medvedeva 62

Other Trends in Ultrasound Diagnostics

The Role of Multiparametric High-Frequency Ultrasound of Basal Cell Carcinoma in Photodynamic Therapy
N.Y. Markina, A.A. Zykov, E.K. Slovokhodov 72

Obstetrics and Gynecology Ultrasound

Ultrasound of enhanced myometrial vascularity after termination of pregnancy: a literature review with a clinical case analysis
T.B. Makukhina, M.N. Bulanov 85

Guidelines, Standards, Protocols

Standardization of a breast ultrasound examination protocol. Consensus of experts of the Russian association of ultrasound diagnostic specialists in medicine (RASUDM)
E.P. Fisenko, M.N. Bulanov, E.A. Busko, N.N. Vetsheva, V.E. Gagonova, T.Yu. Danzanova, N.V. Zabolotskaya, A.N. Sencha 98

ISSN 1607-0771(Print); ISSN 2408-9494 (Online)

<https://doi.org/10.24835/1607-0771-295>

Взаимосвязь механической дисперсии и желудочковой аритмии у пациентов с ишемической болезнью сердца, перенесших инфаркт миокарда левого желудочка с зубцом Q по данным спекл-трекинг-эхокардиографии

Л.Т. Илхомова, Ф.М. Бекметова, Ш.Н. Дониёров, Б.С. Каримов*

Республиканский специализированный научно-практический медицинский центр кардиологии; 100052 Ташкент, ул. Осие, д. 4, Узбекистан

Цель исследования: определение взаимосвязи между значениями механической дисперсии (МД) и развитием желудочковых аритмий (ЖА) у пациентов с ишемической болезнью сердца (ИБС), перенесших инфаркт миокарда (ИМ), с использованием двухмерной спекл-трекинг-эхокардиографии.

Материал и методы. В исследование было включено 80 пациентов с ИБС и постинфарктным кардиосклерозом (перенесших ИМ левого желудочка (ЛЖ) с зубцом Q на ЭКГ). Пациенты были разделены на 2 группы: с наличием ЖА – 58 пациентов и без ЖА – 22 пациента. Средний возраст пациентов составил $61,6 \pm 9,7$ года. Первая группа, в свою очередь, была разделена на 3 подгруппы в соответствии с классификацией степени тяжести ЖА В. Lown и М. Wolf: 1-я подгруппа – пациенты с ЖА I–II класса ($n = 20$), 2-я – с ЖА III класса ($n = 16$), 3-я – с ЖА IV–V класса ($n = 22$).

Результаты. При анализе показателей стандартной эхокардиографии у больных ИБС, перенесших ИМ, статистически достоверных различий между группами пациентов с и без ЖА не было выявлено. При проведении многофакторного дисперсионного анализа не было выявлено статистически значимых различий по показателю глобальной продольной деформации ЛЖ (GLS) ($F = 1,234$; $p = 0,334$). Однако пациенты с ЖА IV и V классов продемонстрировали статистически значимые более высокие значения МД ($F = 96,149$; $p < 0,001$). Между значениями МД и количеством желудочковых экстрасистол была установлена статистически значимая прямая корреляционная связь умеренной тесноты по шкале Чеддока ($r_{xy} = 0,46$; $p < 0,001$). Увеличение количества

Илхомова Лайло Тохировна – базовый докторант 3-го курса Республиканского специализированного научно-практического медицинского центра кардиологии, Ташкент. <https://orcid.org/0009-0004-3346-1177>

Бекметова Феруза Матсапаевна – доктор мед. наук, руководитель лаборатории неинвазивных методов диагностики сердечно-сосудистых заболеваний Республиканского специализированного научно-практического медицинского центра кардиологии, Ташкент. <https://orcid.org/0000-0002-0619-4729>

Дониёров Шухрат Ниматуллаевич – канд. мед. наук, врач-кардиолог Республиканского специализированного научно-практического медицинского центра кардиологии, Ташкент. <https://orcid.org/0000-0001-7935-3797>

Каримов Бахтиер Собирович – врач-кардиолог Республиканского специализированного научно-практического медицинского центра кардиологии, Ташкент. <https://orcid.org/0000-0002-5202-929X>

Контактная информация*: Илхомова Лайло Тохировна – e-mail: laylo0701177@gmail.com

желудочковых экстрасистол на 1 приводит к увеличению МД на 0,002 мс. При построении прогностической модели были получены следующие результаты: площадь под ROC-кривой, соответствующей взаимосвязи прогноза ЖА и МД, составила $0,905 \pm 0,033$ с 95% ДИ 0,841–0,969. Полученная модель была статистически значимой ($p < 0,001$). Пороговое значение МД в точке отсечения равно 14,95 мс. При МД, равной или превышающей данное значение, прогнозировался высокий риск ЖА. Чувствительность и специфичность метода составили 84,5 и 81,8% соответственно.

Заключение. Анализ показателя МД в исследуемых группах продемонстрировал более высокие значения в группе с ЖА в сравнении с группой без ЖА. При этом GLS у пациентов с ЖА не отличался по сравнению с группой без ЖА. Значения МД у пациентов с ИМ 14,95 мс и более ассоциировались с высоким риском развития ЖА. Результаты нашего исследования подчеркивают важную роль использования технологии спекл-трекинг-эхокардиографии с определением МД в прогнозировании ЖА у больных ИБС.

Ключевые слова: механическая дисперсия; желудочковая аритмия; инфаркт миокарда; двухмерная спекл-трекинг-эхокардиография; внезапная сердечная смерть; глобальная продольная деформация; левый желудочек

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии возможных конфликтов интересов.

Финансирование. Исследование проведено без спонсорской поддержки.

Цитирование: Илхомова Л.Т., Бекметова Ф.М., Дониёров Ш.Н., Каримов Б.С. Взаимосвязь механической дисперсии и желудочковой аритмии у пациентов с ишемической болезнью сердца, перенесших инфаркт миокарда левого желудочка с зубцом Q по данным спекл-трекинг-эхокардиографии. *Ультразвуковая и функциональная диагностика*. 2026; 32 (2): 13–22. <https://doi.org/10.24835/1607-0771-295>

Поступила в редакцию: 21.09.2024.

Принята к печати: 08.12.2025.

Опубликована online: 1.03.2026.

ВВЕДЕНИЕ

Возникновение ишемии миокарда, в том числе развитие инфаркта миокарда (ИМ), часто связано с последующим развитием аритмических осложнений [1].

До сих пор актуальным является изучение основных причин внезапной сердечной смерти (ВСС) и определение пациентов с высоким риском развития желудочковых аритмий (ЖА). Однако половина случаев ВСС в четвертом десятилетии жизни связана с ишемической болезнью сердца (ИБС), особенно с острым коронарным синдромом [2].

При остром некрозе миокарда вокруг полностью поврежденного участка формируется перинфарктная зона, состоящая из жизнеспособной ишемизированной ткани [3]. В поздний постинфарктный период вокруг рубцовой ткани сохраняется эта зона, включающая жизнеспособные волокна миокарда. Считается, что именно эта область наиболее подвержена развитию злокачественных аритмий как в остром периоде ИМ, так и при формировании постинфарктного рубца. Это связано с различиями в скорости проведения

и рефрактерности соседних участков миокарда, создающими условия для возникновения re-entry-механизмов [4–7].

Механизмы жизнеугрожающих аритмий при различных степенях ремоделирования левого желудочка (ЛЖ) после перенесенного ИМ включают образование рубцово-фиброзных зон и так называемой пограничной зоны (*border zone*), создающих анатомический субстрат для устойчивых контуров повторного входа. Дополнительно этому способствует электрофизиологическое ремоделирование – нарушение экспрессии и распределения коннексинов, изменение ионных токов и кальциевого гомеостаза, что приводит к повышенной автоматичности и формированию ранних и поздних постдеполяризаций (EAD/DAD). Увеличенная дисперсия активации и реполяризации дополнительно повышает вероятность локальных блокад проведения и возникновения множественных re-entry-петель. Все это в совокупности формирует основу для развития жизнеугрожающих мономорфных и полиморфных желудочковых тахикардий, а также фибрилляции желудочков [8].

Продемонстрирована роль сниженной насосной функции ЛЖ в основе генеза аритмии как следствие гиперсимпатикотонии и электрической нестабильности миокарда. На основании данных, полученных Р.Д. Курбановым и Г.У. Муллабаевой в 2011 г. в результате наблюдения за 115 мужчинами, перенесшими ИМ, было выявлено, что группа пациентов с ЖА высоких градаций, диагностированными через 2 мес после начала заболевания, характеризовалась значительно большим конечно-диастолическим объемом (КДО) и низкой фракцией выброса (ФВ) [9].

Показатель глобальной продольной деформации ЛЖ (GLS) в эхокардиографии (ЭхоКГ) продемонстрировал способность к прогнозированию ВСС или злокачественной ЖА независимо от ФВ ЛЖ [10]. В проспективном многоцентровом исследовании пациентов после ИМ значения GLS ЛЖ, измеренные с помощью ЭхоКГ, могли предсказывать аритмические события [10].

Исходя из ранее проводимых научных исследований, вопрос поиска неинвазивных предикторов ВСС остается незавершенным и весьма противоречивым. Этот факт определил **цель нашего исследования**, заключающуюся в оценке прогностического значения новых визуализирующих неинвазивных предикторов ЖА высоких градаций у пациентов с ИБС, перенесших ИМ, на основании двухмерной спекл-трекинг-ЭхоКГ.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследование было проведено на 80 больных, поступивших в отделение рентгенэндоваскулярной хирургии Республиканского специализированного научно-практического медицинского центра кардиологии г. Ташкента в период с января 2023 г. по май 2024 г. Исследование было проведено в соответствии с Хельсинкской декларацией, также все участники исследования подписали информированное согласие на участие в исследовании.

В исследование были включены пациенты, перенесшие ИМ первого типа (по классификации ВОЗ 2012 г.) с зубцом Q в стадии рубцевания, а также с наличием ЖА, классифицированных по В. Lown и М. Wolf. Средний возраст пациентов составил $61,6 \pm 9,7$ года. В зависимости от наличия ЖА

пациенты были разделены на 2 группы: в первую группу вошло 58 пациентов с наличием ЖА, во вторую группу – 22 пациента без ЖА. Пациенты первой группы, в свою очередь, были разделены на 3 подгруппы в соответствии с классификацией В. Lown и М. Wolf, отражающей степень тяжести ЖА: 1-я подгруппа – пациенты с ЖА I–II классов ($n = 20$), 2-я – с ЖА III класса ($n = 16$), 3-я – с ЖА IV–V классов ($n = 22$).

Критериями исключения из исследования были: наличие аневризмы ЛЖ, большие, в анамнезе которых проводилась реваскуляризация коронарных артерий до обследования, отсутствие ИМ в анамнезе, острый коронарный синдром, фибрилляция предсердий, трепетание предсердий, дисфункция синусового узла, синоаурикулярная и атриоventрикулярная блокады, каналопатии, врожденные пороки сердца, хроническая ревматическая болезнь сердца, клапанные поражения умеренной и тяжелой степени, сопутствующие заболевания, влияющие на вариабельность сердечного ритма (сахарный диабет, гипо- и гипертиреоз, алкоголизм, тяжелая почечная и дыхательная недостаточность), онкологические заболевания.

У пациентов проводились анализ клинико-анамнестических данных, биохимические исследования крови, функциональные методы исследования (суточное ЭКГ-мониторирование, стандартная трансторакальная двухмерная ЭхоКГ, двухмерная спекл-трекинг-ЭхоКГ с оценкой GLS и механической дисперсии (МД)) [11]. Спекл-трекинг-ЭхоКГ выполнялась с использованием технологии AutoStrain на ультразвуковой системе экспертного класса Philips Affiniti 70 с последующей обработкой данных на рабочей станции TomTec Imaging Systems (TomTec Imaging Systems GmbH, Мюнхен, Германия). Двухмерные ЭхоКГ-изображения регистрировались в стандартных апикальных проекциях с частотой 60–90 кадров в секунду. Контуры эндокарда и эпикарда выделялись автоматически с последующей ручной корректировкой при необходимости. МД рассчитывалась как стандартное отклонение времени от начала комплекса QRS до пикового значения продольной деформации в 18-сегментной модели ЛЖ. Все измерения проводились двумя независимыми экспертами для обеспечения достоверности результатов.

Статистический анализ проведен с помощью программного пакета IBM SPSS 28.0.1.0 (Statistical Package for the Social Sciences). Для описания количественных данных использовались показатели среднего значения и стандартного отклонения ($M \pm SD$) при нормальном распределении, а также медианы и квартилей ($Me [Q1-Q2]$) при ненормальном распределении. Проверка нормальности распределения данных осуществлялась с использованием критерия Шапиро–Уилка (для выборок до 50 наблюдений) и критерия Колмогорова–Смирнова (для выборок более 50 наблюдений). Для сравнения количественных показателей между двумя группами применялся непараметрический критерий Манна–Уитни при ненормальном распределении и t -критерий Стьюдента при нормальном распределении. Для сравнения более чем двух групп использовался однофакторный дисперсионный анализ (ANOVA) с последующим пост-хок-анализом или непараметрический тест Краскала–Уоллиса в зависимости от распределения данных. Для оценки различий между парными группами применялся критерий Вилкоксона. Категориальные переменные сравнивались с помощью критерия χ^2 или точного критерия Фишера. Проведен корреляционный анализ с расчетом коэффициента ранговой корреляции Спирмена. Для оценки вероятности возникновения ЖА при увеличении МД проведен ROC-анализ. Статистическая значимость была определена как значение $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Средний возраст пациентов $61,6 \pm 9,7$ года. Количество мужчин в нашем исследовании составило 59% от общего числа пациентов, а женщин – 41%.

В табл. 1 представлен сравнительный анализ клинико-лабораторных и ЭхоКГ-показателей пациентов с ЖА и без них.

Между группами не было выявлено значимых различий по большинству параметров, включая возраст, длительность ИБС и артериальной гипертензии (АГ), показатели липидного обмена, артериальное давление, размеры и функцию ЛЖ и предсердия, а также параметры GLS ЛЖ. Исключением стала МД, медиана значений кото-

рой в группе с ЖА была статистически значимо выше и составила $34,4 [21,3-44,6]$ мс, а в группе без ЖА – $6,60 [5,1-13,9]$ мс ($p = 0,027$).

Примеры оценки GLS ЛЖ и МД представлены на рис. 1, 2.

Произведено сравнение показателей стандартной трансторакальной ЭхоКГ, ЭКГ и спекл-трекинг-ЭхоКГ в трех подгруппах пациентов с ЖА, стратифицированных по степени выраженности ЖА, согласно классификации В. Lown и М. Wolf (табл. 2).

Результаты анализа показали, что значения КДО, конечно-систолического объема, ударного объема (VO), ФВ, GLS, а также скорректированного интервала QT (QTc) не продемонстрировали статистически значимых различий между группами ($p > 0,05$).

Единственным ЭхоКГ-показателем, имеющим статистически значимые различия между подгруппами, оказалась МД ($p < 0,001$). Значения МД увеличивались по мере нарастания тяжести ЖА.

Для уточнения межгрупповых различий по показателю МД проведен апостериорный анализ с использованием критерия Тьюки (Tukey HSD) (табл. 3).

Выявлено статистически достоверное увеличение МД с ростом градации ЖА. Исключение составило отсутствие статистически достоверной разницы значений МД между группой пациентов без ЖА и подгруппой с I–II классом градации ЖА.

Между значениями МД и количеством желудочковых экстрасистол была установлена статистически значимая прямая корреляционная связь умеренной тесноты по шкале Чеддока ($r_{xy} = 0,46$; $p < 0,001$). Увеличение количества желудочковых экстрасистол на 1 приводит к увеличению МД на $0,002$ мс (рис. 3).

При построении прогностической модели были получены следующие результаты. Площадь под ROC-кривой, соответствующей взаимосвязи прогноза ЖА и МД, составила $0,905 \pm 0,033$ с 95% ДИ $0,841-0,969$. Полученная модель была статистически значимой ($p < 0,001$). Пороговое значение МД в точке cut-off равно $14,95$ мс. При МД, равной или превышающей данное значение, прогнозировался высокий риск ЖА. Чувствительность и специфичность метода составили $84,5$ и $81,8\%$ соответственно (рис. 4).

Таблица 1. Сравнительный анализ клинико-лабораторных данных и структурно-функциональных характеристик ЛЖ в изучаемых группах**Table 1.** Comparative analysis of clinical and laboratory data and structural and functional LV characteristics in the study groups

Показатели	Группа с ЖА (M ± SD, Me [Q1–Q3]) (n = 58)	Min	Max	Группа без ЖА (M ± SD, Me [Q1–Q3]) (n = 22)	Min	Max	p
Средний возраст, годы	62,7 ± 9,61	45	84	59,0 ± 9,8	38	72	>0,05
Длительность ИБС, годы	7,92 ± 4,26	4	18	7,65 ± 5,3	2	15	>0,05
Длительность АГ, годы	8,22 ± 4,70	3	16	6,72 ± 5,69	1	13	>0,05
ОХС, мг/дл	186,5 ± 50,0	98	311	194,7 ± 45,5	116	287	>0,05
ТГ, мг/дл	166 [129,0–224]	59	512	162 [122,5–235,7]	94	345	>0,05
ХС ЛПВП, мг/дл	41,9 ± 12,2	26	65	37,6 ± 9,06	26	59	>0,05
ХС ЛПОНП, мг/дл	31,0 [24,7–47,5]	13	72	34,5 [33,0–50,0]	19	69	>0,05
КА ХС, отн. ед.	3,7 ± 1,6	1,4	5	4,30 ± 1,56	2	7,2	>0,05
ЧСС, уд/мин	75,48 ± 11,3	60	94	77,68 ± 15,08	58	98	>0,05
САД, мм рт.ст.	133 ± 19,3	95	160	127,9 ± 17,7	85	160	>0,05
ДАД, мм рт.ст.	83,1 ± 9,35	60	100	80,2 ± 8,3	60	95	>0,05
Syntax Score, баллы	15,8 ± 9,56	4	27	16,22 ± 9,44	5	28	>0,05
Ао, мм	33,58 ± 3,82	28	38	32,3 ± 3,79	28	36	>0,05
Объем ЛП, мл	51,5 ± 15,56	31,4	66,4	45,5 ± 10,5	32,4	60,2	>0,05
Инд. объем ЛП, мл/м ²	26,15 ± 7,25	18,2	34,8	24,12 ± 5,47	18,8	33,6	>0,05
МЖП ЛЖ, мм	10,7 ± 1,72	8,8	12,7	10,76 ± 2,79	8,4	13,2	>0,05
ЗСЛЖ, мм	10,1 ± 0,97	8,6	12,1	9,9 ± 2,39	7,0	12,9	>0,05
ММЛЖ, гр	207,49 ± 49,8	151,2	264	201,84 ± 52,4	148	266	>0,05
ИММЛЖ, гр/м ²	105,77 ± 23,36	74,6	131,2	104,65 ± 23,83	72,4	129,6	>0,05
КДР ЛЖ, мм	49,87 ± 10,58	38	61	49,0 ± 5,03	40	59	>0,05
КСР ЛЖ, мм	35,6 ± 10,4	23	47	34,4 ± 5,29	26	44	>0,05
КДО ЛЖ, мл	115,04 ± 37,54	71,4	159	100,3 ± 28,5	69,4	151,5	>0,05
КСО ЛЖ, мл	66,38 ± 34,7	30,2	101,0	54,9 ± 24,58	29,8	91,4	>0,05
УО ЛЖ, мл	49,02 ± 10,1	35,6	62,3	45,4 ± 11,56	32,5	59,8	>0,05
ФВ ЛЖ, %	45,4 ± 11,8	32,4	58,4	46,89 ± 11,00	34,5	59,4	>0,05
GLS, А4 С, %	12,77 ± 3,68	8,7	16,7	13,46 ± 3,80	9,1	17,4	>0,05
GLS, А2 С, %	13,01 ± 3,42	9,1	17,2	13,58 ± 3,54	9,4	17,7	>0,05
GLS, А3 С, %	13,32 ± 3,68	9,0	17,4	13,41 ± 3,55	8,9	17,4	>0,05
GLS, average, %	12,98 ± 3,34	9,8	17,4	13,49 ± 3,43	9,4	17,8	>0,05
МД, мс	34,4 [21,3–44,6]	2,7	84	6,60 [5,1–13,9]	0	20,5	0,027

Примечание. ЧСС – частота сердечных сокращений; САД – систолическое артериальное давление; ДАД – диастолическое артериальное давление; ХС – холестерин; ТГ – триглицериды; ЛПНП – липопротеиды низкой плотности; ЛПВП – липопротеиды высокой плотности; ЛПОНП – липопротеиды очень высокой плотности; КА – коэффициент атерогенности. Ао – диаметр аорты на уровне синусов Вальсальвы; ЛП – левое предсердие; ЛЖ – левый желудочек; МЖП – толщина межжелудочковой перегородки; ЗСЛЖ – толщина задней стенки ЛЖ; ММЛЖ – масса миокарда ЛЖ; ИММЛЖ – индексированная масса миокарда ЛЖ; КДР – конечно-диастолический размер ЛЖ; КСР – конечно-систолический размер; КДО – конечно-диастолический объем ЛЖ; КСО – конечно-систолический объем ЛЖ; УО – ударный объем ЛЖ; ФВ ЛЖ – фракция выброса; А4 – четырехкамерная позиция; А2 – двухкамерная позиция; А3 – трехкамерная позиция; GLS – продольная глобальная деформация ЛЖ; МД – механическая дисперсия.

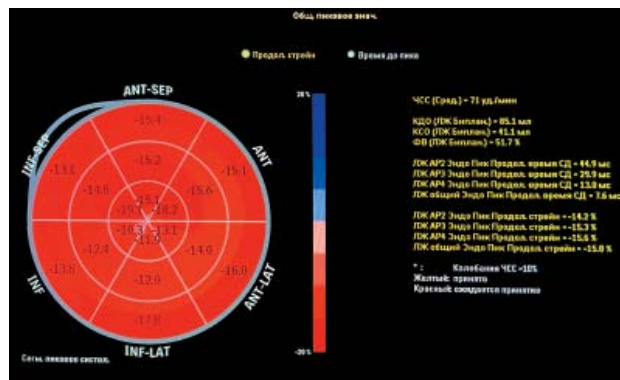
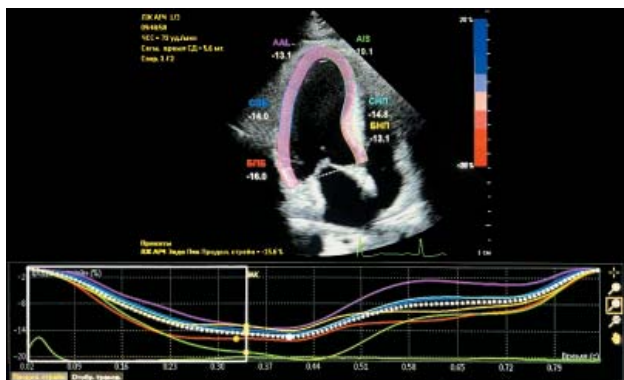


Рис. 1. Результаты GLS ЛЖ и МД (The results of GLS of LV and MD). Пациент У., 1945 г.р. Диагноз: основной: ИБС. Стенокардия напряжения III ФК. ПИКС (2022 г.). Сопутствующие: ГБ III стадии. Степень АГ II. Риск IV. Осложнения: ХСН II А. NYHA III ФК (по NYHA). ЖЭ 0 класса по классификации B. Lown и M. Wolf. GLS 15,0% . МД 7,6 мс.

Fig. 1. Results of LV GLS and MD. Patient U., born in 1945. Diagnosis: Primary: CAD. Exertional angina, FC III. Post-infarction cardiosclerosis (2022). Comorbidities: Essential Hypertension Stage III Grade 2 Risk 4. Complications: Chronic Heart Failure Stage IIA NYHA FC III. Ventricular ectopy: Lown-Wolf Class 0. GLS: 15.0% , MD: 7.6 ms.

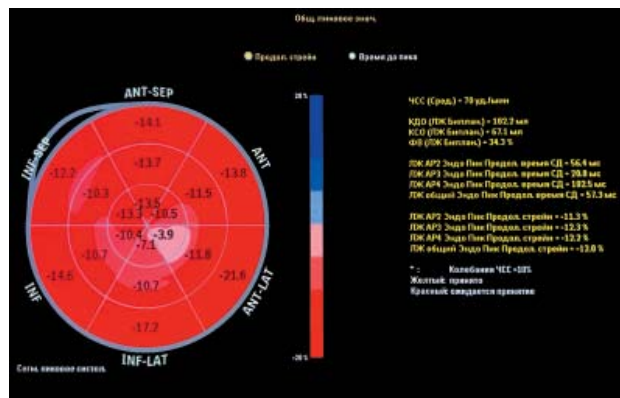
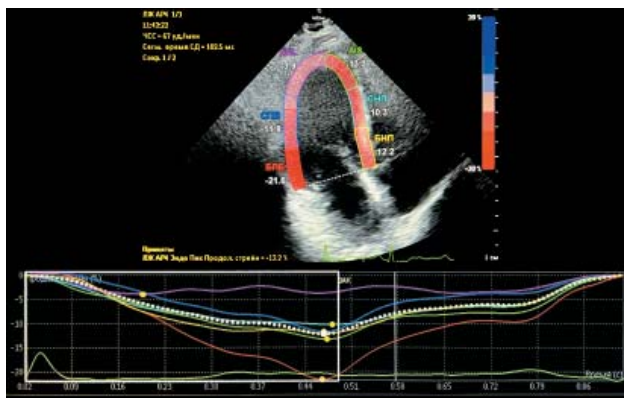


Рис. 2. Результаты GLS ЛЖ и МД (The results of global longitudinal strain of LV and MD). Пациент И., 1969 г.р. Диагноз: основной: ИБС. Стенокардия напряжения III ФК. ПИКС (2023 г.). Сопутствующие: ГБ III стадии. Степень АГ II. Риск IV. Осложнения: ХСН II А. NYHA ФК III (по NYHA). ЖЭ IV класса по классификации B. Lown и M. Wolf. GLS 12,0% . МД 57,3 мс.

Fig. 2. Results of LV GLS and MD. Patient I., born in 1969. Diagnosis: Primary: CAD. Exertional angina, FC III. Post-infarction cardiosclerosis (2023). Comorbidities: Essential Hypertension Stage III Grade 2 Risk 4. Complications: Chronic Heart Failure Stage IIA NYHA FC III. Ventricular ectopy: Lown-Wolf Class 4. GLS: 12.0% , MD: 57.3 ms.

Таблица 2. Сравнительная характеристика показателей стандартной трансторакальной ЭхоКГ, ЭКГ и спекл-трекинг-ЭхоКГ у пациентов в зависимости от класса ЖА

Table 2. Comparative characteristics of standard transthoracic echocardiography, ECG, and speckle-tracking echocardiography parameters according to ventricular arrhythmia (VA) grades

Показатели	0 – без ЖА (n = 22) (M ± SD, Me [Q1–Q3])	ЖА I и II классов (n = 20) (M ± SD, Me [Q1–Q3])	ЖА III класса (n = 16) (M ± SD, Me [Q1–Q3])	ЖА IV и V классов (n = 22) (M ± SD, Me [Q1–Q3])	F-тест	p
КДО, мл	100,3 ± 28,5	108,7 ± 34,2	121,6 ± 35,7	118,32 ± 42,1	1,39	0,252
КСО, мл	48,1 [36,1–68,5]	48,8 [34,0– 86,3]	56,3 [46,7–87,6]	59,5 [40,9–81,7]	0,97	0,410
УО, мл	45,4 ± 11,56	47,0 ± 10,0	31,8 ± 10,1	48,0 ± 10,9	1,05	0,375
ФВ, %	46,9 ± 11,0	45,8 ± 12,33	45,5 ± 13,18	43,9 ± 11,8	0,29	0,835
GLS, %	13,49 ± 3,43	13,7 ± 3,36	12,3 ± 3,83	12,54 ± 3,27	1,23	0,303
QTс	403,5 ± 25,6	414,9 ± 39,2	409,5 ± 85	424,7 ± 43,4	1,03	0,384
МД, мс	6,6 [5,1–13,9]	16,7 [6,1–22,0]	33,4 [29,9–36,6]	47,3 [41,5–58,5]	96,1	<0,001

Примечание. КДО – конечно-диастолический объем ЛЖ; КСО – конечно-систолический объем ЛЖ; УО – ударный объем ЛЖ; ФВ ЛЖ – фракция выброса ЛЖ; QT – интервал; QTс – скорректированный интервал QT; GLS – глобальная продольная деформация.

Таблица 3. Апостериорный анализ различий по механической дисперсии (МД) с использованием критерия Тьюки (Tukey HSD)

Table 3. Post-hoc analysis of differences in mechanical dispersion (MD) using Tukey's HSD test

Пара групп	Разница в МД, мс	p
0 vs I–II класса	+10,1	>0,05
0 vs III класса	+26,8	<0,001
0 vs IV–V класса	+40,7	<0,001
I–II класс vs III класса	+16,7	<0,001
I–II класс vs IV–V класса	+30,6	<0,001
III класс vs IV–V класса	+13,9	<0,01

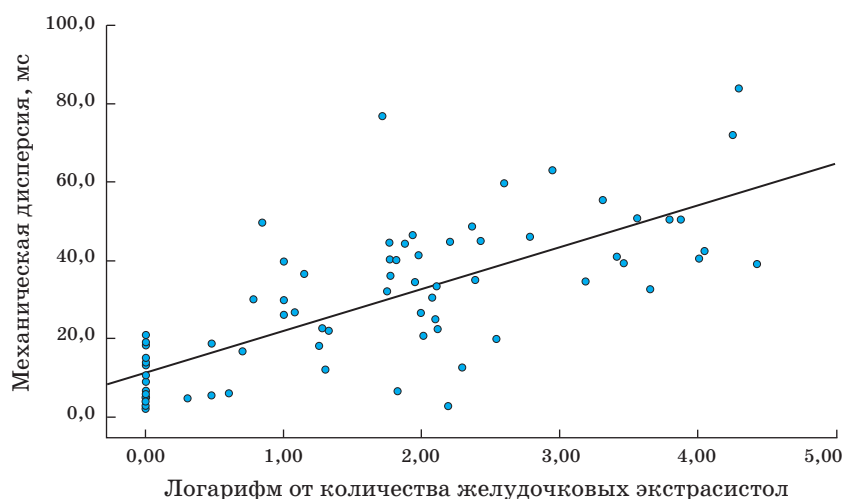


Рис. 3. Линейная регрессионная зависимость МД от количества желудочковых extrasystoles.

Fig. 3. Linear regression relationship between MD and the number of premature ventricular contractions (PVCs).

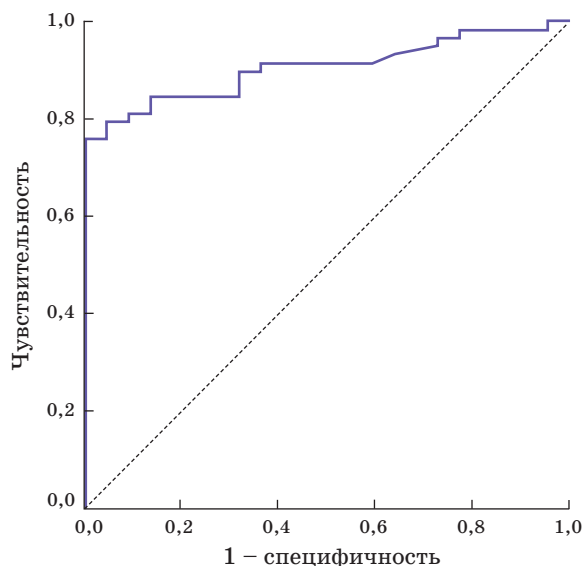


Рис. 4. ROC-анализ вероятности возникновения ЖА при увеличении МД.

Fig. 4. ROC analysis of the probability of VA occurrence with increasing MD.

ОБСУЖДЕНИЕ

Использование технологий для изучения связи между новым неинвазивным маркером МД и возникновением аритмий, а также для разработки методов их раннего выявления и профилактики у пациентов с перенесенным ИМ является важной задачей современной медицины. Важность оценки деформационных свойств ЛЖ с использованием GLS для прогнозирования ЖА в раннем периоде острого ИМ отмечена в ряде исследований [10, 12]. Так, М. Ersbøll и соавт. при анализе эхокардиограмм, выполненных в течение 48 ч после госпитализации в рамках проспективного исследования, установили, что GLS в значительной степени связана со смертностью от всех причин или госпитализацией по поводу сердечной недостаточности у пациентов с ИМ и ФВ ЛЖ $>40\%$ [12].

В многоцентровом перспективном исследовании, проведенном К.Н. Naugaa и соавт., обследовалось 569 пациентов в течение 30 мес с акцентом на прогнозирование ЖА после ИМ. После длительного наблюдения было установлено, что МД, оцениваемая с использованием спекл-трекинг-ЭхоКГ, предсказывала аритмические события независимо от ФВ ЛЖ [10].

Похожие результаты были получены в крупном ретроспективном исследовании Р. Van der Bijl и соавт. В ходе анализа 1185 пациентов, среди которых зарегистрировано 403 случая ЖА, не была выявлена значимая связь между исходным уровнем МД и возникновением ЖА. Вместе с тем было установлено, что значение МД, измеренное через 6 мес после сердечной ресинхронизирующей терапии (СРТ), являлось независимым предиктором развития ЖА. Повышенная МД ЛЖ через 6 мес после СРТ ассоциировалась с увеличением общей смертности и риском ЖА. Таким образом, МД ЛЖ может служить ценным параметром для выявления пациентов с высоким риском неблагоприятного прогноза после имплантации устройства для СРТ [13].

В проведенном нами исследовании при анализе деформационных свойств ЛЖ у больных ИБС, перенесших острый ИМ, были отмечены значительные межгрупповые различия показателя МД, которые достигали максимальных значений по мере роста класса ЖА ($p = 0,001$; $F = 96,149$). Однако значения МД были ниже по сравнению с данными литературы. Мы связываем это с особенностями постобработки данных, которая проводилась с использованием программного обеспечения TomTec Imaging Systems.

В систематическом обзоре с метаанализом Е.З. Голуховой и соавт. мы обратили внимание на то, что в большинстве исследований постобработка данных проводилась на рабочих станциях EchoPAC (GE), и только в одном исследовании использовалась рабочая станция TomTec Imaging Systems. Однако в этом исследовании у пациентов была низкая ФВ ($<30\%$), и они являлись кандидатами на проведение СРТ [14].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты нашего исследования подчеркивают важность применения технологии спекл-трекинг-эхокардиографии для выявления МД как информативного прогностического маркера ЖА у пациентов с ИБС, перенесших ИМ. При этом показатели глобальной GLS не продемонстрировали статистически значимых различий между группами с и без ЖА. Нами была установлена статистически значимая прямая корреляционная связь умеренной тесноты по

шкале Чеддока ($r_{xy} = 0,46$; $p < 0,001$) между МД и количеством желудочковых экстрасистол. Значение МД более 14,95 мс ассоциировалось с высоким риском развития ЖА (чувствительность и специфичность 84,5 и 81,8% соответственно). Полученные данные свидетельствуют о перспективности использования МД в качестве прогностического индикатора риска ЖА в данной популяции пациентов.

Участие авторов

Илхомова Л.Т. – проведение исследования; сбор и обработка данных; подготовка и редактирование текста; ответственность за целостность всех частей статьи; утверждение окончательного варианта статьи.

Бекметова Ф.М. – концепция и дизайн исследования; анализ и интерпретация полученных данных.

Дониёров Ш.Н. – обзор публикаций по теме статьи.

Каримов Б.С. – участие в научном дизайне.

Authors' participation

Ilkhomova L.T. – conducting research; collection and analysis of data; text preparation and editing; preparation and creation of the published work; approval of the final version of the article.

Bekmetova F.M. – concept and design of the study; analysis and interpretation of the obtained data.

Doniyorov Sh.N. – review of publications.

Karimov B.S. – participation in scientific design.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ [REFERENCES]

- Tse G. Mechanisms of cardiac arrhythmias. *J. Arrhythm.* 2016; 32 (2): 75–81. <https://doi.org/10.1016/j.joa.2015.11.003>
- Zeppenfeld K., Tfelt-Hansen J., Riva M. et al. 2022 ESC Guidelines for the management of patients with ventricular arrhythmias and the prevention of sudden cardiac death. *Eur. Heart J.* 2022; 43 (40): 3997–4126. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehac262>
- Golukhova E.Z., Gromova O.I., Bulaeva N.I., Bokeria L.A. Sudden Cardiac Death in Patients With Ischemic Heart Disease: From Mechanisms to Clinical Practice. *Kardiologiya.* 2017; 57 (12): 73–81. <https://doi.org/10.18087/cardio.2017.12.10069>
- Josephson M.E., Horowitz L.N., Farshidi A. et al. Recurrent sustained ventricular tachycardia. *Circulation.* 1979; 59 (3): 459–468. <https://doi.org/10.1161/01.cir.59.3.459>
- Carmeliet E. Cardiac ionic currents and acute ischemia: from channels to arrhythmias. *Physiological Reviews.* 1999; 79 (3): 917–1017. <https://doi.org/10.1152/physrev.1999.79.3.917>
- Coronel R., Wilms-Schopman F.J., Dekker L. R., Janse M.J. Heterogeneities in [K⁺]_o and TQ potential and the inducibility of ventricular fibrillation during acute regional ischemia in the isolated perfused porcine heart. *Circulation.* 1995; 92 (1): 120–129. <https://doi.org/10.1161/01.cir.92.1.120>
- Arnar D.O., Bulling J.R., Martins J.B. Role of the Purkinje system in spontaneous ventricular tachycardia during acute ischemia in a canine model. *Circulation.* 1997; 96 (7): 2421–2429. <https://doi.org/10.1161/01.cir.96.7.2421>
- Clayton R.H., Sridhar S. Re-entry in models of cardiac ventricular tissue with scar represented as a Gaussian random field. *Front. Physiol.* 2024; 15: 1403545. <https://doi.org/10.3389/fphys.2024.1403545>
- Kurbanov R.D., Mullabaeva G.U. Modern opportunities of primary prophylaxis of sudden coronary death from a position of early correction of activity the neurohormonal systems at patients with myocardial infarction. *Eurasian Heart J.* 2011; 1: 46–53. <https://doi.org/10.38109/2225-1685-2011-1-46-53>
- Haugaa K.H., Grenne B.L., Eek C.H. et al. Strain echocardiography improves risk prediction of ventricular arrhythmias after myocardial infarction. *JACC Cardiovasc. Imaging.* 2013; 6(8):841–850. <https://doi.org/10.1016/j.jcmg.2013.03.005>
- Lang R.M., Badano L.P., Mor-Avi V. et al. Recommendations for Cardiac Chamber Quantification by Echocardiography in Adults: An Update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 2015; 28 (1): 1–39.e14. <https://doi.org/10.1016/j.echo.2014.10.003>
- Ersbøll M., Valeur N., Mogensen U M. et al. Prediction of all-cause mortality and heart failure admissions from global left ventricular longitudinal strain in patients with acute myocardial infarction and preserved left ventricular ejection fraction. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2013; 61 (23): 2365–2373. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2013.02.061>
- Van der Bijl P., Khidir M.J.H., Lyung M. et al. Reduction in left ventricular mechanical dispersion after 6 months of cardiac resynchronization therapy is associated with superior long-term outcome. *Heart Rhythm.* 2018; 15 (11): 1683–1689. <https://doi.org/10.1016/j.hrthm.2018.05.005>
- Голухова Е.З., Булаева Н.И., Мрикаев Д.В., Александрова С.А., Бердибеков Б.Ш. Прогностическая роль продольной деформации и механической дисперсии левого желудочка по данным спекл-трекинг эхокардиографии у пациентов с ишемической и неишемической кардиомиопатией: систематический обзор и метаанализ. *Российский кардиологический журнал.* 2022; 27 (3S): 5034. <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2022-5034>
- Golukhova E.Z., Bulaeva N.I., Mrikaev D.V. et al. Prognostic value of left ventricular global longitudinal strain and mechanical dispersion by speckle tracking echocardiography in patients with ischemic and nonischemic cardiomyopathy: a systematic review and meta-analysis. *Russian Journal of Cardiology.* 2022; 27 (3S): 5034. <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2022-5034> (In Russian)

Association between mechanical dispersion and ventricular arrhythmias in patients with coronary artery disease after Q-Wave left ventricular myocardial infarction assessed by Two-Dimensional Speckle-Tracking Echocardiography

L.T. Ilkhomova*, F.M. Bekmetova, Sh.N. Doniyorov, B.S. Karimov

Republican Specialized Scientific-Practical Medical Center of Cardiology;
4, Osiyo str., Tashkent 100052, Uzbekistan

Laylo T. Ilkhomova – MD, PhD student, Republican Specialized Scientific-Practical Medical Center of Cardiology, Tashkent. <https://orcid.org/0009-0004-3346-1177>

Feruz M. Bekmetova – MD, Doct. of Sci. (Med.), Head of the Laboratory of Radiation Diagnostics, Republican Specialized Scientific-Practical Medical Center of Cardiology, Tashkent. <https://orcid.org/0000-0002-0619-4729>

Shukhrat N. Doniyorov – MD, PhD (Med.), cardiologist, Republican Specialized Scientific-Practical Medical Center of Cardiology, Tashkent. <https://orcid.org/0000-0001-7935-3797>

Bakhtiyor S. Karimov – MD, cardiologist, Republican Specialized Scientific-Practical Medical Center of Cardiology, Tashkent. <https://orcid.org/0000-0002-5202-929X>

Correspondence* to Dr. Laylo T. Ilkhomova – e-mail: laylo0701177@gmail.com

Objective: to determine the association between mechanical dispersion (MD) and the development of ventricular arrhythmias (VA) in patients with coronary artery disease (CAD) after myocardial infarction (MI) using two-dimensional speckle-tracking echocardiography (2D-STE).

Materials and Methods. The study included 80 patients with CAD and post-infarction atherosclerosis (history of Q-wave left ventricular MI on ECG). Patients were divided into two groups: with ventricular arrhythmias (VA) (n = 58) and without VA (n = 22). The mean age was 61.6 ± 9.7 years. The VA group was further subdivided according to the B. Lown and M. Wolf classification: Class I–II of VA (n = 20) Class III (n = 16) Class IV–V (n = 22).

Results. Standard echocardiographic parameters did not differ significantly between patients with and without VA. Multivariate analysis of variance demonstrated no statistically significant differences in left ventricular global longitudinal strain (GLS) ($F = 1.234$; $p = 0.334$). However, patients with class IV–V of VA showed significantly higher MD values ($F = 96.149$; $p < 0.001$). A statistically significant moderate positive correlation (Chaddock scale) was found between MD and the number of premature ventricular contractions (PVCs) ($r = 0.46$; $p < 0.001$). Each additional PVC was associated with an increase in MD by 0.002 ms. ROC curve analysis for the prediction of VAs by MD demonstrated an area under the curve (AUC) of 0.905 ± 0.033 (95% CI: 0.841–0.969; $p < 0.001$). The optimal MD cutoff value was 14.95 ms. MD ≥ 14.95 ms predicted a high risk of ventricular arrhythmias with a sensitivity of 84.5% and specificity of 81.8%.

Conclusions. Mechanical dispersion was significantly higher in patients with ventricular arrhythmias, whereas GLS did not differ between groups. MD ≥ 14.95 ms was associated with an increased risk of ventricular arrhythmias in patients after MI. These findings highlight the clinical value of 2D speckle-tracking echocardiography with MD assessment for risk stratification of ventricular arrhythmias in CAD patients.

Keywords: *mechanical dispersion; ventricular arrhythmia; myocardial infarction; two-dimensional speckle-tracking echocardiography; sudden cardiac death; global longitudinal strain; left ventricle*

Conflict of interests. The authors have no conflicts of interest to declare.

Financing. This study had no sponsorship.

Citation: Ilkhomova L.T., Bekmetova F.M., Doniyorov Sh.N., Karimov B.S. Association between mechanical dispersion and ventricular arrhythmias in patients with coronary artery disease after Q-Wave left ventricular myocardial infarction assessed by Two-Dimensional Speckle-Tracking Echocardiography. *Ultrasound and Functional Diagnostics*. 2026; 32 (2): 13–22. <https://doi.org/10.24835/1607-0771-295> (In Russian)

Received: 21.09.2024.

Accepted for publication: 08.12.2025.

Published online: 1.03.2026.

ISSN 1607-0771(Print); ISSN 2408-9494 (Online)

<https://doi.org/10.24835/1607-0771-386>

Количественная ультразвуковая оценка каротидного атеросклероза в стратификации риска ишемического инсульта

И.Н. Умнов^{1, 2*}, Д.А. Чугаев¹

¹ ООО “Европейский институт здоровья семьи”; 196657 Санкт-Петербург, г. Колпино, Бульвар Трудящихся, д. 35, корп. 1, Российская Федерация

² СПб ГБУЗ “Городская больница №33”; 196653 Санкт-Петербург, Колпино, ул. Павловская, д. 16А, Российская Федерация

Цель исследования: оценка роли количественных ультразвуковых показателей атеросклеротической бляшки (АСБ) в качестве предикторов развития первичной комбинированной конечной точки у пациентов с каротидным атеросклерозом.

Материал и методы. Обследовано 675 пациентов с каротидным атеросклерозом, не имеющих на момент включения в исследование документированного эпизода транзиторной ишемической атаки или ишемического инсульта, 48,4% мужчины, средний возраст 66 [61; 72] лет. Всем были выполнены электрокардиография, эхокардиография, дуплексное сканирование сонных артерий с оценкой степени стеноза по NASCET и максимальной высоты бляшки с последующим анализом изображений АСБ в формате DICOM. В компьютерном приложении (собственная разработка) выполнены расчет общей площади АСБ и сегментация изображения по диапазонам серой шкалы (“кровь”, “липиды”, “мышечный и фиброзный компоненты”, “кальций”). Наблюдение проводилось в течение 5 лет. За первичную комбинированную конечную точку принято развитие ишемического события в бассейне сонной артерии на стороне поражения или хирургическое лечение каротидного стеноза. Полученные различия считались статистически значимыми при $p < 0,05$.

Результаты. За период наблюдения 85 (12%) пациентов достигли первичной комбинированной конечной точки. Это событие возникало в 3 и 10 раз чаще при наличии у пациентов АСБ I или II типов по Gray-Weale, чем при III и IV типах, соответственно. Независимыми предикторами в модели стратификации пятилетнего риска развития первичной комбинированной конечной точки стали степень стеноза по NASCET, максимальная высота бляшки и показатели сегментация изображения АСБ, за исключением “фиброзного компонента”. Пациенты были разделены на 3 группы: в группу высокого риска развития события (прогнозируемый общий пятилетний риск (ОР) составил 30% и более) вошло 136 (21%) человек, в группу низкого риска (менее 15% ОР) – 405 (64%) человек и в группу среднего (промежуточного) риска (от 15 до 30% ОР) – 99 (15%) человек. Медианные значения степени стеноза по NASCET и максимальной высоты АСБ составили для группы низкого риска 15 [4; 25]% и 2,5 [2,1; 3,1] мм, среднего риска – 24 [14; 27]% и 3,0 [2,5; 3,6] мм, для группы высокого риска – 50 [38; 69]% и 4,3 [3,8; 5,5] мм соответственно ($p < 0,0001$).

Заключение. Степень стеноза по NASCET, максимальная высота бляшки и результаты сегмен-

Умнов Иван Николаевич – заведующий отделением функциональной диагностики ООО “Европейский институт здоровья семьи”; врач ультразвуковой и функциональной диагностики СПб ГБУЗ “Городская больница №33”, Санкт-Петербург. <https://orcid.org/0000-0002-4247-3522>

Чугаев Дмитрий Андреевич – IT-специалист ООО “Европейский институт здоровья семьи”, Санкт-Петербург. <https://orcid.org/0009-0002-7159-0821>

Контактная информация*: Умнов Иван Николаевич – e-mail: uin.eizs@yandex.ru

тации серошкального изображения АСБ по диапазонам серой шкалы являются значимыми независимыми предикторами развития первичной комбинированной конечной точки у асимптомных пациентов с каротидным атеросклерозом.

Ключевые слова: атеросклеротическая бляшка; каротидный стеноз; количественный анализ; ультразвуковое исследование; ишемический инсульт; транзиторная ишемическая атака; стратификация риска

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии возможных конфликтов интересов.

Финансирование. Исследование проведено без спонсорской поддержки.

Цитирование: Умнов И.Н., Чугаев Д.А. Количественная ультразвуковая оценка каротидного атеросклероза в стратификации риска ишемического инсульта. *Ультразвуковая и функциональная диагностика*. 2026; 32 (2): 23–34. <https://doi.org/10.24835/1607-0771-386>

Поступила в редакцию: 20.03.2026.

Принята к печати: 14.05.2026.

Опубликована online: 18.05.2026.

ВВЕДЕНИЕ

Ишемический инсульт (ИИ) остается одной из ведущих причин смертности и инвалидизации и занимает одно из первых мест среди неинфекционных заболеваний [1]. Высокая распространенность традиционных факторов риска (артериальная гипертензия, сахарный диабет, дислипидемия, курение и др.) в сочетании с длительным асимптомным течением атеросклероза обуславливает значительное бремя инсульта, особенно в странах с очень высоким кардиоваскулярным риском, к которым относится Российская Федерация [2]. Современная первичная профилактика сердечно-сосудистых осложнений основана на оценке суммарного риска по клинико-демографическим шкалам (SCORE2, SCORE2-OP) и последующей коррекции модифицируемых факторов риска. Однако их прогностическая точность в отношении атеротромботического ИИ у асимптомных пациентов с каротидным атеросклерозом ограничена, что стимулирует поиск дополнительных инструментальных модификаторов риска.

Особое значение имеет ультразвуковое исследование (УЗИ) каротидных артерий, позволяющее оценивать не только степень стеноза, но и морфологию атеросклеротических бляшек (АСБ). К ультразвуковым признакам, ассоциированным с повышенным риском инсульта у асимптомных пациентов, относятся прогрессирование стеноза, наличие спонтанных эмболических сигналов при транскраниальной доплерографии, снижение цереброваскулярной реактивности, крупные гипоехогенные и неод-

нородные бляшки, выраженная околопросветная гипоехогенная зона [3]. Однако стратификация, основанная исключительно на степени стеноза, рассматривается как недостаточная; ряд морфологических характеристик бляшек выступает независимыми предикторами ИИ независимо от степени сужения просвета [4]. В 2024 г. была предложена система стратификации риска ИИ Carotid Plaque-RADS [5]. В ее основу положен принцип гистопатологии каротидной АСБ, который является неизменным, а инструментальные методы (УЗИ, магнитно-резонансная, компьютерная томографии и пр.) могут изменяться и развиваться, их заключения основаны на анализе литературы и достоверности имеющихся данных.

Одним из способов совершенствования ультразвукового метода оценки каротидного атеросклероза являются разработка и внедрение количественных критериев, например медианных методов оценки серошкального изображения [6]. Однако работы, посвященные этой тематике, выполнены на ограниченных выборках пациентов, не разработаны единые критерии оценки и методики выполнения УЗИ, что не позволяет сделать выводы о ее более высокой ценности в плане оценки эмболоопасности каротидных АСБ в сравнении с другими инструментальными методами [7].

Цель исследования: оценить роль количественных ультразвуковых показателей АСБ в качестве предикторов развития первичной комбинированной конечной точки у пациентов с каротидным атеросклерозом.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Обследовано 675 человек (48,4% мужчины, средний возраст 66 [61; 72] лет), проходивших амбулаторное обследование и лечение в двух клиниках ООО “Европейский институт здоровья семьи” в период с 2018 по 2023 г. В исследование включались пациенты по следующим критериям:

- наличие АСБ в каротидном синусе толщиной $\geq 1,5$ мм;
- отсутствие на момент включения в исследование документированного эпизода транзиторной ишемической атаки (ТИА) или ИИ в ипсилатеральном каротидном бассейне;
- отсутствие на электрокардиограмме или в анамнезе эпизодов фибрилляции предсердий;
- отсутствие окклюзии внутренней сонной артерии (ВСА);
- по результатам эхокардиографии – отсутствие у пациентов на момент включения в исследование АСБ дуги аорты, механических и биологических протезов клапанов, кондуитов, признаков инфекционного эндокардита, тромбов в левом желудочке, кардиомиопатии, открытого овального окна, после состояния после операции Fontan по поводу врожденного порока сердца;
- отсутствие у пациента документально подтвержденного системного васкулита или фибромускулярной дисплазии;
- отсутствие у пациента злокачественного новообразования;
- низкое качество визуализации сонных артерий (выраженный кальциноз с акустической тенью) или неоптимальный эходоступ (высокое расположение каротидной бифуркации, выраженная угловая деформации ВСА, антропометрические особенности пациента – “толстая и короткая шея”).

Наблюдение составило 5 лет или до достижения пациентами первичной комбинированной конечной точки – ИИ или ТИА в бассейне стенозированной сонной артерии, стентирование или каротидная эндартерэктомия. Лица, достигшие первичной комбинированной конечной точки, составили основную группу, остальные вошли в группу сравнения. Критерии исключения (выбывания) из исследования:

- смерть пациента, за исключением, если причиной смерти стал перенесенный ИИ в ипсилатеральном каротидном бассейне;

- в период наблюдения причиной ИИ будет указана кардиоэмболия;
- переезд пациента на новое место жительства.

В исследование исходно было включено 695 пациентов. В процессе наблюдения 20 человек выбыли из исследования: из них 8 пациентов умерли, 10 пациентов перенесли кардиоэмболический ИИ, 2 пациента переехали на новое место жительства.

Период проспективного наблюдения составил 4 [2; 6] года. Таким образом, основная группа ($n = 85$, 12%) – это пациенты, достигшие первичной комбинированной конечной точки, группа сравнения ($n = 590$, 88%) – это пациенты, которые остались асимптомными, были сформированы естественным путем. Возраст пациентов основной группы колебался от 40 до 78 лет и составил в среднем 64 [58; 68] года: из них средний возраст мужчин – 63 [52; 66] года, женщин – 67 [64; 71] лет. Возраст пациентов группы контроля находился в диапазоне от 30 до 90 лет и составил в среднем 67 [61; 73] лет. Хирургическому вмешательству подверглись 18 (21%) пациентов.

Исследование выполнено в соответствии с принципами Хельсинкской декларации. Протокол исследования №12 одобрен локальным этическим комитетом 18.03.2023. Все пациенты подписали информированное добровольное согласие на участие в исследовании.

Стандартная электрокардиография в 12 отведениях и эхокардиография проведены всем обследованным. Состояние миокарда, клапанного аппарата, аорты и функций сердца изучали с использованием ультразвуковых сканнеров экспертного класса Logiq E9 и среднего класса Logiq F8 (General Electric, США). В первом случае использовался матричный мультисекторный датчик M5S-D с диапазоном частот 1,7–4,6 МГц, во втором – мультисекторный датчик 3Sc-RS с диапазоном частот 1–4 МГц. Эхокардиографическое исследование выполнялось в соответствии с клиническими рекомендациями врачами-специалистами с опытом исследования более 10 лет [8]. Дуплексное сканирование брахиоцефальных артерий выполнялось на ультразвуковых сканерах экспертного класса Logiq E9 и среднего класса Logiq F8 (General Electric, США) врачами-специали-

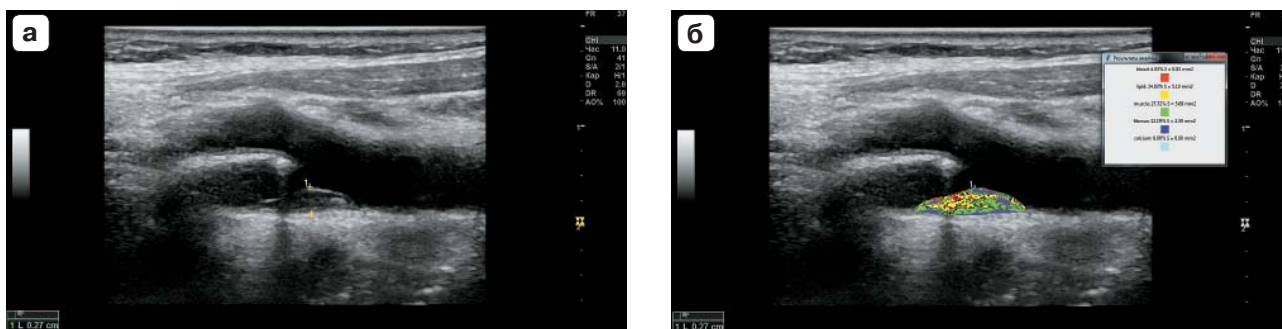


Рис. 1. Ультразвуковое исследование сонных артерий в В-режиме. Атеросклеротическая бляшка в каротидном синусе (а), результаты сегментации по диапазонам серой шкалы этой бляшки каротидного синуса в собственном разработанном компьютерном приложении (б).

Fig. 1. B-mode ultrasound of the carotid arteries. Atherosclerotic plaque in the carotid sinus (a), results of segmentation by gray scale ranges of this carotid sinus plaque using an own developed computer software (b).

стами с опытом исследований более 10 лет. В первом случае использовались мультислотные линейные датчики 9L-D с диапазоном частот 3–9 МГц и 11L-D с диапазоном частот 4–10 МГц, во втором – мультислотный линейный датчик L2-12-RS с диапазоном частот 4–13 МГц. При УЗИ определялись максимальная высота бляшки каротидного синуса в мм [9] и степень стеноза по NASCET (планиметрически) в процентах [4]. В случае стеноза по NASCET 40% и более дополнительно выполнялась доплерографическая оценка стеноза по гемодинамике в соответствии с мультипараметрическими ультразвуковыми критериями DEGUM [10]. Полученные данные сохранялись в виде графических изображений и переносились на внешний носитель в формате DICOM для последующего анализа серошкального изображения на стороннем софте.

Было разработано собственное программное обеспечение, написанное в среде Python. За основу была взята методика перевода изображения в черно-белое в диапазон от 0 до 255 и нормирование, как это выполнялось в Photoshop Adobe, нормировалось – за “0” принимался просвет сосуда. Сегментацию изображения по заданным диапазонам серой шкалы выполняли по аналогии с программным обеспечением Image-Pro Plus, Media Cybernetics (США). Диапазон шкалы серого от 0 до 4 соответствовал компоненту “кровь” (или “blood”), 8–26 – “липиды” (“lipid”), 41–76 – “мышечный компонент” (“muscle”), 112–196 – “фиброзная ткань” (“fibrous”) и 211–255 “кальций” (“calcium”) [6, 11]. В приложении после

трассировки контуров АСБ в продольной плоскости автоматически выполнялся расчет общей площади АСБ в мм² на основе метаданных DICOM-файла. На рис. 1 представлены результаты сегментации изображения в В-режиме АСБ каротидного синуса по диапазонам шкалы серого от 0 до 255. Само изображение бляшки картируется по цветам (каждому цвету присваивается соответствующая кодировка). Результаты сегментации представлены в виде отдельного “всплывающего окна” с обозначением анализируемых компонентов и их содержания в процентах и в единицах площади в мм².

Оценка ультразвуковой структуры АСБ проводилась по классификации Gray-Weale [12]. Так как разработанный нами софт позволяет сегментировать изображение на компоненты и выделять аэхогенную (“blood”) и гипоэхогенную (“lipid”) составляющие, было принято решение сделать данную шкалу более объективной и классифицировать по этим типам АСБ наших пациентов. Были взяты изображения типов АСБ из оригинальной статьи [12], загружены в графическом формате JPG, нормированы по методике, описанной выше, и сегментированы по диапазонам серого от 0 до 256. Были вычислены критические значения содержания в процентах суммарно компонентов “кровь” и “липиды” для каждого из представленных типов АСБ: тип I – 63%, тип II – 30%, тип III – 17%, тип IV – 2%. На основании этих значений были разработаны условия отнесения бляшки для каждого пациента к тому или иному типу по следующему алгоритму: тип I – 60%

и более, тип II – 30–59%, тип III – 17–29%, тип IV – 16% и менее.

Показатели, зарегистрированные у обследованного контингента, были адаптированы для математической обработки и изучались с использованием различных методов статистического анализа. Для оценки нормальности распределения полученных значений были использованы критерий Пирсона χ^2 и критерий Колмогорова–Смирнова. Для сравнения групп применялись непараметрические тесты. Для оценки выживаемости – вероятности того, что первичная комбинированная конечная точка не наступит, в зависимости от типа АСБ по Gray-Weale, использовался анализ выживаемости Каплана–Майера. Для стратификации цереброваскулярного риска на основе ультразвуковых количественных диагностических критериев выполнялся регрессионный ковариантный анализ Кокса (Cox regression) методом обратного исключения (backward), в который в качестве времени выживания вносились время наблюдения, первичная комбинированная конечная точка, предсказательные переменные – независимые показатели (количественные ультразвуковые диагностические критерии). Значимость полученной модели проверялась с помощью χ^2 тестов на отношение между временем и всеми ковариантами, включенными в модель. Предсказательная ценность модели проверялась с помощью индекса конкордантности (Harrell's C-index). По таблице базовой функции совокупного (кумулятивного) риска определен средний для всех диагностических показателей кумулятивный риск (КР) для времени наблюдения 5 лет. Зная популяционный риск (ПР) возникновения ИИ или ТИА для данной популяции (данной совокупной выборки пациентов) – 13%. По формуле найден общий риск (ОР):

$$ОР = КР + ПР,$$

где ОР – общий риск, %; КР – кумулятивный риск, %; ПР – популяционный риск, %.

Для полученных значений регрессионной функции выполнялся ROC-анализ, где в качестве независимой величины выступали значения функции для каждого наблюдения, за зависимую была принята группа пациентов (основная или группа сравнения). Получены чувствительность и специ-

фичность модели, а также порог отсечения с их оптимальными значениями. Для самой сильной модели, порогу отсечения регрессионной функции присвоено расчетное значение ОР, и все пациенты, имеющие это значение и выше, отнесены в группу с высоким риском (риск 3) развития первичной комбинированной конечной точки. Для пациентов с низким риском (риск 1) принято двукратное снижение ОР. Пациенты со средним риском (риск 2) заняли промежуточное положение между двумя этими группами. Статистический анализ полученных данных выполнялся с помощью статистического программного пакета MedCalc for Windows (версия 22.023). Полученные различия считались статистически значимыми при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Основные показатели, изученные в ходе исследования, их распределение, а также сравнение между группами, достигшими и не достигшими первичной комбинированной конечной точки, представлены в табл. 1.

Такие количественные показатели, как максимальная высота бляшки, общая площадь АСБ и степень стеноза по NASCET, значимо различались между основной и группой сравнения. У пациентов, достигших первичной комбинированной конечной точки, превалировал II тип АСБ по классификации Gray-Weale, в то время как в группе сравнения доминировал IV тип. Коэффициент ранговой корреляции Спирмена составил 0,385 ($p < 0,0001$). Получена значимая умеренная взаимосвязь между группой и значением типа АСБ – чем выше группа (в данном случае группа сравнения – 2), тем выше тип бляшки по Gray-Weale и наоборот.

Из-за недостаточного количества наблюдений (I тип АСБ, $n = 8$) данная группа была объединена со II типом для обеспечения статистической мощности анализа Каплана–Майера. Анализ времени до наступления события (рис. 2) показал значимые различия между типами АСБ ($p < 0,0001$). Наибольшая площадь под кривой выявлена для IV типа (4,901), наименьшая – для I и II типов (4,101), III тип (4,621) занял промежуточное положение.

Таблица 1. Инструментальная характеристика пациентов**Table 1.** Instrumental characteristics of patients

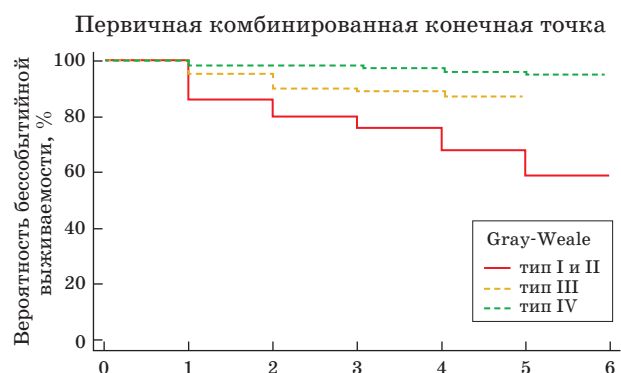
Показатель	Все пациенты	ПККТ (+) (n = 85)	ПККТ (-) (n = 590)	p
МВБ, мм	2,9 [2,3; 3,7]	4,7 [3,9; 5,9]	2,8 [2,2; 3,3]	0,0001
ОПБ, мм ²	21,3 [14,1; 33,6]	59 [41,9; 82,3]	19,4 [13,2; 29]	0,0001
Степень стеноза КС по NASCET, %	20 [10; 40]	54 [42; 70]	18 [8; 30]	0,0001
Тип по Gray-Weale:				
I	8 (1)	4 (5)	4 (1)	–
II	112 (17)	45 (53)	67 (11)	–
III	140 (21)	21 (25)	119 (20)	–
IV	415 (61)	15 (17)	400 (68)	–

Примечание. Данные представлены в виде абсолютного числа (%), Ме [Q1; Q3]. ПККТ – первичная комбинированная конечная точка; МВБ – максимальная высота бляшки; ОПБ – общая площадь бляшки; КС – каротидный синус.

Таблица 2. Отношения рисков достижения первичной комбинированной конечной точки в зависимости от типа АСБ по Gray-Weale**Table 2.** Odds ratios for achieving the primary composite endpoint by atherosclerotic plaque type according to Gray-Weale

Тип АСБ	ПККТ (+)	ПККТ (-)	ОР (95% ДИ)	p
I и II	49 (41)	71 (59)	9,92 (6,13; 16,07)	0,0001
III	21 (15)	119 (85)	3,37 (2,09; 5,41)	0,0001
IV	15 (4)	400 (96)	0,29 (0,18; 0,49)	0,0001

Примечание. Данные представлены в виде абсолютного числа (%). ПККТ – первичная комбинированная конечная точка; ДИ – доверительный интервал; ОР – отношение рисков.

**Рис. 2.** Результаты анализа Каплана–Майера в зависимости от типа атеросклеротической бляшки по Gray-Weale.**Fig. 2.** Results of the Kaplan-Meier analysis depending on the atherosclerotic plaque type according to Gray-Weale.

По данным табл. 2, типы АСБ I–II (Gray-Weale) ассоциированы с 3-кратным увеличением риска достижения первичной комбинированной конечной точки по сравнению с III типом и почти 10-кратным – по сравнению с IV типом, являющимся практически безопасным.

Для расчета цереброваскулярного риска на основе ультразвуковых количественных диагностических критериев выполнялся регрессионный ковариантный анализ, с помощью которого было разработано 3 модели, прогнозирующие развитие события в течение последующих 5 лет. В первую модель вошли такие количественные показатели, как общая площадь и максимальная высота АСБ, степень стеноза по NASCET, во вторую – площади всех компонентов сегментированного изображения по заданным диапазонам серой шкалы, в третью (комплексную) – все показатели предыдущих двух моделей. Наибольшей предсказательной

Таблица 3. Статистические показатели прогностической комплексной модели на основе всех количественных показателей**Table 3.** Statistical parameters of the comprehensive prognostic model based on all quantitative parameters

	χ^2	214	
	df	6	
	p	<0,0001	
Индекс конкордантности (Harrell's C-index)		0,665	
Harrell's C-index (95% ДИ)		(0,633; 0,697)	
Показатель	Коэффициент регрессии	Отношение рисков (95% ДИ)	p
Максимальная высота бляшки	0,386	1,46 (1,18; 1,81)	0,0005
Степень стеноза по NASCET	0,03086	1,03 (1,02; 1,04)	<0,0001
“Кровь”	0,03255	1,03 (1,01; 1,06)	0,0037
“Липиды”	0,06633	1,07 (1,03; 1,10)	0,0006
“Мышечный компонент”	-0,05606	0,93 (0,89; 0,97)	0,0007
“Кальций”	0,03607	0,84 (0,78; 0,92)	0,0002

ценностью обладала комплексная модель, включавшая такие предикторы, как максимальная высота бляшки, степень стеноза по NASCET и показатели сегментации серошкольного изображения АСБ. В табл. 3 представлены основные ее характеристики,

включая коэффициенты регрессии. На этапе включения в анализ такие показатели, как общая площадь АСБ, а также “фиброзный компонент”, были исключены, как не достигающие заданного уровня достоверности.

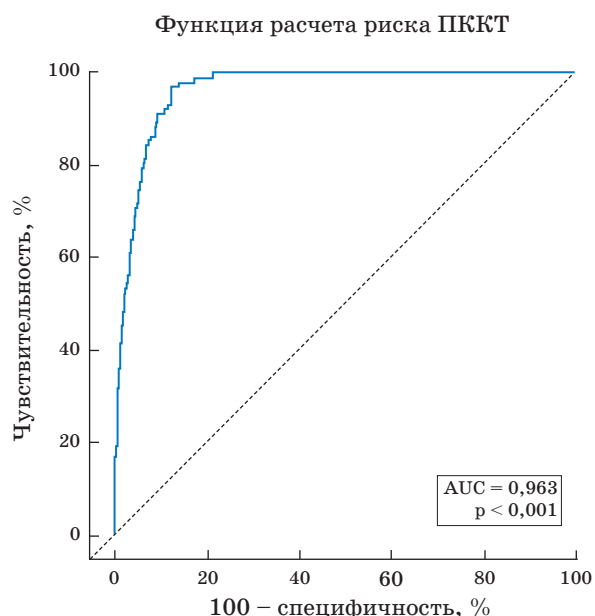
**Рис. 3.** Оценка эффективности комплексной прогностической модели оценки риска развития первичной комбинированной конечной точки.

Fig. 3. Evaluation of the effectiveness of the comprehensive prognostic model for assessing the risk of developing the primary composite endpoint (PCPE).

Полученная регрессионная модель обладала умеренными значениями индекса конкордантности, значимым уровнем отношений рисков (ДИ не содержит 1), высоким уровнем достоверности коэффициентов регрессии ($p = 0,0037$) и всей модели ($p < 0,0001$). Прогнозируемый общий (суммарный) пятилетний риск развития события у асимптомного пациента составил 31% (округлили до 30%). Точкой отсечений считали значение функции 2,7739. Соответственно все пациенты, имеющие данное значение и выше, были отнесены в группу высокого риска возникновения первичной комбинированной конечной точки в течение 5 лет с точностью 93%, чувствительностью 95% и специфичностью 90% (рис. 3). Пациенты, имевшие двукратное снижение риска (менее 15%) и, следовательно, значение функции меньше 1,387, были отнесены в группу низкого риска. Промежуточные значения функции больше или равно 1,387 и меньше 2,7739 соответствовали группе пациентов среднего риска.

На рис. 4 представлено распределение асимптомных (в исходной точке наблюдения) пациентов по группам риска. Самую большую группу составили пациенты низ-

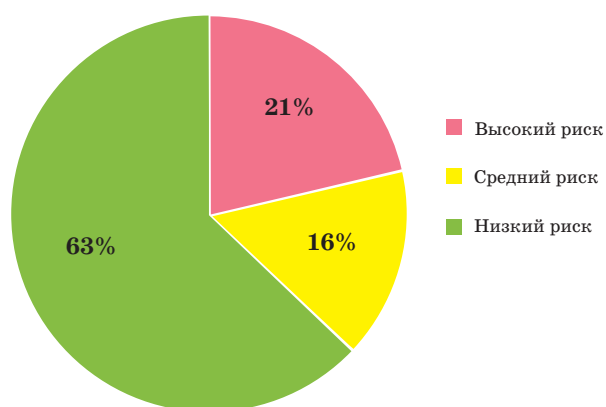


Рис. 4. Распределение пациентов по группам риска.

Fig. 4. Distribution of patients by risk group.

кого риска – 405 (64%) человек, пациенты высокого риска – 136 (21%) и, наконец, пациенты среднего риска – 99 (15%).

На рис. 5 представлены медианы степени каротидного стеноза (по NASCET) в трех группах риска: низкий – 15% [4; 25], средний – 24% [14; 37], высокий – 50% [38; 69]. Выявлены высокозначимые межгрупповые различия (критерий Краскела–Уоллиса $H = 282$, $p < 0,0001$), подтвержденные post-hoc-анализом Данна.

На рис. 6 представлены данные о распределении максимальной высоты каротидной бляшки в зависимости от стратификации

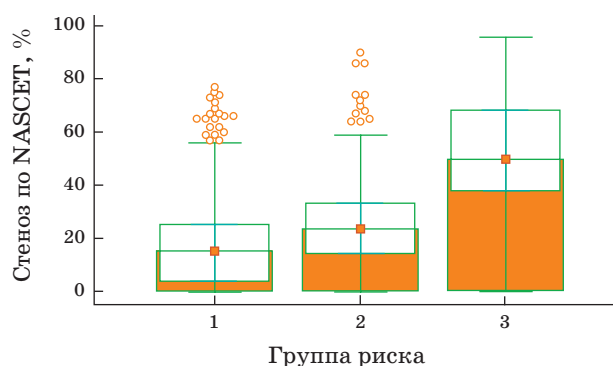


Рис. 5. Распределение значений медиан степени каротидного стеноза по NASCET между группами риска возникновения первичной комбинированной конечной точки.

Fig. 5. Distribution of median carotid stenosis grades according to NASCET across risk groups for developing the primary composite endpoint.

пациентов по риску развития первичной комбинированной конечной точки. Анализ показал закономерное увеличение медианы максимальной высоты бляшки при возрастании риска: низкий риск: 2,5 [2,1; 3,1] мм; средний риск: 3,0 [2,5; 3,6] мм; высокий риск: 4,3 [3,8; 5,5] мм. Применение критерия Краскела–Уоллиса выявило высокозначимые межгрупповые различия ($H = 288$; $p < 0,0001$). Последующий post-hoc-анализ с использованием критерия Данна подтвердил статистическую значимость различий между всеми парами групп, что свидетельствует об увеличении геометрических параметров бляшки, ассоциированном с ростом риска.

ОБСУЖДЕНИЕ

В нашем исследовании средний срок отслеживания пациентов, образовавших основную группу, от начала наблюдения до момента возникновения ИИ или ТИА составил 2 года. В исследованиях, близких к нашему по дизайну, приводятся аналогичные значения [7, 13].

Публикаций, посвященных качественной классификации типов каротидной АСБ по Gray-Weale и связи ее с нестабильностью АСБ, немного. И сведения, изложенные в них, крайне противоречивы. В части источников описывают пользу этой классификации и ее высокую значимость в плане

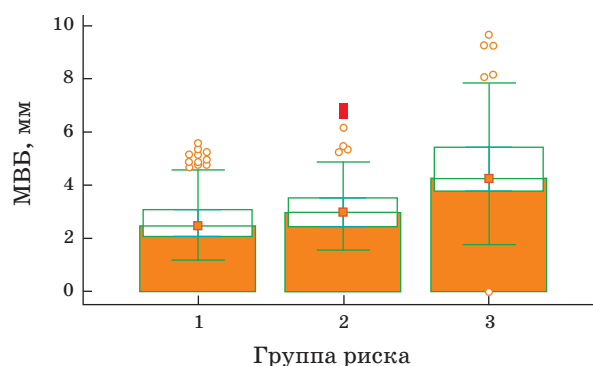


Рис. 6. Распределение значений медиан максимальной высоты бляшки между группами риска возникновения первичной комбинированной конечной точки.

Fig. 6. Distribution of median maximum plaque height (MPH) across risk groups for developing the primary composite endpoint.

предсказательной способности эмболоопасности АСБ [12]. В других, напротив, не отмечают значимой достоверности между отдельными типами АСБ по Gray-Weale и высоким риском ИИ [14]. Понимая, что основным ее недостатком является то, что она качественная и, соответственно, субъективная, обладающая низкой межоператорской воспроизводимостью, мы переработали в своем исследовании в количественную оценку и определили тип АСБ для каждого пациента в автоматическом режиме, взяв за основу процент содержания гипо-анэхогенного компонента в каждом типе. По анализу литературных источников был обнаружен подход, близкий к нашему в исследовании А. Nicolaidis и соавт. [13]. Аналогично была взята за основу сегментация изображения в стороннем софте, и АСБ классифицировались на 4 типа в зависимости от содержания ан-гипоанэхогенного компонента (grey scale median (GSM) <25). Пропорции составили несколько другое отношение по типам АСБ, но частично перекрывались с нашими градациями: I тип соответствовал компоненту “GSM < 25” >85%, II тип – 50–85%, III – 15–50%, IV – <15%.

В нашем исследовании мы получили статистически значимое различие между типами АСБ в основной группе и группе контроля. Превалирующим типом АСБ в группе пациентов, достигших первичной комбинированной конечной точки, стали типы I и II (Gray-Weale) (более гипохогенный), в свою очередь, доминирующим в группе сравнения – тип IV (гиперэхогенный). Обнаружена значимая взаимосвязь средней силы между типами АСБ и группами, подтверждающая следующую тенденцию: чем бляшка более гипохогенная, тем более эмболоопасная и, наоборот, более гиперэхогенная АСБ – более стабильная. Сходные результаты были получены О.А. Погореловой и соавт. при исследовании медианы серошкального изображения бляшки [15]. По данным проведенного нами анализа выживаемости было определено, что IV тип АСБ практически не приводит к возникновению ишемического ИИ или ТИА, напротив, обнаружение I или II типа АСБ повышает риск возникновения ИИ или ТИА почти в 3 раза, чем III тип, и почти в 10 раз, чем тип IV. Сходные результаты были получены в ходе CREST-2 [16].

Была разработана комплексная регрессионная модель стратификации риска развития первичной комбинированной конечной точки, в которую вошли максимальная высота бляшки, степень стеноза по NASCET и количественные показатели серошкального изображения АСБ, за исключением “фиброзного компонента”. “Мышечный компонент” шкалы серого снижал вероятность наступления исхода и увеличивал выживаемость. Модель может использоваться для прогнозирования риска развития ИИ или ТИА у асимптомных пациентов с каротидным атеросклерозом. Кумулятивный риск пятилетней выживаемости для данной модели составил 18%, популяционный – 13%. Таким образом, нами за высокий риск были приняты пациенты с общим риском 30% и более, умеренный риск – от 15% включительно до 30% и низкий риск – менее 15%. По данным литературы [13], пятилетний цереброваскулярный риск был получен в подобной популяции, но рассчитывался методом Каплана–Майера, соответственно, непрерывные величины, значимо влияющие на исход (степень каротидного стеноза по ECST, GSM<25, общая площадь АСБ), переводились в ординарные в виде интервалов, а кумулятивный риск рассчитывался через разность отношений рисков между базовыми значениями и экстремумами.

Мы оценили “работоспособность” нашей стратификации по таким независимым предикторам, как степень стеноза каротидного синуса по NASCET и максимальная высота бляшки. Так, различие медиан каротидного стеноза по NASCET между группами оказалось высокозначимым. В группе высокого риска мы получили медиану стеноза 50 [38; 69]%, который в случае симптоматики пациента подлежит хирургическому лечению. Аналогично высокозначимое различие продемонстрировал такой показатель, как максимальная высота бляшки. Медиана этого показателя для группы среднего риска составила 3,0 [2,5; 3,6] мм. Согласно литературным данным, максимальная высота бляшки ≥ 3 мм является маркером асимптомных пациентов, отнесенных к среднему цереброваскулярному риску [5, 13].

К ограничениям исследования относятся одноцентровый дизайн, отсутствие внеш-

ней валидации модели и потенциальное влияние параметров ультразвукового облучения на исходные изображения, не анализировалась межоператорская воспроизводимость. Разработанная нами методика может использоваться только для АСБ каротидного синуса, для оценки АСБ другой локализации не применима. Необходимы многоцентровые исследования с внешней валидацией, межлабораторный анализ метода и сопоставление с данными других модальностей визуализации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе количественных ультразвуковых критериев разработана прогностическая модель для стратификации пятилетнего риска развития первичной комбинированной конечной точки у асимптомных пациентов. Предпочтение было отдано комплексной модели, основанной на максимальной высоте бляшки, степени стеноза по NASCET и на количественных показателях сегментации серошкального изображения АСБ (“кровь”, “липиды”, “мышечный компонент” и “кальций”). Она продемонстрировала более высокие показатели, оценивающие силу модели, – индекс конкордантности, точность, чувствительность и специфичность. На основании этой модели асимптомные пациенты в данной популяции (в нашем исследовании) были разделены на 3 категории пятилетнего риска возникновения ИИ или ТИА в бассейне ипсилатеральной сонной артерии: низкий риск (риск 1) – общий риск менее 15%, средний риск (риск 2) – общий риск от 15 до 30% и высокий риск (риск 3) – общий риск 30% и более.

Участие авторов

Умнов И.Н. – концепция и дизайн исследования, проведение исследования, сбор и обработка данных, анализ и интерпретация полученных данных, подготовка и редактирование текста.

Чугаев Д.А. – проведение исследования, сбор и обработка данных, анализ и интерпретация полученных данных.

Authors' participation

Umnov I.N. – concept and design of the study, conducting research, collection and analysis of data, analysis and interpretation of the obtained data, text preparation and editing.

Chugaev D.A. – conducting research, collection and analysis of data, analysis and interpretation of the obtained data.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ [REFERENCES]

1. GBD 2021 Diseases and Injuries Collaborators. Global incidence, prevalence, years lived with disability (YLDs), disability-adjusted life-years (DALYs), and healthy life expectancy (HALE) for 371 diseases and injuries in 204 countries and territories and 811 subnational locations, 1990–2021: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2021. *Lancet*. 2024; (published online April 17.) [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(24\)00757-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(24)00757-8)
2. Visseren F., Mach F., Smulders Y. et al. 2021 Guidelines on cardiovascular disease prevention in clinical practice with representatives of the European Society of Cardiology and 12 medical societies. *Eur. Heart J.* 2021; 42 (34): 3227–3337. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehab484>
3. Mazzolai L., Teixido-Tura G., Lanzi S. et al. 2024 ESC Guidelines for the management of peripheral arterial and aortic diseases: Developed by the task force on the management of peripheral arterial and aortic diseases of the European Society of Cardiology (ESC). *Eur. Heart J.* 2024; 45 (36): 3538–3700. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehae179>
4. Naylor R., Rantner B., Ancetti S. et al. European society for vascular surgery (ESVS) 2023 Clinical practice Guidelines on the management of atherosclerotic carotid and vertebral artery disease. *Eur. J. Vasc. Endovasc. Surg.* 2023; 65 (1): 7–111. <https://doi.org/10.1016/j.ejvs.2022.04.011>
5. Saba L., Cau R., Murgia A. et al. Carotid plaque-RADS: a novel stroke risk classification system. *JACC: Cardiovasc. Imaging.* 2024; 17 (1): 62–75. <https://doi.org/10.1016/j.jcmg.2023.09.005>
6. Lai B., Hobson R., Hammed M. et al. Noninvasive identification of the unstable carotid plaque. *Ann. Vasc. Surg.* 2006; 20 (2): 167–174. <https://doi.org/10.1007/s10016-006-9000-8>
7. Kakkos S., Griffin M., Nicolaides A. et al. The size of juxtaluminal hypoechoic area ultrasound images of asymptomatic carotid plaques predicts the occurrence of stroke. *J. Vasc. Surg.* 2013; 57 (3): 609–618. <https://doi.org/10.1016/j.jvs.2012.09.045>
8. Lang R., Badano L., Mor-Avi V. et al. Recommendations for cardiac chamber quantification by echocardiography in adults: an update from American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 2015; 28 (1): 1–39. <https://doi.org/10.1016/j.echo.2014.10.003>
9. Touboul P., Hennerici M., S. Meairs S. et al. Mannheim carotid intima-media thickness and plaque consensus (2004-2006-2011). An update on behalf of the advisory board of the 3rd, 4th and 5th watching the risk symposia, at the 13th, 15th and 20th European Stroke Conferences, Mannheim, Germany, 2004, Brussels, Belgium, 2006, and

- Hamburg, Germany, 2011. *Cerebrovasc. Dis.* 2012; 34: 290–296. <https://doi:10.1159/000343145>
10. Arning C., Widder B., von Reutern G. et al. Revision of DEGUM ultrasound criteria for grading internal carotid artery stenoses and transfer to NASCET measurement. *Ultraschall Med.* 2010; 31 (3): 251–257. <https://doi:10.1055/s-0029-1245336>
 11. Lai B., Hobson R., Pappas P. et al. Pixel distribution analysis of B-mode ultrasound scan images predicts histological features of atherosclerotic carotid plaques. *J. Vasc. Surg.* 2002; 35 (7): 1210–1217. <https://doi:10.1067/mva.2002.122888>
 12. Gray-Weale A., Graham J., Burnett J. et al. Carotid artery atheroma: comparison of preoperative B-mode ultrasound appearance with carotid endarterectomy specimen pathology. *J. Cardiovasc. Surg.* 1988; 29 (11): 115–123.
 13. Nicolaides A., Kakkos S., Kyriacou E. et al. Asymptomatic internal carotid artery stenosis and cerebrovascular risk stratification. *J. Vasc. Surg.* 2010; 52 (6): 1486–1496. <https://doi:10.1016/j.jvs.2010.07.021>
 14. Reiter M., Bucek R., Effenberger I., et al. Plaque echolucency is not associated with the risk of stroke in carotid stenting. *Stroke.* 2006; 37 (9): 2378–2380. <https://doi:10.1161/01.STR.0000237087.86583.c8>
 15. Погорелова О.А., Трипотень М.И., Хамчиева Л.Ш., Гучаева Д.А., Козлов С.Г., Шахнович Р.М., Балахонова Т.В. Эхогенность атеросклеротической бляшки сонной артерии и ее связь с развитием неблагоприятных сердечно-сосудистых событий. *Ультразвуковая и функциональная диагностика.* 2023; 4: 35–48. <https://doi.org/10.24835/1607-0771-2023-4-35-48>
 16. Kulcarni P., Lal B., Jreij G. et al. CRESTOMICS: Analyzing carotid plaques in the CREST-2 trial with a new additive classification model. *Preprint on arXiv.* 2026. <https://arxiv.org/abc/2603.04309>

Quantitative ultrasound assessment of carotid atherosclerosis in ischemic stroke risk stratification

I.N. Umnov^{1,2*}, D.A. Chugaev¹

¹ LLC “European Institute of Family Health”; 35, bld. 1, Trudyashchikhysya Boulevard, Kolpino, St. Petersburg 196657, Russian Federation

² City Hospital No. 33; 16A, Pavlovskaya str., Kolpino, St. Petersburg 196653, Russian Federation

Ivan N. Umnov – MD, Head of the Department of Functional Diagnostics, LLC “European Institute of Family Health”; physician of ultrasound and functional diagnostics, City Hospital No. 33, St. Petersburg. <https://orcid.org/0000-0002-4247-3522>

Dmitry A. Chugaev – IT specialist, LLC “European Institute of Family Health”, St. Petersburg. <https://orcid.org/0009-0002-7159-0821>

Correspondence* to Ivan N. Umnov – e-mail: uin.eizs@yandex.ru

Objective. To evaluate the role of quantitative ultrasound parameters of atherosclerotic plaque (ASP) as predictors of the development of the primary composite endpoint in patients with carotid atherosclerosis.

Materials and methods. A total of 675 patients with carotid atherosclerosis with no history of transient ischemic attack or ischemic stroke at the time of inclusion in the study were examined; 48.4% were men, with an average age of 66 [61; 72] years. All patients underwent electrocardiography, echocardiography, carotid arteries duplex ultrasound with assessment of the degree of stenosis according to NASCET and maximum wall thickness (MWT) of plaque with subsequent analysis of ASP images in DICOM format. A computer software (own development) was used to calculate the total area of the ASP and segment the image by grayscale ranges (“blood”, “lipids”, “muscle and fibrous components”, and “calcium”). The observation period was 5 years. The primary composite endpoint was the development of an ischemic event in the carotid territory on the affected side or surgical treatment of carotid stenosis. Differences were considered statistically significant at $p < 0.05$.

Results. During the follow-up period, 85 patients (12%) achieved primary composite endpoint. This event occurred 3 and 10 times more frequently in patients with Gray-Weale ASP types I and II than in those with types III and IV, respectively. Independent predictors in the five-year risk stratification model for event development included the NASCET stenosis grade, MWT, and the plaque image segmentation parameters excluding the “fibrous component”. Patients were divided into three groups: a “high-risk” group for developing primary composite endpoint (the predicted overall five-year risk

(OR) was 30% or more) – 136 patients (21%), a “low-risk” group (less than 15% OR) – 405 patients (64%), and a “medium (intermediate) risk” group (from 15% to 30% OR) – 99 patients (15%). The median values of the degree of stenosis according to NASCET and the MWT were 15 [4; 25]% and 2.5 [2.1; 3.1] mm for the low-risk group, 24 [14; 27]% and 3.0 [2.5; 3.6] mm for the average risk group, and 50 [38; 69]% and 4.3 [3.8; 5.5] mm, respectively ($p < 0.0001$).

Conclusions. The degree of stenosis according to NASCET, MWT and the results of segmentation of the gray-scale image of the ASP by gray-scale ranges are significant independent predictors of the development of primary composite endpoint in asymptomatic patients with carotid atherosclerosis.

Keywords: atherosclerotic plaque; carotid stenosis; quantitative analysis; ultrasound; ischemic stroke; transient ischemic attack; risk stratification

Conflict of interests. The authors have no conflicts of interest to declare.

Financing. This study had no sponsorship.

Citation: Umnov I.N., Chugaev D.A. Quantitative ultrasound assessment of carotid atherosclerosis in ischemic stroke risk stratification. *Ultrasound and Functional Diagnostics*. 2026; 32 (2): 23–34. <https://doi.org/10.24835/1607-0771-386> (In Russian)

Received: 20.03.2026.

Accepted for publication: 14.05.2026.

Published online: 18.05.2026.

ISSN 1607-0771(Print); ISSN 2408-9494 (Online)
<https://doi.org/10.24835/1607-0771-370>



Ультразвуковое исследование поражения почек у детей с туберозным склерозом

М.И. Пыков¹, К.А. Валялов^{2*}, Л.А. Полещук², С.Л. Морозов²

¹ ФГБОУ ДПО “Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования” Минздрава России;
125993 Москва, ул. Баррикадная, д. 2/1, стр. 1, Российская Федерация

² Научно-исследовательский клинический институт педиатрии и детской хирургии имени Ю.Е. Вельтищева ФГАОУ ВО “Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова”
Минздрава России; 125412 Москва, ул. Талдомская, д.2, Российская Федерация

Цель исследования: изучить ультразвуковые особенности поражений почек у детей с туберозным склерозом (ТС) в зависимости от генетического варианта заболевания.

Материал и методы. В поперечное исследование были включены дети с установленным диагнозом ТС (до 18 лет включительно). Были получены данные результатов ультразвукового В-сканирования почек 137 детей в возрасте от 1 мес до 18 лет, из них с патогенным вариантом *TSC1* – 27/137 (19,7%), *TSC2* – 76/137 (55,5%), *TSC2/PKD1* – 4/137 (2,9%) и с неустановленным генетически вариантом заболевания – 30/137 (21,9%) (диагноз был установлен по клиническим критериям). Был проведен анализ изменений почек в зависимости от генетического варианта заболевания.

Результаты. По результатам ультразвукового исследования у 85,4% (117/137) пациентов были выявлены поражения почек в виде кист и ангиомиолипом (АМЛ). Для пациентов с патогенными вариантами *TSC1* наиболее характерным было поражение почек в виде АМЛ (59,3%), в то время как у пациентов с патогенными вариантами *TSC2* и с синдромом смежных генов *TSC2/PKD1* (*TSC2/PKD1-CCG*) чаще встречалось сочетанное поражение почек АМЛ и кистами (в 51,3 и в 100% соответственно). Множественные и крупные АМЛ были наиболее характерны для пациентов с патогенными вариантами гена *TSC2*, в то время как пациенты с *TSC2/PKD1-CCG* типом заболевания имели преимущественно поражение множественными крупными кистами, которые визуализировались уже в первые годы жизни пациентов.

Пыков Михаил Иванович – доктор мед. наук, профессор, заведующий кафедрой лучевой диагностики детского возраста ФГБОУ ДПО “Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования” Минздрава России, Москва. <https://orcid.org/0000-0003-3731-6263>

Валялов Кирилл Андреевич – врач ультразвуковой диагностики отделения лучевой диагностики Научно-исследовательского клинического института педиатрии и детской хирургии имени Ю.Е. Вельтищева ФГАОУ ВО РНИМУ имени Н.И. Пирогова Минздрава России, Москва. <https://orcid.org/0000-0002-2528-2601>

Полещук Любовь Александровна – канд. мед. наук, заведующая отделением лучевой диагностики, Научно-исследовательский клинический институт педиатрии и детской хирургии имени Ю.Е. Вельтищева ФГАОУ ВО РНИМУ имени Н.И. Пирогова Минздрава России. <https://orcid.org/0009-0002-3787-0432>

Морозов Сергей Леонидович – канд. мед. наук, ведущий научный сотрудник отдела наследственных и приобретенных болезней почек им. проф. М.С. Игнатовой Научно-исследовательского клинического института педиатрии и детской хирургии имени Ю.Е. Вельтищева ФГАОУ ВО РНИМУ имени Н.И. Пирогова Минздрава России, доцент кафедры госпитальной педиатрии №2 Института материнства и детства ФГАОУ ВО РНИМУ имени Н.И. Пирогова Минздрава России, Москва. <https://orcid.org/0000-0002-0942-0103>

Контактная информация*: Валялов Кирилл Андреевич – e-mail: kir.valyalov@mail.ru

Заключение. Ультразвуковое исследование является простым и широкодоступным методом диагностики, позволяющим своевременно оценить состояние почек у детей с ТС, в том числе на этапе установления диагноза, что может иметь важное значение для предотвращения развития осложнений в виде спонтанных кровотечений, аневризм, нарушений уродинамики.

Ключевые слова: дети; туберозный склероз; ультразвуковое исследование почек; поражение почек; ангиомиолипомы почек; поликистоз

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии возможных конфликтов интересов.

Финансирование. Работа выполнена в рамках финансирования Госзадания “Клинические и молекулярно-генетические критерии прогнозирования эффективности таргетной терапии поражения почек при туберозном склерозе у детей” № 1024022200001-0-3.2.3;3.2.20 от 1 апреля 2025 г.

Цитирование: Пыков М.И., Валялов К.А., Полецук Л.А., Морозов С.Л. Ультразвуковое исследование поражения почек у детей с туберозным склерозом. *Ультразвуковая и функциональная диагностика*. 2026; 32 (2): 35–48. <https://doi.org/10.24835/1607-0771-370>

Поступила в редакцию: 24.11.2025.

Принята к печати: 03.04.2026.

Опубликована online: 03.06.2026.

ВВЕДЕНИЕ

Туберозный склероз (ТС) – это редкое аутосомно-доминантное наследственное заболевание с мультиорганными проявлениями. Клинический спектр ТС широко варьируется у разных пациентов, однако существуют характерные признаки, такие как кортикальные туберы, ангиофибромы лица, ангиомиолипомы почек (АМЛ), рабдомиомы сердца и гамартомы сетчатки [1]. Согласно эпидемиологическим исследованиям, заболеваемость ТС составляет 1/6000–10 000 новорожденных в год [2]. Расчетное число больных в Российской Федерации около 7000 человек, поэтому ТС относится к орфанным заболеваниям [3]. ТС является генетическим заболеванием, вызываемым патогенными вариантами в генах *TSC1* или *TSC2*, кодирующих гамартин и туберин соответственно [4]. Патогенные варианты *TSC1/TSC2* приводят к аномальному росту клеток и опухолеобразованию во многих органах, включая мозг, почки, сердце, сетчатку и кожу. У 2–3% пациентов крупные делеции в *TSC2* могут затрагивать соседний ген *PKD1*, оба из которых расположены в 16-й хромосоме, что приводит к развитию синдрома смежных генов *TSC2/PKD1 (TSC2/PKD1-CCG)*, который характеризуется тяжелым течением, ранним началом и быстрым развитием поликистозной болезни почек [5], а также наличием множественных кист почек [7, 8]. Вариабельность поражения почек при ТС генетически детерминирована. Наличие патоген-

ных вариантов в гене *TSC1* коррелирует с более благоприятным фенотипом поражения почек, характеризующимся формированием изолированных АМЛ и кист малых размеров, а также медленными темпами прогрессирования хронической болезни почек. В отличие от этого, для пациентов с патогенными вариантами в гене *TSC2* характерно более тяжелое клиническое течение, которое проявляется множественными кистами и АМЛ, склонными к прогрессирующему росту [9]. Общий генотип ТС также существенно влияет на фенотипические проявления поражения почек. Так, при наличии мозаичных вариантов в гене *TSC2* наблюдается доброкачественное течение заболевания, тогда как делеции в этом же гене приводят к множественным кистам и АМЛ, чаще поражаются обе почки [10]. Однако предположить возможный диагноз возможно до этапа генотипирования при наличии двух больших критериев или одного большого и двух малых, основанных на клинических проявлениях. К большим критериям относятся: гипопигментированные пятна, ангиофибромы или фиброзные бляшки на голове, ногтевые фибромы, множественные узловые гамартомы сетчатки, кортикальная дисплазия, субэпендимальные узлы, пятна “шагреновой кожи”, субэпендимальная гигантоклеточная астроцитома, лимфангиолейомиоматоз, АМЛ почек, рабдомиомы сердца. К малым критериям относятся: пятна типа конфетти на коже, дефекты эмали зубов, фибромы по-

лости рта, множественные кисты почек, экстраренальная гамартома, депигментированные пятна сетчатки, склеротические поражения костей [11]. Выявление АМЛ и кист почек является одним из основных критериев постановки диагноза ТС, который может быть использован до проведения генетического анализа или в том случае, когда мутации не выявляются. Это может быть связано с наличием мозаицизма и интронных мутаций, что указывает на то, что отсутствие выявленных мутаций не исключает диагноза ТС [12]. У большинства пациентов патология протекает бессимптомно, и незначительные изменения могут быть случайной находкой. Вследствие этого, а также в связи с поздней манифестацией симптомов или ошибочной интерпретацией изменений, выявленных в детском возрасте, диагноз нередко устанавливается лишь в зрелом периоде жизни при появлении осложнений. Осложнения, как правило, обусловлены тем, что АМЛ сдавливают окружающие их органы и ткани, а также являются причиной абдоминального кровотечения, которое может привести к летальному исходу из-за кровопотери. Чем больше размер АМЛ, тем выше риск развития кровотечения. АМЛ диаметром более 30 мм часто имеют в своей структуре диспластичные с аневризмами кровеносные сосуды и сопряжены с особенно высоким риском кровотечения. Прижизненный риск почечного кровотечения составляет от 20% у лиц женского пола до 10% у лиц мужского пола [13]. Другие осложнения АМЛ могут включать боль в спине, тошноту, рвоту, гематурию, нарушение оттока мочи, почечную недостаточность и артериальную гипертензию [14, 15].

Диагностика поражений почек при ТС в первую очередь основывается на методах визуализации, которые позволяют не только предположить диагноз, но и определить степень поражения органа. В последнее время частота выявления ТС увеличивается в связи с широким внедрением лучевых методов исследования. Компьютерная томография (КТ) с контрастным усилением является наиболее часто используемым рентгенологическим методом диагностики АМЛ. Она обладает высокой чувствительностью и специфичностью в отношении АМЛ и отличает их от других поражений. Другие преимущества этого метода заключаются в том,

что он быстрый, экономичный и доступен в большинстве больниц [16]. Однако современные рекомендации допускают использование КТ только в том случае, если магнитно-резонансная томография (МРТ) недоступна [17]. МРТ обладает хорошей разрешающей способностью и многоплоскостными возможностями без радиационного облучения [18], а высокая чувствительность для выявления жировых тканей используется для дифференциальной диагностики АМЛ от других объемных образований почек [19]. Но МРТ в первую очередь выбирают для оценки АМЛ больших размеров с целью мониторинга роста и осложнений, а у детей младшего возраста МРТ часто требует анестезиологического обеспечения. Поэтому альтернативным МРТ методом визуализации является ультразвуковое исследование (УЗИ). Большинство типичных АМЛ содержит жировую ткань, которая хорошо определяется при УЗИ в виде гиперэхогенных образований. УЗИ является важным, безопасным, высокоинформативным и широкодоступным методом диагностики поражений почек у детей и может рассматриваться в качестве метода первичной оценки состояния почек у детей с ТС. Проведение скрининговых эхографических исследований облегчает диагностику ТС у новорожденных и грудных детей, которые еще не имеют диагностических критериев, основанных на клинических проявлениях [20]. В настоящее время, по данным литературы, структурная патология почек у детей с ТС в основном представлена немногочисленными клиническими примерами.

Цель исследования: на большой для орфанного заболевания выборке пациентов изучить частоту, спектр и характер поражения почек, выявляемых с помощью УЗИ, у детей с ТС в зависимости от генетического варианта течения заболевания.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

За 2025 г. было проведено УЗИ почек 137 детям в возрасте от 1 мес до 18 лет с диагнозом “туберозный склероз”. Из всех случаев 78,1% (107/137) прошли генетическое обследование, результаты которого выявили пациентов с патогенным вариантом *TSC1* – 27/137 (19,7%), *TSC2* – 76/137

(55,5%), *TSC2/PKD1* – 4/137 (2,9%). Оставшимся 30/137 (21,9%) пациентам генетическое тестирование не проводилось или результаты генетического тестирования были отрицательными, а диагноз ТС был установлен по клиническим критериям, которые включали в себя: жалобы больного, данные физикального осмотра (в том числе оценка кожных покровов) и результаты уже проведенных инструментальных методов диагностики (МРТ головного мозга, эхокардиография, электроэнцефалография). Полипозиционное ультразвуковое В-сканирование почек проводилось на аппарате экспертного класса Logic S7 (General Electric, США) с использованием конвексного датчика с частотой сканирования 1–6 МГц и линейного датчика с частотой сканирования 3,3–10 МГц. Оценивались контуры почек, эхогенность паренхимы, четкость кортико-медуллярной дифференцировки, наличие объемных патологических образований (кист, АМЛ), состояние собирательной системы и регистрировались линейные размеры почек (длина, ширина, толщина, объем). Объем почек рассчитывался по формуле: $V = 0,523 \times a \times b \times c$, где a – длина почки $\times b$ – ширина $\times c$ – толщина (все размеры в сантиметрах), 0,523 – поправочный коэффициент. Исходя из объема почек определялся индекс почечной массы по формуле: $(V \text{ почек} / \text{масса пациента (в граммах)}) \times 100$. При выявлении АМЛ или кист почек проводилась оценка их количества, структуры, формы и локализации. Регистрировался размер только самой крупной кисты и АМЛ. Количество обнаруживаемых кист или АМЛ оценивалось в одном ультразвуковом срезе, где 0 – их отсутствие, 1 – единичные, 2–4 – немногочисленные, более 5 – множественные.

Статистическая обработка результатов проводилась с использованием программы StatTech v.4.9.4 (разработчик – ООО “Статтех”, Россия). Количественные показатели оценивались на наличие соответствия нормальному распределению с помощью критерия Шапиро–Уилка (при числе исследуемых менее 50) или критерия Колмогорова–Смирнова (при числе исследуемых более 50). В случае отсутствия нормального распределения количественные данные описывались с помощью медианы (Me) и нижнего и верхнего квартилей (Q1–Q3). Категориальные

данные описывались с указанием абсолютных значений и процентных долей. 95% доверительные интервалы для процентных долей рассчитывались по методу Клоппера–Пирсона. Сравнение процентных долей при анализе многопольных таблиц сопряженности выполнялось с помощью критерия χ^2 Пирсона, апостериорные сравнения – с помощью критерия χ^2 Пирсона с поправкой Холма. Сравнение трех и более групп по количественному показателю, распределение которого отличалось от нормального, выполнялось с помощью критерия Краскела–Уоллиса, апостериорные сравнения – с помощью критерия Данна с поправкой Холма. Различия считались статистически значимыми при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Медиана возраста всех 137 обследуемых пациентов составила 10 (5,0–13,0) лет. Не было выявлено статистически значимых различий между полом пациентов ($p = 0,471$) и размерами правой и левой почки ($p < 0,05$), а АМЛ и кисты имели преимущественно двустороннюю локализацию (в 93 и 95% случаев соответственно) и одинаковое по количеству распределение с обеих сторон.

По результатам ультразвукового обследования для пациентов с патогенными вариантами *TSC1* наиболее характерным было поражение почек в виде АМЛ у 17/27 (63%) детей, кисты же встречались только у 3/27 (11,1%) обследуемых, в то время как у пациентов с патогенными вариантами *TSC2* и *TSC2/PKD1-CCG* АМЛ визуализировались у 65/76 (85,5%) и 4/4 (100%) обследуемых, а кисты – у 43/76 (56,6%) и 4/4 (100%) соответственно (табл. 1). Исходя из типа мутации были установлены статистически значимые различия между группами пациентов ($p < 0,001$) (используемый метод: χ^2 Пирсона). Для пациентов, не прошедших генетическое тестирование, было характерно поражение почек преимущественно АМЛ – у 23/30 (76,7%) детей, в меньшей степени кистами – у 11/30 (36,7%). Сочетанное поражение АМЛ и кистами было больше характерно для групп пациентов с патогенными вариантами в *TSC2/PKD1-CCG* и *TSC2* – у 4/4 (100%) и 39/76 (51,3%) обследуемых, в отличие от

Таблица 1. Анализ вариантов поражения почек у пациентов с ТС в зависимости от генетического варианта
Table 1. Analysis of kidney lesions in patients with TS depending on the genetic variant

Показатель	Патогенный вариант		
	<i>TSC1</i>	<i>TSC2</i>	<i>TSC2/PKD1</i>
Ангиомиолипомы	17 (63,0)	65 (85,5)	4 (100,0)
Кисты	3 (11,1)	43 (56,6)	4 (100,0)
Ангиомиолипомы + кисты	1 (3,7)	39 (51,3)	4 (100,0)

Таблица 2. Анализ размера АМЛ в зависимости от типа мутации
Table 2. Analysis of AML size depending on the mutation type

Показатель	Категория	Размер АМЛ, мм			p
		Me	Q1–Q3	n	
Мутация	<i>TSC1</i>	5,00	0,00–8,00	27	0,003
	<i>TSC2</i>	9,00	6,38–13,00	76	
	<i>TSC2/PKD1</i>	6,25	2,25–23,88	4	

TSC1, где подобная картина определялась всего у 1/27 (3,7%) ребенка.

При анализе количества АМЛ в зависимости от генетического варианта заболевания для группы с *TSC2* патогенным вариантом было характерно поражение множественными АМЛ – у 42/76 (55,3%) детей, а для *TSC1* – единичными у 10/27 (37%) или их отсутствие – у 10/27 (37%). Поражение множественными кистами

было типично для группы с *TSC2/PKD1* типом заболевания – 4/4 (100%), единичные кисты были характерны для *TSC2* группы – 34/76 (44,7%), а для *TSC1* группы кисты чаще не определялись – 24/27 (88,9%).

Также был проведен анализ данных о размерах АМЛ у детей с мутациями *TSC1*, *TSC2* и *TSC2/PKD1*. Для анализа брался максимальный из трех размеров АМЛ, оцененный ультразвуковым методом. В результате сопоставления размера АМЛ в зависимости от типа мутации были выявлены статистически значимые различия ($p = 0,003$) (табл. 2) (используемый метод: критерий Краскела–Уоллиса).

На рис. 1 обращает на себя внимание наличие многочисленных экстремальных значений (больше 20 мм) размеров АМЛ (отмечены черными точками) у группы пациентов с *TSC2* патогенным вариантом, что свидетельствует о предрасположенности к формированию АМЛ крупных размеров у пациентов с *TSC2* патогенным вариантом.

Поражение почек у детей с *TSC2/PKD1-CCF* заслуживает особого внимания ввиду малой выборки исследуемых, а также сочетания изменений паренхимы почек, характерных для ТС и поликистозной болезни почек. Для этого типа мутации у детей

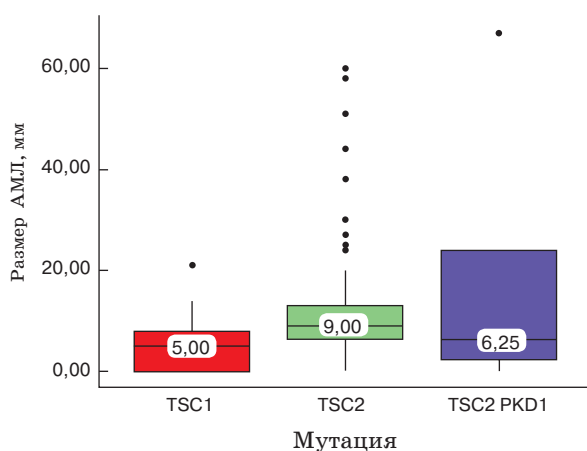


Рис. 1. Анализ размера АМЛ в зависимости от патогенного варианта.

Fig. 1. Analysis of AML size depending on the pathogenic variant.

от 3 до 16 лет было выявлено наличие множественных крупных кист, размером от 40 до 90 мм.

Ультразвуковая картина поражения почек АМЛ при ТС

Кроме морфометрических и количественных характеристик, которые можно оценить с помощью УЗИ, большое место в особенностях поражения почек АМЛ занимает вариабельность их формы, расположения и структуры. В отличие от спорадических АМЛ, которые чаще всего представляют собой солитарные гиперэхогенные образования овальной или округлой формы с четкими ровными границами, АМЛ, связанные с ТС, являются мультицентричными и билатеральными опухолями [20], которые по своей архитектонике повторяют сосудистое дерево почки, что особенно хорошо прослеживается у детей с ТС первых лет жизни (рис. 2).

У детей старшего возраста АМЛ увеличиваются в размерах и количестве, приобретают диффузно-очаговый сливной характер поражения, нарушая при этом кортикомедуллярную дифференцировку почки. Такая картина больше соответствует течению заболевания у пациентов с патогенными вариантами *TSC2* (рис. 3, 4). Сдавливая и необратимо повреждая почечную паренхиму, АМЛ замещают ее своим объемом и представляют собой, как правило, овальные или вытянутые от синуса к капсуле почке гиперэхогенные структуры с четкими ровными контурами (рис. 5, 6).

Эхогенность и структура АМЛ при ТС вариабельна. Большинство типичных АМЛ содержит жировую ткань и при УЗИ проявляются образованиями высокой эхогенности (рис. 7). Реже в АМЛ могут преобладать гладкомышечные клетки. В этом случае структура АМЛ неоднородная, с множественными гипоэхогенными участками, чередующимися с редким гиперэхогенным жировым компонентом. Определение границ таких АМЛ вызывает большие сложности, они плохо дифференцируются от коркового слоя почки (рис. 8). Кроме того,

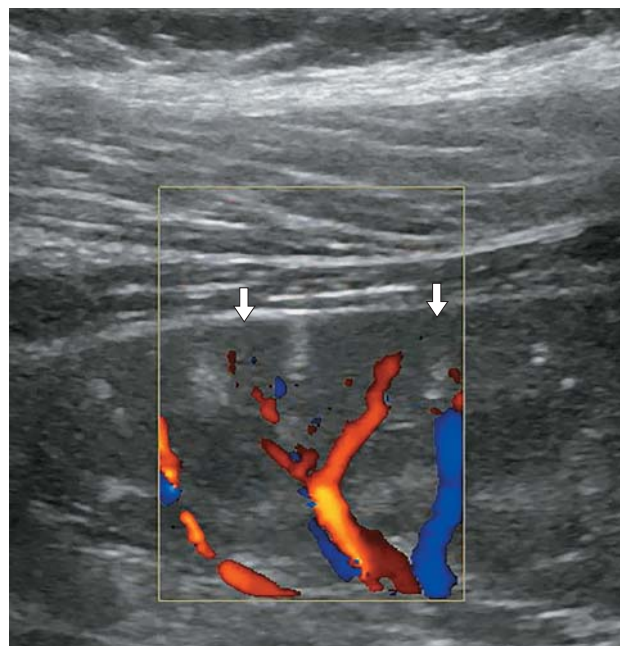


Рис. 2. Эхограмма почки мальчика 2 лет с ТС, обусловленным патогенным вариантом гена *TSC2*. На фоне сохранной кортико-медуллярной дифференцировки в корковом слое почки определяются множественные АМЛ, повторяющие архитектонику сосудистого русла почки.

Fig. 2. Kidney ultrasound image of a 2-year-old boy with TS caused by a pathogenic variant of the *TSC2* gene. Multiple AMLs, replicating the renal vascular architecture, are visible in the renal cortex against a background of preserved corticomedullary differentiation.

в структуре некоторых АМЛ могут определяться множественные анастомозирующие между собой расширенные извитые сосуды, которые хорошо определяются в режиме цветового доплеровского картирования (ЦДК) (рис. 9).

Для пациентов с ТС, ассоциированным с патогенным вариантом гена *TSC1*, характерны единичные АМЛ или их отсутствие вообще, и, как правило, АМЛ представляют собой образования неправильной формы с нечеткими размытыми границами (рис. 10). Кортиковый слой почек параллельно исчерчен чередующимися между собой участками ткани повышенной и пониженной эхогенности (рис. 11).

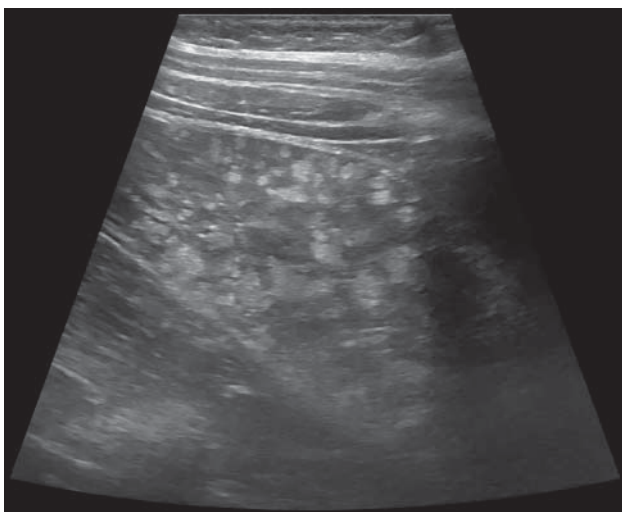


Рис. 3. Эхограмма почки мальчика 7 лет с ТС, обусловленным патогенным вариантом гена *TSC2*. Сканирование почки со стороны передней брюшной стенки. Множественные разнокалиберные АМЛ располагаются во всех слоях почки и сливаются между собой; кортико-медуллярная дифференцировка не прослеживается.

Fig.3. Kidney ultrasound image of a 7-year-old boy with TS caused by a pathogenic variant of the *TSC2* gene. Kidney image through the anterior abdominal wall. Multiple AMLs of various sizes are located in all layers of the kidney and merge with each other; corticomedullary differentiation is not visible.

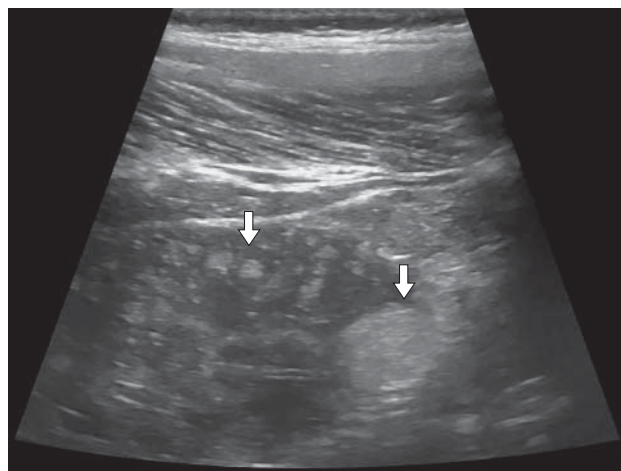


Рис. 4. Эхограмма почки мальчика 7 лет с ТС, обусловленным патогенным вариантом гена *TSC2*. Сканирование почки со стороны спины. Определяются множественные мелкие АМЛ и крупная АМЛ в верхнем полюсе почки; кортико-медуллярная дифференцировка не прослеживается.

Fig. 4. Kidney ultrasound image of a 7-year-old boy with TS caused by a pathogenic variant of the *TSC2* gene. Kidney image from the back. Multiple small AMLs and a large AML are detected in the upper pole of the kidney; corticomedullary differentiation is not visible.

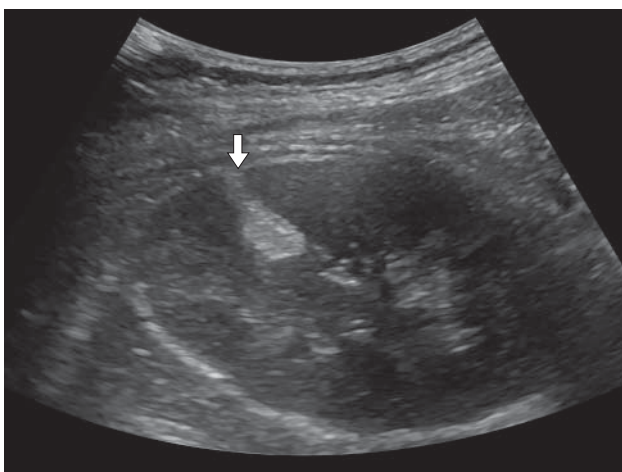


Рис. 5. Эхограмма почки мальчика 14 лет с ТС, обусловленным патогенным вариантом гена *TSC2*. АМЛ неправильной формы, вытянута от синуса к капсуле почки.

Fig. 5. Kidney ultrasound image of a 14-year-old boy with TS caused by a pathogenic variant of the *TSC2* gene. The AML is irregularly shaped, extending from the sinus to the renal capsule.

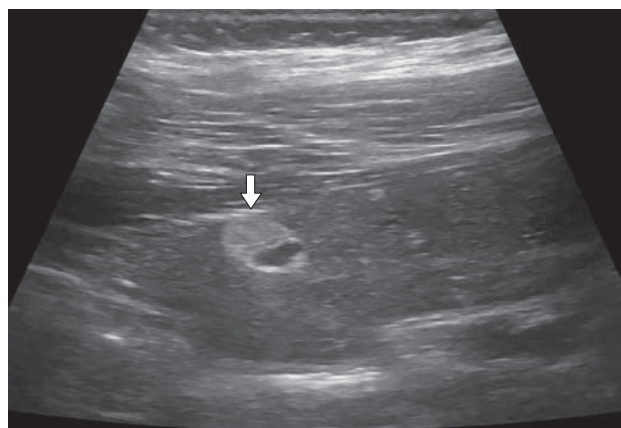


Рис. 6. Эхограмма почки мальчика 14 лет с ТС, обусловленным патогенным вариантом гена *TSC2*. В корковом слое почки определяется АМЛ овальной формы, с четкими ровными контурами.

Fig. 6. Kidney echogram of a 14-year-old boy with TS caused by a pathogenic variant of the *TSC2* gene. An oval-shaped AML with clear, smooth margins is detected in the renal cortex.

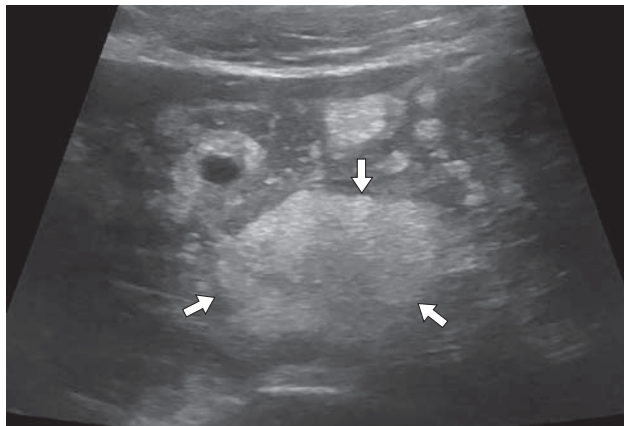


Рис. 7. Эхограмма почки девочки 13 лет с ТС, обусловленным патогенным вариантом гена *TSC2*. Крупная АМЛ представлена однородным гиперэхогенным образованием с четким неровным контуром, что свидетельствует о высоком содержании жировой ткани в ее структуре.

Fig. 7. Kidney ultrasound image of a 13-year-old girl with TS caused by a pathogenic variant of the *TSC2* gene. A large AML is represented by the homogeneous, hyperechoic lesion with a clear, irregular margins, indicating a high fat content.

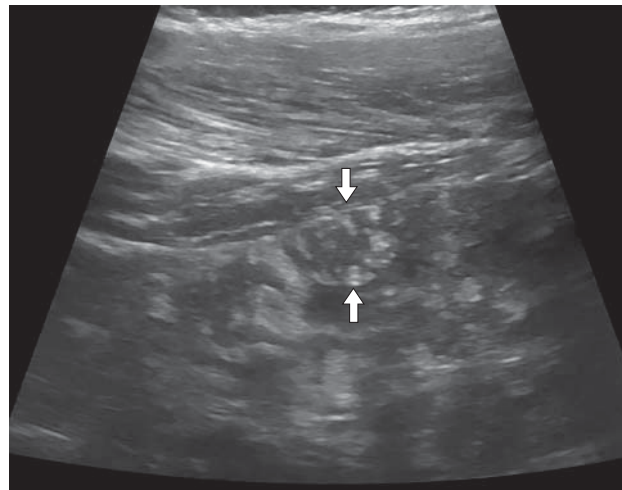


Рис. 8. Эхограмма почки девочки 12 лет с ТС, обусловленным патогенным вариантом гена *TSC2*. АМЛ с малым содержанием жира представлена неоднородным образованием с гипо- и гиперэхогенными участками ткани, с четкими неровными контурами.

Fig. 8. Kidney ultrasound image of a 12-year-old girl with TS caused by a pathogenic variant of the *TSC2* gene. AML with low fat content is represented by the heterogeneous lesion with hypo- and hyperechoic areas of tissue and clear, irregular outlines.

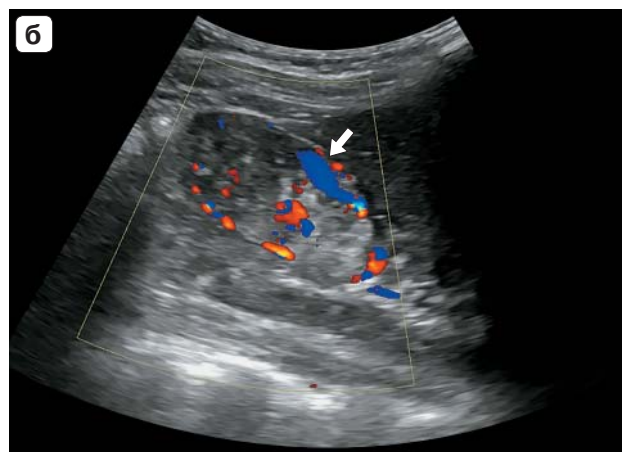
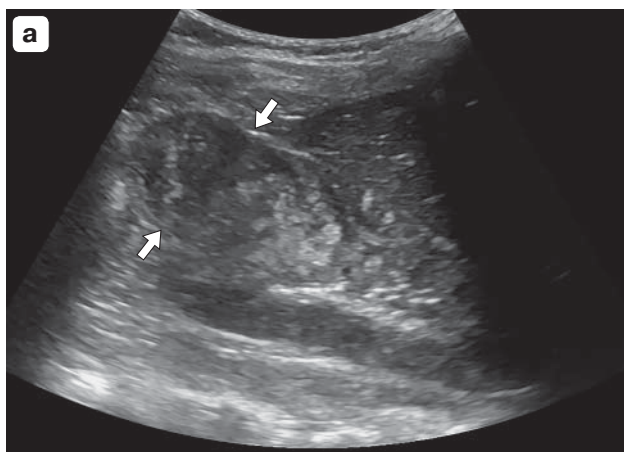


Рис. 9. Эхограмма почки мальчика 9 лет с ТС, обусловленным патогенным вариантом гена *TSC2*. **а** – АМЛ представлена крупным овальным неоднородным образованием, деформирующим контур почки и выходящим за ее пределы; с гипо- и гиперэхогенными участками ткани; **б** – в режиме ЦДК в структуре АМЛ определяются множественные расширенные извитые сосуды.

Fig. 9. Kidney ultrasound image of a 9-year-old boy with TS caused by a pathogenic variant of the *TSC2* gene. **a** – AML is a large, oval, heterogeneous lesion distorting the kidney outline and extending beyond it; with hypo- and hyperechoic areas of tissue; **b** – color Doppler imaging reveals multiple dilated, tortuous vessels within the AML.

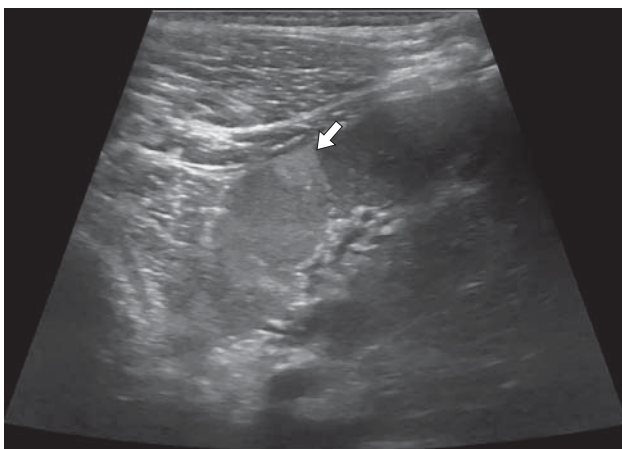


Рис. 10. Эхограмма почки мальчика 7 лет с ТС, обусловленным патогенным вариантом гена *TSC1*. АМЛ представлена гиперэхогенным образованием неправильной формы.

Fig. 10. Kidney ultrasound image of a 7-year-old boy with TS caused by a pathogenic variant of the *TSC1* gene. The AML is represented by the hyperechoic, irregularly shaped lesion.

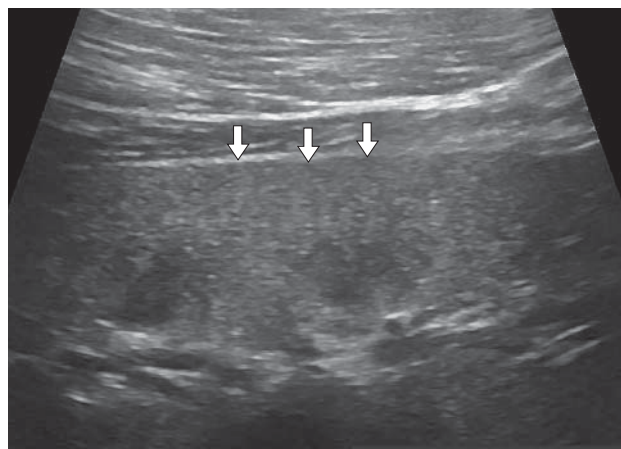


Рис. 11. Эхограмма почки девочки 12 лет с ТС, ассоциированным с патогенным вариантом гена *TSC1*. Чередующиеся между собой в корковом слое почки участки ткани повышенной и пониженной эхогенности.

Fig. 11. Kidney ultrasound image of a 12-year-old girl with TS associated with a pathogenic variant of the *TSC1* gene. Alternating hypo- and hyperechoic areas are seen within the renal cortex.

Ультразвуковая картина поражения почек кистами при ТС

Кисты почек при ТС встречаются чаще всего при патогенных вариантах гена *TSC2* и *TSC2/PKD1-CCF*. При патогенных вариантах гена *TSC2* кисты определяются единичные в срезе, расположенные преимущественно в корковом слое паренхимы почек и диаметром, в среднем не превышающим 5 мм. Кисты имеют четкий ровный контур и однородное анэхогенное содержимое (рис. 12). Напротив, при *TSC2/PKD1-CCF* почки резко увеличены в размерах за счет большого количества крупных кист. Кисты деформируют контур почки, сдавливают и истончают паренхиму. Они могут быть однокамерные и многокамерные, с однородным анэхогенным содержимым и гиперэхогенными включениями размером до 2–3 мм, которые дают четкую акустическую тень и “мерцающий” артефакт в режиме ЦДК (рис. 13, 14).

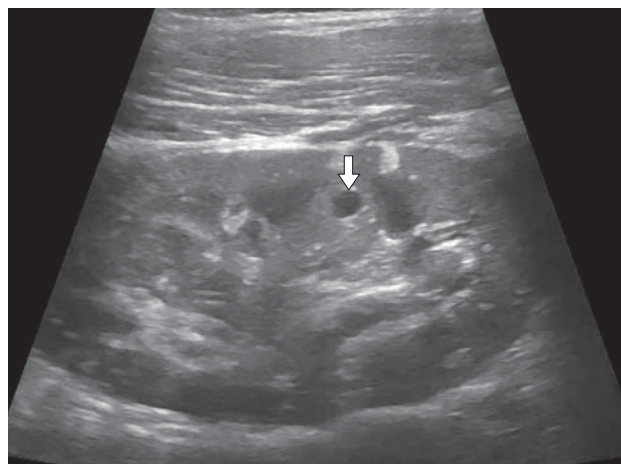


Рис. 12. Эхограмма почки девочки 6 лет с ТС, ассоциированным с патогенным вариантом гена *TSC2*. На фоне множественных АМЛ определяется единичная киста паренхимы почки.

Fig. 12. Kidney ultrasound image of a 6-year-old girl with TS associated with a pathogenic variant of the *TSC2* gene. A solitary renal parenchymal cyst is seen against a background of multiple AMLs.

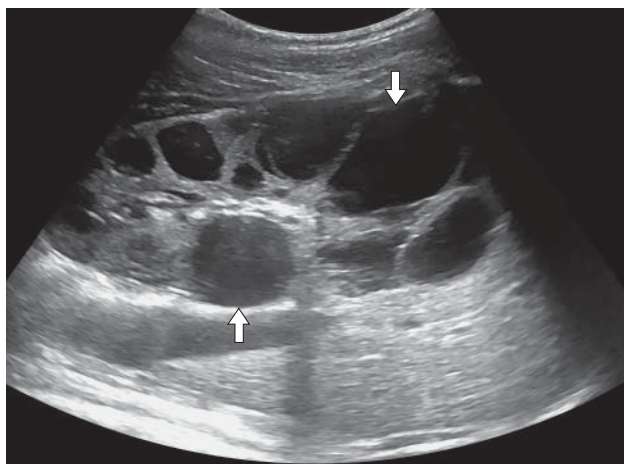


Рис. 13. Эхограмма почки мальчика 2 лет с ТС, ассоциированным с патогенным вариантом генов *TSC2/PKD1-CCG*. Множественные крупные кисты паренхимы почки.

Fig.13. Kidney ultrasound image of a 2-year-old boy with TS associated with a pathogenic variant of the *TSC2/PKD1-CGS*. Multiple large renal parenchymal cysts.

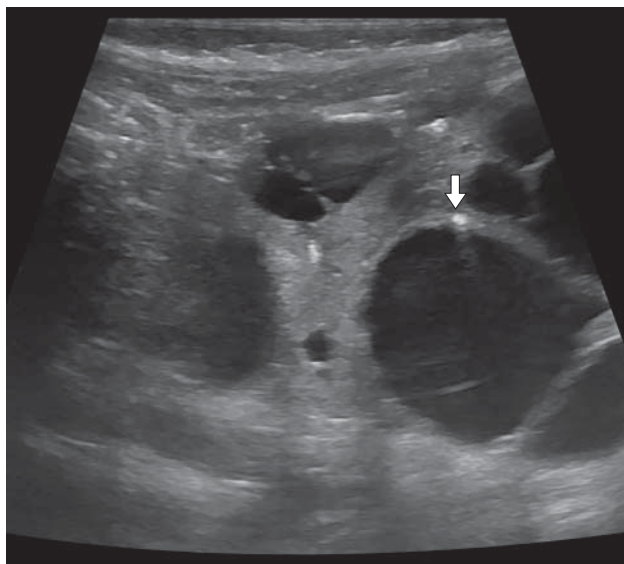


Рис. 14. Эхограмма почки мальчика 2 лет с ТС, ассоциированным с патогенным вариантом генов *TSC2/PKD1-CCG*. Множественные крупные кисты и пристеночные гиперэхогенные включения с акустической тенью.

Fig. 14. Kidney echogram of a 2-year-old boy with TS associated with a pathogenic variant of the *TSC2/PKD1-CGS*. Multiple large cysts and parietal hyperechoic inclusions with acoustic shadowing.

ОБСУЖДЕНИЕ

Туберозный склероз – это гетерогенное заболевание, которое обычно развивается уже в младенческом возрасте. В настоящее время наличие патогенной мутации в гене *TSC1* или *TSC2* считается достаточным основанием для постановки диагноза “туберозный склероз” независимо от клинических проявлений [22]. Однако важны и клинические диагностические критерии, поскольку в 25% случаев генетическое тестирование не обнаруживает мутацию у пациентов. Клинические критерии делятся на большие и малые признаки. Окончательный диагноз ставится при наличии как минимум двух больших признаков или одного большого и двух малых признаков. Наличие АМЛ почек относят к большим критериям, а множественных кист почек к малым критериям. Визуализация играет важную роль в диагностике ТС, поскольку позволяет своевременно выявить АМЛ и кисты, предположить диагноз и определить степень поражения органа. Большая часть доступной литературы посвящена частоте встречаемости и морфологическим характеристикам ТС, включающим в том числе поражение почек, но она в основном охватывает взрослых пациентов, несмотря на то, что международный регистр больных ТС – TOSCA включил в свой анализ более 1300 детей из 2065 пациентов с ТС [23]. Было проведено всего несколько исследований исключительно у детей [24–26], однако они были больше посвящены социально-демографическим вопросам, исследованию течения заболевания в популяции, выживаемости и собственным наблюдениям на малой выборке пациентов, без подробных иллюстративных исследований, посвященных визуализационным методам диагностики. Наше обследование большой для орфанного заболевания группы пациентов, основанное на выявлении поражения почек у детей с ТС ультразвуковым методом, продемонстрировало выраженные изменения почек у детей с мутациями *TSC2*, чем с мутациями *TSC1*. Это согласуется с результатами J.C. Kingswood и соавт. о том, что *TSC2* ассоциирован с более тяжелыми признаками заболевания, и о том, что генотип ТС является предиктором поражения почек [22, 26]. Преимущественное поражение

крупными многочисленными кистами группы пациентов с патогенным вариантом *TSC2/PKD1* обусловлено протяженными делециями, затрагивающими гены *TSC2* и *PKD1*. При этом установлена прямая молекулярно-генетическая связь между ТС и аутосомно-доминантной поликистозной болезнью почек, что связано с тесной локализацией генов *PKD1* и *TSC2* на коротком плече 16-й хромосомы, расстояние между которыми составляет лишь 48 пар оснований. Выявляемые при гистологическом исследовании кожных поражений пациентов с ТС пролиферация и расширение лимфатических и кровеносных сосудов [27] наводит на мысль о том, что визуализируемые в корковом слое почек у пациентов с *TSC1* типом поражения линейные чередующиеся участки ткани повышенной и пониженной эхогенности являются ничем иным как расширенными кровеносными и лимфатическими сосудами. А предположение некоторых авторов о связи происхождения АМЛ с периваскулярными эпителиоидными клетками, располагающимися вокруг сосудов [28], подтверждается нашим исследованием: у детей с ТС первых лет жизни АМЛ на ультразвуковом изображении представлены преимущественно тонкими линейными гиперэхогенными структурами, которые повторяют сосудистое дерево почки и располагаются преимущественно на уровне междольковых и дуговых артерий. Несмотря на то что МРТ является предпочтительным методом визуализации для диагностики и последующего наблюдения за поражениями почек, связанными с ТС, его в первую очередь выбирают для оценки крупных АМЛ (>30 мм) с целью мониторинга роста и осложнений, а у детей младшего возраста МРТ часто требует наркоза. Поэтому альтернативным простым и широкодоступным методом визуализации является УЗИ, позволяющее достоверно определять образования с высоким содержанием жира и кисты даже малых размеров, проследить их динамику роста, а ЦДК позволяет своевременно выявить ангиоэктазию и аневризмы крупных АМЛ, что может помочь избежать таких осложнений, как развитие спонтанных кровотечений. Помимо кровоизлияний, поражение почек при ТС может привести к постепенному замещению функциональной ткани, что приводит к раннему

снижению скорости клубочковой фильтрации и вторичной артериальной гипертензии. В настоящее время нами ведутся перспективные исследования оценки почечного кровотока у пациентов с ТС в режиме импульсно-волновой доплерометрии как предиктора развития хронической болезни почек.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Несмотря на то что ТС является редким заболеванием, мультисистемность поражения различных органов, в том числе почек, требует проведения точной и правильной инструментальной диагностики. Ультразвуковая диагностика является простым и эффективным методом обследования почек у детей с ТС. Малая осведомленность о различных вариантах поражения почек у детей с ТС может приводить к различным осложнениям, а необычная ультразвуковая картина не всегда трактуется специалистами правильно.

Проведенное исследование демонстрирует высокую диагностическую точность ультразвукового метода в оценке характера и динамики поражения почек у детей с ТС. Установлено, что ультразвуковая картина имеет четкую зависимость от генетического варианта заболевания. У пациентов с патогенными вариантами гена *TSC2* наблюдается наиболее агрессивное течение с формированием множественных крупных АМЛ, что приводит к прогрессирующему замещению почечной паренхимы и риску развития хронической болезни почек. Для носителей мутаций в гене *TSC1* характерен более благоприятный фенотип с преобладанием единичных АМЛ и минимальными кистозными изменениями.

Особого внимания заслуживает *TSC2/PKD1-CCG*, при котором ультразвуковая картина уже в раннем детском возрасте характеризуется массивным поликистозом, приводящим к значительному увеличению объема почек, компрессии паренхимы и высокому риску раннего развития артериальной гипертензии и обструктивной уропатии.

Таким образом, УЗИ является не только методом первичной диагностики поражения почек при ТС, но и ключевым инструментом для динамического мониторинга, позволяющим стратифицировать риск раз-

вития осложнений в зависимости от генетического варианта и возраста пациента. Своевременное выявление и правильная интерпретация специфических ультразвуковых признаков различных форм поражения почек при ТС необходимы для разработки персонализированного подхода к наблюдению и лечению, что, в конечном итоге, направлено на профилактику терминальной почечной недостаточности и жизнеугрожающих состояний, таких как спонтанные кровотечения из АМЛ.

Участие авторов

Пыков М.И. – подготовка и редактирование текста; подготовка, создание опубликованной работы; утверждение окончательного варианта статьи.

Валялов К.А. – концепция и дизайн исследования, проведение исследования, сбор и обработка данных, обзор публикаций по теме статьи, статистическая обработка данных, анализ и интерпретация полученных данных, написание текста.

Полецук Л.А. – подготовка и редактирование текста, участие в научном дизайне; подготовка, создание опубликованной работы.

Морозов С.Л. – написание текста, подготовка и редактирование текста, участие в научном дизайне, подготовка, создание опубликованной работы.

Authors' participation

Pykov M.I. – text preparation and editing, preparation and creation of the published work, approval of the final version of the article.

Valyalov K.A. – concept and design of the study, conducting research, collection and analysis of data, review of publications, statistical analysis, analysis and interpretation of the obtained data, writing text.

Poleshchuk L.A. – text preparation and editing, participation in scientific design, preparation and creation of the published work.

Morozov S.L. – writing text, text preparation and editing, participation in scientific design, preparation and creation of the published work.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ [REFERENCES]

- Kim S.Y. Insights into Tuberous Sclerosis Complex: From Genes to Clinics. *J. Korean Neurosurg. Soc.* 2025; 68 (3): 321–337. <https://doi.org/10.3340/jkns.2025.0035>
- Hyman M.H., Whittemore V.H. National Institutes of Health consensus conference: tuberous sclerosis complex. *Arch. Neurol.* 2000; 57: 662–665. <https://doi.org/10.1001/archneur.57.5.662>
- Дорофеева М.Ю., Белоусова Е.Д., Пивоварова А.М. Клинические рекомендации по диагностике и лечению tuberous sclerosis у детей. Детская неврология. Клинические рекомендации. Выпуск 1 / Под ред. В.И. Гузевой. С.-Пб, 2014: 194–228.
Dorofeeva M. Yu., Belousova E. D., Pivovarova A.M. Clinical guidelines for the diagnosis and treatment of tuberous sclerosis in children. *Pediatric Neurology. Clinical guidelines. Issue 1 / Ed. by V.I. Guzeva. St.-Petersburg, 2014: 194–228. (In Russian)*
- Plank T.L., Logginidou H., Klein Szanto A., Henske E.P. The expression of hamartin, the product of the TSC1 gene, in normal human tissues and in TSC1 and TSC2 linked angiomyolipomas. *Mod. Pathol.* 1999; 12 (5): 539–545.
- Dixon B.P., Hulbert J.C., Bissler J.J. Tuberous sclerosis complex renal disease. *Nephron Experimental Nephrol.* 2011; 118 (1): 15–20. <https://doi.org/10.1159/000320891>
- Морозов С.Л., Пирузиева О.Р., Дорофеева М.Ю. и др. Проблемы поликистоза почек у детей с tuberous sclerosis на современном этапе. *Медицинский оппонент.* 2022; 3 (19): 45–50.
Morozov S.L., Piruzieva O.R., Dorofeeva M.Yu. et al. Problems of polycystic kidney disease in children with tuberous sclerosis at the present stage. *Meditsinskiy opponent = Medical Opponent.* 2022; 3 (19): 45–50. (In Russian)
- Глазун Л.О., Кириченко Е.И., Полухина Е.В. и др. Возможности ультразвуковой диагностики в оценке поражений почек при tuberous sclerosis. *Здравоохранение Дальнего Востока.* 2012; 3 (53): 102–103.
Glazun L.O., Kirichenko E.I., Polukhina E.V. et al. Possibilities of ultrasound diagnostics in assessing kidney lesions in tuberous sclerosis. *Healthcare of the Far East.* 2012; 3 (53): 102–103. (In Russian)
- Глазун Л.О., Кириченко Е.И., Полухина Е.В., Радионова О.В. Ультразвуковая оценка поражений почек при tuberous sclerosis. *Ультразвуковая и функциональная диагностика.* 2012; 3: 99–105.
Glazun L.O., Kirichenko E.I., Polukhina E.V., Radionova O.V. Renal Ultrasound in Tuberous Sclerosis. *Ultrasound and Functional Diagnostics.* 2012; 3: 99–105. (In Russian)
- Rouvière O., Nivet H., Grenier N. et al. Kidney damage due to tuberous sclerosis complex: management recommendations. *Diagn. Interv. Imaging.* 2013; 94 (3): 225–237. <https://doi.org/10.1016/j.diii.2013.01.003>
- Морозов С.Л., Пирузиева О.Р., Дорофеева М.Ю., Тарасова О.В., Длин В.В. Ангиомиолипомы почек у детей при tuberous sclerosis – современное состояние проблемы. *Практическая медицина.* 2022; 20 (2): 45–49. <https://doi.org/10.32000/2072-1757-2022-2-45-49>
Morozov S.L., Piruzieva O.R., Dorofeeva M.Yu. et al. Angiomyolipomas of kidneys in children with tuberous sclerosis – current state of the problem. *Practical medicine.* 2022; 20 (2): 45–49. <https://doi.org/10.32000/2072-1757-2022-2-45-49> (In Russian)

11. Northrup H., Aronow M.E., Bebin E.M. et al. Updated international tuberous sclerosis complex diagnostic criteria and surveillance and management recommendations. *Pediatr. Neurol.* 2021; 123: 50–66. <https://doi.org/10.1016/j.pediatrneurol.2021.07.011>
12. Tyburczy M.E., Jozwiak S., Malinowska I.A. et al. A shower of second hit events as the cause of multifocal renal cell carcinoma in tuberous sclerosis complex. *Hum. Mol. Genet.* 2015; 24 (7): 1836–1842. <https://doi.org/10.1093/hmg/ddu597>
13. O'Callaghan F.J., Noakes M.J., Martyn Webb D.W. et al. A population study of renal disease in patients with tuberous sclerosis. *Br. J. Urol.* 1994; 74 (2): 151–154.
14. Osborne J.P. An epidemiological study of renal pathology in tuberous sclerosis complex. *BJU Int.* 2004; 94 (6): 853–857.
15. Eijkemans M.J., van der Wal W., Reijnders L.J. et al. Long-term follow-up assessing renal Angiomyolipoma treatment patterns, morbidity, and mortality: an observational study in tuberous sclerosis complex patients in the Netherlands. *Am. J. Kidney Dis.* 2015; 66 (4): 638–645. <https://doi.org/10.1053/j.ajkd.2015.05.016>
16. Flum A.S., Hamoui N., Said M.A. et al. Update on the diagnosis and management of renal angiomyolipoma. *J. Urol.* 2016; 195 (4, Pt 1): 834–846. <https://doi.org/10.1016/j.juro.2015.07.126>
17. Limavady A., Marlais M. The extent of kidney involvement in paediatric tuberous sclerosis complex. *Pediatr. Nephrol.* 2024; 39 (10): 2927–2937. <https://doi.org/10.1007/s00467-024-06417-2>
18. Mekahli D., Muller R.U., Marlais M. et al. Clinical practice recommendations for kidney involvement in tuberous sclerosis complex: a consensus statement by the ERKNet Working Group for Autosomal Dominant Structural Kidney Disorders and the ERA Genes & Kidney Working Group. *Nat Rev Nephrol.* 2024;
19. Wang C., Li X., Peng L. et al. An update on recent developments in rupture of renal angiomyolipoma. *Medicine (Baltimore)*. 2018; 97 (16): e0497. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000010497>
20. Черданцева С.Ю., Черданцева Ю.Е., Канайлова О.П., Свищева М.Е. Туберозный склероз у детей в практике врача ультразвуковой диагностики: обзор литературы с собственными клиническими наблюдениями. *Радиология–практика.* 2022; 2: 49–64. <https://doi.org/10.52560/2713-0118-2022-2-49-64>
- Cherdantseva S.Yu., Cherdantseva Yu.E., Kanailova O.P., Svishcheva M.E. Tuberous Sclerosis in the Practice of Ultrasound Specialist: a Literature Review with our Own Observations. *Radiology–Practice.* 2022; 2: 49–64. <https://doi.org/10.52560/2713-0118-2022-2-49-64> (In Russian)
21. Northrup H., Krueger D.A. et al. International Tuberous Sclerosis Complex Consensus Group Tuberous sclerosis complex diagnostic criteria update recommendations of the 2012 International Tuberous Sclerosis Complex Consensus Conference. *Pediatr. Neurol.* 2013; 49: 243–254. <https://doi.org/10.1016/j.pediatrneurol.2013.08.001>
22. Kingswood J.C., Belousova E., Benedik M.P. et al. Renal angiomyolipoma in patients with tuberous sclerosis complex: findings from the Tuberous Sclerosis registry to increase disease Awareness. *Nephrol. Dial. Transplant.* 2019; 34: 502–508. <https://doi.org/10.1093/ndt/gfy063>
23. Warncke J.C., Brodie K.E., Grantham E.C. et al. Pediatric renal angiomyolipomas in tuberous sclerosis complex. *J Urol.* 2017; 197: 500–506. <https://doi.org/10.1016/j.juro.2016.09.082>
24. Xu Z., Wu J., Xu G., Luo H. Abdominal ultrasonographic manifestations in pediatric patients with tuberous sclerosis complex. *Transl. Pediatr.* 2020; 9: 757–767. <https://doi.org/10.21037/tp-20-50>
25. Pearsson K., Bjork Werner J., Lundgren J. et al. Childhood tuberous sclerosis complex in southern Sweden: a paradigm shift in diagnosis and treatment. *BMC Pediatr.* 2023; 23: 329. <https://doi.org/10.1186/s12887-023-04137-4>
26. Ogorek B., Hamieh L., Hulshof H.M. et al. TSC2 pathogenic variants are predictive of severe clinical manifestations in TSC infants: results of the EPISTOP study. *Genet. Med.* 2020; 22: 1489–1497. <https://doi.org/10.1038/s41436-020-0823-4>
27. Sanchez N.P., Wick M.R., Perry H.O. Adenoma sebaceum of Pringle: a clinicopathologic review, with a discussion of related pathologic entities. *J. Cutan. Pathol.* 1981; 8: 395–403. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0560.1981.tb01028.x>
28. Bonetti F., Pea M., Martignoni G. et al. Clear cell (“sugar”) tumor of the lung is a lesion strictly related to angiomyolipoma—the concept of a family of lesions characterized by the presence of the perivascular epithelioid cells (PEC). *Pathology.* 1994; 26 (3): 230–236. <https://doi.org/10.1080/00313029400169561>

Ultrasound examination of kidney lesions in children with tuberous sclerosis

M.I. Pykov¹, K.A. Valyalov^{2*}, L.A. Poleshchuk², S.L. Morozov²

¹ Russian Medical Academy of Continuous Professional Education of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation; 2/1-1, Barrikadnaya str., Moscow 125993, Russian Federation

² Veltischev Research and Clinical Institute for Pediatrics and Pediatric Surgery, Pirogov Russian National Research Medical University; 2, Taldomskaya str., Moscow 125412, Russian Federation

Mikhail I. Pykov – MD, Doct. of Sci. (Med.), Professor, Head of the Department of Radiologic Diagnostics of Childhood, Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Moscow.
<https://orcid.org/0000-0003-3731-6263>

Kirill A. Valyalov – MD, Ultrasound Diagnostics Physician, X-ray Department, Veltischev Research and Clinical Institute for Pediatrics and Pediatric Surgery of the Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow. <https://orcid.org/0000-0002-2528-2601>

Lyubov A. Poleshchuk – MD, PhD (Med.), Head of the X-ray Department, Veltischev Research and Clinical Institute for Pediatrics and Pediatric Surgery of the Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow <https://orcid.org/0009-0002-3787-0432>

Sergey L. Morozov – MD, PhD (Med.), Leading Researcher, Department of Hereditary and Acquired Kidney Diseases named after Professor M.S. Ignatova, Veltischev Research and Clinical Institute for Pediatrics and Pediatric Surgery, Pirogov Russian National Research Medical University; Associate Professor of the Department of Hospital Pediatrics No. 2 of the Institute of Maternal and Child Health, Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow. <https://orcid.org/0000-0002-0942-0103>

Correspondence* to Dr. Kirill A. Valyalov – e-mail: kir.valyalov@mail.ru

Objective. To evaluate the ultrasound features of kidney lesions in children with tuberous sclerosis (TS), depending on genetic variant of the disease.

Materials and Methods. This cross-sectional study included children diagnosed with TS. B-mode ultrasound data from the kidneys of 137 children aged 1 month to 18 years were obtained. Of these, 27/137 patients (19.7%) had the pathogenic TSC1 variant, 76/137 (55.5%) had TSC2, 4/137 (2.9%) had TSC2/PKD1, and 30/137 (21.9%) had an unspecified genetic variant (diagnosis was established based on clinical criteria). An analysis of kidney ultrasound features was conducted depending on the genetic variant.

Results. According to ultrasound data, 85.4% (117/137) of patients had kidney lesions - cysts and angiomyolipomas (AML). For patients with pathogenic TSC1 variants, the most common kidney lesion was AML (59.3%), while patients with pathogenic TSC2 variants and TSC2/PKD1 contiguous gene syndrome (TSC2/PKD1-CGS) more often had combined AML and kidney cysts (51.3% and 100%, respectively). Multiple and large AML were most common in patients with pathogenic TSC2 variants, while patients with the TSC2/PKD1-CGS type of disease predominantly had multiple large cysts, which were visible in the first years of life.

Conclusion. Ultrasound is a simple and widely available diagnostic method that allows for timely assessment of kidney in children with TS, including at the diagnosis stage. This may be important for preventing complications such as spontaneous bleeding, aneurysms, and urodynamic disturbances.

Keywords: children; tuberous sclerosis; renal ultrasound; kidney damage; renal angiomyolipomas; polycystic disease

Conflict of interests. The authors have no conflicts of interest to declare.

Financing. This study was supported by the State Contract “Clinical and Molecular Genetic Criteria for Predicting the Efficacy of Targeted Therapy for Kidney Damage in Children with Tuberous Sclerosis”. No. 1024022200001-0-3.2.3;3.2.20, dated April 1, 2025.

Citation: Pykov M.I., Valyalov K.A., Poleshchuk L.A., Morozov S.L. Ultrasound examination of kidney lesions in children with tuberous sclerosis. *Ultrasound and Functional Diagnostics*. 2026; 32 (2): 35–48. <https://doi.org/10.24835/1607-0771-370> (In Russian)

Received: 24.11.2025.

Accepted for publication: 03.04.2026.

Published online: 03.06.2026.

ISSN 1607-0771(Print); ISSN 2408-9494 (Online)

<https://doi.org/10.24835/1607-0771-376>

Динамика размеров матки и яичников у здоровых девочек первых 13 мес жизни по данным ультразвукового исследования

Ч.М. Хизроева^{1*}, А.Б. Сугак², Е.А. Филиппова^{2, 3},З.Н. Батдалова^{1, 4}, М.И. Пыков³

¹ ООО “Детская клиника Кидней”; 367000 Махачкала, ул. Малыгина, д. 7, Российская Федерация

² ФГБУ “Национальный медицинский исследовательский центр акушерства, гинекологии и перинатологии имени академика В.И. Кулакова” Минздрава России; 117997 Москва, ул. Академика Опарина, д. 4, Российская Федерация

³ ФГБОУ ДПО “Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования” Минздрава России; 125993 Москва, ул. Баррикадная, д. 2/1, стр. 1, Российская Федерация

⁴ ФГБОУ ВО “Дагестанский государственный медицинский университет” Минздрава России; 367005 Махачкала, пл. Ленина, д. 1, Российская Федерация

Актуальность. Рост и развитие матки и яичников у девочек в раннем возрасте может оказывать влияние на репродуктивную функцию в дальнейшем. Ультразвуковая характеристика органов малого таза и референсные значения их размеров подробно описаны у девочек старших возрастных групп, в то время как данных об их состоянии на первом году жизни крайне мало.

Цель исследования: оценить размеры матки, яичников и фолликулов и динамику их роста у здоровых девочек первых 13 мес жизни по данным ультразвукового метода исследования.

Материал и методы. Ультразвуковое исследование органов малого таза проведено 342 здоровым девочкам в возрасте от 2 дней до 13 мес по стандартной методике линейными мультисекторными датчиками. Объем матки и яичников (см³) рассчитывали по формуле эллипса: $0,523 \times \text{длина} \times \text{ширина} \times \text{толщина}$ (см).

Хизроева Чакар Магомедовна – врач ультразвуковой диагностики ООО “Детская клиника Кидней”, Махачкала. <https://orcid.org/0009-0002-9006-0818>

Сугак Анна Борисовна – доктор мед. наук, ведущий научный сотрудник отдела ультразвуковой диагностики в неонатологии и педиатрии ФГБУ “НМИЦ акушерства, гинекологии и перинатологии имени академика В.И. Кулакова” Минздрава России, Москва. <https://orcid.org/0000-0003-4509-4154>

Филиппова Елена Александровна – канд. мед. наук, руководитель отдела ультразвуковой диагностики в неонатологии и педиатрии ФГБУ “НМИЦ акушерства, гинекологии и перинатологии имени академика В.И. Кулакова” Минздрава России; доцент кафедры лучевой диагностики детского возраста ФГБОУ ДПО “Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования” Минздрава России, Москва. <https://orcid.org/0000-0002-4964-1736>

Батдалова Зульфия Набиоллаевна – канд. мед. наук, ассистент кафедры педиатрии ФПК и ППС ФГБОУ ВО “Дагестанский государственный медицинский университет” Минздрава России; генеральный директор, врач ультразвуковой диагностики ООО “Детская клиника Кидней”, Махачкала. <https://orcid.org/0000-0002-8370-6986>

Пыков Михаил Иванович – доктор мед. наук, профессор, заведующий кафедрой лучевой диагностики детского возраста ФГБОУ ДПО “Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования” Минздрава России, Москва. <https://orcid.org/0000-0003-3731-6263>

Контактная информация*: Хизроева Чакар Магомедовна – chakar.khizroeva@mail.ru

Результаты. Матка визуализировалась у 100% обследованных девочек, оба яичника визуализировались у 79%. Медиана длины матки (вместе с шейкой) составила 29 мм (min–max 13–45 мм); длины яичника – 13 мм (min–max 8–32 мм). Траектория изменений размеров матки и яичников у девочек на первом году жизни различалась: объем матки был максимальным сразу после рождения, к 3 мес он уменьшался примерно в 2 раза и оставался таким до конца наблюдения; объем яичников увеличивался после рождения, достигая максимума к 2 мес, после чего уменьшался примерно в 2 раза к 4 мес и оставался таким (с небольшими колебаниями) до конца наблюдения (13 мес). Траектория изменений максимального размера фолликула повторяла траекторию объема яичников, но с меньшей амплитудой. В каждом яичнике определялось от 1 до 10 фолликулов в срезе (Me – 3). Медиана максимального размера фолликула в правом яичнике составила 5 мм (min–max – 2–16 мм), в левом – 4 мм (min–max – 2–19 мм). Различий размеров матки, яичников и фолликулов у девочек, находившихся на грудном и искусственном вскармливании, не выявлено.

Заключение. Размеры матки у девочек в норме максимальны сразу после рождения и значительно уменьшаются к 2 мес жизни. Размеры яичников и фолликулов, напротив, значительно увеличиваются к 2 мес жизни, уменьшаясь до исходного уровня к 4 мес, что может отражать временную активацию гипоталамо-гипофизарной системы ребенка после рождения. Вид вскармливания не влияет на размеры половых органов девочек на первом году жизни. Референсные значения размеров матки, яичников и фолликулов у здоровых девочек могут быть использованы в практической работе для дифференциальной диагностики физиологических и патологических состояний.

Ключевые слова: ультразвуковая диагностика; девочки; матка; яичники; фолликул

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии возможных конфликтов интересов.

Финансирование. Исследование проведено без спонсорской поддержки.

Цитирование: Хизроева Ч.М., Сугак А.Б., Филиппова Е.А., Батдалова З.Н., Пыков М.И. Динамика размеров матки и яичников у здоровых девочек первых 13 мес жизни по данным ультразвукового исследования. *Ультразвуковая и функциональная диагностика*. 2026; 32 (2): 49–61. <https://doi.org/10.24835/1607-0771-376>

Поступила в редакцию: 25.12.2025.

Принята к печати: 14.05.2026.

Опубликована online: 3.06.2026.

ВВЕДЕНИЕ

Ультразвуковое исследование (УЗИ) внутренних половых органов у девочек позволяет выявлять пороки их развития, а также другие патологические состояния, в том числе требующие неотложного хирургического вмешательства [1–4]. Помимо этого, изучение особенностей роста и развития матки и яичников может помочь установить причины нарушений репродуктивной функции в старшем возрасте. Широко распространенные эхографические нормативы размеров и структуры внутренних половых органов у девочек были разработаны и опубликованы в 80–90-е годы прошлого века, когда ультразвуковой метод диагностики стали использовать в педиатрической практике [5–9]. С тех пор изменилось не только состояние здоровья матерей и детей раннего возраста, но и значительно улучшились технические возможности ультразвукового оборудования. В последние годы появились

публикации, посвященные пересмотру нормативов морфометрических параметров органов малого таза у новорожденных на 1-й неделе жизни и у девочек старших возрастных групп, но современные данные о размерах и структуре матки и яичников у девочек на протяжении первого года жизни практически отсутствуют [10–17].

Цель исследования: оценить динамику размеров матки, яичников и фолликулов у здоровых девочек первого года жизни по данным ультразвукового метода исследования.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

За период с сентября 2020 г. по июль 2023 г. УЗИ органов малого таза проведено 342 девочкам в возрасте от 2 дней до 13 мес в клинике “Кидней” и в ГБУ Республики

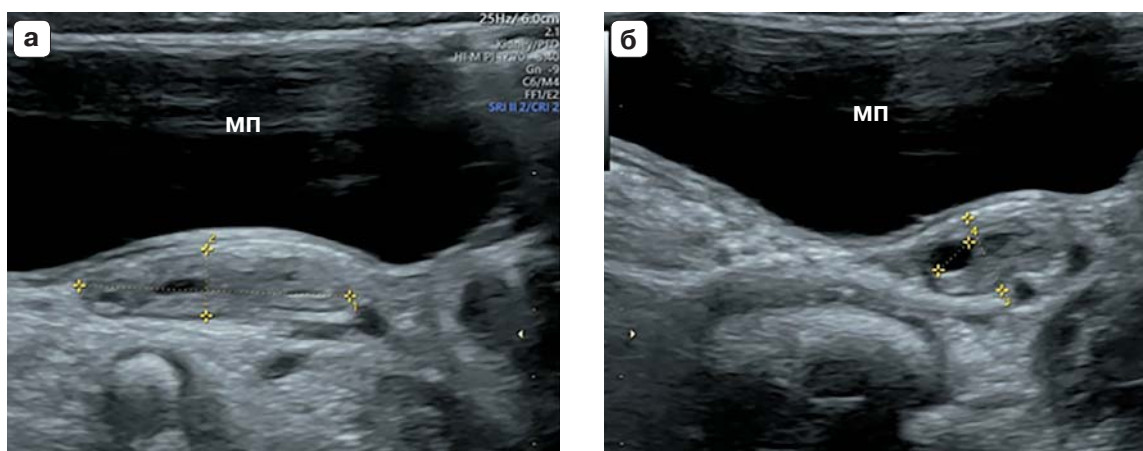


Рис. 1. Эхограммы органов малого таза девочки в возрасте 6 мес. а – продольный срез левого яичника (длина 20 мм, ширина 5 мм – помечено маркерами); б – поперечный срез левого яичника (толщина 6 мм – помечено маркерами). В срезе яичника 1–2 фолликула, максимальный диаметр фолликула 3 мм. МП – мочевого пузыря.

Fig. 1. Pelvic ultrasound images of a 6-month-old girl. a – longitudinal plane of the left ovary (length 20 mm, width 5 mm – marked with calipers), b – transverse plane of the left ovary (thickness 6 mm – marked with calipers). The ovarian section contains 1–2 follicles; the maximum follicle diameter is 3 mm. МП – urinary bladder.

Дагестан “Республиканский перинатальный центр им. Омарова С.-М.А.” (Махачкала).

УЗИ выполнялись в рамках профилактического осмотра органов брюшной полости и забрюшинного пространства по рекомендации педиатра или по желанию родителей. Критерии включения пациентов в исследование: женский пол ребенка, гестационный возраст при рождении >37 нед, масса тела при рождении >2500 г, возраст на момент УЗИ ≤13 мес, отсутствие врожденных пороков развития внутренних органов, эндокринологических и генетических заболеваний, а также других тяжелых заболеваний, влияющих на рост и физическое развитие ребенка. Критерии исключения: наличие в яичниках фолликулов размером более 20 мм (“простых” кист) [11, 18], наличие кист яичников “сложной” структуры любого размера по данным УЗИ ante и postnatalно. Все дети регулярно осматривались педиатром, клинических проявлений нарушения роста, физического и полового развития выявлено не было. Информированное согласие получено от родителей каждого пациента.

УЗИ органов малого таза проводилось трансабдоминально по стандартной методике [1–3] на аппаратах экспертного класса Voluson E8 (GE) и Logic E (GE) линейными

мультичастотными датчиками (9–12 МГц). Регистрировали длину, ширину и толщину матки и яичников (максимальные размеры в трех взаимно перпендикулярных плоскостях), максимальное количество фолликулов в срезе и максимальный размер фолликула в каждом яичнике, заполненность мочевого пузыря (рис. 1).

Длиной матки считали общую длину тела и шейки. “Большими” считали фолликулы диаметром более 9 мм [7]. Объем матки и каждого яичника (см³) рассчитывали по формуле эллипса: $\pi/6 (0,523) \times L \times W \times T$, где L, W, T – длина, ширина и толщина органа в см. При визуализации обоих яичников рассчитывали их суммарный объем (см³).

Статистический анализ

Результаты исследования обработаны стандартными статистическими методами с использованием программ Statistica v. 10.0 и SAS v. 9.4. Количественные данные представлены в виде медианы, минимального и максимального значений, 25-го и 75-го перцентилей (Me (min–max) 25%; 75%). Дискретные признаки представлены в абсолютных значениях и в процентах. Сравнения между группами проводили методом дисперсионного анализа. При необходимости для нормализации ре-

Таблица 1. Общая характеристика обследованных девочек
Table 1. General characteristics of the examined girls

Показатели		
Гестационный возраст, нед	Me (min–max) 25;75‰	39 (37–42) 38;40
Масса тела при рождении, г	Me (min–max) 25;75‰	3400 (2500–4880) 3120;3670
Рост при рождении, см	Me (min–max) 25;75‰	52 (39–59) 51;53
Оценка по шкале Апгар при рождении (на 1-й минуте), абс. (%):		
≥8 баллов		243 (71%)
<8 баллов		99 (29%)
Тип вскармливания, абс. (%):		
грудное		153 (45%)
смешанное		86 (25%)
искусственное		103 (30%)

грессионных остатков применялось преобразование Йео–Джонсона. Коэффициенты корреляции рассчитывали методами Спирмена и Пирсона. Графики динамики показателей построены с помощью интерполяции естественными кубическими сплайнами (natural cubic splines) с выбором узлов в виде списка процентилей от 5 до 95% с шагом 15% для учета нелинейности их зависимости от времени. Различия считали достоверными при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Общая клиническая характеристика девочек, включенных в исследование, представлена в табл. 1.

Обследованные девочки были распределены на 13 групп в соответствии с возрастом на момент проведения УЗИ (рис. 2).

На момент проведения УЗИ органов малого таза мочевой пузырь был заполнен

в 244 (71%) случаях, при этом матка визуализировалась у всех 342 (100%) обследованных девочек, оба яичника – у 274 (80%). Визуализация обоих яичников была затруднена у 41 (12%) ребенка, одного из яичников – у 30 (9%) (только правого яичника – у 12 (4%), только левого – у 18 (5%)).

Размеры матки и яичников у девочек первого года жизни представлены в табл. 2. Различий размеров правого и левого яичников не выявлено ($p > 0,05$).

При анализе объема матки в зависимости от возраста установлено, что он был максимальным после рождения (на первом месяце жизни – 2,37 (0,54–4,58) 1,68; 3,27 см³), после чего происходило его резкое уменьшение (примерно в 2 раза) к возрасту 2–3 мес (Me 1,31 (0,67–2,47) 0,98; 1,72 см³) (рис. 3). После 3 мес объем матки оставался примерно одинаковым на протяжении всего первого года жизни (на 13-м месяце – 1,49 (0,39–2,79) 1,29; 1,63 см³).

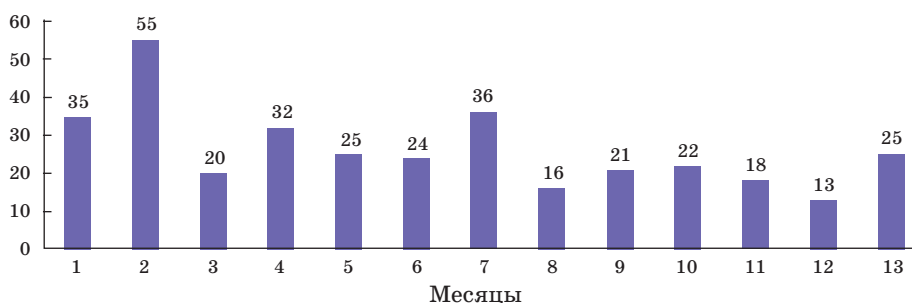


Рис. 2. Распределение обследованных девочек по группам в зависимости от возраста.

Fig. 2. Distribution of the examined girls into groups based on age.

Таблица 2. Размеры матки, правого и левого яичника (мм) у обследованных девочек (Me (min–max) 25;75%)
Table 2. Sizes of the uterus, right and left ovaries (mm) in the examined girls (Me (min–max) 25; 75%)

Возраст	Матка			Правый яичник			Левый яичник		
	длина	ширина	толщина	длина	ширина	толщина	длина	ширина	толщина
1-й месяц	34,4	10,1	12,4	12,4	6,7	6,8	12,0	7,6	7,0
	(27,0–45,0)	(4,4–16,6)	(8,4–18,3)	(8,8–19,6)	(4,6–12,6)	(5,0–13,3)	(9,1–21,0)	(5,5–12,0)	(4,5–13,6)
2-й месяц	31,0	9,0	12,0	15,0	8,0	8,1	15,2	8,1	8,2
	(24,4–39,4)	(6,0–15,3)	(6,5–18,6)	(9,6–32,1)	(4,2–21,5)	(4,5–22,3)	(9,4–32,1)	(4,3–19,8)	(5,1–19,9)
3-й месяц	27,5	8,6	11,1	13,6	7,9	7,1	14,3	7,5	8,4
	(20,9–34,4)	(5,9–11,5)	(7,9–14,0)	(9,0–23,4)	(5,4–10,8)	(5,2–12,6)	(7,5–23,0)	(4,5–11,0)	(3,9–12,5)
4-й месяц	29,6	9,0	10,9	13,4	7,3	7,2	13,5	7,6	7,2
	(21,2–38,6)	(5,4–12,4)	(7,8–16,1)	(9,9–23,0)	(5,4–14,0)	(4,8–12,9)	(9,2–21,0)	(5,2–11,0)	(4,6–11,7)
5-й месяц	28,5	9,1	11,1	15,5	8,2	7,8	16,0	7,8	7,9
	(23,2–37,0)	(6,0–12,0)	(6,6–14,9)	(10,3–22,3)	(4,3–12,0)	(5,8–13,0)	(9,7–27,7)	(4,9–11,2)	(4,8–14,0)
6-й месяц	25,7	8,0	10,4	13,3	6,6	6,5	12,7	6,3	6,4
	(13,0–38,0)	(5,4–10,7)	(9,0–14,1)	(8,7–21,0)	(4,6–12,0)	(3,6–13,0)	(9,2–22,0)	(4,5–9,8)	(4,6–10,2)
7-й месяц	28,1	8,6 (5,6–12,0)	11,0	13,2	7,3	7,0	12,9	7,2	7,0 (4,3–11,0)
	(18,1–37,2)	7,4;9,7	(7,6–14,4)	(8,7–27,2)	(4,4–12,0)	(4,1–12,0)	(7,5–17,7)	(4,0–11,0)	5,4;8,0
8-й месяц	26,1	8,5	11,2	13,5	7,0	7,0	12,5	7,2	6,8
	(20,0–31,3)	(6,8–11,0)	(8,7–14,0)	(7,6–20,0)	(4,2–12,0)	(3,8–11,0)	(7,4–20,0)	(3,9–12,0)	(3,4–12,0)
9-й месяц	26,9	8,1	10,7	12,7	6,2	6,2	11,2	6,2	6,1
	(22,8–32,7)	(6,4–10,4)	(7,0–14,1)	(8,3–18,3)	(4,7–10,9)	(5,0–10,7)	(9,1–17,0)	(4,1–8,3)	(4,7–12,0)
10-й месяц	27,4	7,9	10,5	12,6	6,5	7,0	11,6	6,0	6,0
	(21,0–35,0)	(6,0–11,5)	(8,9–14,1)	(8,2–21,0)	(4,3–9,2)	(4,6–9,8)	(8,2–15,0)	(4,1–9,4)	(4,2–9,2)
11-й месяц	24,9	9,0	11,3	13,4	7,8	7,2	14,0	7,2	7,0
	(20,1–31,0)	(6,8–10,8)	(9,0–16,0)	(8,7–21,4)	(4,6–10,0)	(5,0–10,6)	(8,7–22,0)	(4,0–12,0)	(4,2–10,2)
12-й месяц	27,0	9,0	11,0	12,7	6,5	7,2	11,9	6,1	7,0
	(22,0–32,2)	(5,8–11,6)	(9,1–14,0)	(11,0–13,7)	(4,9–8,6)	(5,8–10,0)	(10,7–17,0)	(4,7–8,9)	(5,6–10,0)
13-й месяц	27,4	8,9	11,8	12,7	7,0	6,9	13,1	7,2	6,9
	(19,4–31,4)	(5,4–14,2)	(7,1–16,0)	(10,3–24,7)	(5,0–10,6)	(3,0–10,5)	(9,0–28,0)	(4,5–12,7)	(4,5–11,2)
Всего	28,7	8,9	11,3	13,5	7,2	7,2	13,2	7,2	7,0
	(13,0–45,0)	(4,4–16,6)	(6,5–18,6)	(7,6–32,1)	(4,2–21,5)	(3,0–22,3)	(7,4–32,1)	(3,9–19,8)	(3,4–19,9)
	25,5;31,4	7,8;10,0	10,1;12,5	11,6;16,4	6,0;8,4	6,1;9,0	11,3;16,2	6,0;8,5	5,9;8,8

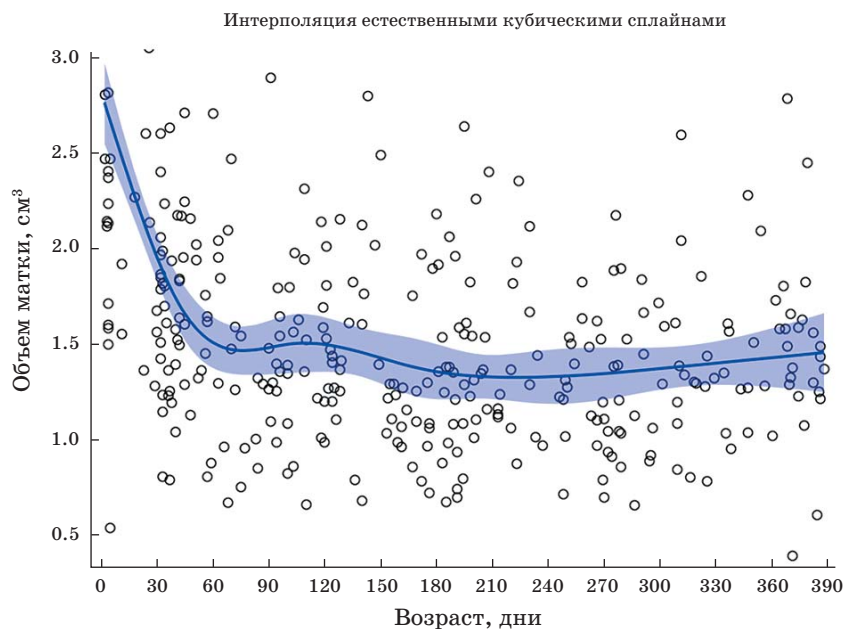


Рис. 3. График распределения объема матки (см³) в зависимости от возраста (дни) обследованных девочек.

Fig. 3. Graph of uterine volume distribution (cm³) depending on age (days) in the examined girls.

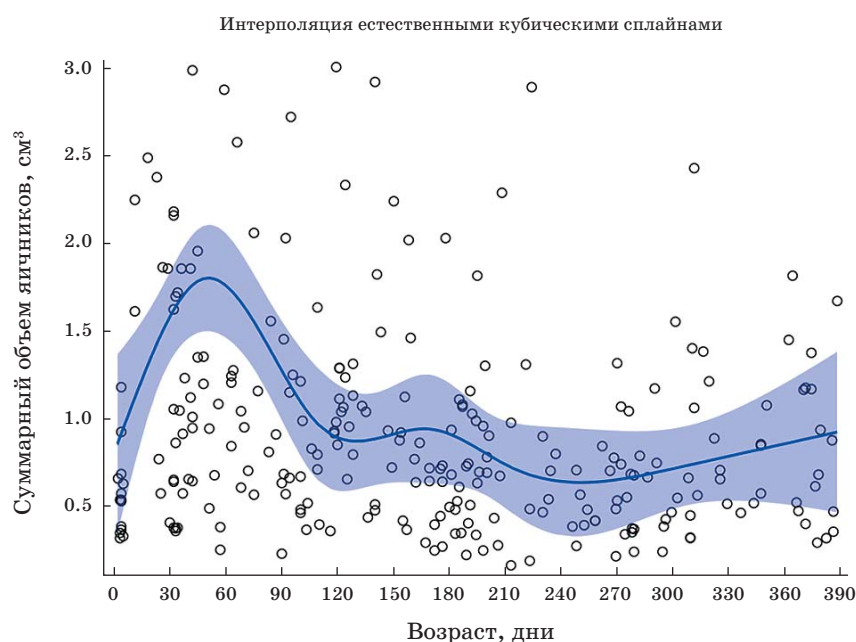


Рис. 4. График распределения суммарного объема яичников (см³) в зависимости от возраста (дни) у обследованных девочек.

Fig. 4. Graph of total ovarian volume distribution (cm³) depending on age (days) in the examined girls.

При анализе суммарного объема яичников в зависимости от возраста установлено, что он увеличивался после рождения (на 1-м месяце жизни – 0,63 (0,32–2,49) 0,41;1,61 см³) и был наибольшим у девочек в возрасте 2 мес жизни (1,10 (0,25–12,34) 0,65;1,95 см³), после чего происходило его выраженное уменьшение (примерно в 2 раза) к 4-м месяцам жизни (0,84 (0,36–3,01) 0,57;1,21 см³) с небольшим увеличением

между 5-м и 6-м месяцем (рис. 4). С 7-го месяца жизни объем яичников у девочек оставался примерно одинаковым до года (до окончания периода наблюдения) (на 13-м месяце жизни – 0,78 (0,29–1,81) 0,47;1,17 см³).

Фолликулы удалось визуализировать во всех доступных осмотру яичниках. В каждом яичнике определялось от 1 до 10 фолликулов в срезе (Ме справа и слева – 3, 25;

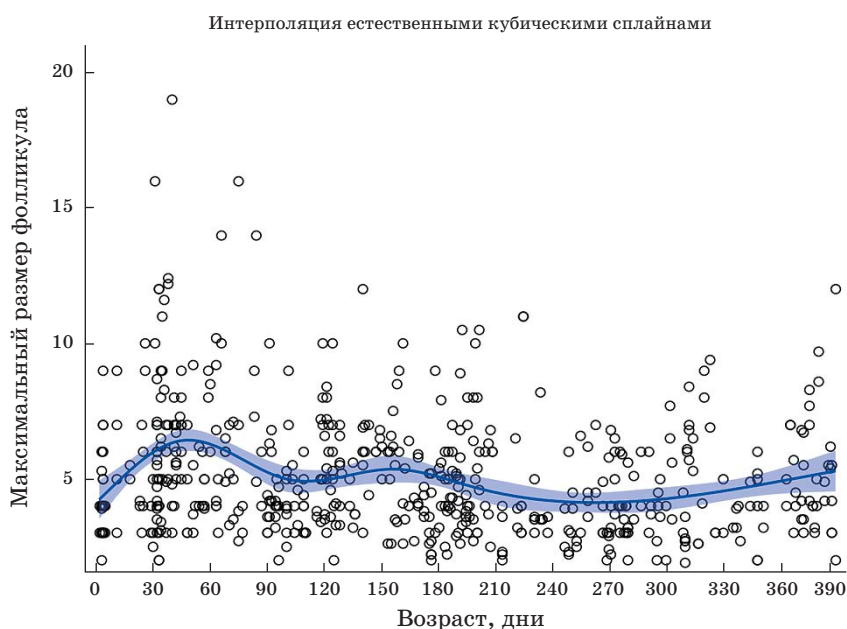


Рис. 5. График распределения максимального размера фолликула (мм) в зависимости от возраста (дни) у обследованных девочек.

Fig. 5. Graph of maximum follicle size distribution (mm) depending on age (days) in the examined girls.

75‰ – 3;4). Максимальный размер фолликула в правом яичнике составил 4,7 (2,0–16,0) 3,6;6,0 мм, в левом – 4,1 (1,9–19,0) 3,3;6,0 мм. Различий в количестве фолликулов в срезе и в максимальных размерах фолликула между правым и левым яичником не выявлено ($p > 0,05$).

При анализе изменений максимального размера фолликула в зависимости от возраста установлено, что он повторял график изменений суммарного объема яичников, но с меньшей амплитудой – с увеличением после рождения и максимумом между 1-м и 2-м месяцем жизни, с небольшим спадом между 3-м и 4-м месяцем, повторным увеличением к 5-му месяцу, уменьшением к 7-му месяцу, после чего размер был примерно одинаковым до 13 мес (до окончания периода наблюдения) (рис. 5).

Обнаружена умеренно выраженная статистически значимая ($p < 0,001$) положительная связь объемов правого и левого яичников с количеством фолликулов в срезе ($r = 0,46$ и $r = 0,41$ соответственно) и с максимальным размером фолликула ($r = 0,57$ и $r = 0,62$ соответственно).

“Большие” фолликулы (диаметром более 9 мм) [7] обнаружены в яичниках у 21 (6%) девочки, причем у 5 из них “большие”

фолликулы визуализировались в обоих яичниках. У трех девочек максимальный диаметр фолликула превышал 15 мм – у двух по 16 мм, у одной – 19 мм (рис. 6). Эти 3 ребенка были обследованы в динамике – на 2-м и 3-м году жизни ультразвуковой патологии органов малого таза не выявлено, диаметр фолликулов не превышал 3–4 мм.

Наличие более 5 фолликулов в срезе одного яичника отмечалось у 33 (10%) обследованных девочек, причем у 9 из них более 5 фолликулов в срезе визуализировалось в обоих яичниках (рис. 7). У одного ребенка наряду с большим количеством фолликулов в срезе обоих яичников (6–8) был большим диаметр фолликулов (максимально до 12 мм с обеих сторон). Девочка также была обследована в динамике на втором году жизни – в срезе каждого яичника определялось до 3 фолликулов диаметром до 3–4 мм.

При дисперсионном анализе нормализованных данных с учетом возраста ребенка не было выявлено различий размеров и объема яичников и матки, максимального размера фолликула и количества фолликулов в срезе в зависимости от типа вскармливания (грудного или искусственного различными молочными смесями) ($p > 0,05$).

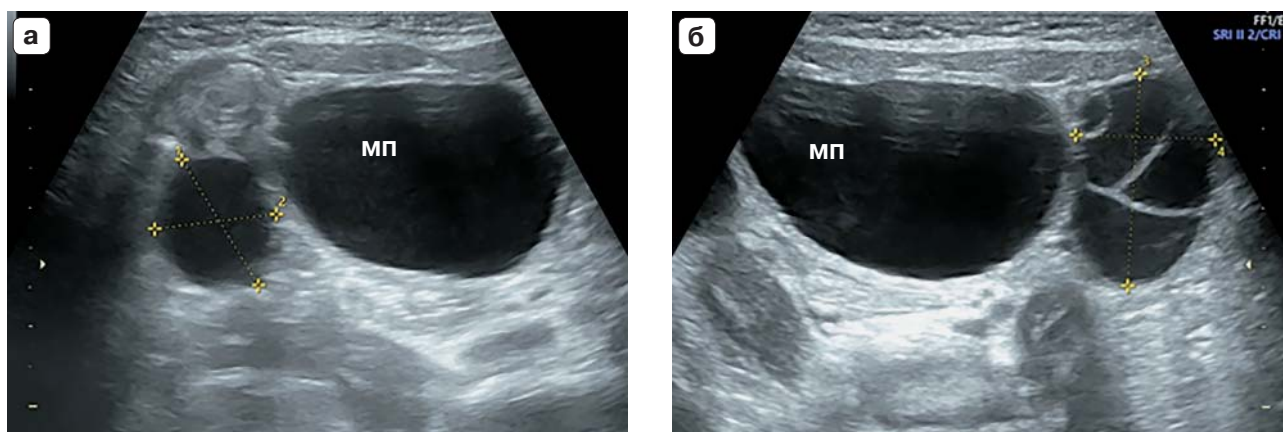


Рис. 6. Эхограмма органов малого таза девочки в возрасте 1 мес. **а** – поперечный срез правого яичника, фолликул размерами 19×16 мм (помечен маркерами); **б** – продольный срез левого яичника, размеры яичника 27×18 мм (помечен маркерами), в срезе 4 фолликула. МП – мочевого пузыря.

Fig. 6. Pelvic ultrasound of a 1-month-old girl. **a** – transverse plane of the right ovary, follicle measuring 19×16 mm (marked with calipers); **b** – longitudinal plane of the left ovary, ovary measuring 27×18 mm (marked with calipers), 4 follicles in the section. МП – urinary bladder.

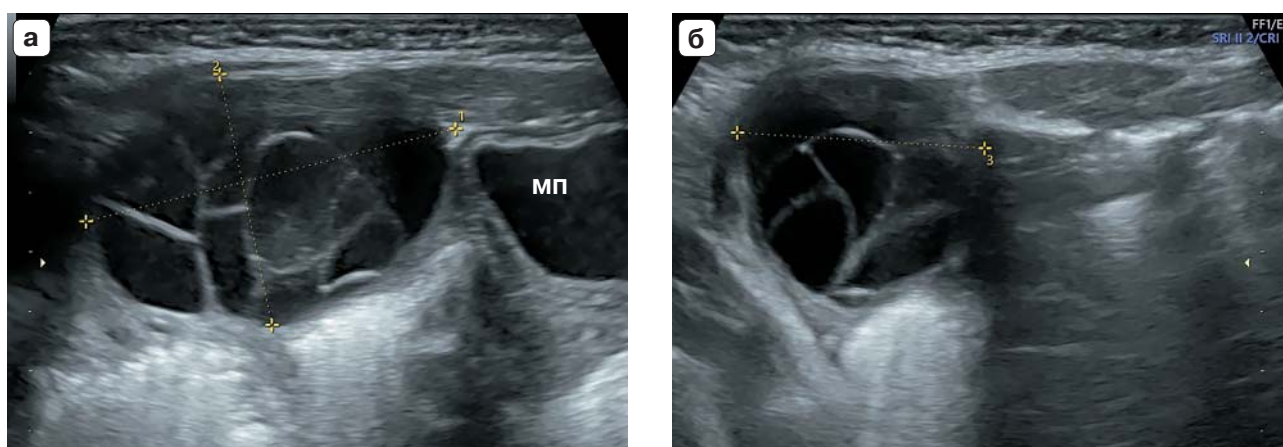


Рис. 7. Эхограмма органов малого таза девочки в возрасте 1 мес. **а** – продольный срез правого яичника (длина яичника 32 мм, ширина 22 мм – помечено маркерами); **б** – поперечный срез правого яичника (толщина яичника 21 мм – помечено маркерами). В срезе яичника до 10 фолликулов, максимальный диаметр фолликула 11 мм. МП – мочевого пузыря.

Fig. 7. Pelvic ultrasound of a 1-month-old girl. **a** – longitudinal plane of the right ovary (ovary length 32 mm, width 22 mm – marked with calipers); **б** – transverse plane of the right ovary (ovary thickness 21 mm – marked with calipers). The ovarian section contains up to 10 follicles, with a maximum follicle diameter of 11 mm. МП – urinary bladder.

ОБСУЖДЕНИЕ

Для определения нормативов размеров матки и яичников и исследования динамики их роста на первом году жизни нами было проведено УЗИ органов малого таза у представительной группы здоровых девочек (342 ребенка) в возрасте от 2 сут до 13 мес жизни. Исследования проводились на аппаратах экспертного класса мультисекторными линейными датчиками, благодаря чему удалось визуализировать матку в 100% случаев, оба яичника – в 80% случаев.

Матка у новорожденных и девочек первых месяцев жизни имеет цилиндрическую или грушевидную форму с преобладанием шейки, причем граница между телом и шейкой матки видна нечетко, поэтому измеряют общую длину матки вместе с шейкой [1]. Полученные в нашем исследовании размеры матки у девочек первого года жизни (длина 28,7 (13,0–45,0) мм, толщина 11,3 (6,5–18,6) мм, ширина 8,9 (4,4–16,6) мм) соответствуют данным других исследователей, согласно которым длина матки составляет в среднем 30–40 мм (разброс значений от 25 до 50 мм), толщина матки у новорожденных – 8–15 мм, ширина – 10–20 мм [3, 5, 6, 10, 12, 13, 15].

Объем матки разные исследователи предлагают рассчитывать по формуле эллипсоида ($4\pi/3 \times L/2 \times W/2 \times D/2 = 0,523 \times L \times W \times D$, где L, W, D – максимальные размеры органа в трех сечениях – сагиттальном, поперечном и передне-заднем) или по формуле цилиндра ($2\pi \times L/2 \times W/2 \times D/2 = 0,785 \times L \times W \times D$) [2, 17]. Средний объем матки у новорожденных по данным нескольких исследований в норме составлял 5–10 см³, разброс значений – от 2 до 16 см³ [6, 10, 14]. В нашем исследовании расчет объема матки проводился по формуле эллипсоида. У девочек на первом месяце жизни (в периоде новорожденности) он составил 2,37 см³, разброс значений 0,54–4,58 см³, что несколько меньше, чем в опубликованных ранее другими авторами работах. Различия могут быть связаны с разными формулами, выбранными для расчета, а также с использованием в нашем исследовании ультразвуковых датчиков с высоким разрешением, что позволило более точно визуализировать границы органа.

Анализ объема матки у обследованных нами девочек первого года жизни в зависи-

мости от возраста продемонстрировал, что сразу после рождения объем был максимальным, затем значительно уменьшался (примерно в 2 раза) к возрасту 2–3 мес и далее оставался на одном уровне с незначительными колебаниями до конца периода наблюдения (13 мес). Такие же результаты были получены в работах Т. Kuirri-Hanninen и соавт. и R.H. Nguyen и соавт., которые проспективно исследовали изменения размеров эстроген-чувствительных органов у небольших групп здоровых детей на протяжении первых месяцев жизни [14, 15].

У обследованных нами девочек первого года жизни размеры яичников составили: справа – длина 13,5 (7,6–32,1) мм, толщина 7,2 (3,0–22,3) мм, ширина 7,2 (4,2–21,5) мм; слева – длина 13,2 (7,4–32,1) мм, толщина 7,0 (3,4–19,9) мм, ширина 7,2 (3,9–19,8) мм. Согласно работам Н.И. Кохно и соавт. и S.L. Kaplan и соавт., у новорожденных средняя длина яичника была от 7 до 10 мм (разброс значений от 3 до 28 мм) [10, 13], что несколько меньше, чем полученные нами данные для девочек первого месяца жизни. Различия могут объясняться тем, что в указанных работах проводилось обследование детей только на 1-й неделе жизни, когда размеры яичников минимальны. Данные об абсолютных размерах яичников у девочек старше 1 мес жизни в исследованиях других авторов не приводятся.

Для расчета объема яичника используют формулу вытянутого эллипсоида ($0,523 \times L \times W \times D$, где L, W, D – максимальные размеры органа в трех сечениях в см). По данным нашей работы у девочек на первом году жизни правый яичник имел объем 0,37 (0,08–8,05) см³, левый – 0,35 (0,07–4,91) см³. У девочек в первые недели жизни референсные значения среднего объема одного яичника, по данным разных авторов, составляют от 0,13 до 1,1 см³ [7, 9–13, 16]. По данным Н.Л. Cohen и соавт., у девочек от 1 дня до 12 мес объем яичников в среднем немного превышает 1 см³, верхняя граница нормы до 3 мес – до 3,6 см³, в 4–12 мес – 2,7 см³ [7].

При анализе суммарного объема яичников в зависимости от возраста у обследованных нами девочек первого года жизни установлено, что после рождения он увеличился примерно в 2 раза, достигая максимума между 2-м и 3-м месяцем жизни, после чего уменьшался к 4 мес жизни примерно

до исходного уровня и оставался таким (с небольшими колебаниями) до конца наблюдения (13 мес). Такая же динамика объема яичников отмечена в проспективных исследованиях Н.В. Chin и соавт. и R.H. Nguyen и соавт. [11, 14]. По данным этих авторов, объем яичников прямо ассоциировался с количеством обнаруженных фолликулов ($p < 0,0001$) [11, 14]. Согласно полученным нами данным, объем яичников прямо ассоциировался как с количеством, так и с максимальным диаметром фолликулов ($p < 0,001$).

Мнения о нормативах количества и размеров фолликулов яичников у девочек раннего возраста на сегодняшний день весьма противоречивы. Ранее считалось, что в нейтральном периоде яичники имеют однородную структуру и малые размеры, а кисты в них встречаются крайне редко, однако в настоящее время установлено, что в подавляющем большинстве случаев в этом возрасте структура яичников неоднородна за счет наличия фолликулов [12, 14]. Согласно отечественным рекомендациям, в норме у новорожденных диаметр фолликула составляет 5 мм, однако возможный разброс значений не приводится [3, 4]. По данным Н.И. Кохно и соавт. (2014), верхняя граница нормы размеров фолликулов у новорожденных на 1-й неделе жизни составляла 8 мм [13]. В то же время в проспективном исследовании Н.Л. Cohen и соавт. (1992) разброс размеров фолликулов в яичниках у здоровых девочек был больше: в возрасте до 3 мес – 1–14 мм, в возрасте 3–12 мес – 2–13 мм [7]. Фолликулы размером более 9 мм, которые встречались в 21% всех визуализируемых яичников у девочек на первом году жизни, авторы предложили называть “макрокистами” [7]. Еще в одном проспективном исследовании (Н.В. Chin и соавт., 2021) у новорожденных медиана максимального диаметра фолликула была 2 мм, к 4 нед она увеличивалась до 8 мм и оставалась такой же до конца наблюдения (9 мес); разброс значений оказался гораздо больше, чем считалось ранее, и составил от 1 до 20 мм [11]. В исследовании R.H. Nguyen и соавт. (2016) у девочек на первом году жизни суммарное количество фолликулов в обоих яичниках варьировало от 0 до 11, что предложено было считать верхней границей нормы [14]. В наше исследование были включены девочки, у которых мак-

симальный размер фолликула был менее 20 мм, что расценивалось как вариант нормы [11, 18]. На первом году жизни у обследованных нами детей медиана максимального размера фолликула составила 4,1–4,7 мм, что соответствует общепринятым данным, в то же время разброс значений совпадал с результатами исследования Н.В. Chin и соавт., составляя от 1,9 до 19,0 мм [3, 4, 11]. Фолликулы диаметром от 10 до 19 мм в нашем исследовании обозначались как “большие фолликулы”, а не как “макрокисты”. На наш взгляд, при описании нормальных структур термин “большие фолликулы” более уместен. Фолликулы указанного размера обнаружены нами у 6% девочек. Медиана количества фолликулов в срезе одного яичника в нашем исследовании – 3, разброс значений – 1–10, что больше, чем в работе R.H. Nguyen и соавт. [14].

Многие исследователи отмечают, что размеры яичников широко варьируют во всех возрастных группах в результате наличия разного количества фолликулов и разного их размера [1, 10, 12, 14]. Основным фактором, стимулирующим развитие фолликулов (как их количество, так и индивидуальный размер каждого фолликула), являются гонадотропины. Вероятно, выявленные нами особенности изменения размеров яичников и фолликулов у девочек в первые месяцы жизни отражают временную активацию гипоталамо-гипофизарно-половой системы – минипубертат [15].

Рядом исследователей предполагалось, что одной из причин увеличения фолликулов у девочек на первом году жизни может быть влияние материнских эстрогенов при грудном вскармливании или фитоэстрогенов при использовании смесей на основе сои [3, 11, 14, 19]. Однако научные исследования это не подтвердили: R.H. Nguyen и соавт. и Н.В. Chin и соавт. не обнаружили различий размеров матки, яичников и грудных желез у девочек первого года жизни в зависимости от вида вскармливания (грудное, смеси на основе коровьего молока и на основе сои) [11, 14]. Более того, по данным J.M. Gilchrist и соавт., у девочек в возрасте 4 мес, получавших смеси на основе коровьего молока, объем яичников ($p < 0,05$) и количество фолликулов в них ($p < 0,01$) были больше, чем у девочек на грудном вскармливании [19]. У обследованных нами детей

размеры и объемы яичников и матки, максимальный размер фолликула и количество фолликулов в срезе не различались в зависимости от типа вскармливания (грудным молоком или искусственными молочными смесями).

Ограничениями нашего исследования было то, что оно не являлось проспективным, а было поперечным обсервационным. Для выяснения причин столь значимых изменений размеров и объема матки и яичников, столь выраженного разброса значений диаметра и количества фолликулов у девочек на первом году жизни необходимо дополнительное исследование, в первую очередь, уровня гонадотропных гормонов, а также других факторов, что в данной работе не проводилось.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Размеры матки у девочек в норме максимальны сразу после рождения и значительно (примерно в 2 раза) уменьшаются к 2 мес жизни, оставаясь такими на протяжении первого года жизни. Размеры яичников и фолликулов, напротив, значительно увеличиваются к 2 мес жизни, уменьшаясь до исходного уровня к 4 мес, что может отражать временную активацию гипоталамо-гипофизарной системы после рождения (минипубертат). Вид вскармливания (грудное или искусственное) не влияет на размеры половых органов девочек на первом году жизни. Полученные результаты референсных значений размеров органов малого таза и данные о верхней границе нормы размеров и количества фолликулов у здоровых девочек могут быть использованы в практической работе для дифференциальной диагностики физиологических и патологических состояний.

Участие авторов

Хизроева Ч.М. – проведение исследования, сбор и статистическая обработка данных, обзор публикаций по теме статьи, анализ и интерпретация полученных данных, подготовка и редактирование текста.

Сугак А.Б. – обзор публикаций по теме статьи, подготовка и редактирование текста, ответственность за целостность всех частей статьи.

Филиппова Е.А., Батдалова З.Н., Пыков М.И. – концепция и дизайн исследования, утверждение окончательного варианта статьи.

Authors' participation

Khizroeva Ch.M. – conducting research, collection and statistical analysis of data, review of publications, analysis and interpretation of the obtained data, text preparation and editing.

Sugak A.B. – review of publications, text preparation and editing, responsibility for the integrity of all parts of the article.

Filippova E.A., Z.N.Batdalova Z.N., Pykov M.I. – concept and design of the study, approval of the final version of the article.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ [REFERENCES]

1. Озерская И.А., Пыков М.И., Заболотская Н.В. Эхография репродуктивной системы девочки, подростка, девушки. М.: Издательский дом Видар-М, 2007. 344 с.
Ozerskaya I.A., Pykov M.I., Zabolotskaya N.V. Echography of the reproductive system of a girl, teenager, young woman. Moscow: Vidar-M, 2009. 344 p. (In Russian)
2. Захарова Л.В., Кондакова В.Т., Пыков М.И. Ультразвуковая диагностика в детской гинекологии. В кн.: Пыков М.И., Ватолин К.В. (ред.). Клиническое руководство по ультразвуковой диагностике в педиатрии. М.: Издательский дом Видар-М, 2006: 517–539.
Zakharova L.V., Kondakova V.T., Pykov M.I. Ultrasound diagnostics in pediatric gynecology. In: Pykov M.I., Vatolin K.V. (eds). Clinical guide for ultrasound diagnostics in pediatrics. Moscow: Vidar-M, 2006. 517–539. (In Russian)
3. Васильев А.Ю., Ольхова Е.Б. Ультразвуковая диагностика в неотложной детской практике: Руководство для врачей. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2010. 832 с.
Vasiliev A.Yu., Olkhova E.B. Ultrasound diagnostics in emergency pediatric practice: a guide for doctors. Moscow: GEOTAR, 2010. 832 p. (In Russian)
4. Неонатальные хирургические заболевания у девочек. В кн.: Иванов Д.О., Рухляда Н.Н. Детская и подростковая гинекология: Руководство для врачей. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2024: 193–205.
Neonatal surgical diseases in girls. In: Ivanov D.O., Rukhlyada N.N. (eds). Pediatric and adolescent gynecology: a guide for doctors. Moscow: GEOTAR-Media, 2024: 193–205 (In Russian)
5. Nussbaum A.R., Sanders R.C., Jones M.D. Neonatal uterine morphology as seen on real-time US. *Radiology*. 1986; 160 (3): 641–643. <https://doi.org/10.1148/radiology.160.3.3526401>
6. Hata K., Nishigaki A., Makihara K. et al. Ultrasonic evaluation of the normal uterus in the neonate. *J. Perinat. Med.* 1989; 17 (4): 313–317. <https://doi.org/10.1515/jpme.1989.17.4.313>
7. Cohen H.L., Shapiro M.A., Mandel F.S., Shapiro M.L. Normal ovaries in neonates and infants: a sonographic study of 77 patients 1 day to 24 months old. *Am. J Roentgenol.* 1993; 160 (3): 583–586. <https://doi.org/10.2214/ajr.160.3.8430559>

8. Haber H.P., Mayer E.I. Ultrasound evaluation of uterine and ovarian size from birth to puberty. *Pediatr. Radiol.* 1994; 24 (1): 11–13. <https://doi.org/10.1007/BF02017650>
9. Griffin I.J., Cole T.J., Duncan K.A. et al. Pelvic ultrasound measurements in normal girls. *Acta Paediatr.* 1995; 84 (5): 536–543. <https://doi.org/10.1111/j.1651-2227.1995.tb13689.x>
10. Kaplan S.L., Edgar J.Ch., Ford E.G. et al. Size of testes, ovaries, uterus and breast buds by ultrasound in healthy full-term neonates ages 0–3 days. *Pediatr. Radiol.* 2016; 46: 1837–1847. <https://doi.org/10.1007/s00247-016-3681-0>
11. Chin H.B., Baird D.D., Kaplan S.L. et al. Characterization of ovarian development in girls from birth to 9 months. *Paediatr. Perinat. Epidemiol.* 2021; 35 (1): 75–82. <https://doi.org/10.1111/ppe.12673>
12. Orbak Z., Kantarci M., Yildirim Z.K. et al. Ovarian volume and uterine length in neonatal girls. *J. Pediatr. Endocrinol. Metab.* 2007; 20 (3): 397–403. <https://doi.org/10.1515/jpem.2007.20.3.397>
13. Кохно Н.И., Макиева М.И., Уварова Е.В., Тимофеева Л.А. Новые возможности ультразвукового исследования органов малого таза у девочек в период новорожденности. *Репродуктивное здоровье детей и подростков.* 2014; 2: 28–39. Kokhno N.I., Makieva M.I., Uvarova E.V., Timofeeva L.A. New methods of ultrasound investigation of the small pelvis organs in neonatal girls. *Pediatric and Adolescent Reproductive Health.* 2014; 2: 28–39. (In Russian)
14. Nguyen R.H., Umbach D.M., Parad R.B. et al. US assessment of estrogen-responsive organ growth among healthy term infants: piloting methods for assessing estrogenic activity. *Pediatr. Radiol.* 2011; 41 (5): 633–642. <https://doi.org/10.1007/s00247-010-1895-0>
15. Kuiri-Hänninen T., Haanpää M., Turpeinen U. et al. Postnatal ovarian activation has effects in estrogen target tissues in infant girls. *J. Clin. Endocrinol. Metab.* 2013; 98 (12): 4709–4716. <https://doi.org/10.1210/jc.2013-1677>
16. Елгина С.И., Ушакова Г.А., Никулина Е.Н. Основные показатели репродуктивной системы недоношенных новорожденных девочек. *Репродуктивное здоровье детей и подростков.* 2017; 2–3: 24–29. Yelgina S.I., Ushakova G.A., Nikulina E.N. Features of reproductive system of preterm girls. *Pediatric and Adolescent Reproductive Health.* 2017; 2–3: 24–29. (In Russian)
17. Badouraki M., Christoforidis A., Economou I. et al. Sonographic assessment of uterine and ovarian development in normal girls aged 1 to 12 years. *J. Clin. Ultrasound.* 2008; 36 (9): 539–544. <https://doi.org/10.1016/j.fertnstert.2009.04.040>
18. Akin M.A., Akin L., Ozbek S. et al. Fetal-neonatal ovarian cysts – their monitoring and management: retrospective evaluation of 20 cases and review of the literature. *J. Clin. Res. Ped. Endo.* 2010; 2 (1): 28–33. <https://doi.org/10.4274/jcrpe.v2i1.28>
19. Gilchrist J.M., Moore M.B., Andres A. et al. Ultrasonographic patterns of reproductive organs in infants fed soy formula: comparisons to infants fed breast milk and milk formula. *J. Pediatr.* 2010; 156 (2): 215–220. <https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2009.08.043>

Dynamics of uterine and ovarian size in healthy girls during the first 13 months of life according to ultrasound data

Ch.M. Khizroeva^{1}, A.B. Sugak², E.A. Filippova^{2,3}, Z.N. Batdalova^{1,4}, M.I. Pykov³*

¹ LLC “Kidney Children’s Clinic”; 7, Malygin str., Makhachkala 367000, Russian Federation

² National Medical Research Center for Obstetrics, Gynecology and Perinatology named after academician V.I. Kulakov of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation; 4, Akademika Oparina str., Moscow 117997, Russian Federation

³ Russian Medical Academy of Continuous Professional Education of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation; 2/1-1, Barrikadnaya str., Moscow 125993, Russian Federation

⁴ Dagestan State Medical University of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation; 1, Lenin square, Makhachkala 367005, Russian Federation

Chakar M. Khizroeva – MD, ultrasound diagnostics doctor, LLC “Kidney Children’s Clinic”, Makhachkala. <https://orcid.org/0009-0002-9006-0818>

Anna B. Sugak – MD, Doct. of Sci. (Med.), Leading Researcher, Department of Ultrasound Diagnostics in Neonatology and Pediatrics, National Medical Research Center for Obstetrics, Gynecology and Perinatology named after academician V.I. Kulakov, Moscow. <https://orcid.org/0000-0003-4509-4154>

Elena A. Filippova – MD, Cand. of Sci. (Med.), Head of the Department of Ultrasound Diagnostics in Neonatology and Pediatrics, National Medical Research Center for Obstetrics, Gynecology and Perinatology named after academician V.I. Kulakov; Associate Professor of the Department of Radiation Diagnostics of Children, Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Moscow. <https://orcid.org/0000-0002-4964-1736>

Zulfiya N. Batdalova – MD, Cand. of Sci. (Med.), Assistant of the Department of Pediatrics, Faculty of Advanced Training and Professional Retraining of Specialists, Dagestan State Medical University; General Director and ultrasound diagnostics doctor, LLC “Kidney Children’s Clinic”, Makhachkala. <https://orcid.org/0000-0002-8370-6986>

Michail I. Pykov – MD, Doct. of Sci. (Med.), Professor, Director, Division of Pediatric Radiology, Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Moscow. <https://orcid.org/0000-0003-3731-6263>

Correspondence* to Chakar M. Khizroeva – chakar.khizroeva@mail.ru

The growth and development of the uterus and ovaries in young girls can impact subsequent reproductive function. Ultrasound features of the pelvic organs and size reference values have been described in detail in older girls, while data for first year of life are extremely limited.

Objective: To assess the size of the uterus, ovaries, and follicles and their growth dynamics in healthy girls during the first 13 months of life based on ultrasound data.

Materials and Methods. Pelvic ultrasound was performed in 342 healthy girls aged 2 days to 13 months using standard techniques and linear multifrequency transducers. Uterine and ovarian volume (cm^3) was calculated using the ellipse formula: $0.523 \times \text{length} \times \text{width} \times \text{thickness}$ (cm).

Results. The uterus was visualized in 100% of the examined girls, both ovaries were visualized in 79%. The median uterine length (including the cervix) was 29 mm (min–max 13–45 mm); ovary length was 13 mm (min–max 8–32 mm). The dynamics of the sizes changes of the uterus and ovaries in girls differed during the first year of life: the volume of the uterus was maximum immediately after birth, by 3 months it decreased by approximately 2 times and remained at this level until the end of the observation period; the volume of the ovaries increased after birth, reaching a maximum at 2 months, after which it decreased by approximately 2 times by 4 months and remained at this level (with minor variations) until the end of the observation period (13 months). The dynamics of changes in the maximum follicle size followed the dynamics of the ovarian volume, but with a smaller amplitude. In each ovary, from 1 to 10 follicles were determined per section (Me – 3). The median maximum follicle size in the right ovary was 5 mm (min–max – 2–16 mm), while in the left ovary it was 4 mm (min–max – 2–19 mm). No differences in the sizes of the uterus, ovaries, or follicles were found between breastfed and formula-fed girls.

Conclusions. Uterine size in girls normally reaches its maximum immediately after birth and decreases significantly by two months of age. Conversely, ovarian and follicular sizes increase significantly by two months of age, decreasing to baseline by four months. This may reflect temporary activation of the hypothalamic-pituitary system after birth. Feeding type does not affect the size of girls’ pelvic organs during the first year of life. Reference values for uterine, ovarian, and follicular sizes in healthy girls can be used in clinical practice to differentiate between physiological and pathological conditions.

Keywords: ultrasound; girls; uterus; ovaries; follicle

Conflict of interests. The authors have no conflicts of interest to declare.

Financing. This study had no sponsorship.

Citation: Khizroeva Ch.M., Sugak A.B., Filippova E.A., Batdalova Z.N., Pykov M.I. Dynamics of uterine and ovarian size in healthy girls during the first 13 months of life according to ultrasound data. *Ultrasound and Functional Diagnostics*. 2026; 32 (2): 49–61. <https://doi.org/10.24835/1607-0771-376> (In Russian)

Received: 25.12.2025.

Accepted for publication: 14.05.2026.

Published online: 3.06.2026.

ISSN 1607-0771(Print); ISSN 2408-9494 (Online)

<https://doi.org/10.24835/1607-0771-347>

Ультразвуковое исследование желчных путей у детей: возможности и ограничения в разные возрастные периоды

А.А. Юсуфов^{1, 2, 3}, М.И. Медведева^{1, 3*}

¹ ФГБОУ ВО “Тверской государственный медицинский университет”
Минздрава России; 170100 Тверь, ул. Советская, д. 4, Российская Федерация

² ГБУЗ Тверской области “Детская областная клиническая больница”;
170001 Тверь, наб. Степана Разина, д. 23, Российская Федерация

³ ООО Центр здоровья “Детство”; 170100 Тверь, ул. Заречная, д 17,
Российская Федерация

Цель исследования: оценка возможностей и ограничений ультразвукового метода в визуализации желчных путей у детей различных возрастных групп и установление возрастных нормативов диаметров основных структур билиарного тракта.

Материал и методы. Комбинированное (проспективно-ретроспективное) исследование 6722 детей (1 мес – 17 лет) без патологии гепатобилиарной системы. Использовали стандартизированный протокол измерений на аппаратах экспертного класса с оценкой межоператорской воспроизводимости (ИСС, n = 50). Статистическая обработка: медиана, 5–95-й перцентили, оценка межгрупповых различий (критерий Краскела–Уоллиса, p < 0,01).

Основные результаты. Выявлены значительные возрастные различия в возможностях визуализации структур билиарного тракта. Внепеченочные протоки стабильно визуализируются с высокой частотой во всех возрастных группах (ОЖП – 94,8–99,7%, ОПП – 78,5–93,5%). Визуализация внутрипеченочных протоков имеет выраженную возрастную зависимость: визуализация долевых протоков становится возможной с 1–3 лет (12,3%) и прогрессивно улучшается к подростковому возрасту (86,2%). Пузырный проток остается наименее доступной для визуализации структурой во всех возрастных группах (максимум 35,1% у подростков). Установлены детальные возрастные нормативы диаметров основных желчных протоков. Межоператорская согласованность высокая для ОЖП (ИСС = 0,92) и умеренная для ОПП (ИСС = 0,84).

Выводы. По результатам нашего исследования получены значения диаметров внепеченочных желчных протоков у детей в различных возрастных группах.

Ключевые слова: ультразвуковая диагностика; внепеченочные желчные протоки; возрастные нормативы; педиатрия; билиарный тракт

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии возможных конфликтов интересов.

Юсуфов Акиф Арифович – доктор мед. наук, заведующий кафедрой лучевой диагностики; заведующий диагностическим отделением Клиники ФГБОУ ВО “Тверской ГМУ” Минздрава России; врач-рентгенолог ГБУЗ Тверской области “Детская областная клиническая больница”; врач ультразвуковой диагностики ООО Центр здоровья “Детство”, Тверь. <https://orcid.org/0000-0002-9404-6768>

Медведева Мария Игоревна – ассистент кафедры лучевой диагностики ФГБОУ ВО “Тверской ГМУ” Минздрава России; врач ультразвуковой диагностики, педиатр, ООО Центр здоровья “Детство”, Тверь. <https://orcid.org/0000-0002-4812-0664>

Контактная информация*: Медведева Мария Игоревна – e-mail: kamanni91@rambler.ru

Финансирование. Исследование проведено без спонсорской поддержки.

Цитирование: Юсуфов А.А., Медведева М.И. Ультразвуковое исследование желчных путей у детей: возможности и ограничения в разные возрастные периоды. *Ультразвуковая и функциональная диагностика*. 2026; 32 (2): 62–71. <https://doi.org/10.24835/1607-0771-347>

Поступила в редакцию: 25.07.2025.

Принята к печати: 12.04.2026.

Опубликована online: 5.06.2026.

ВВЕДЕНИЕ

Заболевания билиарного тракта представляют значимую проблему в структуре патологии пищеварительной системы у детей [1–4]. Особую актуальность приобретает ранняя диагностика таких состояний, как билиарная атрезия и кисты холедоха, учитывая риск серьезных осложнений, включая холангит и злокачественную трансформацию [3–8]. В современной педиатрической практике ультразвуковое исследование сохраняет позиции метода первичной диагностики патологии билиарного тракта благодаря безопасности, неинвазивности и доступности [2, 4, 9–15]. Однако отсутствие общепринятых педиатрических нормативов диаметров желчных протоков создает диагностические сложности, особенно для начинающих специалистов [4]. Особую сложность представляет оценка размеров внепеченочных желчных протоков у детей младшего возраста, где физиологические параметры значительно отличаются от взрослых норм [4, 13, 15]. Отсутствие стандартизированных протоколов визуализации и четких критериев оценки приводит к субъективизму в интерпретации результатов и затрудняет раннюю диагностику патологических изменений [15]. Существующие рекомендации преимущественно основаны на данных взрослой популяции либо фрагментарны, что не учитывает особенностей возрастной динамики развития билиарной системы у детей [4, 15, 16].

Альтернативные методы визуализации (МРТ-холангиография, КТ) хотя и обладают высокой диагностической эффективностью, имеют существенные ограничения в педиатрической практике, связанные с необходимостью седации (для МРТ), лучевой нагрузкой (для КТ) и доступностью [2, 7, 8, 17, 18]. Это подчеркивает важность оптимизации ультразвукового метода как основного способа скрининговой диагностики [9–15, 19–23].

Цель исследования: оценить возможности и выявить ограничения ультразвукового исследования различных отделов желчных путей у детей разных возрастных групп, установив соответствующие возрастные нормативные параметры.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Проведено комбинированное (проспективно-ретроспективное) исследование, включившее 6722 пациента в возрасте от 1 мес до 17 лет, проходивших обследование в ГБУЗ “Детская областная клиническая больница” и в детской клинике “Центр здоровья Детство” (Тверь) с января 2018 по март 2025 г. В группу исследования включены дети, не имеющие жалоб на абдоминальную боль, с нормальными возрастными показателями лабораторных анализов, в том числе АСТ, АЛТ, щелочной фосфатазы, фракции билирубина. На момент исследования дети не находились под действием препаратов, способных влиять на полученные результаты. Критерии исключения: патология гепатобилиарной системы, аномалии развития, острые инфекционные заболевания, перенесенные операции на органах брюшной полости.

Исследования выполнялись на аппаратах Aplio 500 (Toshiba, Япония) и Logiq F6 (GE Healthcare, США). Использовались линейные датчики 5–14 МГц, конвексный 3–5 МГц. Исследование проводилось натощак, при 4-часовом голодании (дети младшей возрастной группы), перед кормлением (дети грудного возраста), в положении лежа на спине. Использовались стандартные доступы: эпигастральный (визуализация панкреатического отдела холедоха), субкостальный (трассировка протока вдоль печеночно-двенадцатиперстной связки), межреберный (оценка долевых протоков). Измеряли внутренний диаметр общего желчного протока (ОЖП) в дистальном отделе,

общего печеночного протока (ОПП) на 3–5 мм дистальнее места слияния долевых протоков. Внутренний диаметр долевых протоков измеряли за 3–5 мм до их слияния с каждой стороны. Количество замеров: 3 раза с вычислением среднего значения. Исследования выполнялись несколькими врачами ультразвуковой диагностики с опытом работы более 10 лет. Для оценки межоператорской воспроизводимости была сформирована случайная подвыборка, состоящая из 50 исследований. Каждое исследование в этой подвыборке было независимо проанализировано двумя врачами ультразвуковой диагностики. Согласованность измерений между двумя операторами оценивалась с помощью коэффициента внутриклассовой корреляции (Intraclass Correlation Coefficient, ICC). Каждый врач выполнил измерение внутреннего диаметра дистального отдела ОЖП и верхней трети ОПП.

Статистический анализ выполняли с использованием пакета IBM SPSS Statistics 26. Нормальность распределения проверяли критерием Шапиро–Уилка. Для параметров с нормальным распределением: среднее значение \pm стандартное отклонение. Для параметров с ненормальным распределением: медиана (25-й; 75-й процентиля). Дополнительно рассчитаны: 5-й и 95-й процентиля для определения референсных границ, 95% доверительные интервалы (ДИ). Для межгрупповых сравнений применяли непараметрические критерии с поправкой на множественные сравнения. Уровень значимости устанавливали $p < 0,01$.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для точности полученных данных каждый пациент обследовался по четкому алгоритму. УЗИ внепеченочных желчных протоков начинали с визуализации головки поджелудочной железы в поперечном сечении (датчик устанавливается поперечно справа от средней линии живота в эпигастриальной области). В заднелатеральных отделах головки поджелудочной железы визуализировали панкреатическую часть ОЖП. В норме ОЖП представлен в виде округлой структуры с анэхогенным просветом и тонкими гиперэхогенными стенками (стенки у протока более выражены, чем у сосудов) (рис. 1).

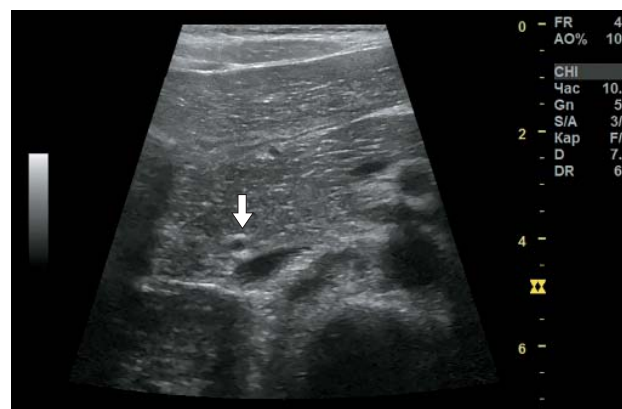


Рис. 1. Эхограмма. Поперечное сканирование в эпигастрии. Стрелкой указан общий желчный проток.

Fig. 1. Ultrasound image. Transverse plane in the epigastrium. The arrow indicates the common bile duct.



Рис. 2. Эхограмма. Косопоперечное сканирование вдоль реберной дуги. Калиперами указан общий желчный проток (панкреатическая часть).

Fig. 2. Ultrasound image. Oblique transverse plane along the costal margin. The calipers indicate the common bile duct (pancreatic portion).

Для сканирования ОЖП на протяжении разворачивали датчик в косопоперечном направлении вдоль правой реберной дуги. В этой плоскости холедох представлен тубулярной структурой с анэхогенным просветом и тонкими гиперэхогенными стенками (дифференцировка на слои затруднена). В этой позиции производили измерение внутреннего диаметра протока (рис. 2).

Внепеченочные желчные протоки заложены в печеночно-дуоденальной связке вместе с общей печеночной артерией и во-

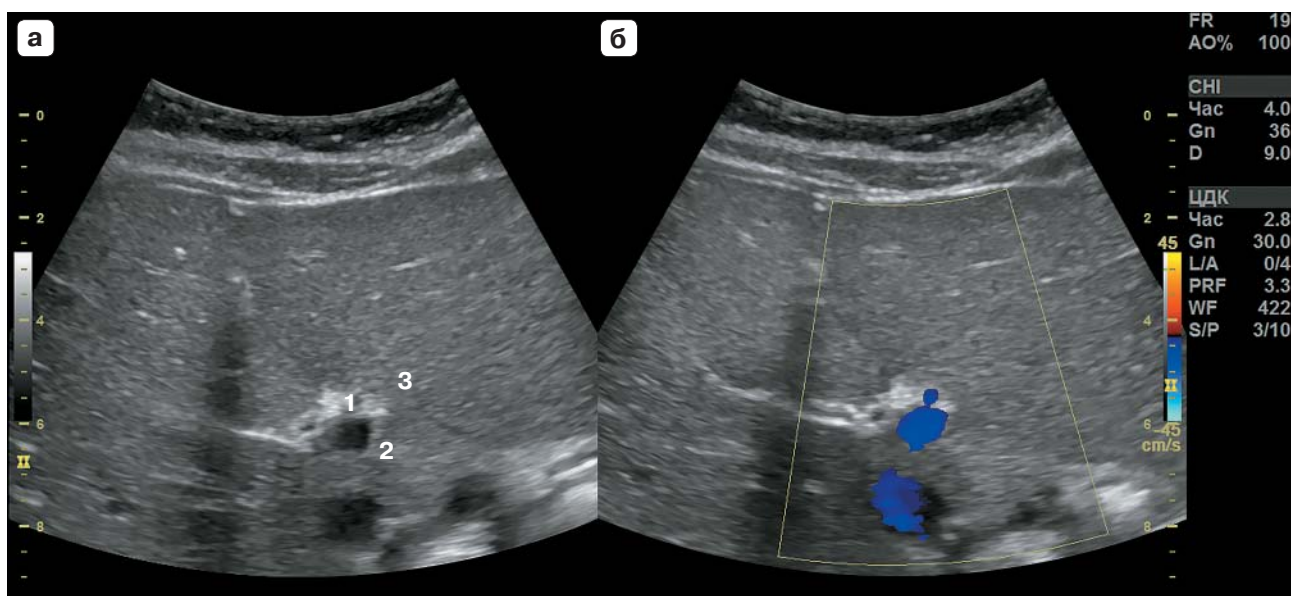


Рис. 3. Эхограмма. Поперечное сканирование на уровне ворот печени. **а** – серошкальный режим. **б** – режим ЦДК. 1 – общий желчный проток, 2 – воротная вена, 3 – печеночная артерия.

Fig. 3. Ultrasound image. Transverse plane at the level of the porta hepatis. **A** – B-mode. **B** – Color Doppler imaging. 1 – common bile duct, 2 – portal vein, 3 – hepatic artery.

ротной веной. Данные сосуды являются ориентирами для поиска общего печеночного и общего желчного протоков по ходу печеночно-двенадцатиперстной связки. Проведение цветового доплеровского картирования (ЦДК) сосудов позволяет достоверно отличить желчные протоки от сосудов (рис. 3).

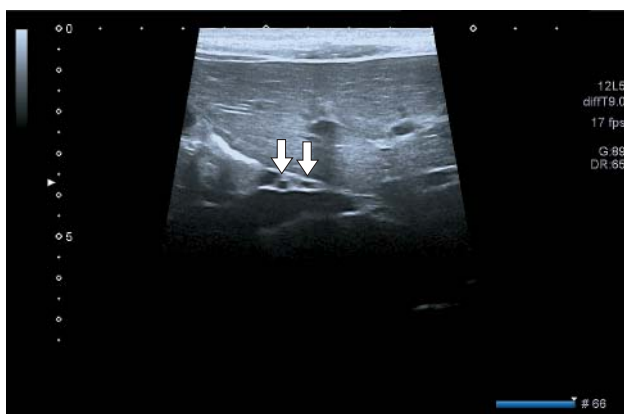


Рис. 4. Эхограмма. Поперечное сканирование на уровне ворот печени. Правый и левый печеночный протоки обозначены стрелками.

Fig. 4. Ultrasound image. Transverse plane at the level of the porta hepatis. The right and left hepatic ducts are indicated by arrows.

При дальнейшем перемещении датчика в проксимальном направлении возможна визуализация долевых печеночных протоков (рис. 4).

Анализ возможностей визуализации выявил четкую зависимость от возрастной группы (табл. 1). Малый диаметр внутрипеченочных протоков, извитой ход пузырного протока затрудняют визуализацию и оценку пространственного расположения при УЗИ. Просвет сегментарных протоков и варианты конfluence внутрипеченочных протоков не визуализировались во всех возрастных группах. Долевые и пузырный протоки не визуализировались у детей до 1 года. В возрасте 1–3 лет визуализация долевых протоков была возможна лишь в 12,3% случаев, пузырного протока – в 8,9%. Значительное улучшение визуализации долевых протоков отмечалось после 4 лет (45,6%), достигая максимума в группе 8–12 лет (82,4%). Пузырный проток оставался наименее доступной для визуализации структурой во всех возрастных группах. В отличие от внутрипеченочных протоков, внепеченочные протоки (ОЖП и ОПП) визуализировались с высокой частотой даже у детей младшего возраста: ОЖП – от 94,8% в группе 0–3 мес до 99,7%

Таблица 1. Частота успешной визуализации структур билиарного тракта в зависимости от возраста
Table 1. Frequency of successful imaging of biliary tract structures by age

Желчные протоки	Возрастные группы						
	0–3 мес (n = 680)	4–8 мес (n = 446)	9–11 мес (n = 264)	1–3 года (n = 1843)	4–7 лет (n = 1107)	8–12 лет (n = 1187)	13–17 лет (n = 936)
ОЖП	94,8%	96,2%	97,0%	98,1%	99,0%	99,4%	99,7%
ОПП	78,5%	81,2%	84,1%	87,6%	90,1%	91,8%	93,5%
Долевые протоки	0%	0%	0%	12,3%	45,6%	82,4%	86,2%
Пузырный проток	0%	0%	0%	8,9%	31,5%	33,8%	35,1%

у подростков. Оценка межоператорской согласованности на подвыборке из 50 пациентов показала отличную воспроизводимость: ИСС для диаметра ОЖП составил 0,92 (95% ДИ 0,86–0,95), для ОПП – 0,84 (95% ДИ 0,74–0,91).

Пациенты были разделены на группы исходя из периодов взросления ребенка, полученные результаты распределены в пределах 25–75-го перцентиля в миллиметрах и представлены в виде таблиц. Параметры внепеченочных желчных протоков, полученные нами в ходе исследования, отражены в табл. 2 и 3.

Как видно из табл. 2, диаметр общего желчного протока демонстрирует нели-

нейную динамику роста на первом году жизни. Критическими точками статистически значимого увеличения ($p < 0,01$) являются 4-й и 6-й месяцы, что, вероятно, связано с переходом на смешанное вскармливание и созреванием гепатобилиарной системы.

При анализе возрастной динамики диаметров внепеченочных желчных протоков выявлены статистически значимые различия между возрастными группами (критерий Краскела–Уоллиса, $H = 48,37$, $p < 0,01$). Установлена закономерность – прогрессивный рост диаметра ОЖП с четкой возрастной динамикой:

0–1 год: $\leq 1,04$ мм;

Таблица 2. Возрастные нормативы диаметра общего желчного протока у детей первого года жизни с межгрупповыми сравнениями

Table 2. Age-specific values for the diameter of the common bile duct in children in their first year of life with intergroup comparisons

Статистические параметры	Возраст, месяцев (n)											
	0–1 (214)	1 (309)	2 (157)	3 (176)	4 (104)	5 (83)	6 (187)	7 (74)	8 (81)	9 (87)	10 (74)	11 (103)
Диаметр общего желчного протока (мм)												
Медиана	0,50	0,50	0,55	0,50	1,00	0,70	0,90	0,65	0,60	1,00	0,60	1,00
25–75-й перцентили	0,50–0,57	0,50–0,70	0,51–0,80	0,50–0,80	0,50–1,20	0,50–1,00	0,50–1,00	0,50–0,95	0,50–1,20	1,00–1,15	0,50–1,00	0,70–1,30
5–95-й перцентили	0,50–0,65	0,50–0,85	0,50–0,95	0,50–0,95	0,50–1,45	0,50–1,20	0,50–1,25	0,50–1,15	0,50–1,40	0,90–1,30	0,50–1,15	0,60–1,50
Межгрупповые сравнения (p-value)*	–	0,317	0,042	0,285	<0,001	0,008	<0,001	0,036	0,124	<0,001	0,158	<0,001

* Результаты попарных сравнений с использованием критерия Манна–Уитни с поправкой Бонферрони (общий уровень значимости $p < 0,01$ для критерия Краскела–Уоллиса).

Примечание. Все значимые различия ($p < 0,01$) выделены жирным, референсной группой для сравнений выбраны новорожденные (0–1 мес). Наибольшие статистически значимые различия наблюдаются: в 4 мес ($p < 0,001$), 6 мес ($p < 0,001$), в 9 и 11 мес ($p < 0,001$).

Таблица 3. Возрастные нормативы диаметров внепеченочных желчных протоков у детей 1–18 лет с межгрупповыми сравнениями

Table 3. Age-specific values for the diameters of extrahepatic bile ducts in children aged 1–18 years with intergroup comparisons

Статистические параметры	Возрастные группы, годы (n)				Статистическая значимость p-value*
	1–3 (1843)	4–7 (1107)	8–12 (1187)	13–17 (936)	
Общий желчный проток, мм					
Медиана	1,24 мм	1,63	2,35	2,68	<0,001
25–75-й процентиля	1,01–1,56	1,32–1,95	1,79–2,922	2,07–3,29	
5–95-й процентиля	0,80–1,85	1,05–2,30	1,45–3,40	1,75–3,80	
Общий печеночный проток, мм					
Медиана	1,21	1,43	1,88	2,26	<0,001
25–75-й процентиля	0,70–1,35	1,01–1,65	1,22–2,56	1,88–2,95	
5–95-й процентиля	0,50–1,70	0,80–2,10	0,95–3,20	1,40–3,50	
Долевые протоки, мм					
Медиана	–	–	1,12	1,25	0,003
25–75-й процентиля	–	–	0,50–1,34	0,75–1,88	
5–95-й процентиля	–	–	0,30–1,80	0,50–2,20	

* Результаты попарных сравнений с использованием критерия Манна–Уитни с поправкой Бонферрони (общий уровень значимости $p < 0,01$ для критерия Краскела–Уоллиса). Референсная группа: 1–3 года.

1–3 года: $\leq 1,56$ мм (+50% за 2 года);

4–7 лет: $\leq 1,95$ мм (+25% за 4 года);

8–12 лет: $\leq 2,92$ мм (+50% за 4 года);

13–17 лет: $\leq 3,29$ мм (+13% за 5 лет).

Наибольший прирост диаметра ОЖП отмечался в возрастных периодах 1–3 года (видимо связано с переходом на твердую пищу) и 8–12 лет (препубертатный скачок роста), что требует обязательного учета при ультразвуковой диагностике. Особое внимание следует уделять: периоду новорожденности (риск врожденных аномалий), периоду 8–12 лет (максимальный прирост ОЖП по сравнению с 4–7 годами), подростковому возрасту (ускоренный рост ОПП). У детей до года диаметр ОЖП крайне мал (≤ 1 мм), что требует использования высокочастотных датчиков (12–15 МГц) для точной визуализации. Как и ожидалось для морфометрических данных такого масштаба, распределение диаметров протоков оказалось ненормальным, что подтвердило корректность выбора непараметрических методов статистики, устойчивых к асимметрии распределения и наличию выбросов.

ОБСУЖДЕНИЕ

Известна высокая диагностическая ценность ультразвукового метода в оценке состояния билиарного тракта у детей [14–16, 20–22]. Анализ данных выявил выраженную возрастную динамику визуализации различных отделов билиарного тракта у детей. Внепеченочные протоки демонстрируют стабильно высокую визуализацию во всех возрастных группах (ОЖП – 94,8–99,7%), что согласуется с данными А. Feng и соавт. [20] и Y. Zhang и соавт. [21], которые также отмечали надежную визуализацию этих структур. Визуализация внутрипеченочных отделов имеет значительную возрастную зависимость. Долевые протоки не визуализируются у детей до 1 года, а пузырный проток остается труднодоступным для визуализации во всех возрастных группах (максимум 35,1%). Эти результаты согласуются с имеющимися данными об ограниченной визуализации внутрипеченочных и пузырного протоков в педиатрической практике [4, 11–13, 15].

Проведенное сравнение с современными исследованиями показывает общую согласо-

ванность нормативных значений диаметров желчных протоков, однако наше исследование предоставляет более детальную возрастную стратификацию. Выявленная нелинейная динамика роста протоков с критическими периодами в 4, 6, 9 и 11 мес подтверждает сложный характер возрастных изменений билиарного тракта, отмеченный S.H. Oh и соавт. [14]. Наблюдаемые различия в абсолютных значениях диаметров с исследованиями W.H. Su и соавт. [23] и E.B. Lindholm и соавт. [15] могут быть объяснены этническими особенностями популяций и различными методиками измерений.

Сравнение с отечественными нормативами показывает возрастную зависимость характера согласованности данных. Для детей младшего возраста (1–3 года) значения диаметра ОЖП (0,50–1,85 мм) соответствуют установленным границам нормы [11, 12], а соотношение диаметра ОЖП и диаметра ветви воротной вены остается стабильным (0,4–0,5) во всех возрастных группах, что подтверждает правило М.И. Пыкова [11]. Вместе с тем для старших детей полученные референсные значения оказались существенно ниже традиционных: 95-й перцентиль диаметра ОЖП у подростков составил 3,80 мм против общепринятого порога 6 мм [11, 12]. Это расхождение, вероятно, обусловлено применением современного высокоразрешающего оборудования, строгой стандартизацией протокола измерений и использованием перцентильного метода для расчета норм на большой выборке здоровых детей.

Клиническая значимость полученных данных заключается в повышении чувствительности ультразвуковой диагностики. Установленные 95-е перцентили (3,40 мм в 8–12 лет и 3,80 мм в 13–17 лет) создают диагностический резерв по сравнению с традиционными ориентирами (>6–7 мм для детей старше 1 года) [12, 19], что позволяет выявлять отклонения в билиарном тракте на доклинических стадиях.

Особый клинический интерес представляет сопоставление полученных данных с расчетной моделью, предложенной Y. Namada и соавт. для определения диаметра ОЖП у детей [22]. На основании многоцентрового исследования была предложена следующая формула для детской популяции (0–19 лет):

$$D = 1,64 + 0,014 \times \text{возраст (мес)} - (3,26 \times 10^{-5}) \times (\text{возраст (мес)} - 63)^2$$

Сравнительный анализ выявил хорошую согласованность между расчетными значениями и нашими эмпирическими данными. Предложенная японскими коллегами модель, основанная на масштабной национальной когорте, адекватно описывает нелинейный характер возрастной динамики диаметра ОЖП, выявленный в нашем исследовании. Вместе с тем необходимо отметить ряд методологических расхождений. Наше исследование предоставляет фактические перцентильные распределения диаметров для каждой возрастной группы, в то время как формула Y. Namada и соавт. дает усредненные расчетные значения, выведенные для японской популяции. Эмпирические данные нашей когорты демонстрируют несколько более широкий физиологический разброс показателей по сравнению с расчетным диапазоном. У детей младшего возраста (до 12 мес) в нашей выборке наблюдалась более выраженная нелинейность динамики роста ОЖП.

Установленные в нашем исследовании референсные значения (5–95-й перцентили) для различных возрастных групп позволяют объективизировать оценку размеров желчных протоков в педиатрической практике. Высокая межоператорская воспроизводимость измерений ОЖП (ICC = 0,92) подтверждает надежность предложенной методики. Особую практическую ценность представляют данные о возрастных ограничениях визуализации отдельных структур билиарного тракта, что важно для корректной интерпретации результатов ультразвукового исследования.

Таким образом, знание нормальной эхографической анатомии и возрастных размеров билиарного тракта – основа эффективной работы врача ультразвуковой диагностики. Полученные нами результаты расширяют существующие представления о возрастных нормативах желчных протоков у детей.

Участие авторов

Юсуфов А.А. – концепция и дизайн исследования, проведение исследования, подготовка и редактирование текста, подготовка, создание опубликованной работы, ответственность за целостность всех частей статьи, утверждение окончательного варианта статьи.

Медведева М.И. – проведение исследования, сбор и обработка данных, обзор публикаций по теме статьи, анализ и интерпретация полученных данных, написание текста, статистическая обработка данных.

Authors' participation

Yusufov A.A. – concept and design of the study, conducting research, text preparation and editing, preparation and creation of the published work, responsibility for the integrity of all parts of the article, approval of the final version of the article.

Medvedeva M.I. – conducting research, collection and analysis of data, review of publications, analysis and interpretation of the obtained data, writing text, statistical analysis.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бельмер С.В., Волынец Г.В., Горелов А.В., Гурова М.М., Звягин А.А., Корниенко Е.А., Новикова В.П., Печкуров Д.В., Приворотский В.Ф., Тяжева А.А., Файзуллина Р.А., Хавкин А.И., Эрдес С.И. Функциональные расстройства органов пищеварения у детей. рекомендации общества детских гастроэнтерологов, гепатологов и нутрициологов. Часть 3. *Российский вестник перинатологии и педиатрии*. 2020; 65 (6): 133–144. <http://doi.org/10.21508/1027-4065-2020-65-6-133-144>
2. Васильев А.Ю., Ольхова Е.Б. Основы ультразвуковой диагностики в педиатрии и детской хирургии: учебно-методическое пособие для врачей ультразвуковой диагностики / М.: Фирма СТРОМ, 2019. 340 с.
3. Goldman M., Pranikoff T. Biliary disease in children. *Curr. Gastroenterol. Rep.* 2011; 13 (2):193–201. <http://doi.org/10.1007/s11894-010-0169-1>
4. Aboughalia H., Kim H.N., Dick A.A.S. et al. Pediatric biliary disorders: Multimodality imaging evaluation with clinicopathologic correlation. *Clin. Imaging*. 2021; 75: 34–45. <http://doi.org/10.1016/j.clinimag.2021.01.006>
5. Разумовский А. Ю. Хирургия желчных путей у детей / А.Ю. Разумовский, В.Е. Рачков. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2020. 216 с.
6. Борисова И.И., Каган А.В., Карваева С.А., Котин А.Н. Диагностика и лечение кист общего желчного протока у детей. *Детская хирургия*. 2020; 24 (3): 161–166. <https://doi.org/10.18821/1560-9510-2020-24-3-161-166>
7. Moslim M.A., Takahashi H., Seifarth F.G. et al. Choledochal Cyst Disease in a Western Center: A 30-Year Experience. *J. Gastrointest. Surg.* 2016; 20 (8): 1453–1463. <https://doi.org/10.1007/s11605-016-3181-4>
8. Banks J.S., Saigal G., D'Alonzo J.M. et al. Choledochal Malformations: Surgical Implications of Radiologic Findings. *Am J Roentgenol.* 2018 Apr; 210 (4): 748–760. <https://doi.org/10.2214/AJR.17.18402>
9. Holm A.N., Gerke H. What Should Be Done with a Dilated Bile Duct? *Curr. Gastroenterol. Rep.* 2010; 12 (2): 150–156. <https://doi.org/10.1007/s11894-010-0094-3>
10. Skoczylas K., Pawelas A. Ultrasound imaging of the liver and bile ducts – expectations of a clinician. *J. Ultrason.* 2015; 15 (62): 292–306. <https://doi.org/10.15557/JoU.2015.0026>
11. Пыков М.И. Измерения в детской ультразвуковой диагностике: Справочник / Под ред. М.И. Пыкова. М.: Издательский дом Видар-М, 2018. 96 с. ISBN 978-5-88429-240-6
12. Гуревич А.И. Ультразвуковые методы исследования в педиатрии (методика проведения и возрастные нормативы): методические рекомендации / Сост. А.И. Гуревич., Е.А. Зубарева, М.А. Богуславская и др. Серия “Лучшие практики лучевой и инструментальной диагностики”. Вып. 26. 2-е изд., перераб. и доп. М.: ГБУЗ “НПКЦ ДиТ ДЗМ”, 2020. 54 с.
13. Юсуфов А.А., Медведева М.И., Плюхин А.А. Ультразвуковое исследование внепеченочных желчных протоков у детей в норме (обзор литературы с собственными клиническими наблюдениями). *Радиология–практика*. 2021; 5: 140–149. <https://doi.org/10.52560/2713-0118-2021-5-140-149>
14. Oh S.H., Chang S.H., Kim H.J. et al. Cholangiographic characteristics of common bile duct dilatation in children. *Wld J. Gastroenterol.* 2015; 21 (20): 6229–6235 <https://doi.org/10.3748/wjg.v21.i20.6229>
15. Lindholm E.B., Meckmongkol T., Feinberg A.J. et al. Standardization of common bile duct size using ultrasound in pediatric patients. *J. Pediatr. Surg.* 2019; 54 (6): 1123–1126. <https://doi.org/10.1016/j.jpedsurg.2019.02.050>
16. Thom C., Yaworsky J., Livingstone K. et al. Utility of Common Bile Duct Identification on Biliary Ultrasound in Emergency Department Patients. *Open Access Emerg. Med.* 2024; 16: 221–229. <https://doi.org/10.2147/OAEM.S468678>
17. Шолохова Н.А., Луковкина О.В. Магнитно-резонансная холангиопанкреатография с построением трехмерных моделей у детей при кистозных расширениях желчных протоков. *Радиология–практика*. 2025; 1: 42–54. <https://doi.org/10.52560/2713-0118-2025-1-42-54>
18. Fulcher A.S., Turner M.A. MR cholangiopancreatography. *Radiol. Clin. N. Am.* 2002; 40: 1363–1376. [https://doi.org/10.1016/s0033-8389\(02\)00046-5](https://doi.org/10.1016/s0033-8389(02)00046-5)
19. Son Y.J., Lee M.J., Koh H., Kim S. Asymptomatic Bile Duct Dilatation in Children: Is It a Disease? *Pediatr. Gastroenterol. Hepatol. Nutr.* 2015; 18 (3): 180–186. <https://doi.org/10.5223/pghn.2015.18.3.180>
20. Feng A., O'hara S.M., Gupta R. et al. Normograms for the Extrahepatic Bile Duct Diameter in Children. *J. Pediatr. Gastroenterol. Nutr.* 2017; 64 (3): e61–e64. <https://doi.org/10.1097/MPG.0000000000001372>
21. Zhang Y., Wang X.L., Li S.X. et al. Ultrasonographic dimensions of the common bile duct in Chinese children: results of 343 cases. *J. Pediatr. Surg.* 2013;

- 48 (9): 1892–1896. <https://doi.org/10.1016/j.jpedsurg.2012.11.047>
22. Hamada Y., Ando H., Kamisawa T. et al. Diagnostic criteria for congenital biliary dilatation 2015. *J. Hepatobiliary Pancreat. Sci.* 2016; 23 (6): 342–346. <https://doi.org/10.1002/jhbp.346>
 23. Su W.H., Chao H.C., Chen M.C. et al. Clinical significance of incidental common bile duct dilatation in children: A 10-year single medical center experience. *Biomed. J.* 2024; 47 (6): 100717. <https://doi.org/10.1016/j.bj.2024.100717>
- ## REFERENCES
1. Belmer S.V., Volynets G.V., Gorelov A.V. et al. Functional disorders of the digestive system in children. recommendations of the society of pediatric gastroenterologists, hepatologists and nutritionists. Part 3. *Russian Bulletin of Perinatology and Pediatrics.* 2020; 65 (6): 133–144. <http://doi.org/10.21508/1027-4065-2020-65-6-133-144> (In Russian)
 2. Vasiliev A.Yu., Olkhova E.B. Fundamentals of ultrasound diagnostics in pediatrics and pediatric surgery: educational and methodological guide for ultrasound doctors. Moscow, Firma STROM, 2019. 340 p. (In Russian)
 3. Goldman M., Pranikoff T. Biliary disease in children. *Curr. Gastroenterol. Rep.* 2011; 13 (2):193–201. <http://doi.org/10.1007/s11894-010-0169-1>
 4. Aboughalia H., Kim H.H., Dick A.A.S. et al. Pediatric biliary disorders: Multimodality imaging evaluation with clinicopathologic correlation. *Clin. Imaging.* 2021; 75: 34–45. <http://doi.org/10.1016/j.clinimag.2021.01.006>
 5. Razumovskiy A.Yu., Rachkov V.E. (Surgery of the biliary tract in children. Moscow: GEOTAR-Media2020. 216 p. (In Russian)
 6. Borisova I.I., Kagan A.V., Karavaeva S.A., Kotin A.N. Diagnosis and treatment of cysts of the common bile duct in children. *Russian Journal of Pediatric Surgery.* 2020; 24 (3): 161–166. <https://doi.org/10.18821/1560-9510-2020-24-3-161-166> (In Russian)
 7. Moslim M.A., Takahashi H., Seifarth F.G. et al. Choledochal Cyst Disease in a Western Center: A 30-Year Experience. *J. Gastrointest. Surg.* 2016; 20 (8): 1453–1463. <https://doi.org/10.1007/s11605-016-3181-4>
 8. Banks J.S., Saigal G., D’Alonzo J.M. et al. Choledochal Malformations: Surgical Implications of Radiologic Findings. *Am. J. Roentgenol.* 2018; 210 (4): 748–760. <https://doi.org/10.2214/AJR.17.18402>
 9. Holm A.N., Gerke H. What Should Be Done with a Dilated Bile Duct? *Curr. Gastroenterol. Rep.* 2010; 12 (2): 150–156. <https://doi.org/10.1007/s11894-010-0094-3>
 10. Skoczylas K., Pawelas A. Ultrasound imaging of the liver and bile ducts – expectations of a clinician. *J. Ultrason.* 2015; 15 (62): 292–306. <https://doi.org/10.15557/JoU.2015.0026>
 11. Pykov M.I. Measurements in Pediatric Ultrasound Diagnostics: A Handbook (M.I. Pykov, ed.). Moscow: Vidar-M Publishing House, 2018. 96 p. ISBN 978-5-88429-240-6 (In Russian)
 12. Gurevich A.I., Zubareva E.A., Boguslavskaya M.A. et al. Ultrasound research methods in pediatrics (procedure and age-specific standards): methodological guidelines]. In Series “Best Practices in Radiation and Instrumental Diagnostics” (Issue 26, 2nd ed., rev. and enl.). GBUZ “NPKTs DiT DZM”, 2020. 54 p. (In Russian)
 13. Yusufov A.A., Medvedeva M.I., Plyukhin A.A. et al. Ultrasound Examination of the Extrahepatic Bile Ducts in Children (Literature Review with our own Clinical Observations). *Radiology-Practice.* 2021; 5: 140–149. <https://doi.org/10.52560/2713-0118-2021-5-140-149> (In Russian)
 14. Oh S.H., Chang S.H., Kim H.J. et al. Cholangiographic characteristics of common bile duct dilatation in children. *Wld J. Gastroenterol.* 2015; 21 (20): 6229–6235 <https://doi.org/10.3748/wjg.v21.i20.6229>
 15. Lindholm E.B., Meckmongkol T., Feinberg A.J. et al. Standartization of common bile duct size using ultrasound in pediatric patients. *J. Pediatr. Surg.* 2019; 54 (6): 1123–1126. <https://doi.org/10.1016/j.jpedsurg.2019.02.050>
 16. Thom C., Yaworsky J., Livingstone K. et al. Utility of Common Bile Duct Identification on Biliary Ultrasound in Emergency Department Patients. *Open Access Emerg. Med.* 2024; 16: 221–229. <https://doi.org/10.2147/OAEM.S468678>
 17. Sholokhova N.A., Lukovkina O.V. Magnetic resonance cholangiopancreatography with three-dimensional modeling in children with cystic dilatation of the bile ducts. *Radiology-Practice.* 2025; 1: 42–54. <https://doi.org/10.52560/2713-0118-2025-1-42-54> (In Russian)
 18. Fulcher A.S., Turner M.A. MR cholangiopancreatography. *Radiol. Clin. N. Am.* 2002; 40: 1363–1376. [https://doi.org/10.1016/s0033-8389\(02\)00046-5](https://doi.org/10.1016/s0033-8389(02)00046-5)
 19. Son Y.J., Lee M.J., Koh H., Kim S. Asymptomatic Bile Duct Dilatation in Children: Is It a Disease? *Pediatr. Gastroenterol. Hepatol. Nutr.* 2015; 18 (3): 180–186. <https://doi.org/10.5223/pghn.2015.18.3.180>
 20. Feng A., O’hara S.M., Gupta R. et al. Normograms for the Extrahepatic Bile Duct Diameter in Children. *J. Pediatr. Gastroenterol. Nutr.* 2017; 64 (3): e61–e64. <https://doi.org/10.1097/MPG.0000000000001372>
 21. Zhang Y., Wang X.L., Li S.X. et al. Ultrasonographic dimensions of the common bile duct in Chinese children: results of 343 cases. *J. Pediatr. Surg.* 2013; 48 (9): 1892–1896. <https://doi.org/10.1016/j.jpedsurg.2012.11.047>
 22. Hamada Y., Ando H., Kamisawa T. et al. Diagnostic criteria for congenital biliary dilatation 2015. *J. Hepatobiliary Pancreat. Sci.* 2016; 23 (6): 342–346. <https://doi.org/10.1002/jhbp.346>
 23. Su W.H., Chao H.C., Chen M.C. et al. Clinical significance of incidental common bile duct dilatation in children: A 10-year single medical center experience. *Biomed. J.* 2024; 47 (6): 100717. <https://doi.org/10.1016/j.bj.2024.100717>

Biliary tract ultrasound in pediatrics: potential and limitations at different ages

A.A. Yusufov^{1,2,3}, M.I. Medvedeva^{1,3*}

¹ Tver State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation; 4, Sovetskaya str., Tver 170100, Russian Federation

² Children's Regional Clinical Hospital of the Tver Region; 23, Stepan Razin embankment, Tver 170001, Russian Federation

³ Health Center "Childhood"; 17, Zarechnaya str., Tver 170100, Russian Federation

Akif A. Yusufov – MD, Doct. of Sci. (Med.), Head of the Radiology Department; Head of the radiology department, Tver State Medical University; radiologist, Children's Regional Clinical Hospital of the Tver Region; ultrasound diagnostic doctor, Health Center "Childhood", Tver. <https://orcid.org/0000-0002-9404-6768>

Maria I. Medvedeva – MD, Assistant of the Department of Radiology of the Federal State budgetary institution of higher education Tver State Medical University; ultrasound diagnostic doctor, pediatrician, Health Center "Childhood", Tver. <https://orcid.org/0000-0002-4812-0664>

Correspondence* to Maria I. Medvedeva – e-mail: kamanni91@rambler.ru

Objective: to evaluate the potential and limitations of biliary tract ultrasound in children of different age groups and to determine the age-specific values for the diameters of the main biliary tract structures.

Materials and methods. A combined (prospective-retrospective) study of 6,722 children (1 month to 17 years old) with no hepatobiliary pathology. A standardized measurement protocol was performed on expert-class ultrasound scanner with Interobserver reproducibility assessment (ICC, n = 50). Statistical analysis: median, 5th–95th percentiles, and assessment of intergroup differences (Kruskal-Wallis test, p < 0.01).

Results. Significant age differences in the ability to visualize biliary tract structures were revealed. Extrahepatic bile ducts were visualized with high frequency across all age groups (common bile duct (CBD) – 94.8–99.7%, common hepatic duct (CHD) – 78.5–93.5%). Visualization of intrahepatic ducts showed a significant age dependence: visualization of the lobar ducts becomes possible from 1–3 years of age (12.3%) and progressively improves by adolescence (86.2%). The cystic duct remains the least accessible structure for visualization across all age groups (maximum 35.1% in adolescents). Detailed age-specific normative values for the diameters of the main bile ducts were established. Interobserver reproducibility was high for the CBD (ICC = 0.92) and moderate for the CHP (ICC = 0.84).

Conclusions. Our study yielded values for the diameters of extrahepatic bile ducts in children across various age groups.

Keywords: ultrasound; extrahepatic bile ducts; age-specific standards; pediatrics; biliary tract

Conflict of interests. The authors have no conflicts of interest to declare.

Financing. This study had no sponsorship.

Citation: Yusufov A.A., Medvedeva M.I. Biliary tract ultrasound in pediatrics: potential and limitations at different ages. *Ultrasound and Functional Diagnostics*. 2026; 32 (2): 62–71. <https://doi.org/10.24835/1607-0771-347> (In Russian)

Received: 25.07.2025.

Accepted for publication: 12.04.2026.

Published online: 5.06.2026.

ISSN 1607-0771(Print); ISSN 2408-9494 (Online)

<https://doi.org/10.24835/1607-0771-359>

Роль мультипараметрического высокочастотного ультразвукового исследования базально-клеточного рака кожи при проведении фотодинамической терапии

Н.Ю. Маркина^{1,2}, А.А. Зыков^{1*}, Е.К. Словоходов^{1,3}

¹ ФГБУ “Центральная клиническая больница с поликлиникой” Управления делами Президента Российской Федерации; 121359 Москва, ул. Маршала Тимошенко, д. 15, Российская Федерация

² ФГБУ ДПО “Центральная государственная медицинская академия” Управления делами Президента Российской Федерации; 121359 Москва, ул. Маршала Тимошенко, д. 19, стр. 1А, Российская Федерация

³ ФГБОУ ВО “Российский университет медицины” Минздрава России; 127006 Москва, ул. Долгоруковская, д. 4, Российская Федерация

Цель исследования: оценить возможности мультипараметрического ультразвукового исследования с использованием высокочастотных датчиков (18–24 МГц) для мониторинга ранних изменений после фотодинамической терапии (ФДТ) у пациентов с базально-клеточным раком кожи (БКРК).

Материал и методы. В проспективное одноцентровое исследование включен 31 пациент с 51 гистологически верифицированным очагом БКРК. Всем пациентам выполняли мультипараметрическое ультразвуковое исследование на ультразвуковом сканере Aplio i800 (Canon, Япония) с линейными датчиками частотой 18–24 МГц до и через 24 ч после сеанса ФДТ. Протокол включал оценку образования в В-режиме, в режимах доплеровского и энергетического картирования, в том числе с оценкой микрокровотока (ADF и SMI) с расчетом VI, при компрессионной эластографии и при флуоресцентной спектрометрии.

Результаты. До лечения все опухоли визуализировались в коже как гипоэхогенные образования с четкими контурами, средней толщиной $3,7 \pm 1,2$ мм, неоднородной солидной структуры, с выраженной васкуляризацией ($VI 32,4 \pm 4,1$). Через 24 ч после ФДТ зафиксировано статистически значимое снижение VI до $4,2 \pm 1,8$ ($p < 0,001$). В В-режиме отмечены увеличение толщины опухоли до $4,4 \pm 1,3$ мм, снижение четкости контуров и признаки перифокального отека.

Маркина Наталья Юрьевна – канд. мед. наук, заведующая отделением ультразвуковой диагностики, врач ультразвуковой диагностики ФГБУ “Центральная клиническая больница с поликлиникой” Управления делами Президента Российской Федерации; доцент кафедры лучевой диагностики и терапии ФГБУ ДПО “Центральная государственная медицинская академия” Управления делами Президента Российской Федерации, Москва. <https://orcid.org/0009-0004-5495-6435>

Зыков Артём Аркадьевич – врач-онколог отделения торакоабдоминальной онкологии (с кабинетом фотодинамической терапии) ФГБОУ ВО “Российский университет медицины” Минздрава России, Москва. <https://orcid.org/0009-0004-5687-2155>

Словоходов Егор Константинович – канд. мед. наук, ассистент кафедры паллиативной медицины ФГБОУ ВО “Российский университет медицины” Минздрава России; врач-онколог кабинета фотодинамической терапии ФГБУ “Центральная клиническая больница с поликлиникой” Управления делами Президента Российской Федерации, Москва. <https://orcid.org/0009-0004-2955-5402>

Контактная информация*: Зыков Артём Аркадьевич – e-mail: zykov.msk@gmail.com

Флуоресцентная контрастность снизилась с 1:4 до 1:1. Эластографические показатели не продемонстрировали значимой динамики в ранние сроки.

Заключение. Мультипараметрическое ультразвуковое исследование с высокочастотными датчиками (18–24 МГц) является информативным неинвазивным методом раннего контроля эффективности ФДТ. Наиболее значимым ультразвуковым маркером ответа на лечение служит выраженное снижение интратуморального кровотока, количественно оцениваемое с помощью микродоплеровских методик, что обусловлено ведущим механизмом действия ФДТ – фотохимическим повреждением сосудов микроциркуляторного русла опухоли и развитием коагуляционного некроза.

Ключевые слова: мультипараметрическое ультразвуковое исследование; фотодинамическая терапия; высокочастотный датчик; микродоплеровское картирование; эластография

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии возможных конфликтов интересов.

Финансирование. Исследование проведено без спонсорской поддержки.

Цитирование: Маркина Н.Ю., Зыков А.А., Словоходов Е.К. Роль мультипараметрического высокочастотного ультразвукового исследования базально-клеточного рака кожи при проведении фотодинамической терапии. *Ультразвуковая и функциональная диагностика*. 2026; 32 (2): 72–84. <https://doi.org/10.24835/1607-0771-359>

Поступила в редакцию: 20.10.2025.

Принята к печати: 24.02.2026.

Опубликована online: 5.06.2026.

ВВЕДЕНИЕ

Базально-клеточный рак кожи (БКРК) является наиболее распространенной злокачественной опухолью кожи среди представителей европеоидной расы. Заболеваемость продолжает расти, особенно среди лиц пожилого возраста [1]. В последние годы фотодинамическая терапия (ФДТ) заняла прочные позиции в лечении БКРК, особенно при локализации в эстетически значимых зонах и при множественных очагах, благодаря органосохраняющему принципу и хорошему косметическому результату [2]. Эффективность ФДТ основана на фотохимической реакции, запускаемой при взаимодействии накопившегося в опухоли фотосенсибилизатора со светом определенной длины волны, что приводит к разрушению опухолевой ткани, в первую очередь, за счет повреждения сосудов и ишемии [3].

Исторически мониторинг эффективности ФДТ основывался на клинической оценке и гистологическом исследовании, которые являются либо субъективными, либо инвазивными и отсроченными по времени. Внедрение в клиническую практику высокочастотных ультразвуковых датчиков с частотой сканирования 18–24 МГц открыло новые возможности для детальной визуализации кожи и ее патологических образований [4, 5].

Мультипараметрическое ультразвуковое исследование (мпУЗИ), объединяющее В-режим, доплеровское картирование кровото-

ка (включая чувствительные микрососудистые режимы, такие как SMI) и эластографию, появилось как закономерное развитие этой технологии. Оно потенциально позволяет комплексно оценивать как морфологические изменения опухоли, так и нарушения ее перфузии, возникающие в результате фотохимической реакции [6]. По сравнению с альтернативными методами визуализации, такими как оптическая когерентная томография или конфокальная микроскопия, высокочастотное УЗИ обладает большей глубиной проникновения, возможностью количественной оценки кровотока и широкой доступностью в клиниках. ФДТ была одобрена для лечения БКРК более двух десятилетий назад и с тех пор стала стандартом для поверхностных и некоторых нодулярных форм, особенно в эстетически значимых зонах (лицо, шея) [7]. Основными преимуществами ФДТ являются органосохраняющий характер, возможность лечения множественных очагов за один сеанс и отличный косметический результат. К альтернативным методам относятся хирургическое иссечение (“золотой стандарт” с наименьшим риском рецидива), криодеструкция, локальная иммунотерапия (имиквимод) и лучевая терапия. Выбор метода зависит от размера, локализации, гистологического подтипа опухоли, возраста пациента и сопутствующих заболеваний. Одной из актуальных задач явля-

ется разработка объективных методов контроля эффективности ФДТ, позволяющих оценить биологический ответ опухоли до появления видимых клинических изменений. Прогноз для пациентов с БКРК, получающих ФДТ, в целом благоприятен [7], но раннее выявление неэффективности процедуры могло бы позволить своевременно скорректировать тактику и улучшить отдаленные результаты. Использование мпУЗИ именно для мониторинга раннего ответа на ФДТ при БКРК до сих пор изучено недостаточно, особенно в плане количественного анализа изменений перфузии в 1-е сутки после процедуры.

Цель исследования: оценить возможности мпУЗИ с использованием высокочастотных датчиков (18–24 МГц) для мониторинга эффективности фотодинамической терапии у пациентов с базально-клеточным раком кожи.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В проспективное одноцентровое исследование за период с января по август 2025 г. было включено 36 пациентов (18 мужчин и 18 женщин, средний возраст $74,5 \pm 8,3$ года) с цитологически или гистологически верифицированным БКРК. Всего оценке подвергнута 51 опухоль. У 11 (30,6%) пациентов наблюдались множественные базалиомы. Локализация новообразований была следующей: кожа головы и шеи – 42 (82,4%) пациента, туловище – 7 (13,7%), конечности – 2 (3,9%). Критериями не включения были склеродермоподобные и инфильтрирующие формы опухоли, а также ранее проведенное лечение в области поражения. Предварительно от каждого пациента было получено информированное согласие на участие в исследовании а также на представление данных в публикации. Всем пациентам проводился один сеанс ФДТ по стандартизированному протоколу. За 2 ч до светового воздействия внутривенно вводился фотосенсибилизатор на основе хлорина-Е6 в дозе 1 мг/кг массы тела. Облучение опухолей проводилось диодным лазером с длиной волны 662 нм. Протокол ФДТ: плотность мощности 200 мВт/см², плотность энергии 200 Дж/см². МпУЗИ выполнялось на ультразвуковой системе экспертного класса Aplio i800 (Canon, Япония) с использованием линейного мультисигментного дат-

чика i24LX8 с использованием прессетов с частотой 24 МГц непосредственно перед процедурой ФДТ и через 24 ч после нее. Протокол исследования включал:

- оценку в В-режиме: определяли локализацию, размеры (наибольший диаметр и максимальную толщину), форму, четкость контуров, эхогенность и эхоструктуру образования;
- оценку интратуморального кровотока с использованием режимов цветового доплеровского картирования (cSMI) и улучшенного динамического потока (ADF). Рассчитывался VI в режиме ADF;
- компрессионную эластографию для качественной и количественной (расчет strain-ratio) оценки жесткости тканей с использованием специальной накладки;
- совместно с мпУЗИ проводилась спектрометрия на аппарате БИОСПЕК ЛЭСА-01 для оценки флуоресцентной контрастности (соотношение опухоль/кожа).

Статистическую обработку данных проводили с использованием программы Statistica 10.0. Количественные параметры представлены как среднее значение \pm стандартное отклонение. Для оценки достоверности различий применяли парный t-критерий Стьюдента для связанных выборок. Различия считались статистически значимыми при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

До проведения ФДТ мпУЗИ позволило детально визуализировать каждую из 51 опухоли. В В-режиме БКРК представлял собой гипоэхогенное внутрикожное образование овальной или округлой формы с четкими ровными контурами, умеренно неоднородной структуры. Средний наибольший размер опухолей составил $9,8 \pm 2,1$ мм, средняя максимальная толщина – $3,7 \pm 1,2$ (1,7–6,8) мм. При доплеровском исследовании в режимах cSMI и ADF во всех образованиях визуализировался выраженный внутриопухолевый кровоток в виде множественных патологически деформированных сосудов. Среднее значение VI в режиме ADF до лечения составило $32,4 \pm 4,1$ (18,6–45,3). При компрессионной эластографии опухоли демонстрировали картирование, характерное для образований повышенной жесткости, со средним значением strain-

Таблица. Динамика ультразвуковых параметров**Table.** Dynamics of ultrasonic parameters

Параметр	До ФДТ	24 ч после ФДТ	p-value
Количество пациентов (очагов)	31 (51)	31 (51)	–
Возраст, годы (M±SD)	74,5 ± 8,3	–	–
Максимальная толщина опухоли, мм (M ± SD; min–max)	3,7 ± 1,2 (1,7–6,8)	4,4 ± 1,3 (1,9–6,5)	<0,05
Наибольший диаметр опухоли, мм (M ± SD)	9,8 ± 2,1	11,2 ± 2,5	<0,05
Индекс васкуляризации (VI), % (M ± SD; min–max)	32,4 ± 4,1 (18,6–45,3)	4,2 ± 1,8 (0,2–9,0)	<0,001
Strain-ratio при эластографии (M ± SD)	4,25 ± 0,76	4,18 ± 0,81	>0,05
Флуоресцентная контрастность (опухоль/кожа)	1:4	1:1	–
Четкость контуров (B-режим)	Четкие	Снижена/нечеткие	–
Признаки перифокального отека (B-режим)	Отсутствуют	Присутствуют у 49 очагов (96,1%)	–

ratio $4,25 \pm 0,76$ (2,8–5,9). При контрольном мпУЗИ через 24 ч после ФДТ были зафиксированы статистически значимые изменения ультразвуковых параметров в динамике (см. таблицу): в B-режиме отмечены незначительное увеличение средних размеров опухоли (наибольший диаметр до $11,2 \pm 2,5$ (6,5–15,8) мм, толщина до $4,4 \pm 1,3$ (1,9–6,5) мм; $p < 0,05$), снижение четкости контуров, умеренное неравномерное повышение эхогенности, а также признаки перифокального отека (утолщение и повышение эхогенности окружающей кожи со снижением дифференцировки на слои). Наиболее значимым изменением явилось резкое, статистически значимое снижение VI в режиме ADF до среднего значения $4,2 \pm 1,8$ (0,2–9,0; $p < 0,001$ по сравнению с исходным уровнем). При этом отмечалось усиление васкуляризации в зоне перифокального отека. Эластографическая картина не продемонстрировала значимой динамики через 24 ч после процедуры. Флуоресцентная контрастность снизилась до 1:1. В окружающих опухоль тканях визуализировались отек и гиперемия.

Представляем 2 наиболее показательных клинических наблюдения.

Клиническое наблюдение 1

Пациент О., 85 лет, с БКРК кожи задней поверхности левой ушной раковины (cT1N0M0, I стадия) (рис. 1). При предоперационном мпУЗИ визуализировалось гипоехогенное образование толщиной 1,71 мм с четкими контурами, продолговатой формы, неоднородной струк-

туры, с мелкими гиперэхогенными включениями и признаками умеренной васкуляризации (VI 18,6%) (рис. 2–4). При контрольном исследовании через 24 ч после ФДТ отмечено (рис. 5) увеличение толщины опухоли до 1,89 мм со снижением четкости контуров. При доплеровском исследовании зафиксировано резкое снижение интратуморального кровотока: VI в режиме ADF снизился до 0,2%, в режиме SMI визуализировалось полное отсутствие цветовых сигналов в проекции опухолевой ткани (рис. 6, 7).



Рис. 1. Пациент О., 85 лет. БКРК задней поверхности левой ушной раковины до проведения ФДТ. Клиническая картина базалиомы.

Fig. 1. Patient O., 85 years old. Basal cell carcinoma (BCC) of the posterior left auricle before photodynamic therapy (PDT). Clinical presentation of basal cell carcinoma.

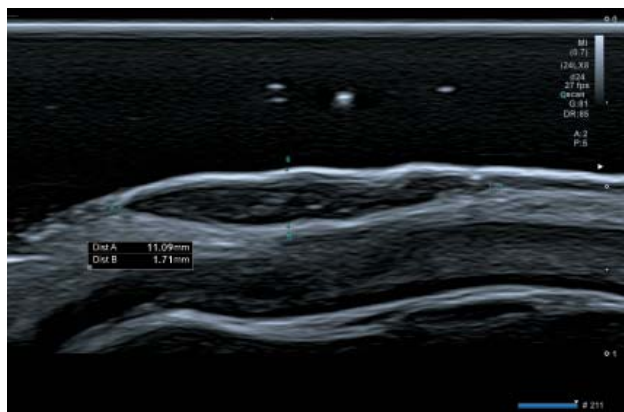


Рис. 2. Эхограмма БКРК задней поверхности левой ушной раковины до проведения ФДТ, В-режим: гипоехогенное образование (+.....+). Отмечены наибольший диаметр (Dist A: 11,09 мм) и толщина (Dist B: 1,71 мм) опухоли.

Fig. 2. Ultrasound image of a basal cell carcinoma of the posterior left auricle before photodynamic therapy (PDT), B-mode: hypoechoic lesion (+.....+). The largest diameter (Dist A: 11.09 mm) and thickness (Dist B: 1.71 mm) of the tumor are noted.

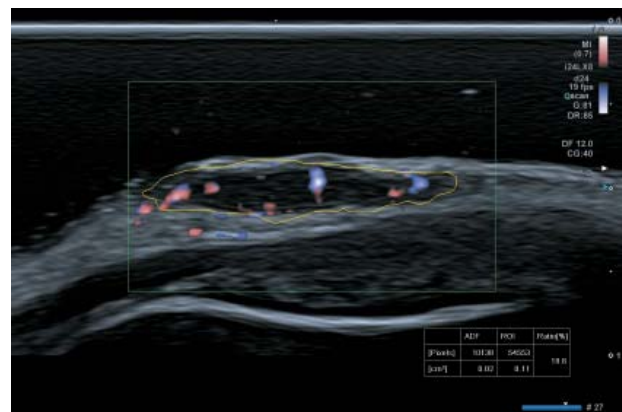


Рис. 3. Эхограмма БКРК задней поверхности левой ушной раковины до проведения ФДТ, режим улучшенного динамического потока (ADF) с количественным анализом: визуализируется интратуморальный кровоток. VI (Ratio) в области интереса (ROI) составляет 18,6% (площадь васкуляризованной ткани ADF – 10 130 пикселей, общая площадь ROI – 54 553 пикселя).

Fig. 3. Ultrasound image of a basal cell carcinoma of the posterior left auricle before PDT, advanced dynamic flow (ADF) mode with quantitative analysis: intratumoral blood flow is visualized. The VI (Ratio) in the region of interest (ROI) is 18.6% (ADF vascularized tissue area – 10,130 pixels, total ROI area – 54,553 pixels).

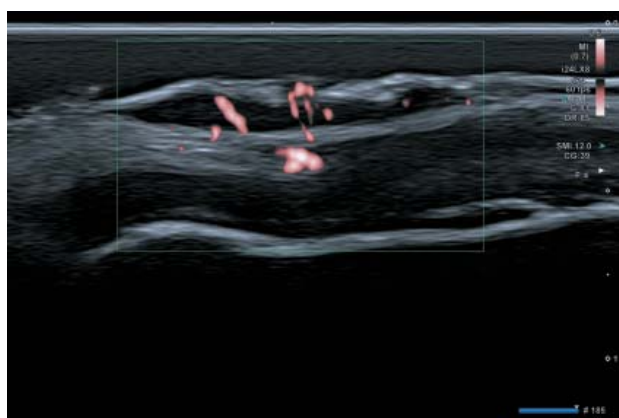


Рис. 4. Эхограмма БКРК задней поверхности левой ушной раковины до проведения ФДТ, режим SMI (Superb Micro-Vascular Imaging): выраженный интратуморальный кровоток, характеризующийся множественными хаотично расположенными цветовыми сигналами, что соответствует патологическому неоваскуляризации, типичному для базально-клеточного рака. Данный режим позволяет детально оценить архитектуру микрососудов опухоли. Параметры сканирования: Mechanical Index (MI) – 0,7, частота кадров – 60 fps, цветовое усиление (CG) – 39.

Fig. 4. Ultrasound image of the basal cell carcinoma (BCC) of the posterior left auricle before PDT, SMI (Superb Micro-Vascular Imaging) mode: prominent intratumoral blood flow, characterized by multiple randomly distributed color signals, consistent with pathological neoangiogenesis typical for BCC. This mode allows for a detailed assessment of the tumor microvascular architecture. Mechanical Index (MI) – 0.7, frame rate – 60 fps, color gain (CG) – 39.

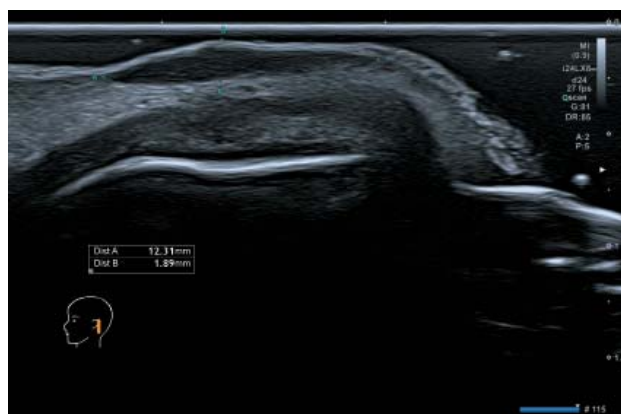


Рис. 5. Пациент О. Эхограмма БКРК задней поверхности левой ушной раковины через 24 ч после проведения ФДТ, В-режим: отмечается увеличение толщины опухоли до 1,89 мм (Dist B) и наибольшего диаметра до 12,31 мм (Dist A) по сравнению с исходным состоянием, а также снижение четкости контуров образования, что связано с развитием перифокального отека и воспалительной реакции.

Fig. 5. Patient O. B-mode ultrasound image of the posterior left auricle 24 hours after PDT. An increase in tumor thickness to 1.89 mm (Dist B) and maximum diameter to 12.31 mm (Dist A) compared to baseline is noted. Lesions also appear less clearly defined, which is associated with the development of perifocal edema and an inflammatory reaction.

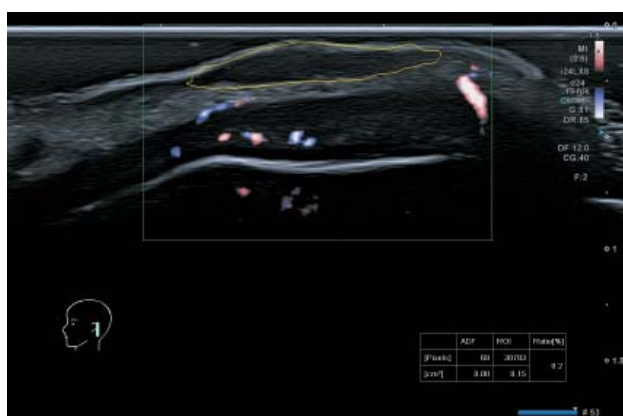


Рис. 6. БКРК через 24 ч после проведения ФДТ, режим улучшенного динамического потока (ADF) с количественным анализом: резкое снижение интратуморального кровотока. VI (Ratio) снизился до 0,2% (площадь васкуляризованной ткани ADF – 68 пикселей, общая площадь ROI – 30 793 пикселя), что свидетельствует о практически полном прекращении перфузии опухоли на фоне фотонекроза.

Fig. 6. BCC 24 hours after PDT, advanced dynamic flow (ADF) mode with quantitative analysis: a sharp decrease in intratumoral blood flow. The ratio (VI) decreased to 0.2% (ADF vascularized tissue area – 68 pixels, total ROI – 30,793 pixels), indicating almost absent tumor perfusion due to photonecrosis.

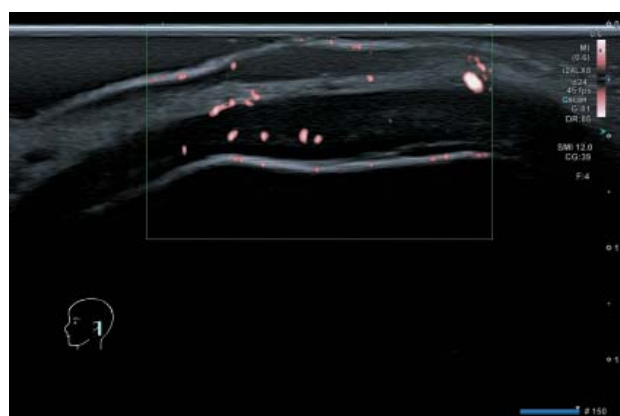


Рис. 7. БКРК через 24 ч после проведения ФДТ, режим сверхчувствительного микросудистого картирования (SMI): полное отсутствие цветных сигналов в проекции опухолевой ткани, что качественно подтверждает прекращение интратуморального кровотока, зафиксированное в режиме ADF.

Fig. 7. BCC 24 hours after PDT, Superb Micro-Vascular Imaging (SMI) mode: complete absence of color signals in the tumor tissue projection, qualitatively confirming the cessation of intratumoral blood flow recorded in ADF mode.

Клиническое наблюдение 2

Пациент Т., 87 лет, с БКРК кожи спинки носа и правой щеки (сT1N0M0, I стадия) (рис. 8, 9). При предоперационном мПУЗИ визуализировались гипоэхогенные образования с четкими контурами: на спинке носа (рис. 10, 11) толщиной 2,80 мм, неправильной формы, неоднородной структуры, с VI 12,5%, на правой щеке (рис. 12) толщиной 3,16 мм, неправильной формы, неоднородной структуры с VI 10,3%

(рис. 13). При контрольном исследовании через 24 ч после ФДТ отмечены разнонаправленные изменения: на спинке носа (рис. 14–16) – увеличение толщины до 3,28 мм с резким обеднением кровотока и умеренным снижением VI до 9,0%; на правой щеке (рис. 15) – уменьшение толщины до 2,19 мм с резким снижением VI до 0,5% и минимальным количеством цветовых сигналов в режиме SMI (рис. 17–19).



Рис. 8. Пациент Т. БКРК спинки носа до проведения ФДТ. Клиническая картина базалиомы.

Fig. 8. Patient T. Basal cell carcinoma of the skin of the nasal dorsum before photodynamic therapy. Clinical presentation of basal cell carcinoma.



Рис. 9. Пациент Т. БКРК правой щеки до проведения ФДТ. Клиническая картина базалиомы

Fig. 9. Patient T. Basal cell carcinoma of the right cheek before photodynamic therapy. Clinical presentation of basal cell carcinoma.



Рис. 10. Эхограмма БКРК спинки носа до проведения ФДТ, В-режим: гипоехогенное образование с четкими контурами. Наибольший диаметр (Dist A: 7,29 мм) и толщина (Dist B: 2,80 мм) опухоли.

Fig. 10. Ultrasound image of basal cell carcinoma of the nasal dorsum before photodynamic therapy, B-mode: hypoechoic lesion with clear margins. Largest diameter (Dist A: 7.29 mm) and thickness (Dist B: 2.80 mm) of the tumor.



Рис. 12. Эхограмма БКРК правой щеки до проведения ФДТ, В-режим: гипоехогенное образование с четкими контурами (+...+). Наибольший диаметр (Dist A: 11,57 мм) и толщина (Dist B: 3,16 мм) опухоли.

Fig. 12. Ultrasound image of basal cell carcinoma of the right cheek before photodynamic therapy, B-mode: hypoechoic lesion with clear contours (+...+). Largest diameter (Dist A: 11.57 mm) and thickness (Dist B: 3.16 mm) of the tumor.

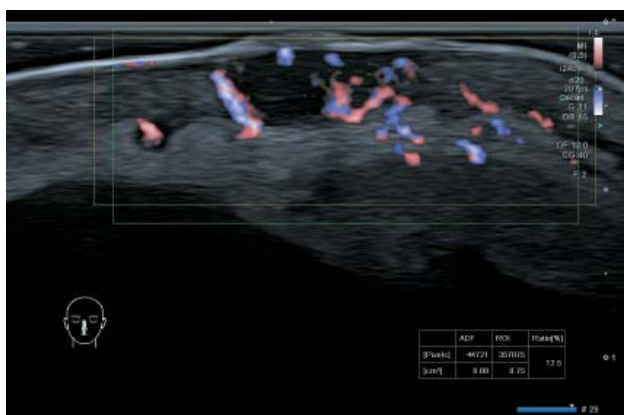


Рис. 11. Эхограмма БКРК спинки носа до проведения ФДТ, режим улучшенного динамического потока (ADF) с количественным анализом: визуализируется выраженный интратуморальный кровоток. Индекс васкуляризации (Ratio) в области интереса (ROI) составляет 12,5% (площадь васкуляризованной ткани ADF – 44 721 пиксель, общая площадь ROI – 357 075 пикселей), что объективно подтверждает гиперваскуляризацию образования.

Fig. 11. Ultrasound image of basal cell carcinoma of the nasal dorsum before photodynamic therapy, advanced dynamic flow (ADF) mode with quantitative analysis: prominent intratumoral blood flow is visible. The vascularization index (Ratio) in the region of interest (ROI) is 12.5% (ADF vascularized tissue area – 44,721 pixels, total ROI area – 357,075 pixels), which objectively confirms the hypervascularization of the lesion.

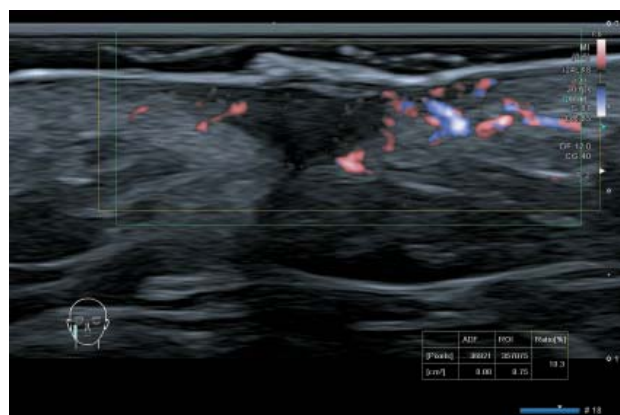


Рис. 13. Эхограмма БКРК правой щеки до проведения ФДТ, режим улучшенного динамического потока (ADF) с количественным анализом: визуализируется интратуморальный кровоток. VI (Ratio) в области интереса (ROI) составляет 10,3% (площадь васкуляризованной ткани ADF – 36 921 пиксель, общая площадь ROI – 357 075 пикселей), что объективно подтверждает умеренную гиперваскуляризацию образования.

Fig. 13. Ultrasound image of basal cell carcinoma of the right cheek before photodynamic therapy, enhanced dynamic flow (ADF) mode with quantitative analysis: intratumoral blood flow is visible. The VI (Ratio) in the region of interest (ROI) is 10.3% (ADF vascularized tissue area – 36,921 pixels, total ROI area – 357,075 pixels), which objectively confirms moderate hypervascularization of the lesion.

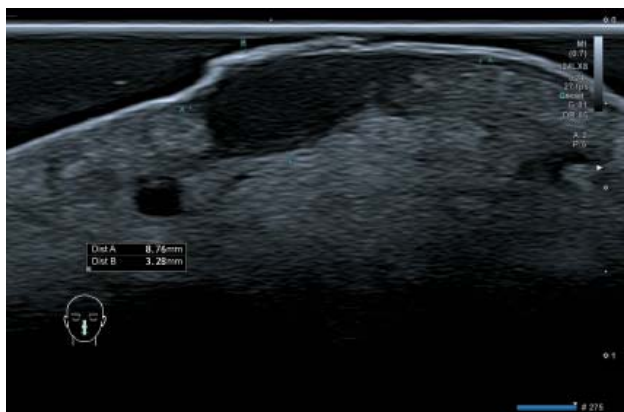


Рис. 14. Пациент Т. Эхограмма БКРК спинки носа через 24 ч после проведения ФДТ, В-режим: отмечается увеличение толщины опухоли до 3,28 мм (Dist B) и снижение четкости контуров образования (указано стрелками) по сравнению с исходным состоянием, что связано с развитием перифокального отека и воспалительной реакции на фотохимическое воздействие.

Fig. 14. Patient T. Ultrasound image of basal cell carcinoma of the nasal dorsum 24 hours after photodynamic therapy (PDT), B-mode: an increase in tumor thickness to 3.28 mm (Dist B) and less clearly defined lesion contours (indicated by arrows) compared to the baseline are noted, which is associated with the development of perifocal edema and an inflammatory reaction to photochemical exposure.

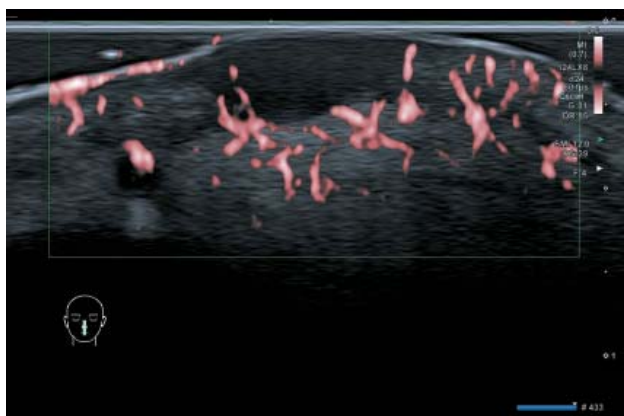


Рис. 15. Эхограмма БКРК спинки носа через 24 ч после проведения ФДТ, режим сверхчувствительного микрососудистого картирования (SMI): визуализируется уменьшение количества цветных сигналов по сравнению с исходным состоянием, что качественно подтверждает снижение васкуляризации образования.

Fig. 15. Ultrasound image of a basal cell carcinoma of the nasal dorsum 24 hours after photodynamic therapy, Superb Micro-Vascular Imaging (SMI) mode: a decrease in the number of color signals compared to the baseline is visualized, qualitatively confirming a decrease in vascularization of the lesion.

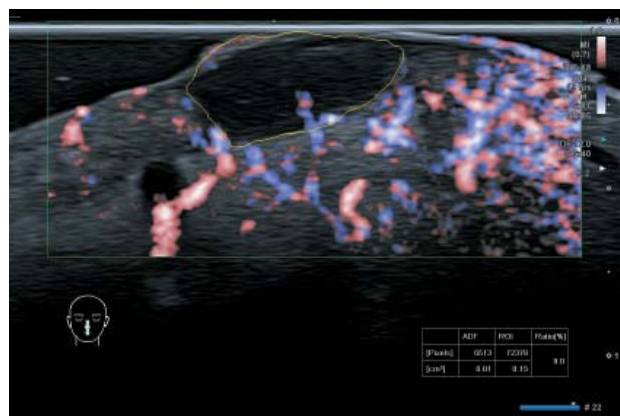


Рис. 16. Эхограмма БКРК спинки носа через 24 ч после проведения ФДТ, режим улучшенного динамического потока (ADF) с количественным анализом: зафиксировано снижение интратуморального кровотока. VI (Ratio) снизился до 9,0% (площадь васкуляризованной ткани ADF – 8 513 пикселей, общая площадь ROI – 72 378 пикселей), что демонстрирует умеренное снижение перфузии опухоли.

Fig. 16. Ultrasound image of a basal cell carcinoma of the nasal dorsum 24 hours after photodynamic therapy (PDT), advanced dynamic flow (ADF) mode with quantitative analysis: a decrease in intratumoral blood flow is noted. VI (Ratio) decreased to 9.0% (ADF vascularized tissue area – 8513 pixels, total ROI area – 72378 pixels), demonstrating a moderate decrease in tumor perfusion.



Рис. 17. Эхограмма БКРК правой щеки через 24 ч после проведения ФДТ, В-режим: отмечается уменьшение толщины опухоли до 2,19 мм (Dist B) и снижение четкости контуров образования (+...+) по сравнению с исходным состоянием.

Fig. 17. Ultrasound image of a basal cell carcinoma of the right cheek 24 hours after photodynamic therapy, B-mode: a decrease in tumor thickness to 2.19 mm (Dist B) and decreased lesion contour definition (+...+) compared to baseline are noted.

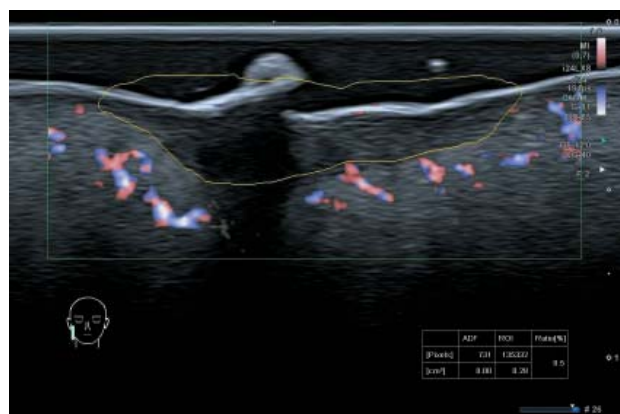


Рис. 18. Эхограмма БКРК правой щеки через 24 ч после проведения ФДТ, режим улучшенного динамического потока (ADF) с количественным анализом: зафиксировано резкое снижение интратуморального кровотока. VI (Ratio) снизился до 0,5% (площадь васкуляризованной ткани ADF – 731 пиксель, общая площадь ROI – 135 332 пикселя), что свидетельствует о практически полном прекращении перфузии опухоли.

Fig. 18. Ultrasound image of a basal cell carcinoma of the right cheek 24 hours after photodynamic therapy, advanced dynamic flow (ADF) mode with quantitative analysis: a sharp decrease in intratumoral blood flow is noted. VI (Ratio) decreased to 0.5% (ADF vascularized tissue area – 731 pixels, total ROI area – 135,332 pixels), indicating almost absent tumor perfusion.



Рис. 19. Эхограмма БКРК правой щеки через 24 ч после проведения ФДТ, режим сверхчувствительного микрососудистого картирования (SMI): визуализируется минимальное количество цветных сигналов, что качественно подтверждает выраженное снижение васкуляризации образования.

Fig. 19. Ultrasound image of a basal cell carcinoma of the right cheek 24 hours after photodynamic therapy, Superb Micro-Vascular Imaging (SMI) mode: minimal color signals are visualized, qualitatively confirming a significant decrease in vascularization of the lesion.

ОБСУЖДЕНИЕ

Полученные результаты демонстрируют высокую чувствительность мПУЗИ в оценке ранних изменений в опухоли после ФДТ. Системное введение фотосенсибилизатора и стандартизированные параметры светового воздействия (662 нм, 200 Дж/см²) обеспечивают сопоставимость результатов и воспроизводимость протокола фотодинамической терапии [3, 8]. Резкое снижение интратуморальной васкуляризации, количественно оцененное с помощью VI в режиме ADF, является прямым следствием ведущего механизма действия ФДТ – фотохимического повреждения сосудов микроциркуляторного русла опухоли и развития коагуляционного некроза. Значимое снижение кровотока является наиболее ранним ультразвуковым маркером эффективности проводимого лечения – развитие эндотелиального повреждения, агрегация тромбоцитов и прекращение перфузии предшествуют структурным изменениям в опухоли [9]. Изменения в В-режиме (увеличение размеров, нечеткость контуров, повышение эхогенности, перифокальный отек), отмечаемые к 24-му часу, соответствуют развитию локальной воспалительной реакции и ишемии в зоне фотодинамического воздействия, включающего опухоль и прилежащие на расстоянии 3–5 мм ткани, и также косвенно подтверждают запуск терапевтического процесса. Интересно, что в отдельных случаях (Клиническое наблюдение 2) наблюдали разнонаправленную динамику толщины опухоли (увеличение на спинке носа и уменьшение на щеке), что, вероятно, отражает индивидуальные особенности воспалительного ответа и степени начавшегося некроза, но при этом в обоих случаях было зафиксировано резкое падение VI.

Отсутствие значимых изменений при компрессионной эластографии в 1-е сутки, вероятно, связано с тем, что фиброзные изменения и ремоделирование тканей, влияющие на жесткость, являются более отсроченными процессами по сравнению с сосудистыми нарушениями. Снижение флуоресцентной контрастности до 1:1 свидетельствует о деструкции опухолевых клеток, накопивших фотосенсибилизатор, и подтверждает эффективность проведенного фотохимического воздействия.

Ключевым аспектом настоящего исследования является его принципиальная новизна. Несмотря на то что высокочастотное УЗИ активно используется для диагностики и стадирования БКРК [10–12], а метод ФДТ широко применяется для его лечения [7], комплексное применение мПУЗИ для мониторинга раннего (через 24 ч) ответа на системную ФДТ у пациентов с БКРК ранее в доступной литературе не описывалось.

Таким образом, настоящая работа представляет первое проспективное исследование, в котором детально изучена динамика ультразвуковых параметров в 1-е сутки после сеанса ФДТ. Предложенный протокол впервые устанавливает объективные количественные критерии раннего ответа (снижение индекса васкуляризации VI в среднем с 32,4 до 4,2%), которые могут служить предиктором успеха лечения задолго до формирования видимого клинического и косметического результата. Этот подход открывает возможности для персонализации терапии: раннее выявление неэффективности процедуры по данным УЗИ может стать основанием для своевременного решения о повторном сеансе ФДТ или смене лечебной тактики.

Проведенное исследование имеет некоторые ограничения, включая относительно небольшой размер выборки и короткий срок наблюдения. Кроме того, в исследовании не включались инфильтрирующие формы БКРК, для которых эффективность ФДТ может быть иной. Необходимы дальнейшие исследования для корреляции ранних ультразвуковых изменений с отдаленными клиническими результатами и частотой рецидивов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Мультипараметрическое УЗИ кожи с использованием высокочастотных датчиков (18–24 МГц) является высокоинформативным неинвазивным методом, который обеспечивает прецизионную оценку характеристик БКРК на этапе планирования ФДТ. Наиболее значимым критерием непосредственной эффективности ФДТ является выраженное снижение внутриопухолевого кровотока, количественно оцениваемое с помощью микродоплеровских методик (сSMI, ADF). Динамика ультразвуковых

параметров (утолщение опухоли, нарушение целостности базальной мембраны, полное прекращение интрагуморального кровотока) в сочетании со снижением флуоресцентной контрастности через 24 ч после процедуры является объективным и ранним маркером эффективности задолго до формирования окончательного клинического и косметического результата. Метод может быть рекомендован для рутинного использования в алгоритме проведения и мониторинга ФДТ БКРК.

Участие авторов

Маркина Н.Ю. – концепция и дизайн исследования, проведение исследования, conducting research, анализ и интерпретация полученных данных, подготовка и редактирование текста.

Зыков А.А. – проведение исследования, сбор и обработка данных, обзор публикаций по теме статьи, анализ и интерпретация полученных данных, написание текста, подготовка, создание опубликованной работы, ответственность за целостность всех частей статьи.

Словоходов Е.К. – концепция и дизайн исследования, подготовка и редактирование текста, утверждение окончательного варианта статьи.

Authors' participation

Markina N.Y. – concept and design of the study, conducting research, analysis and interpretation of the obtained data, text preparation and editing.

Zykov A.A. – conducting research, collection and analysis of data, analysis and interpretation of the obtained data, review of publications, writing text, preparation and creation of the published work, responsibility for the integrity of all parts of the article.

Slovokhodov E.K. – concept and design of the study, text preparation and editing, approval of the final version of the article.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ [REFERENCES]

- Peris K., Fagnoli M.C., Garbe C. et al. Diagnosis and treatment of basal cell carcinoma: European consensus-based interdisciplinary guidelines. *Eur. J. Cancer*. 2019; 118: 10–34. <https://doi.org/10.1016/j.ejca.2019.06.003>
- Morton C.A., Szeimies R.M., Basset-Seguín N. et al. European Dermatology Forum guidelines on topical photodynamic therapy 2019 Part 1: treatment delivery and established indications – actinic keratosis, Bowen's disease and basal cell carcinomas. *J. Eur. Acad. Dermatol. Venereol.* 2019; 33 (12): 2225–2238. <https://doi.org/10.1111/jdv.16017>
- Agostinis P., Berg K., Cengel K.A. et al. Photodynamic therapy of cancer: an update. *CA Cancer J. Clin.* 2011; 61 (4): 250–281. <https://doi.org/10.3322/caac.20114>
- Wortsman X. Ultrasound in Skin Cancer: Why, How, and When to Use It? *Cancers*. 2024; 16 (19): 3301. <https://doi.org/10.3390/cancers16193301>
- Crisan D., Tarnowietzki E., Bernhard L. et al. Rationale for Using High-Frequency Ultrasound as a Routine Examination in Skin Cancer Surgery: A Practical Approach. *J. Clin. Med.* 2024; 13 (7): 2152. <https://doi.org/10.3390/jcm13072152>
- Austin E., Wang J.Y., Ozog D.M. et al. Photodynamic Therapy: Overview and Mechanism of Action. *J. Am. Acad. Dermatol.* 2025; S0190-9622(25)00321-4. <https://doi.org/10.1016/j.jaad.2025.02.037>
- Wang J.Y., Zeitouni N., Austin E. et al. Photodynamic Therapy: Clinical Applications in Dermatology. *J. Am. Acad. Dermatol.* 2025; S0190-9622(25)00322-6. <https://doi.org/10.1016/j.jaad.2024.12.050>
- Canti G., De Simone A., Korbelik M. Photodynamic therapy and the immune system in experimental oncology. *Photochem. Photobiol. Sci.* 2002; 1 (1): 79–80. <https://doi.org/10.1039/b107764g>
- Płocka M., Czajkowski R. High-frequency ultrasound in the diagnosis and treatment of skin neoplasms. *Postepy Dermatol. Alergol.* 2023; 40 (2): 204–207. <https://doi.org/10.5114/ada.2023.127638>
- Boostani M., Wortsman X., Pellacani G. et al. Dermoscopy-guided high-frequency ultrasound for preoperative assessment of basal cell carcinoma lateral margins: a pilot study. *Br. J. Dermatol.* 2025; 193 (3): 572–574. <https://doi.org/10.1093/bjd/ljaf209>
- Szalai K., Tóth K., Hársing J. et al. High-Frequency Ultrasound Assessment of Basal Cell Carcinoma: Correlations Between Histopathological Subtype, Vascularity, and Age/Sex Distribution. *Cancers (Basel)*. 2026; 18 (2): 274. <https://doi.org/10.3390/cancers18020274>
- Feng M.C., Liang J.F., Chen Y.X. et al. Construction of an Aggressiveness Diagnostic Model for Basal Cell Carcinoma Using Multimodal Ultrasound Features. *J. Ultrasound Med.* 2025; 44 (10): 1839–1848. <https://doi.org/10.1002/jum>

The Role of Multiparametric High-Frequency Ultrasound of Basal Cell Carcinoma in Photodynamic Therapy

N.Y. Markina^{1,2}, A.A. Zykov^{1*}, E.K. Slovokhodov^{1,3}

¹ Central Clinical Hospital of the Presidential Administration of the Russian Federation; 15, Marshal Timoshenko str., Moscow 121359, Russian Federation

² Central State Medical Academy of the Presidential Administration of the Russian Federation; 19-1A, Marshal Timoshenko str., Moscow 121359, Russian Federation

³ The Russian University of Medicine of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation; 4, Dolgorukovskaya str., Moscow 127006, Russian Federation

Natalia Yu. Markina – MD, PhD (Med.), Head of the Ultrasound Diagnostics Department, Central Clinical Hospital of the Presidential Administration of the Russian Federation; Associate Professor of the Department of Radiation Diagnostics and Therapy, Central State Medical Academy of the Presidential Administration of the Russian Federation, Moscow. <https://orcid.org/0009-0004-5495-6435>

Artyom A. Zykov – MD, Oncologist, Thoracoabdominal Oncology department (with Photodynamic Therapy Unit), Central Clinical Hospital of the Presidential Administration of the Russian Federation, Moscow. <https://orcid.org/0009-0004-5687-2155>

Egor K. Slovokhodov – MD, PhD (Med.), Assistant Professor of the Department of Palliative Medicine, The Russian University of Medicine of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation; Oncologist, Photodynamic Therapy Unit, Central Clinical Hospital of the Presidential Administration of the Russian Federation, Moscow. <https://orcid.org/0009-0004-2955-5402>

Correspondence* to Dr. Artem A. Zykov – e-mail: zykov.msk@gmail.com

Objective: To evaluate the potential of multiparametric high-frequency ultrasound (18–24 MHz) for monitoring early changes after photodynamic therapy (PDT) in patients with basal cell carcinoma (BCC).

Materials and Methods. The prospective, single-center study included 31 patients with 51 histologically confirmed basal cell carcinoma lesions. All patients underwent multiparametric ultrasound imaging using an Aplio i800 ultrasound scanner (Canon, Japan) with 18–24 MHz linear transducers before and 24 hours after the PDT session. The protocol included evaluation of the tumor using B-mode, Doppler, and power Doppler mapping, including microcirculation (ADF and SMI) assessment with VI calculation, strain elastography, and fluorescence spectrometry.

Results. Before treatment, all cutaneous lesions were presented as hypoechoic lesions with clear margins, an average thickness of 3.7 ± 1.2 mm, a heterogeneous solid structure, and hypervascularisation (VI 32.4 ± 4.1). 24-hours after PDT, a statistically significant decrease in VI to 4.2 ± 1.8 ($p < 0.001$) was observed. B-mode revealed an increase in tumor thickness to 4.4 ± 1.3 mm, decreased marginal clarity, and signs of perifocal edema. Fluorescence contrast decreased from 1:4 to 1:1. Elastography did not show significant changes in the early stages.

Conclusion. Multiparametric ultrasound with high-frequency transducers (18–24 MHz) is an informative, noninvasive method for early monitoring of PDT efficacy. The most significant ultrasound feature of treatment response is a significant reduction in intratumoral blood flow, quantified using micro-Doppler techniques. This is due to the primary mechanism of PDT action – photochemical damage to tumor microvasculature and the development of coagulative necrosis.

Keywords: multiparametric ultrasound; photodynamic therapy; high-frequency transducer; micro-Doppler mapping; elastography

Conflict of interests. The authors have no conflicts of interest to declare.

Financing. This study had no sponsorship.

Citation: Markina N.Y., Zykov A.A., Slovokhodov E.K. The Role of Multiparametric High-Frequency Ultrasound of Basal Cell Carcinoma in Photodynamic Therapy. *Ultrasound and Functional Diagnostics*. 2026; 32 (2): 72–84. <https://doi.org/10.24835/1607-0771-359> (In Russian)

Received: 20.10.2025.

Accepted for publication: 24.02.2026.

Published online: 5.06.2026.

ISSN 1607-0771(Print); ISSN 2408-9494 (Online)
<https://doi.org/10.24835/1607-0771-351>



Ультразвуковая диагностика усиленной васкуляризации миометрия после прерывания беременности: обзор литературы и разбор клинического наблюдения

Т.Б. Макухина^{1*}, М.Н. Буланов^{2, 3}

¹ ФГБОУ ВО “Кубанский государственный медицинский университет” Минздрава России; 350063 Краснодар, ул. им. М. Седина, д. 4, Российская Федерация

² ГБУЗ Владимирской области “Областная клиническая больница”; 600023 Владимир, Судогодское шоссе, д. 41, Российская Федерация

³ ФГБОУ ВПО “Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого”; 173003 Великий Новгород, ул. Большая Санкт-Петербургская, д. 41, Российская Федерация

Внедрение доплерографии в клиническую практику позволило наблюдать изменения сосудистой сети матки после завершения беременности. Феномен усиленной васкуляризации миометрия (УВМ) указывает на замедленное восстановление параметров кровотока, часто ассоциирован с задержкой продуктов зачатия в полости матки (retained products of conception – RPOC), но имеет сходные акустические характеристики с артериовенозной мальформацией матки.

Актуальна дифференциальная диагностика сосудистых аномалий с RPOC, поскольку, с одной стороны, это может вести к избыточному лечению, с другой стороны – к ятрогенному профузному кровотечению в случае попытки хирургической эвакуации содержимого полости матки при нераспознанной сосудистой аномалии.

Хотя ангиография является “золотым стандартом” диагностики, многие специалисты в последние два десятилетия для выявления УВМ предпочитают доплерографию ввиду неинвазивности и полезности для определения тактики лечения, включая необходимость применения эмболизации маточных артерий. К настоящему времени дифференциальная диагностика физиологических и патологических особенностей миометриального кровотока не разработана, не выделены маркеры, указывающие на вероятность спонтанного регресса либо персистенции УВМ с риском профузного кровотечения. Клиническое значение феномена УВМ у асимптомных пациенток также неясно.

Картирование зоны сосудистой аномалии с использованием доплерографии позволяет четко определить распространенность процесса и предупредить осложнения при выборе оптимального метода хирургического вмешательства.

Макухина Татьяна Борисовна – доктор мед. наук, доцент, профессор кафедры акушерства, гинекологии и перинатологии № 2 ФГБОУ ВО “Кубанский государственный медицинский университет” Минздрава России, Краснодар. <https://orcid.org/0000-0003-0536-4500>

Буланов Михаил Николаевич – доктор мед. наук, заведующий отделением ультразвуковой диагностики ГБУЗ ВО “Областная клиническая больница”, Владимир; профессор кафедры внутренних болезней Института медицинского образования ФГБОУ ВО “Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого”, Великий Новгород. <https://orcid.org/0000-0001-8295-768X>

Контактная информация*: Макухина Татьяна Борисовна – e-mail: soltatiana@mail.ru

Ключевые слова: доплерография; усиленная васкуляризация миометрия; артериовенозная мальформация; задержка продуктов зачатия в полости матки; эмболизация маточных артерий

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии возможных конфликтов интересов.

Финансирование. Исследование проведено без спонсорской поддержки.

Цитирование: Макухина Т.Б., Буланов М.Н. Ультразвуковая диагностика усиленной васкуляризации миометрия после прерывания беременности: обзор литературы и разбор клинического наблюдения. *Ультразвуковая и функциональная диагностика*. 2026; 32 (2): 85–97.

<https://doi.org/10.24835/1607-0771-351>

Поступила в редакцию: 29.08.2025.

Принята к печати: 03.04.2026.

Опубликована online: 05.06.2026.

Список сокращений

HIFU – High-Intensity Focused Ultrasound
MUSA – Morphological Uterus Sonographic Assessment

RPOC – retained products of conception

β -ХГЧ – β -субъединица хорионического гонадотропина человека

АВМ – артериовенозная мальформация

ГТБ – гестационная трофобластическая болезнь

ИР – индекс резистентности

ПСС – пиковая систолическая скорость (кровотока)

УВМ – усиленная васкуляризация миометрия

УЗИ – ультразвуковое исследование

ЦДК – цветное доплеровское картирование

ЭМА – эмболизация маточных артерий

Систематический обзор экспертов ВОЗ для выявления причин материнской смертности показал, что в 2020 г. в мире зафиксировано 287 тыс. случаев материнских смертей, т.е. каждые 2 мин умирала одна женщина. Из них 80 тыс. случаев (27%) были обусловлены кровотечениями [1]. Наиболее частыми причинами поздних кровотечений после завершения беременности являются субинволюция плацентарной площадки и задержка продуктов зачатия в полости матки (retention of products of conception – RPOC). Реже кровотечения возникают вследствие нарушения свертываемости крови, эндометрита, гестационной трофобластической болезни (ГТБ) и сосудистых аномалий (врожденная артериовенозная мальформация, ятрогенная артериовенозная фистула, псевдоаневризма) [2].

Артериовенозная мальформация (АВМ) – редкое потенциально опасное для жизни

состояние, которое отличается наличием аномальных шунтов между артериями и венами [3–6]. Врожденная АВМ возникает при отсутствии сформированной микроциркуляторной сосудистой сети, а приобретенная развивается вследствие предшествующей хирургической травмы матки, после родов, аборт, операций на матке, инфекции, ГТБ, злокачественных новообразований матки [3, 4, 7].

Ультразвуковыми критериями приобретенной АВМ матки являются множественные крупные расширенные извитые сосуды миометрия с высокоскоростным турбулентным артериальным кровотоком с низким сопротивлением и расширенные вены с венозным кровотоком внутри (варикозное расширение вен матки), ассоциированные с неизмененным эндометрием. Псевдоаневризму ветви маточной артерии по данным ультразвукового исследования (УЗИ) следует заподозрить при наличии кистозного образования с двунаправленным артериальным кровотоком в просвете с низким сопротивлением внутри и умеренной дилатацией окружающих сосудов миометрия [8].

Спектр сосудистых аномалий матки также включает: варикозное расширение вен миометрия и венозные псевдоаневризмы. При УЗИ варикозно расширенных вен миометрия определяется трубчатое образование в миометрии, выступающее в полость матки, с однонаправленным фазным венозным потоком, структура стенки соответствует вене. Отличием псевдоаневризмы маточной вены является крупная киста с аномальной толщиной стенки, с двунаправленным венозным кровотоком в просвете [8].

В последние годы для описания приобретенной АВМ получил распространение термин “enhanced myometrial vascularities”,

или “усиленная васкуляризация миометрия” (УВМ) [9, 10]. Однако широкое применение этого термина ограничивается ввиду отсутствия консенсуса между специалистами относительно правомочности его использования в различных клинических ситуациях. Многие авторы считают, что УВМ не является истинной АВМ, поскольку связана с увеличением нормальной васкуляризации вследствие субинволюции плацентарного ложа либо других причин: наличия РРОС, изменений после хирургического либо медикаментозного прерывания беременности, кесарева сечения, инвазивного пузырного заноса, эндометрита или других форм патологии матки [2, 6–8, 11, 12]. Ряд авторов указывают, что в случае ГТБ феномен УВМ возникает вследствие неоангиогенеза опухолевой массы в миометрии с разрушением сосудов, в послеродовом периоде процесс может индуцировать некроз ворсин хориона в РРОС, также УВМ может быть результатом вмешательств на матке, не связанных с беременностью (выскабливания, миомэктоми) [6, 7, 13, 14]. Таким образом, причины, ведущие к АВМ и УВМ, практически совпадают. В то же время А.Т. Youssef (2024) указывает, что ятрогенные причины чаще имеют место в случае АВМ, в отличие от УВМ [8].

Хотя многие авторы применяют определение УВМ для описания особенностей миометрия после прерывания беременности независимо от наличия либо отсутствия персистенции хориона [4, 5], ряд исследователей подчеркивают важность дифференциальной диагностики сосудистых аномалий от РРОС, поскольку, с одной стороны, это может вести к избыточному лечению [8, 15–17], с другой стороны – к ятрогенному профузному кровотечению в случае попытки хирургической эвакуации содержимого полости матки при нераспознанной сосудистой аномалии [2, 14, 18, 19]. Исходом такой тактики в ряде случаев может быть гистерэктомия по жизненным показаниям [4, 9, 20].

Представляет интерес для практического использования предложенная М. Sellmyer и соавт. в 2013 г. классификация вариантов васкуляризации при наличии РРОС: паттерн 0 – отсутствие цветового сигнала в эндометрии; паттерн 1 – васкуляризация

эндометрия меньше, чем миометрия; паттерн 2 – васкуляризация эндометрия равна миометрию; паттерн 3 – васкуляризация эндометрия больше миометрия [21]. При этом УВМ может встречаться при 1–3 типах паттернов и отражать проникновение трофобласта в миометрий с формированием физиологических артериовенозных шунтов и их пролабированием в полость матки [8]. Однако ретроспективное исследование S.L. Rufener и соавт. (2008) 29 случаев УВМ у женщин после прерывания беременностей разных сроков показало, что чаще всего усиление сосудистого рисунка в миометрии является следствием РРОС, причем ни в одном из представленных наблюдений далее диагноз АВМ по результатам лечения не подтвердился [22].

Консенсуса по общепризнанным ультразвуковым диагностическим критериям УВМ в настоящее время нет.

Согласно мнению М.А. Sellmyer и соавт. (2013), А.Т. Youssef (2024), УВМ – это наличие гипervasкуляризации миометрия и эндометрия после РРОС или выкидыша в I/II триместре беременности, которое может проявляться любым из вышеупомянутых паттернов васкуляризации, кроме паттерна “0” [8, 21].

В то же время А. Xholliet и соавт. (2024) относят к признакам УВМ неоднородную структуру эндометрия с кистозными участками, отсутствие изображения линии смыкания листков эндометрия, аномальную соединительную зону и наличие множественных извитых сосудов миометрия, направленных к эндометрию. При этом параметры кровотока в сосудах отличаются высокой пиковой систолической скоростью (ПСС) потока – $28,45 \pm 4,9$ см/с [23]. В своем обзоре А. Kirsch и соавт. (2025) также считают, что для УВМ характерны высокая скорость и низкое сопротивление потока крови, в то же время выделяют формы УВМ с явной РРОС, когда расширенные трубчатые сосуды в миометрии простираются до васкуляризированной ткани в полости эндометрия, и без РРОС при наличии расширенных извитых сосудов в миометрии без утолщенного эндометрия или очаговой массы в полости матки [2]. Однако другие исследователи полагают, что под УВМ следует понимать естественное проявление патофизиологии оставшейся ткани хориона, т.е. УВМ всегда

ассоциирована с персистенцией хориона, и исчезновение феномена можно ожидать после резорбции/удаления РРОС [12, 24, 25]. Многие авторы акцентируют внимание на спектральных параметрах феномена и определяют пороговое значение ПСС в зоне УВМ ≥ 20 см/с [6, 10, 25]. В исследовании М. Thakur и соавт. (2022) этот критерий дополняется наличием низкого сопротивления в сосудах (средний индекс резистентности (ИР) = 0,3) и низкой пульсацией артериальной волны, а также наличием свищевых коммуникант, что позволяет дифференцировать УВМ от РРОС. При этом нечетко очерченные массы со множественными мио- и эндометриальными гипоехогенными кистозными или тубулярными структурами различных размеров, по мнению авторов, определяют очаговое или асимметричное утолщение эндометрия и миометрия, а цветовое доплеровское картирование (ЦДК) при УВМ определяет наличие мозаики с реверсным потоком [4].

В исследовании М. Matsumoto и Т.М. Caridi (2023) предложено выделять высокопоточные приобретенные артериовенозные фистулы в результате прямой артериальной травмы, например, при кесаревом сечении или дилатации и выскабливании с последующим образованием аномального соединения между одной артерией и веной и поражения с низким кровотоком без раннего заполнения дренирующей вены, связанные с трофобластическими изменениями во время беременности и имеющие неясное клиническое значение, особенно при бессимптомном течении [19].

Ряд авторов даже предлагают использовать обобщенный термин “УВМ/АВМ” для определения приобретенных сосудистых аномалий матки, установленных по данным ЦДК [4, 10, 26].

Некоторые эксперты Международного общества ультразвука в акушерстве и гинекологии (ISUOG) настоятельно рекомендуют использовать термин “повышенная васкуляризация миометрия” только в контексте недавней маточной беременности независимо от ее жизнеспособности и не применять его как синоним термина “АВМ”, поскольку этиология и оптимальные варианты лечения данных состояний различаются [11, 12]. При посттравматическом артериовенозном шунте, в отличие от УВМ, плацентарное

ложе не затрагивается, и термин “УВМ/АВМ” стирает эту грань [10, 27].

В некоторых ситуациях УВМ было трудно отличить от приобретенных АВМ матки. Описание J. Chen и соавт. (2024) АВМ по данным УЗИ практически совпадает с указанными ранее критериями для УВМ: фистула располагается близко к эндометрию, содержит РРОС, плохо отграничена от миометрия, который имеет губчатую структуру и аномально богатое кровоснабжение. При ЦДК сигналы заполняют анехогенные зоны, подобные лакунам, с признаками мозаичного кровотока. При спектральной доплерографии артерии имеют смешанный артериовенозный спектр, характеризующийся высокой скоростью и низким сопротивлением потока [28].

В исследовании D. Jeerakornpassawat и соавт. (2024) среди критериев аневризмы также отмечен отрицательный результат сывороточного уровня β -субъединицы хорионического гонадотропина человека (β -ХГЧ), наличие сосудистых фистул с высокой скоростью кровотока (ПСС более 20 см/с по данным спектральной доплерографии) и кистозных пространств без кровотока, указывающих на лизированную кровь в полости. Гетерогенность миометрия, небольшие анехогенные пространства, различающиеся по размеру в миометрии, или утолщенная стенка матки со смешанными эхогенными нечетко очерченными участками и многочисленными мелкими трубчатыми структурами или губчатыми анехогенными или гипоехогенными участками в миометрии, по мнению авторов, указывают на необходимость дифференциальной диагностики с аденомиозом, миомой с дегенерацией. Отсутствие в анамнезе инструментальных вмешательств на матке с большой вероятностью указывает на УВМ [29].

В своей работе F.J. Ruiz Labarta и соавт. (2022), выполняя систематический анализ исходов АВМ матки, в качестве критериев отбора использовали отрицательный результат сывороточного уровня β -ХГЧ (для исключения РРОС и ГТБ), наличие аномальных прямых коммуникант между интрамуральными артериальными ветвями и миометриальным венозным сплетением без промежуточной капиллярной сети; раннее заполнение венозным контрастом сосудистой сети матки по данным ангиографии. Наиболее

часто встречающиеся ультразвуковые описания у этих пациенток включали гипоехогенные извитые пространства, вовлеченные в стенку матки, а по данным доплерографии – многочисленные расширенные и извитые кровеносные сосуды с типичным разнонаправленным высокоскоростным потоком и низким сопротивлением в миометрии [30].

Р. O'Brien и соавт. еще в 2006 г. акцентировали внимание на соответствующем анамнезе (вмешательство, беременность), отрицательном результате сыровоточного уровня β -ХГЧ и характерных для АВМ данных доплерографии, выявляющих сплетение сосудов с разнонаправленным высокоскоростным мозаичным кровотоком при ЦДК, типичные признаки артериовенозного шунтирования с низким сопротивлением (средней ПСС = 60,37 см/с, средним ИР = 0,41) по данным спектральной доплерографии [31].

W. Hong и соавт. (2020) при описании типичных ультразвуковых признаков приобретенной АВМ указывают на неоднородную структуру миометрия с наличием анехогенных пространств, извитых расширенных сосудов, часто выступающих в полость матки, или без них, по данным ЦДК – спутанные сосуды с разнонаправленным высокоскоростным потоком “мозаики” или “огненного шара”. При спектральной доплерографии фиксируются признаки артериовенозного шунтирования [15].

Основным дифференциальным методом диагностики между УВМ и АВМ считается цифровая субтракционная ангиография, которая демонстрирует раннее венозное наполнение в случаях АВМ [15, 28, 32–34]. По мнению М. Thakur и соавт. (2022), хотя ангиография является “золотым стандартом” диагностики, многие специалисты в последние два десятилетия для выявления УВМ предпочитают ЦДК и спектральную доплерометрию ввиду неинвазивности и эффективности для определения тактики лечения [4]. Большинство работ, использующих термин “УВМ” для описания сосудистой аномалии матки после завершения беременности независимо от срока гестации [8, 9, 11, 18, 23–26], не подкреплены данными ангиографии, за исключением работ I. Timor-Tritsch и соавт. (2016; 2021) [10, 35] и М. Thakur и соавт. (2022) [4]. Приведенные

авторы отмечают, что данных ультразвуковой доплерографии достаточно для определения типа аномалии, а при неопределенных результатах целесообразна гистероскопия как для дифференциальной диагностики РРОС и сосудистых аномалий, так и для отслеживания их регресса после лечения [4, 18, 24]. В своем исследовании M.S. Shahulhameed и соавт. (2024) указывают на приемлемость ЦДК со спектральной доплерометрией при кровотечении, как альтернативного первичного диагностического метода, но в то же время именно ангиография маточных артерий остается “золотым стандартом” диагностики, а магнитно-резонансная ангиография – лучшим методом для определения области поражения [24].

Авторы проспективного исследования K. Grewal и соавт. (2020) подчеркивают целесообразность использования термина “УВМ” после родов/выкидыша при планировании выжидательной тактики, учитывая преходящий характер данной сосудистой аномалии. В то же время в случае беременности в рубце и пузырного заноса, по их мнению, необходима ангиография ввиду высокой вероятности истинной АВМ [25].

По мнению D. O'Rourke-Suchoff и соавт. (2021), присутствие ультразвукового феномена УВМ сопутствует спектру состояний от РРОС до АВМ. При этом общепринятых диагностических критериев АВМ по данным УЗИ нет. При первичном диагнозе АВМ по данным УЗИ в представленном исследовании при дополнительном обследовании в 12/39 (30,8%) случаев имела место РРОС [27].

В своем обзоре A. Kirsch и соавт. (2025) используют термин “спектр УВМ” (“spectrum of EMV”), чтобы подчеркнуть неоднородность сосудистых аномалий, обнаруживаемых по данным ультразвуковой доплерографии, – от физиологической редукции ремоделированных сосудов после завершения беременности, до истинных мальформаций, в том числе в сочетании с персистенцией ткани хориона. Авторы на собственном клиническом материале демонстрируют, что сообщение между тубулярными структурами по данным УЗИ позволяет определять наличие артериовенозной фистулы, а двунаправленный поток туда и обратно в области “шейки” аневризмы, подозрительный на наличие псевдоаневризмы при

ультразвуковой доплерографии, также подтверждается данными ангиографии. УВМ без явной РПОС проявляет себя расширенными извитыми сосудами в миометрии без утолщения эндометрия или массы в полости матки. При явной РПОС УВМ характеризуется расширенными трубчатыми сосудами в миометрии, достигающими до васкуляризированной ткани в полости матки. Тяжелая УВМ (с наличием или без РПОС) характеризуется доминирующим мешотчатым расширением внутри/рядом с клубком сосудов в миометрии, которое простирается в эндометрий [2].

Вместе с тем заключения ультразвуковой доплерографии о наличии АВМ, согласно исследованиям других авторов, подтверждались данными ангиографии в диапазоне от 9 до 91% случаев: 3/30 (10%) [36]; 5/8 (62,5%) [37]; 10/11 (90,9%) [38]; 5/39 (12,8%), в том числе среди β -ХГЧ положительных 3/19 (15,8%) [27]; 2/22 (9%) [17]. Столь высокий разброс данных, по-видимому, объясним разными когортами пациенток: среди плановых исследований у пациенток без обильного кровотечения АВМ ожидаемо подтверждалась реже [27].

Многочисленные исследования посвящены прогностической значимости оценки ПСС в зоне сосудистой аномалии для планирования лечебной тактики. Еще в 2004 г. D. van Schoubroeck и соавт., исследуя миометральный кровоток после неосложненных родов у 93 родильниц, обнаружили области УВМ у 50,5% пациенток на 3-и сутки после родов и у 3,9% спустя 6 нед при отсутствии клинических симптомов кровотечения. При этом ПСС в зоне УВМ на 3-и сутки после родов составляла $30,0 \pm 2,0$ см/с [11]. В 2015 г. T. Van den Bosch и соавт. у 18 пациенток с УВМ не смогли продемонстрировать надежную связь между ПСС и кровопотерей во время хирургического удаления РПОС. При этом ПСС в зоне УВМ во всех случаях превышала 60 см/с [9]. В 2018 г. Y. Groszmann и соавт. на когорте из 31 пациентки пришли к выводу, что измерение ПСС не меняет тактику ведения случаев УВМ с РПОС [26]. В проспективном наблюдении K. Grewal и соавт. (2020) 40 пациенток с УВМ, включая 3 пациенток с рубцом после кесарева сечения, пришли к заключению, что полная резорбция, экспульсия или хирургическое удаление ткани хорио-

на приводят к быстрому разрешению УВМ независимо от исходного показателя ПСС [25].

Еще в 2003 г. D. Timmerman и соавт. на проспективной выборке из 30 случаев мальформаций, связанных с предшествующей беременностью, независимо от наличия либо отсутствия РПОС, показали, что ПСС ≥ 83 см/с была связана высокой вероятностью клинической необходимости проведения эмболизации маточных артерий (ЭМА), тогда как ни одна сосудистая мальформация с ПСС < 39 см/с не требовала ЭМА. Консервативное лечение оказалось возможным более чем у $2/3$ пациенток с сосудистыми мальформациями матки, диагностированными с помощью цветовой доплерографии. Но малый объем выборки, на которой было выполнено исследование, имел следствием повышение риска значительной ошибки, что требует валидации полученных данных в других, более масштабных исследованиях. Основываясь на клинических данных и результатах инструментальной диагностики, авторы сочли целесообразным выделить 3 группы сосудистых мальформаций: истинные АВМ матки; маточные не артериовенозные сосудистые мальформации (не-АВМ); маточные сосудистые мальформации.

1-я группа – “истинные АВМ матки”: почти всегда манифестируют обильными кровотечениями; имеют типичные признаки сосудистой мальформации при цветовой доплерографии (область выраженной гиперваскуляризации и турбулентности в сравнении с перфузией окружающего миометрия); подтверждаются ранним венозным контрастным заполнением сосудистой сети матки по данным ангиографии. Данные о доплеровских индексах в случаях истинных АВМ ограничены. Этим пациенткам показано хирургическое лечение или ЭМА.

2-я группа – “маточные не артериовенозные сосудистые мальформации (не-АВМ)”: также проявляются обильными кровотечениями; при доплерографии – признаками сосудистой мальформации, но без типичного раннего контрастного заполнения вен при ангиографии. Этим пациенткам потребность в ЭМА определяется клиническими данными (только при обильном кровотечении).

3-я группа – “маточные сосудистые мальформации”: при отсутствии обильного кро-

вотечения и ультразвуковых признаках сосудистой мальформации в случаях отсутствия данных ангиографии и невозможности определить наличие истинной АВМ. Для таких пациенток авторы применяли консервативную тактику.

Таким образом, при установленной связи высокой скорости кровотока в зоне мальформации с потребностью в инвазивных методах гемостаза выбор тактики лечения в данном исследовании в основном определялся клиническими данными о наличии обильного кровотечения [36].

Напротив, P. Algeri и соавт. (2023) считают, что показатель ПСС по данным доплерографии в сочетании с клиническими симптомами следует учитывать при выборе индивидуальной лечебной тактики, включая наблюдение, ЭМА либо гистерэктомию [6].

Для дифференциальной диагностики сосудистых аномалий используют и другие варианты эхографии. Так, Y. Sun и соавт. (2025) успешно использовали ультразвуковые контрасты для уточнения глубины инфильтрации миометрия при сосудистой аномалии, которую классифицировали как АВМ с RPOC [8]. На клиническом примере M. Mishina и соавт. (2014) продемонстрирована эффективность соногистерографии для исключения RPOC и диагностики АВМ [39].

Эндоскопические методы диагностики также востребованы для подтверждения диагноза. Гистероскопия рассматривается как метод диагностики, когда результаты неинвазивных методов не дают окончательных результатов и при условии отличной визуализации для предотвращения травмы сосудов, провоцирующей кровотечение. Метод обнаруживает пульсирующие сосуды, пролабирующие в полость матки, и может использоваться для верификации АВМ [4, 18]. Целый ряд авторов также рассматривают гистероскопию как вторую линию диагностики для мальформации, классифицируемой как УВМ [4, 18, 24, 28]. Применение гистероскопии оправдано при подозрении на остатки хориальной ткани в полости матки, а также для наблюдения за регрессом сосудистой аномалии после ЭМА [24]. Если АВМ достигает серозной оболочки матки, то, по мнению J. Chen и соавт. (2024), наиболее эффективным будет проведение лапароскопии [28].

К сожалению, отсутствие настороженности ведет к тому, что приобретенные сосудистые аномалии диагностируются не сразу, как правило, при клинической манифестации аномального кровотечения. Согласно ретроспективному исследованию 13 случаев, среднее время от хирургического вмешательства до диагностики маточной АВМ составило 40 (2–98) дней [15]; в ретроспективном наблюдении 81 случая – 30 дней [37].

Лечебная тактика при отсутствии алгоритма ведения, обоснованного доказательными исследованиями, в настоящее время не стандартизирована [4, 6, 7]. Еще не разработаны маркеры, указывающие на вероятность спонтанного регресса либо персистенции УВМ с риском профузного кровотечения [4]. Остается неясным клиническое значение феномена УВМ у асимптомных пациенток.

Дифференциальная диагностика УВМ/АВМ и неполного аборта, как и выбор лечебной тактики при наличии сосудистой аномалии, остаются сложными задачами [4]. Так, T. van den Bosch и соавт. (2015) указывают, что в большинстве случаев УВМ сочетается с наличием остатков хориона в полости матки, что требует хирургического лечения [9]. Еще в 2004 г. D. Van Schoubroeck и соавт., наблюдая женщин после физиологических родов, установили, что УВМ соответствует инволюции плацентарного ложа и в подавляющем большинстве случаев спонтанно регрессирует [11].

Продолжающиеся ациклические кровянистые выделения из влагалища у пациенток после завершения беременности считаются показанием к хирургической тактике. В большинстве случаев RPOC с УВМ достаточно выскабливания, которое стоит дополнять ЭМА лишь при обильном кровотечении или анемии [25]. Многие авторы отмечают успешность выжидательной тактики при ведении пациенток с диагностированной УВМ после завершения беременности [23–25]. Вместе с тем K. Grewal и соавт. (2020) указывают, что хирургическая тактика сокращает время резорбции УВМ более чем в 4 раза, т.е. с 48 до 11 дней [25].

По результатам проведенного ретроспективного анализа 48 случаев F. Gao и соавт. (2022) делают вывод, что при наличии АВМ в сочетании с RPOC консервативное веде-

ние, так же как выскабливание и гистероскопия, безопасны и эффективны при стабильной гемодинамике, а при нестабильной гемодинамике приоритетной методикой является ЭМА [20]. В своем исследовании Y. Groszmann и соавт. (2018) на когорте из 31 пациентки пришли к выводу, что выскабливание с ультразвуковой навигацией под контролем гистероскопии – это безопасный метод лечения для пациенток с УВМ с РРОС [26]. М. O’Leary и соавт. (2021) на основе анализа публикаций также полагают, что риск кровотечения в случае УВМ, связанного с РРОС, низкий и не отличается от риска хирургических процедур по удалению РРОС без УВМ [7]. Среди хирургических методов удаления РРОС возможно использование как вакуум-аспирации, так и гистерорезектоскопии. При этом К. Dewilde и соавт. (2024) подчеркивают необходимость ультразвукового предоперационного контроля при соответствующей хирургической тактике при УВМ с РРОС. Авторы отмечают, что такое хирургическое лечение УВМ не применимо при ГТБ, беременности в рубце/врастании плаценты, а также при состояниях, не связанных с беременностью: злокачественные новообразования матки, посттравматический артериовенозный шунт после внутриматочной операции или случаи врожденной АВМ [12]. В своем обзоре А. Kirsch и соавт. (2025) считают, что тяжелая УВМ, как и АВМ, требует ЭМА [2]. Согласно данным J. Chen и соавт. (2024), лечение АВМ должно включать в себя такие варианты, как наблюдение, медикаментозная терапия, ЭМА, резекция зоны АВМ, гистерэктомия, либо комбинацию методов [28].

Метаанализ А. Rosen и соавт. (2021) методов лечения 121 случая АВМ (в том числе 120 случаев приобретенной мальформации и 3 случая после беременности в рубце на матке) показал, что методом первой линии органосохраняющего лечения при симптомных АВМ матки считается ЭМА. Эффективность медикаментозного лечения (гормональная супрессия, метотрексат, утеротоники) при этом достигала 88%. Но авторы подчеркивают, что никому не удалось определить надежные предикторы успеха при медикаментозном лечении. Также авторы отметили значительный риск систематической ошибки ввиду неоднородности публикаций [40].

Систематический обзор F.J. Ruiz Labarta и соавт. (2022) 371 случая АВМ, в том числе 91,6%, связанных с беременностью, включая 4 (1,1%) после беременности в рубце после кесарева сечения и 7 (1,9%) после любой эктопической беременности; 48% после аборт, 18% после акушерских манипуляций, 12% после родов, определил глобальную частоту успешности лечения с применением ЭМА = 88,4%, для первичной ЭМА = 79,2%, для повторной ЭМА = 66,7% [30].

Ряд исследователей опубликовали результаты успешного лечения суммарно 32 случаев АВМ с помощью фокусированной ультразвуковой абляции (High-Intensity Focused Ultrasound – HIFU). В сравнительном анализе авторы показали преимущества HIFU перед гистероскопией и гистероскопией в сочетании с ЭМА по длительности пребывания в больнице и интраоперационной кровопотере [41–43].

Таким образом, очевидно, что разные исследователи вкладывают в понятия приобретенной АВМ и УВМ разный смысл, как относительно возможности сочетания с РРОС, оптимальных методов диагностики, так и методов лечения, определенных на их основе.

Обнаружение сосудистой аномалии после завершения беременности чрезвычайно актуально, поскольку учет структурных изменений стенки матки при выборе метода хирургического вмешательства может предотвратить возможные осложнения, что иллюстрирует представленное клиническое наблюдение.

Клиническое наблюдение

Пациентка П., 32 лет, индекс массы тела равен 25,5 кг/м². В анамнезе две беременности, обе закончились срочными родами. Обратилась с аномальным маточным кровотечением в течение 10 дней, которое началось спустя 7 нед после медикаментозного аборта при неразвивающейся маточной беременности сроком 7 нед 3 дня. По данным УЗИ обнаружено образование повышенной эхогенности неоднородной структуры с нечеткими контурами в задней стенке матки 26 мм диаметром с множественными гипоехогенными зонами и расширенными сосудами от контура полости матки до аркуатного сплетения. При ЦДК: мозаичный кровоток 4 балла, при спектральной доплерометрии: акустиче-

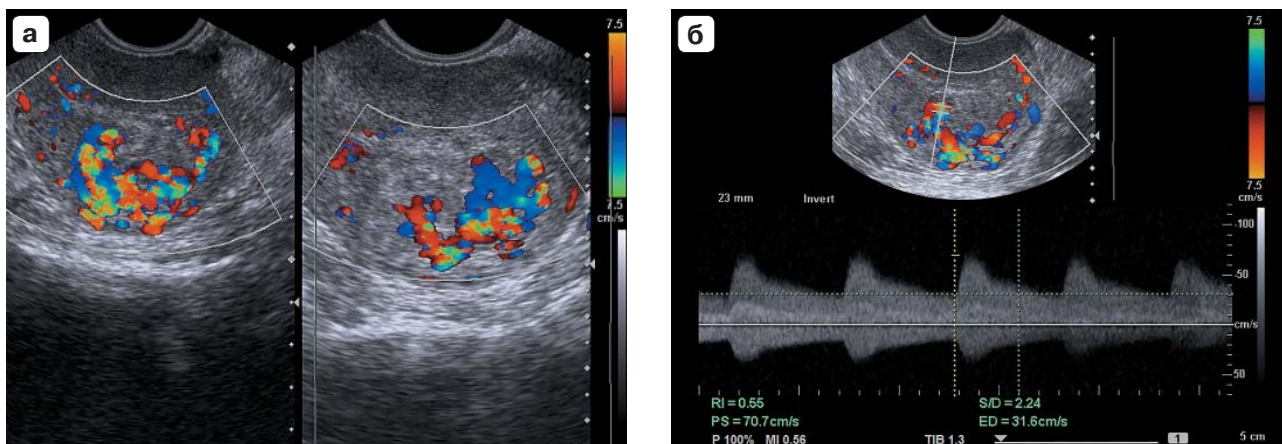


Рис. 1. а – очаговое образование в миометрии с усиленной васкуляризацией в режиме ЦДК: мозаичный кровоток до серозной оболочки тела матки с пенетрацией сосудов в полость матки; **б** – при спектральной доплерометрии в зоне, прилежащей к полости матки, ПСС превышает 70 см/с.

Fig. 1. a – a focal myometrial lesion with enhanced vascularity in color Doppler imaging: mosaic blood flow to the serosa of the uterine body, with vessel penetration into the uterine cavity; **б** – spectral Doppler ultrasound in the area adjacent to the uterine cavity reveals a PSV exceeding 70 cm/s.

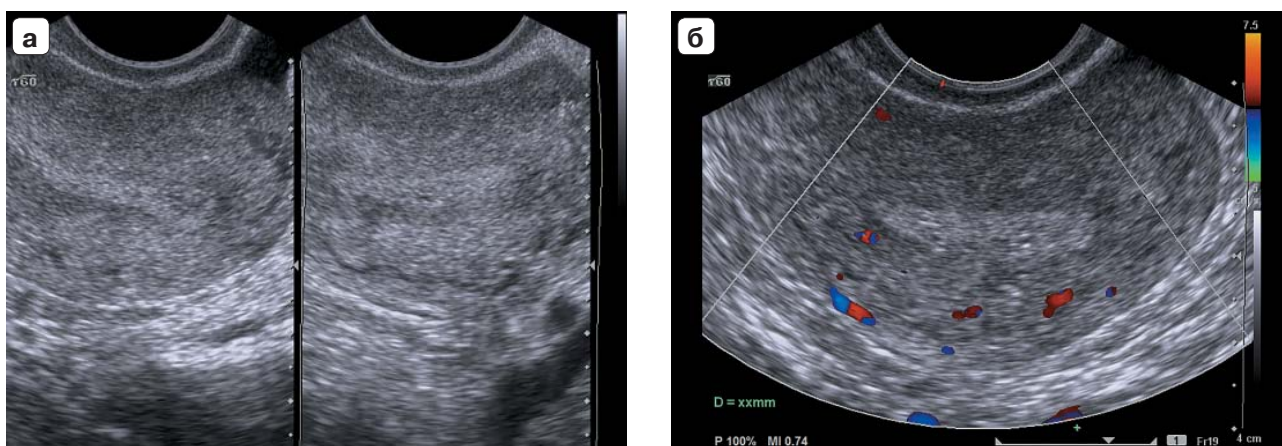


Рис. 2. а – отсутствие структурных аномалий миометрия при продольном и поперечном трансвагинальном сканировании спустя 6 мес после операции; **б** – при ЦДК кровотока в миометрии не изменен.

Fig. 2. a – no structural myometrial abnormalities in longitudinal and transverse transvaginal planes 6 months after surgery; **б** – color Doppler imaging reveals unchanged myometrial blood flow.

ский полиморфизм сосудов с количественными параметрами ПСС 70 см/с, минимальный ИР 0,5 (рис. 1).

Ультразвуковое заключение: признаки очагового образования в миометрии с усиленной васкуляризацией. С учетом анамнеза следует дифференцировать между пузырьным заносом и интрамуральной беременностью. В тот же день – экстренная госпитализация в стационар. Выполнено выскабливание полости матки, которое осложнилось маточным кровотечением. Повторная транспортировка в операционную через 30 мин. Лапароскопия. Диагноз: плацентарный полип. Неполная перфорация матки. Анемия.

Результаты патолого-анатомического гистологического исследования: гиалинизированные малоструктурные ворсины хориона, некротизированная децидуальная ткань с гиалинозом, очаговой лимфогистиоцитарной инфильтрацией – плацентарный полип.

УЗИ выполнено спустя 6 мес на 18-й день от начала менструации. Структурные изменения в задней стенке матки не выявлены, определялся единичный гиперэхогенный фокус. Васкуляризация миометрия диффузная скудная (2 балла согласно шкале Morphological Uterus Sonographic Assessment – MUSA) (рис. 2). Толщина эндометрия составила 7,9 мм, структура его соответствовала секреторной трансформации. В правом яичнике определены эхографические признаки наличия желтого тела.

Катамнез. Спустя еще 4 мес наступила маточная беременность, завершилась плановым кесаревым сечением без осложнений в доношенном сроке.

ОБСУЖДЕНИЕ

Представленное наблюдение демонстрирует диагностические сложности определения природы сосудистой аномалии матки у женщин после завершения беременности при выполнении УЗИ с доплерографией. Дифференциальный ряд включает РРОС, ГТБ, эктопическую частичную интрамуральную беременность [44]. Перечисленные заболевания (за исключением задержки продуктов зачатия в полости матки) сопровождаются вовлечением в патологический процесс стенки матки, что влечет риск неполного удаления патологических тканей либо значительной травматизации миометрия с риском перфорации органа, что имело

место в представленном наблюдении. Картирование зоны сосудистой аномалии с использованием функции ЦДК позволяет четко определить распространенность процесса и предупредить осложнения при выборе оптимального метода хирургического вмешательства. Акушеру-гинекологу необходимо интерпретировать ультразвуковые, в том числе доплерографические, показатели в контексте клинической ситуации. При этом следует иметь в виду, что УВМ у асимптомных пациенток в группе низкого риска может отражать физиологические изменения после завершений беременности.

Настороженность на возможные сосудистые аномалии матки после завершения любой беременности диктует необходимость выполнения доплерографии во всех случаях отклонений от физиологического течения периода реабилитации, включая кровянистые выделения, персистирующий уровень β -ХГЧ в сыворотке крови, субинволюцию матки. При выявлении усиленной васкуляризации миометрия у асимптомных пациенток требуется динамическое наблюдение. При наличии симптомов, по возможности, следует выполнить экспертное УЗИ в специализированном центре, при отсутствии такой возможности лечебная тактика определяется с учетом клинической ситуации и результатов доплерографии.

Участие авторов

Макухина Т.Б. – концепция и дизайн исследования, проведение исследования, сбор и обработка данных, обзор публикаций по теме статьи, анализ и интерпретация полученных данных, подготовка работы, ответственность за целостность всех частей статьи.

Буланов М.Н. – концепция и дизайн исследования, обзор публикаций по теме статьи, подготовка и редактирование текста, утверждение окончательного варианта статьи.

Authors' participation

Makukhina T.B. – concept and design of the study, conducting research, collection and analysis of data, review of publications, analysis and interpretation of the obtained data, preparation and creation of the published work, responsibility for the integrity of all parts of the article.

Bulanov M.N. – concept and design of the study, review of publications, text preparation and editing, preparation and creation of the published work, approval of the final version of the article.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ [REFERENCES]

- Cresswell J.A., Alexander M., Chong M.Y.C. et al. Global and regional causes of maternal deaths 2009-20: a WHO systematic analysis. *Lancet Glob. Health.* 2025; 13 (4): e626–e634. [http://doi.org/10.1016/S2214-109X\(24\)00560-6](http://doi.org/10.1016/S2214-109X(24)00560-6)
- Kirsch A., Strachowski L., Poder L. et al. Secondary Postpregnancy Hemorrhage: Guide for Diagnosis and Management. *Radiographics.* 2025; 45 (5): e240098. <http://doi.org/10.1148/rg.240098>
- Волощук И.Н., Баринаова И.В., Чечнева М.А., Марьянова Т.А. Сосудистые аномалии матки. *Архив патологии.* 2022; 84 (1): 39–44. <http://doi.org/10.17116/patol20228401139>
Voloshchuk I.N., Barinova I.V., Chechneva M.A., Mar'yanova T.A. Uterine vascular abnormalities. *Russian Journal of Archive of Pathology.* 2022; 84 (1): 39–44. <http://doi.org/10.17116/patol20228401139> (In Russian)
- Thakur M., Strug M.R., De Paredes J.G. et al. Ultrasonographic technique to differentiate enhanced myometrial vascularity/arteriovenous malformation from retained products of conception. *J. Ultrasound.* 2022; 25 (2): 379–386. <https://doi.org/10.1007/s40477-021-00574-y>
- Moradi B., Banihashemian M., Sadighi N. et al. Enhanced myometrial vascularity and AVM: A review on diagnosis and management. *J. Clin. Ultrasound.* 2023; 51 (6): 1051–1058. <https://doi.org/10.1002/jcu.23495>
- Algeri P., Spazzini M.D., Seca M. et al. About uterine enhanced myometrial vascularity: Doppler ultrasound could reduce misdiagnosed life-threatening vaginal bleeding after pregnancy and guide the management. *J. Ultrasound.* 2023; 26 (3): 695–701. <https://doi.org/10.1007/s40477-022-00734-8>
- O'Leary M., Sanders A.P. Enhanced myometrial vascularity the time has come for individualized treatment of focal uterine pathology. *Fertil. Steril.* 2021; 116 (3): 691–692. <https://doi.org/10.1016/j.fertnstert.2021.06.059>
- Youssef A.T. Uterine vascular abnormalities linked to pregnancy complications: color and power Doppler-assisted transvaginal ultrasound evaluation. *J. Ultrason.* 2024; 24 (96): 20240011. <https://doi.org/10.15557/jou.2024.0011>
- Van den Bosch T., Van Schoubroeck D., Timmerman D. Maximum Peak Systolic Velocity and Management of Highly Vascularized Retained Products of Conception. *J. Ultrasound. Med.* 2015; 34 (9): 1577–1582. <https://doi.org/10.7863/ultra.15.14.10050>
- Timor-Tritsch I.E., Haynes M.C., Monteagudo A. et al. Ultrasound diagnosis and management of acquired uterine enhanced myometrial vascularity/arteriovenous malformations. *Am. J. Obstet. Gynecol.* 2016; 214 (6): 731.e1–731.e10. <https://doi.org/10.1016/j.ajog.2015.12.024>
- van Schoubroeck D., Van den Bosch T., Scharpe K. et al. Prospective evaluation of blood flow in the myometrium and uterine arteries in the puerperium. *Ultrasound Obstet. Gynecol.* 2004; 23 (4): 378–381. <https://doi.org/10.1002/uog.963>
- Dewilde K., Groszmann Y., Van Schoubroeck D. et al. Enhanced myometrial vascularity secondary to retained pregnancy tissue: time to stop misusing the term arteriovenous malformation. *Ultrasound Obstet. Gynecol.* 2024; 63 (1): 5–8. <https://doi.org/10.1002/uog.27476>
- Cavoretto P., Cioffi R., Mangili G. et al. A pictorial ultrasound essay of gestational trophoblastic disease. *J. Ultrasound Med.* 2020; 39 (3): 597–613. <https://doi.org/10.1002/jum.15119>
- Goyal S., Goyal A., Mahajan S. et al. Acquired uterine arteriovenous malformation developing in retained products of conception: a diagnostic dilemma. *J. Obstet. Gynaecol. Res.* 2014; 40 (1): 271–274. <https://doi.org/10.1111/jog.12139>
- Hong W., Wang B.Y., Wu Z.P. et al. Systematic retrospective analysis of 13 cases of uterine arteriovenous fistula: Pathogeny, diagnosis, treatment and follow-up. *J. Obstet. Gynaecol. Res.* 2020; 46 (7): 1117–1127. <https://doi.org/10.1111/jog.14264>
- Bedaiwy M.A. Unconventional treatment of uterine arteriovenous malformation: the challenge of generating evidence for a rare condition. *Fertil. Steril.* 2021; 116 (4): 1117–1118. <https://doi.org/10.1016/j.fertnstert.2021.08.013>
- Ercolino C., Ferrazzi E., Ossola M.W. et al. A comprehensive diagnostic approach to differentiate intrauterine arteriovenous malformation in cases of enhanced myometrial vascularity. *Arch. Gynecol. Obstet.* 2024; 310 (5): 2523–2529. <https://doi.org/10.1007/s00404-024-07754-1>
- Gingold J.A., Bradley L.D. Use of hysteroscopy in diagnosis and follow-up of acquired uterine enhanced myometrial vascularity. *Fertil. Steril.* 2020; 113 (2): 460–462. <https://doi.org/10.1016/j.fertnstert.2019.11.006>
- Matsumoto M.M., Caridi T.M. Uterine Vascular Anomalies: Management and Treatment Overview. *Semin. Interv. Radiol.* 2023; 40 (4): 342–348. <https://doi.org/10.1055/s-0043-1770714>
- Gao F., Ma X., Xu Y. et al. Management of Acquired Uterine Arteriovenous Malformations Associated with Retained Products of Conception. *J. Vasc. Interv. Radiol.* 2022; 33 (5): 547–553. <https://doi.org/10.1016/j.jvir.2022.01.004>
- Sellmyer M.A., Desser T.S., Maturen K.E. et al. Physiologic, histologic, and imaging features of retained products of conception. *Radiographics.* 2013; 33 (3): 781–796. <https://doi.org/10.1148/rg.333125177>
- Rufener S.L., Adusumilli S., Weadock W.J., Caoili E. Sonography of uterine abnormalities in postpartum and Postabortion patients—a potential pitfall of interpretation. *J. Ultrasound Med.* 2008; 27 (3): 343–348. <https://doi.org/10.7863/jum.2008.27.3.343>
- Xholli A., Scovazzi U., Londero A.P. et al. Clinical and ultrasonographic characteristics of pregnancy-related enhanced myometrial vascularity: prospective cohort study. *Ultrasound Obstet. Gynecol.* 2024; 63 (5): 672–682. <https://doi.org/10.1002/uog.27537>
- Shahulhameed M.S., Chern B.S.M., Wright A.M. Role of Hysteroscopy in the Management of Uterine Vascular Malformations with a Focus on Enhanced Myometrial Vascularity – A Review of Diagnosis

- and Treatment with the Suggested Algorithm. *Gynecol. Minim. Invasive Ther.* 2024; 13 (4): 209–214. https://doi.org/10.4103/gmit.gmit_29_24
25. Grewal K., Al-Memar M., Fourie H. et al. Natural history of pregnancy-related enhanced myometrial vascularity following miscarriage. *Ultrasound Obstet. Gynecol.* 2020; 55 (5): 676–682. <https://doi.org/10.1002/uog.21872>
26. Groszmann Y.S., Healy Murphy A.L., Benacerraf B.R. Diagnosis and management of patients with enhanced myometrial vascularity associated with retained products of conception. *Ultrasound Obstet. Gynecol.* 2018; 52 (3): 396–399. <https://doi.org/10.1002/uog.18954>
27. O'Rourke-Suchoff D., Benitez S., Higgins M.C.C.S., Stier E.A. Diagnosis and treatment of women with radiologic findings suspicious for uterine arteriovenous malformations. *J. Obstet. Gynaecol.* 2021; 41 (5): 769–773. <https://doi.org/10.1080/01443615.2020.1798905>
28. Chen J., Huang D., Yang J., Zhang S. Resection of uterine arteriovenous fistula with temporary occlusion of the internal iliac arteries: Case series and literature review. *Medicine (Baltimore)*. 2024; 103 (35): e39442. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000039442>
29. Jeerakornpassawat D., Tantipalakorn C., Sirilert S., Tongsong T. Sonographic Features of Uterine Arteriovenous Malformation: A Case Series. *Diagnostics (Basel)*. 2024; 14 (9): 873. <https://doi.org/10.3390/diagnostics14090873>
30. Ruiz Labarta F.J., Pintado Recarte M.P., González Leyte M. et al. Uterine Artery Embolization of Uterine Arteriovenous Malformation: A Systematic Review of Success Rate, Complications, and Posterior Pregnancy Outcomes. *J. Pers. Med.* 2022; 12 (7): 1098. <https://doi.org/10.3390/jpm12071098>
31. O'Brien P., Neyastani A., Buckley A.R. et al. Uterine arteriovenous malformations: from diagnosis to treatment. *J. Ultrasound Med.* 2006; 25 (11): 1387–1392; quiz. 1394–1395. <https://doi.org/10.7863/jum.2006.25.11.1387>
32. Mungen E. Vascular abnormalities of the uterus: have we recently over-diagnosed them? *Ultrasound Obstet. Gynecol.* 2003; 21 (6): 529–531. <https://doi.org/10.1002/uog.163>
33. Masood L., Rana A.I., Khan Z.A. et al. Imaging spectrum of acquired uterine vascular abnormalities with angiographies correlates, a pictorial review. *Egypt J. Radiol. Nucl. Med.* 2022; 53. <https://doi.org/10.1186/s43055-021-00683-y>
34. Sahoo B., Jena S.K., Mishra S.K. et al. Uterine Arteriovenous Malformation With Raised Serum Beta-Human Chorionic Gonadotropin (β -hCG) Levels: A Diagnostic and Therapeutic Dilemma. *Cureus*. 2024; 16 (7): e64209. <https://doi.org/10.7759/cureus.64209>
35. Timor-Tritsch I.E., McDermott W.M., Monteagudo A. et al. Extreme enhanced myometrial vascularity following cesarean scar pregnancy: a new diagnostic entity. *J. Matern. Fetal Neonatal Med.* 2022; 35 (25): 5846–5857. <https://doi.org/10.1080/14767058.2021.1897564>
36. Timmerman D., Wauters J., Van Calenbergh S. et al. Color Doppler imaging is a valuable tool for the diagnosis and management of uterine vascular malformations. *Ultrasound Obstet. Gynecol.* 2003; 21 (6): 570–577. <https://doi.org/10.1002/uog.159>
37. Liu Q., Peng P., Chen W.L. et al. Analysis of clinical characteristics of pregnancy-related uterine arteriovenous malformation. *Zhonghua Fu Chan Ke Za Zhi.* 2025; 60 (5): 348–354. <https://doi.org/10.3760/cma.j.cn112141-20241106-00592> (In Chinese)
38. Salmeri N., Papale M., Montresor C. et al. Uterine arteriovenous malformation (UAVM) as a rare cause of postpartum hemorrhage (PPH): a literature review. *Arch. Gynecol. Obstet.* 2022; 306 (6): 1873–1884. <https://doi.org/10.1007/s00404-022-06498-0>
39. Mishina M., Hasegawa J., Nakamura M. et al. Sonohysterography is a useful diagnostic approach for uterine arteriovenous malformation. *J. Obstet. Gynaecol. Res.* 2014; 40: 1811–1813. <https://doi.org/10.1111/jog.12390>
40. Rosen A., Chan W.V., Matelski J. et al. Medical treatment of uterine arteriovenous malformation: a systematic review and meta-analysis. *Fertil. Steril.* 2021; 116 (4): 1107–1116. <https://doi.org/10.1016/j.fertnstert.2021.05.095>
41. Li F., Tao H., Chen J. et al. Ultrasound-guided high-intensity focused ultrasound ablation for uterine arteriovenous fistula: a case series. *Int. J. Hyperthermia.* 2024; 41 (1): 2325478. <https://doi.org/10.1080/02656736.2024.2325478>
42. Xu L., Chen H., Xiao Y. et al. High-Intensity Focused Ultrasound Ablation Combined With Hysteroscopy for the Treatment of Uterine Arteriovenous Fistula Associated With Retained Products of Conception: A Prospective Cohort Study. *J. Minim. Invasive Gynecol.* 2025; 32 (1): 64–71. <https://doi.org/10.1016/j.jmig.2024.09.010>
43. Fu Y., Lei Z., Gong L., Wang X. New prospects for high-intensity focused ultrasound ablation in the treatment of uterine arteriovenous fistula associated with retained products of conception: A retrospective cohort study. *Medicine (Baltimore)*. 2025; 104 (27): e43211. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000043211>
44. Memtsa M., Jamil A., Sebire N. et al. Diagnosis and management of intramural ectopic pregnancy. *Ultrasound Obstet. Gynecol.* 2013; 42 (3): 359–362. <https://doi.org/10.1002/uog.12437>

Ultrasound of enhanced myometrial vascularity after termination of pregnancy: a literature review with a clinical case analysis

T.B. Makukhina^{1*}, M.N. Bulanov^{2,3}

¹ *Kuban State Medical University; 4, M. Sedina str., Krasnodar 350063, Russian Federation*

² *Regional Clinical Hospital; 21, Sudogodskoye shosse, Vladimir 600023, Russian Federation*

³ *Yaroslav-the-Wise Novgorod State University; 41, Bolshaya St.-Petersburgskaya str., Veliky Novgorod 173003, Russian Federation*

Tatiana B. Makukhina – MD, Doct. of Sci. (Med.), Associate Professor, Professor of the Department of Obstetrics, Gynecology and Perinatology № 2, Kuban State Medical University, Krasnodar. <https://orcid.org/0000-0003-0536-4500>

Mikhail N. Bulanov – MD, Doct. of Sci. (Med.), Head of Ultrasound Diagnostics Department, Regional Clinical Hospital, Vladimir; Professor, Division of Internal Medicine, Institute of Medical Education, Yaroslav-the-Wise Novgorod State University, Veliky Novgorod. <https://orcid.org/0000-0001-8295-768X>

Correspondence* to Dr. Tatiana B. Makukhina – e-mail: soltatiana@mail.ru

The introduction of Doppler ultrasound into clinical practice has enabled the observation of changes in the uterine vasculature after termination of pregnancy. The phenomenon of enhanced myometrial vascularity (EMV) indicates delayed recovery of blood flow parameters and is often associated with retained products of conception (RPOC) in the uterine cavity. However, it shows similar ultrasound features with uterine arteriovenous malformations.

Differential diagnosis of uterine vascular malformations (UVM) from RPOC is important, as this can lead to overtreatment and, on the one hand, to iatrogenic profuse bleeding in the event of an attempted surgical evacuation of the uterine contents when the vascular anomaly is unrecognized. Although angiography is the gold standard for diagnosis, many specialists have favored Doppler ultrasound for detecting UVMs over the past two decades due to its noninvasive nature and usefulness in determining treatment strategies, including the need for uterine artery embolization. To date, differential diagnostics for the physiological and pathological characteristics of myometrial blood flow have not been developed, and signs indicating the likelihood of spontaneous regression or persistence of UVMs with the risk of profuse bleeding have not been established. The clinical significance of UVMs in asymptomatic patients is also unclear.

Mapping the vascular abnormality area using Doppler ultrasound allows for a clear determination of the extent of the process and the prevention of complications when choosing the optimal surgical method.

Keywords: Doppler ultrasonography; enhanced myometrial vascularization; arteriovenous malformation; retention of products of conception in the uterine cavity; uterine artery embolization

Conflict of interests. The authors have no conflicts of interest to declare.

Financing. This study had no sponsorship.

Citation: Makukhina T.B., Bulanov M.N. Ultrasound of enhanced myometrial vascularity after termination of pregnancy: A literature review with a clinical case analysis. *Ultrasound and Functional Diagnostics*. 2026; 32 (2): 85–97. <https://doi.org/10.24835/1607-0771-351> (In Russian)

Received: 29.08.2025.

Accepted for publication: 03.04.2026.

Published online: 05.06.2026.

ISSN 1607-0771(Print); ISSN 2408-9494 (Online)

<https://doi.org/10.24835/1607-0771-442>

Стандартизация протокола ультразвукового исследования молочных желез. Консенсус экспертов Российской ассоциации специалистов ультразвуковой диагностики в медицине (РАСУДМ)

Е.П. Фисенко^{1}, М.Н. Буланов^{2, 3}, Е.А. Бусько^{4, 5}, Н.Н. Ветшева⁶,
В.Е. Гажонова^{7, 8}, Т.Ю. Данзанова^{9, 10}, Н.В. Заболотская⁶, А.Н. Сенча^{11, 10}*

¹ ФГБНУ “Российский научный центр хирургии имени академика Б.В. Петровского”;
119991 Москва, ГСП-1, Абрикосовский пер., д. 2, Российская Федерация

² ГБУЗ Владимирской области “Областная клиническая больница”;
600023 Владимир, Судогодское шоссе, д. 41, Российская Федерация

³ ФГБОУ ВПО “Новгородский государственный университет имени Ярослава
Мудрого”; 173003 Великий Новгород, ул. Большая Санкт-Петербургская, д. 41,
Российская Федерация

⁴ ФГБУ “Национальный медицинский исследовательский центр онкологии
им. Н.Н. Петрова” Минздрава России; 197758 Санкт-Петербург, пос. Песочный,
ул. Ленинградская, д. 68, Российская Федерация

⁵ ФГБОУ ВО “Санкт-Петербургский государственный университет”; 199034 Санкт-
Петербург, Университетская набережная, д. 7/9, Российская Федерация

⁶ ФГБОУ ДПО “Российская медицинская академия непрерывного профессионального
образования” Минздрава России; 125993 Москва, ул. Баррикадная, д. 2/1, стр. 1,
Российская Федерация

⁷ ФГБУ ДПО “Центральная государственная медицинская академия”
Управления делами Президента Российской Федерации; 121359 Москва,
ул. Маршала Тимошенко, д. 19, стр. 1А, Российская Федерация

⁸ ФГБУ “Объединенная больница с поликлиникой” Управления делами Президента
Российской Федерации; 121359 Москва, ул. Маршала Тимошенко, д.15, Российская
Федерация

⁹ ФГБУ “Национальный медицинский исследовательский центр онкологии
им. Н.Н. Блохина” Минздрава России; 115478 Москва, Каширское шоссе, д. 23,
Российская Федерация

¹⁰ ИНОПР ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России;
117997 Москва, ул. Островитянова, д. 1, Российская Федерация

¹¹ ДПО ФГБУ “Национальный медицинский исследовательский центр акушерства,
гинекологии и перинатологии имени академика В.И. Кулакова” Минздрава России;
117997 Москва, ул. Академика Опарина, д. 4, Российская Федерация

Представлен стандартный протокол ультразвукового исследования молочных желез. Документ состоит из технологического и описательного протоколов. В технологическом протоколе описана методика ультразвукового исследования молочных желез. Описательный протокол содержит подробное представление результатов ультразвукового исследования молочных желез, которое заканчивается заключением. Разбираются современные отечественные и зарубежные диагностические рекомендации (BI-RADS[®] v2025 Manual), определяющие показания к проведению ультразвукового исследования молочных желез.

Представленный стандартный протокол ультразвукового исследования молочных желез полностью соответствует действующим российским клиническим рекомендациям и не противоречит зарубежным диагностическим рекомендациям.

Ключевые слова: ультразвуковое исследование; молочная железа; технологический протокол ультразвукового исследования; описательный протокол ультразвукового исследования

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии возможных конфликтов интересов.

Финансирование. Исследование проведено без спонсорской поддержки.

Цитирование: Фисенко Е.П., Буланов М.Н., Бусько Е.А., Ветшева Н.Н., Гажонова В.Е., Данзанова Т.Ю., Заболотская Н.В., Сенча А.Н. Стандартизация протокола ультразвукового исследования молочных желез. Консенсус экспертов Российской ассоциации специалистов ультразвуковой диагностики в медицине (РАСУДМ). *Ультразвуковая и функциональная диагностика*. 2026; 32 (2): 98–108. <https://doi.org/10.24835/1607-0771-442>

Поступила в редакцию: 25.05.2026.

Принята к печати: 01.06.2026.

Опубликована online: 4.06.2026.

Фисенко Елена Полиектовна – доктор мед. наук, главный научный сотрудник лаборатории ультразвуковой диагностики отдела клинической физиологии, инструментальной и лучевой диагностики ФГБНУ “Российский научный центр хирургии имени академика Б.В. Петровского”, Москва

<https://orcid.org/0000-0003-4503-950X>. E-mail: e.fissenko@mail.ru

Буланов Михаил Николаевич – доктор мед. наук, заведующий отделением ультразвуковой диагностики ГБУЗ ВО “Областная клиническая больница”, Владимир; профессор кафедры внутренних болезней Института медицинского образования ФГБОУ ВО “Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого”, Великий Новгород. <https://orcid.org/0000-0001-8295-768X>

Бусько Екатерина Александровна – доктор мед. наук, доцент, ведущий научный сотрудник научного отделения диагностической и интервенционной радиологии, врач ультразвуковой диагност, врач-рентгенолог отделения лучевой диагностики ФГБУ “НМИЦ онкологии им. Н.Н. Петрова” Минздрава России; профессор кафедры лучевой диагностики Медицинского института ФГБОУ ВО “Санкт-Петербургский государственный университет”, Санкт-Петербург. <https://orcid.org/0000-0002-0940-6491>

Ветшева Наталья Николаевна – доктор мед. наук, профессор кафедры ультразвуковой диагностики ФГБОУ ДПО “Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования” Минздрава России, Москва. <http://orcid.org/0000-0002-9017-9432>

Гажонова Вероника Евгеньевна – доктор мед. наук, профессор, профессор кафедры рентгенологии и ультразвуковой диагностики ФГБУ ДПО “Центральная государственная медицинская академия” Управления делами Президента Российской Федерации; главный специалист по ультразвуковой диагностике ФГБУ “Объединенная клиническая больница с поликлиникой” Управления делами Президента Российской Федерации, Москва. <https://orcid.org/0000-0003-4742-9157>

Данзанова Татьяна Юрьевна – доктор мед. наук, врач отделения ультразвуковой диагностики ФГБУ “НМИЦ онкологии имени Н.Н. Блохина” Минздрава России; профессор кафедры ультразвуковой диагностики ИНОПР ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России, Москва. <https://orcid.org/0000-0002-6171-6796>

Заболотская Наталья Владленовна – доктор мед. наук, профессор кафедры ультразвуковой диагностики ФГБОУ ДПО РМАНПО Минздрава России, Москва. <https://orcid.org/0000-0003-3109-2772>

Сенча Александр Николаевич – доктор мед. наук, заведующий отделом визуальной диагностики, профессор кафедры акушерства и гинекологии ДПО ФГБУ “НМИЦ АГП им. акад. В.И. Кулакова” Минздрава России; профессор кафедры ультразвуковой диагностики ФДПО ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России, Москва. <https://orcid.org/0000-0002-1188-8872>

Контактная информация*: Фисенко Елена Полиектовна – e-mail: e.fissenko@mail.ru

ПРЕАМБУЛА

Ультразвуковое исследование (УЗИ) молочных желез (МЖ) может предоставить врачу полезную диагностическую информацию о строении МЖ, экоструктуре, васкуляризации тканей и выявленных образований, жесткости опухолей и окружающих их структур, о состоянии зон регионарного лимфооттока. При этом можно уточнить локализацию лимфатических узлов (ЛУ), определить размеры, форму и экоструктуру ЛУ, оценить тип васкуляризации, выявить наличие различных отклонений от нормы.

Для получения информации высокого качества и ее правильной интерпретации важно иметь представление о показаниях к УЗИ МЖ и ограничениях метода, подготовке и позиционировании пациента, методике проведения исследования и нормальной ультразвуковой анатомии детской, женской и мужской МЖ, особенностях женской МЖ в различные возрастные и физиологические периоды, об ультразвуковых признаках основных патологических изменений МЖ, возможностях и преимуществах комплексной мультидисциплинарной оценки МЖ с применением других методов лучевой визуализации.

В настоящее время порядок организации и проведения УЗИ изложен в Приказе Министерства здравоохранения РФ от 8 июня 2020 г. № 557н “Об утверждении Правил проведения УЗИ” [1]. Согласно ст. 37 Федерального закона № 323-ФЗ от 21.11.2011 “Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации”, медицинская помощь, за исключением медицинской помощи, оказываемой в рамках клинической апробации, организуется и оказывается на основе клинических рекомендаций [2]. Одобрены Научно-практическим советом Министерства здравоохранения РФ клинические рекомендации размещаются на официальном сайте “Рубрикатор клинических рекомендаций” [3].

Одной из главных задач современной инструментальной диагностики при изучении МЖ является поиск постоянно растущей во всем мире онкологической патологии, прежде всего, с применением методов лучевой диагностики. С этих позиций важен тот факт, что преимуществом УЗИ перед другими инструментальными методами диагностики является хорошая визуализация

железистой ткани и ее изменений при отсутствии какой-либо ионизирующей радиации. Именно поэтому в алгоритме инструментального исследования МЖ у женщин детородного возраста с хорошо развитой железистой тканью УЗИ стоит на первом месте.

Выполнение УЗИ МЖ регламентируется клиническими рекомендациями “Рак молочной железы” и “Доброкачественная дисплазия молочной железы”, действующих на момент написания данной статьи [4, 5], указывающими, что УЗИ проводится взрослым пациенткам до 40 лет и пациенткам старше 40 лет с развитой железистой тканью, беременным и женщинам в период лактации. После 40 до 75 лет первым этапом инструментального исследования МЖ является маммография (ММГ).

Оценка состояния МЖ начинается с визуального и мануального (пальпация) осмотра непосредственно МЖ и регионарных ЛУ. Следующим этапом необходимо провести сбор анамнеза (регулярность менструального цикла; количество родов; период кормления грудью; перенесенные травмы, хирургические вмешательства; воспаления или пластика МЖ; наличие рака МЖ у ближайших родственников; наличие гинекологических заболеваний, заболеваний щитовидной железы и др.).

Показания к УЗИ молочных желез:

• возраст до 40 лет:

- выявление пальпируемого образования/уплотнения в МЖ;
- воспалительный процесс МЖ;
- травма МЖ;
- болевой синдром в МЖ;
- патологические выделения из соска;
- асимметрия МЖ;
- втяжение соска;
- пальпируемые образования в подмышечных областях;
- необходимость выполнения пункционной биопсии;
- состояние после операций на МЖ, в том числе пластических;
- наличие рака у ближайших родственников по женской (или мужской) линии, генные мутации;
- изменения МЖ во время беременности и лактации;

- динамический контроль за проводимым лечением при заболеваниях МЖ;
 - профилактический осмотр перед планированием беременности;
 - динамическое наблюдение после многократной гормональной стимуляции по поводу (для осуществления) беременности, в том числе после ЭКО;
 - канцерофобия.
- **возраст от 40 лет:**
- сомнительные или неясные результаты ММГ – уточнение, дифференцировка;
 - состояние после пластики МЖ/наличие эндопротезов МЖ;
 - травма МЖ (с последующим контролем ММГ);
 - острый мастит;
 - изменения МЖ во время беременности и лактации.

Задачи УЗИ молочной железы [6–8]

- оценка состояния тканей МЖ и протоков;
- оценка пальпируемых изменений МЖ;
- выявление непальпируемых изменений МЖ;
- оценка сосудистого рисунка ткани МЖ и выявленных очаговых изменений;
- оценка регионарных ЛУ, в первую очередь, подмышечных (при выявлении образования, подозрительного на злокачественное, – осмотр зон лимфооттока МЖ);
- осуществление выбора места пункции/предоперационной разметки, визуальный контроль введения иглы;
- оценка состояния имплантата после маммопластики.

Технологический протокол

Аппаратура

Для выполнения УЗИ МЖ предварительной подготовки пациентов не требуется. УЗИ предпочтительнее выполнять в первую фазу менструального цикла. При наличии пальпируемых образований в МЖ или воспалительных изменений УЗИ выполняется вне зависимости от фазы цикла.

Исследование обычно проводят в положении пациента лежа на спине с заведенными за голову руками. Для дополнитель-

ного осмотра пациентку можно повернуть на бок для осмотра контралатеральных квадрантов. Возможно выполнение исследования в положении пациентки сидя с заведенными за голову руками.

УЗИ МЖ следует выполнять высокочастотными линейными датчиками с центральной частотой не менее 12 МГц. Начинать осмотр МЖ следует в В-режиме с обязательным последующим дополнением цветкодированными режимами (ЦДК/ЭДК). Сканирование выполняют полипозиционно, полипроекционно. После осмотра каждой МЖ проводится исследование зон регионарного лимфооттока.

Алгоритм УЗИ молочных желез [6–9]

В В-режиме в МЖ оцениваются: состояние кожи и подкожной клетчатки; млечных протоков; экоструктура фиброгlandулярного комплекса; ретромаммарного пространства; наличие очаговых образований в ткани МЖ.

В режиме ЦДК/ЭДК оцениваются: сосудистый рисунок ткани МЖ в целом, его симметричность по квадрантам и в сравнении с контралатеральной МЖ; сосудистый рисунок выявленных образований; сосудистый рисунок тканей, окружающих образование.

УЗИ регионарных ЛУ в В-режиме с оценкой их сосудистого рисунка в режиме ЦДК/ЭДК. Сканирование следует выполнять полипозиционно и полипроекционно.

Дополнительные режимы, такие как ультразвуковая эластография, исследование с применением эхоконтрастных препаратов, другие новые режимы сканирования, могут дать важную информацию при проведении онкопоиска, дифференциальной диагностике новообразований МЖ. Решение об их использовании следует принимать в каждом конкретном случае, исходя из возможностей аппаратуры, концепции рациональности и эффективности ведения пациента.

Применение программ принятия врачебных решений (на основе искусственного интеллекта), дистанционной телемедицины в настоящее время находится на этапе изучения оценки экономической целесообразности, анализа эффективности и имеет значительные перспективы к применению уже в ближайшем будущем.

Алгоритм УЗИ МЖ после увеличивающей маммопластики силиконовыми эндопротезами [10, 11]

В В-режиме оцениваются: силиконовый эндопротез; окружающие его мягкие ткани; нативная МЖ.

В режиме ЦДК/ЭДК оцениваются: сосудистый рисунок мягких тканей, окружающих эндопротез; сосудистый рисунок тканей нативной МЖ.

УЗИ регионарных ЛУ в В-режиме с оценкой их сосудистого рисунка в режиме ЦДК/ЭДК.

Алгоритм УЗИ МЖ после введения безоболочечных гелей и пластики аутоканями

В В-режиме оцениваются: зоны введения инородного материала; мягкие ткани, окружающие зону коррекции; нативная МЖ.

В режиме ЦДК/ЭДК оценивается сосудистый рисунок мягких тканей в зоне коррекции и тканей нативной МЖ.

УЗИ регионарных ЛУ в В-режиме с оценкой их сосудистого рисунка в режиме ЦДК/ЭДК.

Методика зон регионарного лимфооттока молочных желез [11–13]

УЗИ зон регионарного лимфооттока МЖ входит в обязательный алгоритм УЗИ МЖ [4]. Основной зоной лимфооттока является подмышечная область. Осмотр подмышечных ЛУ (правых/левых) должен всегда сопровождать УЗИ обеих МЖ.

Положение пациента при УЗИ подмышечных областей – лежа на спине или на боку с заведенными за голову руками. Датчик устанавливают высоко у основания подмышечной впадины и продвигают вниз до основания МЖ сначала по передней, далее по средней и по задней подмышечным линиям. Глубина сканирования должна охватывать мягкие ткани подмышечной впадины от подкожной клетчатки до уровня сосудистого пучка или подлежащих костных структур для осмотра поверхностных, центральных и глубоких ЛУ. В завершение осмотра аксиллярной области проводится сканирование всех зон от передней до задней подмышечной линии в поперечном сечении. В самой МЖ могут определяться интрамаммарные ЛУ, относящиеся к группе аксиллярных ЛУ.

В случае, если никаких образований, подозрительных на злокачественный процесс, в МЖ не обнаружено, на этом исследование зон лимфооттока завершается. При обнаружении очаговых изменений, отнесенных к категориям BI-RADS 4 или BI-RADS 5 [14], необходимо провести осмотр всех оставшихся зон лимфооттока: межпекторальные (межмышечные), парастернальные/окологрудинные, под- и надключичные.

Положение пациента – лежа на спине, руки опущены вдоль туловища.

Окологрудинные ЛУ следует оценивать симметрично в межреберных промежутках парастернальных областей (положение датчика перпендикулярно грудине). Далее осуществляют продольное сканирование этих областей по ходу внутренней грудной артерии по обе стороны от грудины.

Поиск межпекторальных (Роттера) ЛУ (непостоянных) проводят между листками большой и малой грудных мышц (движение датчика от подключичной области к подмышечной впадине).

Под- и надключичные ЛУ исследуют в одноименных областях во взаимно перпендикулярных проекциях датчика (руки пациента опущены вдоль туловища): параллельно и перпендикулярно ключице (от ее медиального до латерального краев).

Описательный протокол

Титульная часть

Титульная часть описательного протокола должна соответствовать рекомендациям, данным в Правилах проведения УЗИ [1]. Она содержит (далее цитирование основного текста документа и Приложения 7 [1]):

- наименование медицинской организации в соответствии с уставом медицинской организации, в которой проводилось УЗИ, адрес ее местонахождения;
- дату и время проведения УЗИ;
- номер протокола УЗИ;
- фамилию, имя, отчество (при наличии) пациента;
- пол пациента (М/Ж);
- дату рождения пациента (ДД/ММ/ГГГГ);
- номер медицинской карты стационарного больного или медицинской карты пациента, получающего медицинскую помощь в амбулаторных условиях;

– название УЗИ (с указанием области УЗИ – определяет клиницист в соответствии с диагнозом);

– название ультразвуковой диагностической системы и тип датчика (датчиков) с указанием его (их) диапазона частот;

– значимую для интерпретации результатов УЗИ информацию.

Значимая для интерпретации результатов УЗИ конкретного пациента информация может включать следующие пункты (но не ограничивается ими): период менструального цикла, прием менопаузальной терапии, данные о беременности, родах, перенесенных ранее заболеваниях МЖ; данные об объемах и сроках полученного ранее медикаментозного, лучевого, оперативного, других видах лечения этих заболеваний; данные о перенесенных интервенционных диагностических вмешательствах (биопсии, др.); краткие результаты выполненных ранее инструментальных исследований (например, ММГ, МРТ молочных желез и др.).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Параметры оценки МЖ (включены параметры, одобренные BI-RADS® v2025 Manual [15]):

– кожа: (одинаковой толщины по всему контуру МЖ/утолщена до ... мм (локализация); втянута (локализация); образования нет/есть (локализация, далее описание по стандарту описания образований);

– подкожная клетчатка (не изменена/изменена, образования нет/есть);

– структура МЖ: представлена преимущественно железистой (фиброгландулярной) или жировой тканью; смешанного строения с преобладанием железистой или жировой ткани;

– сосково-ареолярная зона: не изменена/выявлены образования;

– состояние протоков за соском: верхняя граница нормы до 3 мм, содержимое анэхогенное/эхогенное/пристеночное образование (размеры в мм);

– сосудистый рисунок тканей МЖ: не усиленный/усиленный диффузно или локально, симметричный/асимметричный;

– очаговые изменения (описывать отдельно): объемное образование/опухолевое (mass) или участок или зона измененной структуры (non-mass lesion).

• **Параметры оценки объемных образований/опухолей МЖ [11, 12]:**

– локализация: по квадрантам; по циферблату часов; по удаленности от соска в мм или по зонам (околоареолярная, средняя или периферическая); по удаленности от кожи: передние отделы, центральные или периферические (указать в мм);

– размеры: измерение двух размеров (максимальной длины и перпендикулярного к ней размера); при в категориях BI-RADS 4,5 проводится измерение третьего размера в перпендикулярной плоскости;

– форма: овальная, округлая, неправильная;

– ориентация: параллельная относительно кожи/горизонтальная, непараллельная/вертикальная (округлые образования имеют непараллельную ориентацию, неопределенную);

– край (граница или контур): четкий/нечеткий; ровный, неровный, микродольчатый, угловатый, лучистый, спикулообразный);

– гиперэхогенный ободок: тонкий – (псевдо)капсула, толстый (зона десмоплазии – входит в измерение образования МЖ, при этом контур следует считать нечетким);

– эхогенность (относительно жировой ткани): анэхогенное, гиперэхогенное, гипоехогенное, изоэхогенное, гетерогенное, смешанное солидно-кистозное);

– дистальный акустический эффект за образованием: нет изменений; дистальное усиление, дистальная тень, смешанный;

– в режиме ЦДК/ЭДК: аваскулярное, васкуляризация интранодулярная (гиповаскулярное /гиперваскулярное) или перинодулярная/периферическая; локальное усиление васкуляризации тканей, окружающих образование;

– режим эластографии: мягкое, средней жесткости, жесткое (режим подлежит дальнейшему изучению).

• **Параметры оценки участков или зон измененной структуры (non-mass lesion):**

– локализация: по квадрантам, по циферблату часов, по удаленности от соска в мм или по зонам (околоареолярная, средняя и периферическая); желательно указать, в какой ткани располагается образование или граница тканей (кожа, подкож-

ная клетчатка, фиброглангулярная ткань, мышцы) и глубину расположения от поверхности кожи в мм;

- размеры: измерение производится при возможности определения краев зоны поражения;

- форма: правильная/неправильная;

- ориентация: параллельная относительно кожи/горизонтальная, непараллельная/вертикальная, неопределенная;

- край (граница или контур): границы не описываются, считаются по определению нечеткими;

- экзогенность (относительно жировой ткани): гиперэхогенное, гипоехогенное, изоэхогенное, гетерогенное;

- наличие протоков внутри зоны неоднородности;

- гиперэхогенные точечные включения в структуре (есть/нет);

- кисты в структуре зоны неоднородности (есть/нет);

- дистальный сигнал: нет изменений; дистальное усиление, дистальная тень;

- в режиме ЦДК/ЭДК: аваскулярное, гиповаскулярное, гиперваскулярное; локальное усиление сосудистого рисунка тканей, окружающих зону поражения.

• **Параметры оценки силиконовых эндопротезов молочной железы [10]:**

- расположение: ретропекторальное (за мышцей) или препекторальное (перед мышцей);

- локализация: типичная / атипичная (развернут, смещен, другое);

- форма: правильная/неправильная;

- перипротезная жидкость: нет/есть (нитевидная, максимальная толщина ... мм);

- контуры эндопротеза: ровные, волнистые (умеренные, выраженные, заостренные), подвороты;

- перипротезная фиброзная капсула: не утолщена/утолщена – толщина ... мм (норма до 0,4 мм); экзогенная ее обычная/повышена;

- внутренняя структура эндопротеза: анэхогенная однородная/ неоднородная.

Выявленные изменения в МЖ следует распределить по шкале BI-RADS для отбора подозрительных для выполнения биопсии [14, 15]. Определяет вид биопсии и проводит биопсию МЖ в соответствии с клиническими рекомендациям онколог [4].

При выявлении очаговой патологии МЖ необходимо оценить пути лимфооттока МЖ [8, 9, 16, 17]. Первой и основной зоной являются подмышечные ЛУ, расположенные в трех уровнях, относительно расположения малой грудной мышцы, межпекторальные, парастернальные, подключичные (частично относятся к 3-му уровню) и надключичные.

• **Параметры оценки лимфатических узлов [13]:**

- локализация: по анатомическим областям;

- количество ЛУ: один, два, три – единичные, множественные;

- форма ЛУ: правильная (бобовидная, овальная, овоидная, округлая, плоская, условно правильная – сегментарная), неправильная;

- границы (контуры) ЛУ: ровные или неровные (волнистые, дольчатые, бугристые, угловатые);

- размеры ЛУ: длина (размер по длинной оси) и толщина (размер по короткой оси); индекс округлости (сферичности) L/S; контуры ЛУ четкие или нечеткие;

- дифференцировка составных частей ЛУ на центральную и периферическую зоны: сохранена, отсутствует;

- толщина кортикального в мм (не должна превышать 3 мм – наиболее важный критерий для оценки подмышечных ЛУ);

- структура ЛУ (периферическая и центральная зоны): не изменена, изменена, с дополнительными включениями (а-, гипо-, гиперэхогенными, кальцинатами);

- васкуляризация ЛУ: не усилена (ЛУ аваскулярный, гиповаскулярный), усилена (ЛУ гиперваскулярный);

- тип кровотока ЛУ: неизмененный (воротный, хилусный, хиларный), измененный (периферический или смешанный).

При наличии ЛУ без патологических изменений, можно указать кратко только локализацию, количество, размер максимального ЛУ (длину и толщину) и толщину кортикального слоя в мм.

• **Дополнительная информация:**

В протоколе следует указать данные сопоставления (соответствие/несоответствие):

- зоны пальпируемого образования с результатами УЗИ;

– с результатами предыдущих УЗИ (при наличии заключения ранее выполненного УЗИ);

– с данными других инструментальных исследований (ММГ/МРТ и др.).

Допустимо написание стандартных терминов без дополнительной их расшифровки: простые кисты, кластерные микрокисты, интрамаммарный ЛУ.

Термин “простая киста” употребляется при визуализации образования правильной овальной формы с ровной тонкой капсулой, однородным анэхогенным содержимым, дистальным псевдодушением, а также с боковыми акустическими тенями.

Термин “кластерные микрокисты” употребляется при визуализации группы расположенных рядом, сгруппированных простых микрокист, размер каждой из которых не превышает 2–3 мм, с четкими краями, анэхогенным содержимым без солидного компонента.

Термин “интрамаммарный лимфатический узел” употребляется при визуализации лимфатического узла, расположенного непосредственно в ткани молочной железы с сохранной дифференцировкой.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Согласно Правилам проведения УЗИ [1], в конце описательного протокола должно быть представлено Заключение с указанием:

– ультразвуковых признаков заболеваний (болезней), травм, физиологических или патологических состояний, врожденных пороков развития;

– ультразвуковых признаков заболеваний и состояний, которые позволяют сформировать дифференциально-диагностический ряд;

– ультразвуковых признаков неспецифических изменений;

– стандартизированных шкал оценки результатов УЗИ (BI-RADS).

В Заключении может также фиксироваться другая значимая информация, на которую следует обратить внимание.

Напоминаем, что в Протоколе не допускаются сокращения терминов [1].

К Протоколу прилагаются изображения, фиксирующие патологические изменения

(статичные и (или) динамичные), полученные при проведении УЗИ, которые сохраняются на бумажном и (или) цифровом носителе (при наличии) [1].

Также считаем необходимым процитировать пп. 15–17 Правил проведения УЗИ [1].

15. Решение о возможности проведения УЗИ и конкретного метода (методов) принимает врач ультразвуковой диагностики с учетом обоснованности назначения, наличия медицинских показаний и медицинских противопоказаний к проведению УЗИ, риска осложнений [1].

16. В случае невозможности проведения назначенного УЗИ врач ультразвуковой диагностики в письменном виде обосновывает отказ от его проведения с указанием в медицинской документации пациента причин, послуживших основанием для отказа в проведении исследования [1].

17. В случае выявления патологии при проведении УЗИ врач ультразвуковой диагностики расширяет границы анатомической области, подлежащей обследованию, в соответствии с Направлением или записью в Листе назначений, указав причину этого расширения и результат УЗИ в Протоколе УЗИ [1] или рекомендовать проведение других диагностических вмешательств для уточнения полученных данных.

Представленный стандартный протокол УЗИ МЖ состоит из двух частей – технологического (1) и описательного (2) протоколов. В технологическом протоколе описана методика УЗИ МЖ. Описательный протокол содержит подробное представление протокола результатов УЗИ МЖ, которое заканчивается Заключением.

Представленный стандартный Протокол УЗИ молочных желез полностью соответствует актуальным действующим Российским клиническим рекомендациям и не противоречит зарубежным клиническим и диагностическим рекомендациям.

Участие авторов

Фисенко Е.П. – идея проекта, формирование документа, окончательная редакция.

Буланов М.Н., Бусько Е.А., Ветшева Н.Н., Гажонова В.Е., Данзанова Т.Ю., Заболотская Н.В., Сенча А.Н. – формирование документа, сбор материалов.

Authors' participation

Fisenko E.P. – project idea, document formation, final editing.

Bulanov M.N., Busko E.A., Vetsheva N.N., Gagonova V.E., Danzanova T.Yu., Zabolotskaya N.V., Sencha A.N. – document preparation, collection of materials.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Приказ Министерства здравоохранения РФ от 8 июня 2020 г. № 557н “Об утверждении Правил проведения ультразвуковых исследований”. <http://ivo.garant.ru/#/document/74636910/paragraph/1:0> (дата обращения 25.08.2022)
2. Федеральный закон от 21 ноября 2011 г. № 323-ФЗ “Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации”. <http://ivo.garant.ru/#/document/12191967/paragraph/1:0> (дата обращения 25.08.2022)
3. Рубрикатор клинических рекомендаций. <https://cr.minzdrav.gov.ru/>
4. Клинические рекомендации. Рак молочной железы. 2023. https://cr.minzdrav.gov.ru/379_4.
5. Клинические рекомендации. Доброкачественная дисплазия молочной железы. 2024. https://cr.minzdrav.gov.ru/.598_3
6. Заболотская Н.В. Ультразвуковое исследование в маммологии: Руководство для врачей. М.: Фирма СТРОМ, 2019. 208 с.
7. Фисенко Е.П. Методика проведения УЗИ молочных желез. Серия “Лучшие практики лучевой и инструментальной диагностики”. М., 2019. Вып. 41. ГБУЗ «НПКЦДиТ» ДЗ г. Москвы. 36 с.
8. Сенча А.Н. Ультразвуковое исследование молочных желез. Шаг за шагом. От простого к сложному. 3-е изд. М.: МЕДпресс-информ, 2021. 184 с.
9. Гаžoнова В.Е. Ультразвуковое исследование молочных желез. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2022. 536 с.
10. Фисенко Е.П., Ветшева Н.Н. Руководство по ультразвуковому исследованию молочных желез до увеличивающейся маммопластики и после нее. М.: МЕДпресс-информ, 2025. 100 с.
11. Ультразвуковое исследование поверхностно-расположенных органов. Атлас / Под общей ред. А.Н. Сенча. М.: МЕДпресс-информ, 2025. 504 с.
12. Гаžoнова В.Е. Ультразвуковая диагностика и мультимодальный подход в маммологии. Диффузные узловатые патологии (non-mass lesions). М.: ГЭОТАР-Медиа, 2025. 400 с.
13. Фисенко Е.П., Аллахвердиева Г.Ф., Буланов М.Н., Бусько Е.А., Ветшева Н.Н., Возгомент О.В., Гаžoнова В.Е., Данзанова Т.Ю., Заболотская Н.В., Капустин В.В., Катрич А.Н., Костромина Е.В., Лепэдату П.И., Надточий А.Г., Рябиков А.Н., Сенча А.Н., Синюкова Г.Т., Хамзина Ф.Т., Шолохов В.Н. Стандартизация протокола ультразвукового исследования поверхностных лимфатических узлов. Консенсус экспертов Российской ассоциации специалистов ультразвуковой диагностики в медицине

(РАСУДМ). *Ультразвуковая и функциональная диагностика*. 2024; 4: 115–131.

<https://doi.org/10.24835/1607-0771-294>

14. Фисенко Е.П., Постнова Н.А., Ветшева Н.Н., Батухтина Е.В. Применение классификации BI-RADS при ультразвуковой мультипараметрической оценке образований молочной железы. М.: Фирма СТРОМ, 2023. 125 с.
15. American College of Radiology BI-RADS® v2025 Manual <https://www.acr.org/Clinical-Resources/Clinical-Tools-and-Reference/Reporting-and-Data-Systems/BI-RADS>
16. Заболотская Н.В. Лимфатические узлы в ультразвуковой диагностике: Практическое руководство. М.: МЕД-пресс-информ, 2025. 93 с.
17. Капустин В.В., Кабин, Ю.В. Косташ О.В. Ультразвуковая визуализация поверхностно расположенных лимфатических узлов. Дифференциальная диагностика в онкологической практике: Руководство для врачей. М.: Фирма СТРОМ, 2024. 180 с.

REFERENCES

1. Order of the Ministry of Health of the Russian Federation dated 08.06.2020 No. 557n On approval of ultrasound regulation, <http://ivo.garant.ru/#/document/74636910/paragraph/1:0> (accessed 25.08.2022). (In Russian)
2. Federal Law of the Russian Federation dated 21.11.2011 No. 323-FZ Public Health Protection in the Russian Federation, <http://ivo.garant.ru/#/document/12191967/paragraph/1:0> (accessed 25.08.2022). (In Russian)
3. Clinical guidelines rubricator, <https://cr.minzdrav.gov.ru> (in Russian)
4. Clinical practice guidelines Breast Cancer. https://cr.minzdrav.gov.ru/379_4.379_4 (2023). (In Russian)
5. Clinical practice guidelines Benign breast dysplasia, https://cr.minzdrav.gov.ru/.598_3 (2024). (in Russian)
6. Zabolotskaya N.V. Ultrasound examination in mammology. Moscow: STROM, 2019. 208 p. (In Russian)
7. Fisenko E.P. Methodology for performing ultrasound examination of the mammary glands. Series “Best practices in radiation and instrumental diagnostics”. Moscow, 2019. Issue 41. State Budgetary Healthcare Institution “NPKTsDIT” of the Moscow Health Department. 36 p. (In Russian)
8. Sencha A.N. Ultrasound examination of the mammary glands. Step by step. From simple to complex. 3rd ed. Moscow: MEDpress-inform, 2021. 184 p. (In Russian)
9. Gazhonova V.E. Ultrasound examination of mammary glands. Moscow: GEOTAR-Media, 2022. 536 p. (In Russian)
10. Fisenko E.P., Vetsheva N.N. Guide to ultrasound examination of mammary glands before and after augmentation mammoplasty. M.: MEDpress-inform, 2025. 100 p. (In Russian)
11. Ultrasound examination of superficial organs. Atlas. General editor A.N. Sencha. Moscow: MEDpress-inform, 2025. 504 p. (In Russian)

12. Gazhonova V.E. Ultrasound diagnostics and multimodal approach in mammology. Diffuse non-nodular pathologies (non-mass lesions). Moscow: GEOTAR-Media, 2025. 400 p. (In Russian)
13. Fisenko E.P., Allahverdiyeva G.F., Bulanov M.N. et al. Standardization of the protocol for ultrasound examination of superficial lymph nodes. Consensus of experts of the Russian Association of Specialists in Ultrasound Diagnostics in Medicine (RASUDM). *Ultrasound and Functional Diagnostics*. 2024; 4: 115–131. <https://doi.org/10.24835/1607-0771-294> (in Russian)
14. Fisenko E.P., Postnova N.A., Vetsheva N.N., Batukhtina E.V. Application of the BI-RADS classification in ultrasound multiparametric assessment of breast lesions. Moscow: STROM. 2023. 125 p. (In Russian)
15. American College of Radiology BI-RADS® v2025 Manual <https://www.acr.org/Clinical-Resources/Clinical-Tools-and-Reference/Reporting-and-Data-Systems/BI-RADS>
16. Zabolotskaya N.V. Lymph nodes in ultrasound diagnostics: Practical guide. Moscow: MED-pessinform, 2025. 93 p. (In Russian)
17. Kapustin V.V., Kabin, Yu.V., Kostash O.V. Ultrasound visualization of superficial lymph nodes. Differential diagnostics in oncological practice: Manual for physicians. Moscow: STROM, 2024. 180 p. (In Russian)

Standardization of a breast ultrasound examination protocol. Consensus of experts of the Russian association of ultrasound diagnostic specialists in medicine (RASUDM)

E.P. Fisenko^{1}, M.N. Bulanov^{2,3}, E.A. Busko^{4,5}, N.N. Vetsheva⁶,
V.E. Gagonova^{7,8}, T.Yu. Danzanova^{9,10}, N.V. Zabolotskaya⁶, A.N. Sencha^{11,10}*

¹ Petrovsky Russian Research Center of Surgery; 2, Abrikosovskiy lane, Moscow 119991, Russian Federation

² Regional Clinical Hospital; 21, Sudogodskoye shosse, Vladimir 600023, Russian Federation

³ Yaroslav-the-Wise Novgorod State University; 41, Bolshaya St.-Petersburgskaya str., Veliky Novgorod 173003, Russian Federation

⁴ N.N. Petrov National Medical Research Center of Oncology; 68, Leningradskaya str., Pesochny, Saint-Petersburg 197758, Russian Federation

⁵ Saint Petersburg University; 7/9, University quay, Saint Petersburg 199034, Russian Federation

⁶ Russian Medical Academy of Continuous Professional Education of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation; 2/1-1, Barrikadnaya str., Moscow 125993, Russian Federation

⁷ Central State Medical Academy of the Presidential Administration of the Russian Federation; 19-1A, Marshal Timoshenko str., Moscow 121359, Russian Federation

⁸ United Clinical Hospital of the Presidential Administration of the Russian Federation; 15, Marshal Timoshenko str., Moscow 121359, Russian Federation

⁹ N.N. Blokhin National Medical Research Center of Oncology of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation; 23, Kashirskoe shosse, Moscow 115478, Russian Federation

¹⁰ Pirogov Russian National Research Medical University; 1, Ostriviyanova str., Moscow 117997, Russian Federation

¹¹ Further Professional Education of the National Medical Research Center for Obstetrics, Gynecology and Perinatology named after academician V.I. Kulakov of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation; 4, Akademik Oparin str., Moscow 117997, Russian Federation

Elena P. Fisenko – MD, Doct. of Sci. (Med.), Chief Researcher, Ultrasound Diagnostics Department, Petrovsky Russian Research Center of Surgery, Moscow. <https://orcid.org/0000-0003-4503-950X>.

Mikhail N. Bulanov – MD, Doct. of Sci. (Med.), Head of Ultrasound Diagnostics Department, Regional Clinical Hospital, Vladimir; Professor, Division of Internal Medicine, Institute of Medical Education, Yaroslav-the-Wise Novgorod State University, Veliky Novgorod. <https://orcid.org/0000-0001-8295-768X>

Ekaterina A. Busko – MD, Doct. of Sci. (Med.), Associate Professor, Leading researcher of the N.N. Petrov National Medical Research Center of Oncology Ministry of health of Russian Federation; Professor of Department of Radiation Diagnostics, Saint-Petersburg State University, St. Petersburg. <https://orcid.org/0000-0002-0940-6491>

Natalya N. Vetsheva – MD, Doct. of Sci. (Med.), Professor at the Department of Ultrasound Diagnostics, Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Moscow. <http://orcid.org/0000-0002-9017-9432>

Veronika E. Gagonova – MD, Doct. of Sci. (Med.), Professor of the Department of Radiology and Ultrasound Diagnostics of the Central State Medical Academy of the Presidential Administration of the Russian Federation; Chief specialist in ultrasound diagnostics, United Clinical Hospital of the Presidential Administration of the Russian Federation, Moscow. <https://orcid.org/0000-0003-4742-9157>

Tatiana Yu. Danzanova – MD, Doct. of Sci. (Med.), N.N. Blokhin National Medical Research Center of Oncology of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation; Professor of The Diagnostic Ultrasound Division of Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow. <https://orcid.org/0000-0002-6171-6796>

Natalya V. Zabolotskaya – MD, Doct. of Sci. (Med.), Professor, Diagnostic Ultrasound Division, Russian Medical Academy of Continuous Professional Education of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Moscow. <https://orcid.org/0000-0003-3109-2772>

Alexander N. Sencha – MD, Doct. of Sci. (Med.), Head of the Department of Visual Diagnostics, Professor of the Department of Obstetrics and Gynecology of the Further Professional Education Research Center for Obstetrics, Gynecology and Perinatology named after academician V.I. Kulakov of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation; Professor of The Diagnostic Ultrasound Division of Pirogov Russian National Research Medical University of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Moscow. <https://orcid.org/0000-0002-1188-8872>

Correspondence* to Dr. Elena P. Fisenko – e-mail: e.fissenko@mail.ru

A standard protocol for breast ultrasound examination is presented. This document consists of a process protocol and a descriptive protocol. The process protocol describes the breast ultrasound examination technique. The descriptive protocol contains a detailed presentation of the breast ultrasound examination results, ending with a conclusion. Current domestic and international diagnostic guidelines (BI-RADS[®] v2025 Manual) defining indications for breast ultrasound examination are discussed. This standard protocol for breast ultrasound examination is fully consistent with current Russian clinical guidelines and does not contradict international diagnostic guidelines.

Keywords: ultrasound examination; the breast; technological protocol of ultrasound examination; descriptive protocol of ultrasound examination

Conflict of interests. The authors have no conflicts of interest to declare.

Financing. This study had no sponsorship.

Citation: Fisenko E.P., Bulanov M.N., Busko E.A., Vetsheva N.N., Gagonova V.E., Danzanova T.Yu., Zabolotskaya N.V., Sencha A.N. Standardization of a breast ultrasound examination protocol. Consensus of experts of the Russian association of ultrasound diagnostic specialists in medicine (RASUDM). *Ultrasound and Functional Diagnostics*. 2026; 32 (2): 98–108. <https://doi.org/10.24835/1607-0771-442> (In Russian)

Received: 25.05.2026.

Accepted for publication: 1.06.2026.

Published online: 4.06.2026.