

ISSN 1607-0771 (PRINT)
ISSN 2408-9494 (ONLINE)

ВЫПУСК 161

3.2026
ТОМ 32

УЛЬТРАЗВУКОВАЯ И ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ДИАГНОСТИКА

ULTRASOUND & FUNCTIONAL DIAGNOSTICS

USFD.RDSMEDIA.RU



ОФИЦИАЛЬНЫЙ ЖУРНАЛ
РОССИЙСКОЙ АССОЦИАЦИИ СПЕЦИАЛИСТОВ
УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ДИАГНОСТИКИ В МЕДИЦИНЕ



ISSN 1607-0771 (PRINT)
ISSN 2408-9494 (ONLINE)

ВЫПУСК 161

3.2026

ТОМ 32

УЛЬТРАЗВУКОВАЯ И ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ДИАГНОСТИКА

ULTRASOUND & FUNCTIONAL DIAGNOSTICS

USFD.RDSMEDIA.RU



ОФИЦИАЛЬНЫЙ ЖУРНАЛ
РОССИЙСКОЙ АССОЦИАЦИИ СПЕЦИАЛИСТОВ
УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ДИАГНОСТИКИ В МЕДИЦИНЕ



РДС-МЕДИА

УЛЬТРАЗВУКОВАЯ И ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ДИАГНОСТИКА

ULTRASOUND & FUNCTIONAL DIAGNOSTICS

3.2026
ТОМ 32

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 ФГАОУ 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 ФГАОУ 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

Балахонova 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 ФГАОУ 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 ФГАОУ 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 ФГАОУ 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 ФГАОУ 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 ФГАОУ 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 последилового 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. <http://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 ФГАОУ 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 ФГАОУ ДПО “Российская медицинская академия непрерывного профессионального 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 ФГАОУ 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 ФГАУ “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 ФГАУ 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

Феокистова 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 ФГАУ 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 20.09.2026 г.

ULTRASOUND & FUNCTIONAL DIAGNOSTICS

3.2026
Vol 32

УЛЬТРАЗВУКОВАЯ И ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ
ДИАГНОСТИКА

Quarterly Scientific and Practical Journal . Est. 1994
Official Journal of Russian Association of Specialists in Ultrasound Diagnostics in Medicine
(1, bld. 12, apt. 4/4П, 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

Viktoriya 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. № ПИ № 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 (ООО "SamPoligrafist"), www.onebook.ru
Signed for printing 20.09.2026.

Содержание

Ультразвуковая диагностика заболеваний внутренних органов

Анализ корреляции данных ультразвукового исследования и результатов малоинвазивного хирургического лечения доброкачественных новообразований молочных желез

*Е.А. Марущак, Е.А. Зубарева,
Е.П. Фисенко, С.Н. Таджикибов*

13

Компрессионная эластография в диагностике постлучевого гипотиреоза: современное состояние вопроса

*О.В. Андреева, И.П. Мошуров,
Н.Н. Ветшева, Е.П. Фисенко*

27

Ультразвуковая диагностика полиакриламидного маммарного синдрома после аугментационной маммопластики путем инъекционного введения геля (клиническое наблюдение)

*Р.Б. Балтер, Т.А. Пугачева, Л.С. Целкович,
С.Н. Ларионова, Т.В. Иванова,
Р.И. Кочетков, Ю.В. Бикеев*

36

Ультразвуковая диагностика заболеваний сердца и сосудов

Инфаркт миокарда с подъемом сегмента ST на фоне блокады правой ножки пучка Гиса. Возможности новых подходов эхокардиографической диагностики

*Л.Г. Тюрина, Л.Т. Хамидова, Н.В. Рыбалко,
Н.С. Орлов, Я.В. Копытко, Г.А. Газарян*

48

Ультразвуковая диагностика в акушерстве и гинекологии

Ультразвуковая диагностика аденомиоза. Обзор литературы и собственные клинические наблюдения

Е.А. Борисова, М.Н. Буланов, Т.А. Макаренко

62

Ультразвуковая диагностика в педиатрии

Лучевая диагностика холедохоцеле в детском возрасте (клиническое наблюдение и обзор литературы)

*Е.В. Феоктистова, Э.А. Степанов,
Д.А. Петров, М.Б. Стахова, С.П. Макаров*

80

Другие вопросы ультразвуковой диагностики

Диагностическая ценность ультразвуковой эластографии сдвиговой волной в раннем выявлении нетравматического рабдомиолиза

*Н.А. Гаранкин, С.Б. Поткин,
А.В. Зубарев, В.В. Лозовский*

91

Рекомендации, стандарты, правила

Классификация изменений ультразвуковых признаков поверхностно расположенных лимфатических узлов

*Е.П. Фисенко, Г.Ф. Аллахвердиева,
М.Н. Буланов, Е.А. Бусько, Н.Н. Ветшева,
О.В. Возгомент, В.Е. Гажонова, Т.Ю. Данзанова,
Н.В. Заболотская, А.Н. Катрич, Е.В. Костромина,
П.И. Лепэдату, А.Г. Надточий, Е.А. Панкова,
А.Н. Рябиков, А.Н. Сенча, Г.Т. Синюкова,
Ю.П. Сыч, Ф.Т. Хамзина*

102

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

Contents

General Ultrasound

Correlation analysis of ultrasound findings and outcomes of minimally invasive surgical treatment of benign breast masses

*E.A. Marushchak, E.A. Zubareva,
E.P. Fisenko, S.N. Tadzhibov*

31

Strain elastography in the diagnosis of radiation-induced hypothyroidism: current state of the art

*O.V. Andreeva, I.P. Moshurov,
N.N. Vetsheva, E.P. Fisenko*

27

Ultrasound diagnosis of polyacrylamide mammary syndrome after augmentation mammoplasty with gel injection (clinical case report)

*R.B. Balter, T.A. Pugacheva, L.S. Tselkovich,
S.N. Larionova, T.V. Ivanova,
R.I. Kochetkov, Yu.V. Bikeev*

36

Cardiovascular Ultrasound

ST-segment elevation myocardial infarction with right bundle branch block: potential of new echocardiographic diagnostic approaches

*L.G. Tyurina, L.T. Khamidova, N.V. Rybalko,
N.S. Orlov, Ya.V. Kopyitko, G.A. Gazaryan*

48

Obstetrics and Gynecology Ultrasound

Ultrasound diagnosis of adenomyosis: a literature review and clinical cases

E.A. Borisova, M.N. Bulanov, T.A. Makarenko

62

Pediatric Ultrasound

Imaging of choledochocoele in children (a case report and literature review)

*E.V. Feoktistova, A.E. Stepanov,
D.A. Petrov, M.B. Stakhova, S.P. Makarov*

80

Other Trends in Ultrasound Diagnostics

Diagnostic value of acoustic radiation force impulse shear wave elastography in the early detection of non traumatic rhabdomyolysis

*N.A. Garankin, S.B. Potkin,
A.V. Zubarev, V.V. Lozovskiy*

91

Guidelines, Standards, Protocols

Classification of ultrasound features of superficially located lymph nodes

*E.P. Fisenko, G.F. Allahverdieva, M.N. Bulanov,
E.A. Busko, N.N. Vetsheva, O.V. Vozgoment,
V.E. Gagonova, T.Yu. Danzanova,
N.V. Zabolotskaya, A.N. Katrich, E.V. Kostromina,
P.I. Lepedatu, A.G. Nadtochiy, E.A. Pankova,
A.N. Ryabikov, A.N. Sencha, G.T. Sinyukova,
Y.P. Sych, F.T. Khamzina*

102



Анализ корреляции данных ультразвукового исследования и результатов малоинвазивного хирургического лечения доброкачественных новообразований молочных желез

Е.А. Марущак^{1, 2*}, Е.А. Зубарева², Е.П. Фисенко¹, С.Н. Таджибов³

¹ ФГБНУ "Российский научный центр хирургии имени академика Б.В. Петровского"; 119991 Москва, ГСП-1, Абрикосовский пер., д. 2, Российская Федерация

² ФГАОУ ВО "Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова" Минздрава России (Пироговский Университет); 117997 Москва, ул. Островитянова, д. 1, Российская Федерация

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

Цель исследования: оценить корреляцию данных ультразвукового исследования (УЗИ) и отдаленных результатов малоинвазивного хирургического лечения пациенток с доброкачественными новообразованиями молочных желез (МЖ).

Материал и методы. В исследование вошла 61 пациентка с доброкачественными новообразованиями МЖ, удаленными путем вакуумной аспирационной биопсии (ВАБ) в объеме полной эксцизии. Всего было прооперировано 70 МЖ, при этом удалено 105 новообразований. Возраст пациенток составил от 20 до 75 лет (среднее значение 38,7 года). Всем пациенткам выполнялись мультипараметрические УЗИ МЖ до операции и в отдаленном послеоперационном периоде в сроки не менее 6 мес. В эти же сроки в послеоперационном периоде проводилось анкетирование женщин для оценки их самочувствия. Результаты предоперационного УЗИ, а также исследования, выполненного в отдаленном послеоперационном периоде, были сопоставлены с данными анкетирования и подвергнуты статистическому анализу.

Результаты. Распределение пациенток по данным УЗИ по классификации BI-RADS (представлена наивысшая градация для каждой МЖ) было следующим: II – 2, III – 60, IVa – 8. Совпадения результатов УЗИ и данных гистологии было отмечено для 56 (80%) оперированных МЖ. Гематома при УЗИ на следующие сутки после операции была выявлена у 5 пациенток в 1 молочной железе (в 7,1% случаев на 70 оперирован-

Марущак Елена Александровна – канд. мед. наук, заведующая отделением ультразвуковой диагностики НКЦ №2, ФГБНУ "Российский научный центр хирургии имени академика Б.В. Петровского"; доцент кафедры ультразвуковой диагностики ФДПО ИНОПР ФГАОУ ВО РНИМУ имени Н.И. Пирогова Минздрава России (Пироговский Университет), Москва. <https://orcid.org/0000-0001-5639-3315>

Зубарева Елена Анатольевна – доктор мед. наук, профессор, заведующая кафедрой ультразвуковой диагностики ФДПО ИНОПР ФГАОУ ВО РНИМУ имени Н.И. Пирогова Минздрава России (Пироговский Университет), Москва. <https://orcid.org/0000-0002-9997-4715>

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>. Scopus Author ID 6507536162

Таджибов Сабир Нодирович – канд. мед. наук, ассистент кафедры онкологии НОИ непрерывного профессионального образования ФГБОУ ВО "Российский университет медицины" Минздрава России, Москва. <https://orcid.org/0000-0002-5927-8096>

Контактная информация*: Марущак Елена Александровна – e-mail: e.marushchak@mail.ru

ных МЖ). Остаточная ткань спустя более 6 мес после операции была выявлена у 13 пациенток (12,3% случаев на 105 удаленных новообразований). Таким образом, полная резекция спустя 6 мес наблюдения была констатирована при УЗИ для 87,5% удаленных новообразований. Рубцовая ткань была выявлена в ложе 36 (34,5%) из 105 удаленных новообразований МЖ. Ее размеры составили от 5×4 мм до 22×13 мм (в среднем $12,2 \pm 5,0$ мм). В случае 75,5% зон ВАБ-резекций формирования рубцовой ткани отмечено не было.

При анкетировании высокую удовлетворенность результатами малоинвазивной операции путем ВАБ-резекции доброкачественного новообразования МЖ высказали пациентки для 57 (81%) МЖ из 70 прооперированных.

При сопоставлении характеристик пациенток с наличием и отсутствием гематомы статистически значимые различия выявлены только по длиннику новообразования. При сравнительном анализе пациенток в зависимости от наличия остаточной ткани новообразования статистически значимые различия были выявлены по двум показателям – размеру рубца и длиннику новообразования. Ни количество оперированных МЖ, ни распределение новообразований по категориям BI-RADS при УЗИ не были статистически значимо связаны с наличием остаточной ткани новообразования.

Заключение. В результате проведенного корреляционного анализа показателей установлено, что наиболее значимые ассоциации отмечались среди показателей, характеризующих объем вмешательства и выраженность послеоперационных изменений. Наиболее существенные обратные связи с результатами анкетирования по оценке удовлетворенности пациенток были выявлены для размера гематомы, количества удаленных новообразований и длинника новообразования.

Размер рубца статистически значимых корреляций с вопросами анкеты и ее общим баллом не показал, что, по-видимому, обусловлено как малым количеством случаев формирования рубцовой ткани, так и ее малыми размерами (в среднем $12,2 \pm 5,0$ мм) после малоинвазивного вмешательства. ВАБ-резекция не сопровождается формированием грубых рубцовых изменений МЖ, вследствие чего не приводит к снижению оценки самочувствия пациенток в послеоперационном периоде.

Ключевые слова: ультразвуковая диагностика; молочная железа; доброкачественное новообразование; фиброаденома; вакуумная аспирационная биопсия; ВАБ; BI-RADS

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии возможных конфликтов интересов.

Финансирование. Исследование проведено без спонсорской поддержки.

Цитирование: Марущак Е.А., Зубарева Е.А., Фисенко Е.П., Таджибов С.Н. Анализ корреляции данных ультразвукового исследования и результатов малоинвазивного хирургического лечения доброкачественных новообразований молочных желез. *Ультразвуковая и функциональная диагностика*. 2026; 32 (3): 13–26. <https://doi.org/10.24835/1607-0771-440>

Поступила в редакцию: 06.05.2026.

Принята к печати: 28.06.2026.

Опубликована online: 16.09.2026.

ВВЕДЕНИЕ

Доброкачественные дисплазии молочной железы (ДДМЖ) – это гетерогенная группа заболеваний, характеризующихся широким спектром пролиферативных и регрессивных изменений ее тканей. ДДМЖ являются самыми распространенными заболеваниями молочных желез (МЖ), а их частота в женской популяции составляет около 50%. Эти состояния могут варьировать от простых кист до атипичной гиперплазии, при этом некоторые из них связаны с повышенным риском развития рака молочной железы (РМЖ) и, согласно национальным клиническим рекомендациям, подлежат оперативному лечению [1, 2]. Прирост заболеваемости

РМЖ в Российской Федерации за последние 10 лет приблизился к 20%, что во многом связано с улучшением выявляемости новообразований МЖ, которая в свою очередь обусловлена совершенствованием методов инструментальной диагностики. Численность контингента больных РМЖ в 2024 г. достигла 563,5 на 100 000 населения [3]. В структуре доброкачественной патологии МЖ фиброаденомы (ФА), в настоящее время не относящиеся к группе ДДМЖ, занимают лидирующее положение. Согласно литературным данным, ФА в течение жизни диагностируется у 10% женской популяции. Однако и ФА отличаются гетерогенностью по гистологическому распределению и ри-

ску ассоциации с РМЖ. Хотя риск малигнизации ФА является низким и, по некоторым данным, составляет всего 0,002–0,125%, риск РМЖ у женщин с ФА в 1,7 раза выше, чем у пациенток без этой патологии [4]. Крупное ретроспективное исследование, включившее 5965 пациентов с морфологически верифицированными доброкачественными образованиями МЖ, продемонстрировало, что среди женщин ФА является наиболее частым диагнозом, составляя 59,19% от всех случаев доброкачественных новообразований. При этом фиброзно-кистозные изменения составили 16,02%, воспалительные процессы – 9,89% [5]. Приведенные статистические данные свидетельствуют об актуальности проблемы диагностики и лечения доброкачественной патологии МЖ как ключевого момента профилактики риска развития РМЖ.

“Золотым стандартом” диагностики новообразований МЖ является так называемая тройная оценка, включающая клинический осмотр, инструментальную визуализацию и морфологическую верификацию. При этом ключевой определяющей тактику информацией, получаемой при выполнении лучевого метода исследования, является стратификация онкологического риска выявленного новообразования МЖ по системе BI-RADS [6].

Стратегия лечения доброкачественных новообразований МЖ в последние десятилетия претерпела значительную эволюцию. Традиционное хирургическое иссечение, хотя и является радикальным методом, требует общего обезболивания и сопряжено с риском осложнений, в числе которых образование рубцов, деформация ткани, кровотечение и др. [7, 8]. Внедрение малоинвазивных технологий открыло новую эру в хирургическом лечении доброкачественных образований МЖ. Эти методики, лишённые классического хирургического разреза, обеспечивают отличный косметический результат и сокращение сроков реабилитации. В этом контексте роль лучевой диагностики и особенно ультразвукового исследования (УЗИ) становится не просто диагностической, а определяющей успех всего лечения. УЗИ выступает в качестве определяющего тактику метода, основного инструмента отбора, разметки и последующей навигации, контроля самой процедуры и оценки отдаленных результатов лечения. Именно ультразвуковая навигация является методом выбора для интервенционных вмешательств на МЖ [8–11].

Краеугольным камнем применения малоинвазивных технологий является обязательное

наличие точного гистологического диагноза до начала лечения, поскольку нет достоверных методов адекватной интраоперационной оценки краев резекции. В связи с этим изучаемые в настоящее время попытки малоинвазивного лечения РМЖ малого размера требуют дальнейшей более тщательной оценки и наблюдения. Точная морфологическая верификация образования является фундаментом, на котором строится решение о возможности и целесообразности малоинвазивного лечения [7, 9]. Наиболее оптимальным из существующих способов малоинвазивного хирургического лечения доброкачественных новообразований МЖ, в том числе крупного размера, является вакуумная аспирационная биопсия (ВАБ) в объеме эксцизии, которая выступает альтернативой классической секторальной резекции. ВАБ, в отличие от лазерной абляции и криодеструкции, обеспечивает полное контролируемое удаление опухолевой ткани, а при использовании лазерной интерстициальной коагуляции (ЛИК) позволяет улучшить визуализацию ложа на предмет остаточной ткани [11–13]. В Европейских рекомендациях по диагностике, лечению и наблюдению за поражениями МЖ с неопределённым злокачественным потенциалом отмечено, что в настоящее время продолжается снижение частоты классического хирургического вмешательства, особенно при поражениях МЖ именно этой категории В3, благодаря использованию ВАБ-эксцизии [14].

Перечисленное определяет актуальность анализа корреляции между данными ультразвуковой визуализации и клинической эффективностью малоинвазивного хирургического лечения доброкачественных новообразований МЖ путем ВАБ-эксцизии. Корреляционных линий, подлежащих оценке, много: это и изучение взаимосвязи размера опухоли и рубцовых изменений в послеоперационном периоде, анализ зависимости оценки самочувствия от результатов ВАБ и первоначальных данных УЗИ и многое другое. В основном в литературе анализируется взаимосвязь “размер образования/гистотип – остаточная ткань” [13, 15–18], но научную и практическую ценность представляют все возможные варианты корреляции данных.

Цель исследования: оценить корреляцию данных ультразвукового исследования и отдаленных результатов малоинвазивного хирургического лечения пациенток с доброкачественными новообразованиями молочных желез.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В исследование вошла 61 пациентка с доброкачественными новообразованиями МЖ, удаленными путем ВАБ в объеме полной эксцизии. Всего было прооперировано 70 МЖ (у 9 пациенток одновременно были оперированы обе МЖ). При этом в общей сложности было удалено 105 новообразований: по 1 новообразованию – в 47 (67,15%) МЖ, по 2 – в 15 (21,43%) МЖ, по 3 – в 5 (7,14%), по 4 – в 2 (2,85%) и 5 одновременно – у 1 пациентки в 1 МЖ (1,43%).

Возраст пациенток составил от 20 до 75 (среднее значение 38,7) лет. Размер образований при этом варьировал от небольших, от 5 мм, до максимально 54 мм по длинной оси (среднее значение 16,4 мм).

Всем пациенткам выполнялось мультипараметрическое УЗИ как минимум трижды: до операции, на следующие сутки после нее и в отдаленном послеоперационном периоде в сроки не менее 6 мес. Мультипараметрическое УЗИ МЖ включало осмотр в В-режиме с использованием цветового доплеровского картирования, компрессионной эластографии и режима определения микроваскуляризации. УЗИ выполняли на следующих ультразвуковых сканерах: Voluson E8 Expert (США) линейным датчиком ML6-15 (6–15 МГц), Samsung RS85 (Южная Корея) линейным датчиком L3-12A (3–12 МГц) и Canon Aplio I900 (Япония) линейным датчиком i18LX5 (5–18 МГц). Выявленные при УЗИ новообразования классифицировали по системе BI-RADS.

Оперативное лечение выполнялось путем ВАБ в объеме полной резекции новообразования с последующим исследованием гистологического материала. Перед оперативным лечением проводилась морфологическая верификация подлежащих удалению новообразований путем тонкоигольной аспирационной биопсии (ТАБ) или трепан-биопсии, подтвердившая доброкачественный характер новообразования. ВАБ-резекция выполнялась с обязательной предоперационной разметкой непосредственно перед операцией и под контролем ультразвуковой навигации в режиме реального времени по описанной ранее методологии [10] в условиях операционной дневного стационара под местной анестезией одноразовыми стерильными роботизированными зондами-иглами 7 G или 10 G на маммотоме второго поколения EnCorENSPIRE (США). Операции выполнялись в период с 2017 по 2025 г. в НКЦ №2 РНХЦ имени академика Б.В. Петровского (ранее Центральная клиническая больница Российской академии наук).

Одновременно с выполнением послеоперационного УЗИ в сроки не менее 6 мес после вмешательства проводилось анкетирование женщин для оценки их самочувствия с использованием узкоспециализированной анкеты-опросника для пациенток, перенесших операции на МЖ. Настоящее исследование было одобрено локальным этическим комитетом (ЛЭК) РНЦХ имени академика Б.В. Петровского (протокол №5 от 23 мая 2025 г.). Лингвистическая адаптация и валидация анкеты-опросника для оценки удовлетворенности пациентки состоянием МЖ после операции (табл. 1) UNS-BsQ8 (Universitas Sebelas Maret Breast Satisfaction Questionnaire 8) разработки Университета Сабелас Марет (Индонезия) также была одобрена ЛЭК РНЦХ имени академика Б.В. Петровского (протокол №5 от 23 мая 2025) и выполнена с соблюдением необходимых требований.

Минимальный общий балл анкеты соответствует 8, максимальный – 40. Удовлетворенность пациенток оценивалась следующим образом: очень низкая – до 10 баллов, низкая – 11–20, удовлетворительная – 21–30, высокая – 31–40 баллов.

Результаты предоперационного УЗИ, а также исследования, выполненного в отдаленном послеоперационном периоде, были сопоставлены с данными анкетирования и подвергнуты многофакторному статистическому анализу.

Критерии включения в исследование: возраст старше 18 лет, наличие морфологически подтвержденного доброкачественного новообразования МЖ, подлежавшего удалению путем ВАБ, наличие выполненного УЗИ в сроки более 6 мес после оперативного лечения, а также согласие и заполненная анкета-опросник по оценке состояния. Критерии исключения: возраст младше 18 лет, верифицированный на дооперационном этапе РМЖ, неявка на контрольное УЗИ в срок от 6 мес после операции, отсутствие согласия пациентки на заполнение анкеты-опросника.

Результаты УЗИ были сопоставлены с окончательным гистологическим материалом удаленной опухоли. Гистологическое исследование полученного материала проводилось по стандартной методике с окраской гематоксилином и эозином под увеличением от $\times 50$ до $\times 500$.

Статистический анализ данных выполняли с использованием программного обеспечения JMP Pro 17 (SAS, США), MedStat.Pro v0.7.0 (Российская Федерация).

Количественные показатели с нормальным распределением описывались в виде $M \pm SD$.

Таблица 1. Адаптированная анкета-опросник для оценки удовлетворенности пациентки состоянием молочной железы после операции UNS-BsQ8 (Universitas Sebelas Maret Breast Satisfaction Questionnaire 8)

Table 1. Adapted questionnaire for assessment of patient satisfaction with breast status after surgery: UNS-BsQ8 (Universitas Sebelas Maret Breast Satisfaction Questionnaire 8)

Номер вопроса	Текст вопроса	Варианты ответа и соответствующие им баллы	Балл ответа
Вопрос 1	Как бы Вы охарактеризовали свое состояние после операции?	1 – плохо 2 – удовлетворительно 3 – хорошо 4 – очень хорошо 5 – отлично	
Вопрос 2	Как бы Вы оценили процесс заживления ран после операции?	1 – плохо 2 – удовлетворительно 3 – хорошо 4 – очень хорошо 5 – отлично	
Вопрос 3	Как бы Вы охарактеризовали стоимость операции: она была доступной для вас?	1 – категорически не согласна 2 – не согласна 3 – отношусь нейтрально 4 – согласна не полностью 5 – полностью согласна	
Вопрос 4	Согласны ли Вы с тем, что форма Вашей груди после операции не изменилась?	1 – категорически не согласна 2 – не согласна 3 – отношусь нейтрально 4 – согласна не полностью 5 – полностью согласна	
Вопрос 5	Как часто Вы ощущаете боль в месте операции?	1 – всегда 2 – часто 3 – иногда 4 – редко 5 – никогда	
Вопрос 6	Как часто Вас беспокоит боль в плече со стороны операции?	1 – всегда 2 – часто 3 – иногда 4 – редко 5 – никогда	
Вопрос 7	Как бы Вы оценили шрам после операции?	1 – плохо 2 – удовлетворительно 3 – хорошо 4 – очень хорошо 5 – отлично	
Вопрос 8	Как часто шрам после операции доставляет Вам дискомфорт?	1 – всегда 2 – часто 3 – иногда 4 – редко 5 – никогда	
Итого			От 8 до 40 баллов

Количественные показатели с распределением, отличным от нормального, описывались в виде Me [Q25; Q75]. Качественные данные представлялись в виде абсолютного (n) и относительного (%) числа наблюдений. Сравнение количественных показателей между двумя группами выполнялось с использованием U-критерия Манна-Уитни. Сравнение качественных показателей

между группами выполнялось с использованием критерия χ^2 Пирсона или точного критерия Фишера. Связь между количественными переменными оценивалась с помощью рангового коэффициента Спирмена. Для описания и моделирования связи использовалась модель линейной регрессии. Критерий статистической значимости определялся при уровне $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Распределение пациенток по данным УЗИ по классификации BI-RADS (представлена наивысшая градация для каждой МЖ) было следующим: II – 2, III – 60, IVa – 8. Здесь и далее приведен расчет на количество оперированных МЖ. Распределение пациенток по заключению УЗИ и гистологическим типам новообразований представлено в табл. 2.

Совпадение результатов УЗИ и данных гистологии было отмечено для 56 (80%) оперированных МЖ. Расхождения были отмечены в 14 (20%) оперированных МЖ у пациенток преимущественно с необъемными поражениями МЖ по типу non mass lesion (NML) и внутрипротоковыми папилломами, но они касались распределения по вариантам доброкачественных новообразований. Например: врач ультразвуковой диагностики предполагал по результатам УЗИ наличие очага фиброзно-кистозной мастопатии, а при морфологической верификации выявлен склерозирующий аденоз либо один из гистотипов ФА. Такие расхождения не являлись тактически значимыми: случаев гиподиагностики РМЖ отмечено не было. Таким образом, основной ролью УЗИ, определяющей дальнейшую тактику, является классификация выявленных изменений МЖ по BI-RADS с целью определения показаний к их морфологической верификации, а не предположение конкретного гистологического типа новообразования (что может представлять научный, но не практический интерес).

Срок выполнения УЗИ одновременно с проведением анкетирования составил от 6 до 96 мес (в среднем 33,7 мес). Данные сроки были выбраны в связи с тем, что регресс отечных изменений

и формирование рубцовой ткани в зоне ВАБ-резекции происходит медленно, и при выполнении УЗИ в ранние сроки после операции существует риск гипердиагностики остаточной ткани новообразования [15]. На рис. 1а представлена зона ВАБ-резекции ФА в ранний послеоперационный период, характеризующаяся сохраняющимся отеком тканей МЖ, не позволяющим верифицировать на этом фоне остаточную ткань новообразования. На рис. 1б представлено ложе удаленного новообразования, выполненное зрелой рубцовой тканью, спустя 6 мес после операции.

Гематома при УЗИ на следующие сутки после операции была выявлена у 5 пациенток в одной МЖ (в 7,1% случаев на 70 оперированных МЖ). Всем пациенткам выполнялась ЛИК ложа удаленного новообразования тотчас по завершении его резекции по описанной ранее методике [10, 11].

Остаточная ткань спустя более 6 мес после операции была выявлена у 13 пациенток (12,3% случаев на 105 удаленных новообразований). Размеры остаточной ткани составили от 6 до 19 (в среднем $10,8 \pm 3,5$) мм. Таким образом, полная резекция спустя период 6 мес наблюдения была констатирована при УЗИ для 87,5% удаленных новообразований. Повторная операция по удалению остаточной ткани была выполнена у 5 пациенток. В нашем исследовании средний размер опухоли без остаточной ткани составил 16,4 мм, с остаточной тканью – 22,2 мм.

Рубцовая ткань была выявлена в ложе 36 (34,5%) из 105 удаленных новообразований МЖ. Ее размеры составили от 5×4 мм до 22×13 мм (в среднем $12,2 \pm 5,0$ мм). В случае 75,5% зон ВАБ-резекций формирования рубцовой ткани отмечено не было.

Таблица 2. Распределение пациенток по результатам первичного УЗИ и данным морфологии

Table 2. Distribution of patients according to initial ultrasound findings and histopathological results

Наименование	УЗИ	Гистология
Фиброаденома	54	46 (интраканаликулярная – 19, периканаликулярная – 6, смешанная – 22)
Неопухолевые поражения по типу non mass lesion	8	14 (фиброзно-кистозная мастопатия – 11, склерозирующий аденоз – 3)
Филлоидная опухоль	1	1
“Сложная” киста	1	
Внутрипротоковая папиллома	4	5
Рак молочной железы	2	1 (исключен при иммуногистохимическом анализе)
Липогранулема		1
Гамартома		1

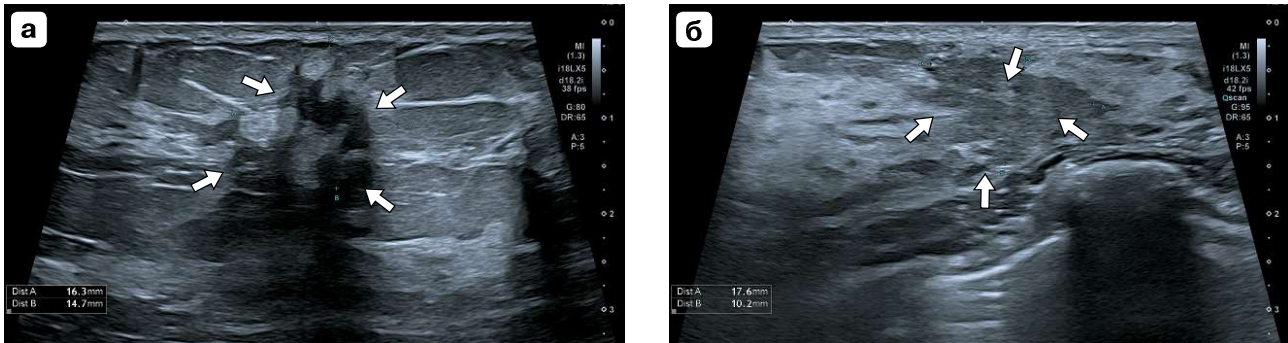


Рис. 1. Ультразвуковая картина изменений в ложе удаленного новообразования МЖ в ранние и поздние сроки после ВАБ-резекции (объяснения в тексте). **а** – зона ВАБ-резекции новообразования, первые сутки после операции, В-режим; **б** – зона ВАБ-резекции новообразования, 6 мес после операции, В-режим. Белые стрелки – ложе удаленного новообразования.

Fig. 1. Ultrasound findings in the surgical bed of an excised breast mass during the early and late postoperative periods following VAE (Explanations are provided in the text). **a** – VAE site on the first postoperative day, B-mode; **b** – VAE site 6 months after surgery, B-mode. White arrows indicate the surgical bed of the excised mass.

При анкетировании (разброс от минимум 8 до максимум 40 баллов) были получены суммы баллов от 19 до максимальных 40. Распределение по уровню удовлетворенности приведено в расчете на проведенную оценку состояния каждой прооперированной МЖ отдельно (всего 70 МЖ) и представлено в табл. 3. Высокую удовлетворенность результатами малоинвазивной операции путем ВАБ-резекции доброкачественного новообразования МЖ высказали пациентки для 57 МЖ из 70 (81%) прооперированных.

При сопоставлении характеристик пациенток с наличием и отсутствием гематомы (табл. 4) статистически значимые различия выявлены только по длиннику новообразования. У пациенток с гематомой медианный размер длинника новообразования по максимальному размеру был статистически значимо больше и составил 22,0 [21,0; 26,0] мм против 14,0 [10,0; 21,0] мм у пациенток без гематомы ($p = 0,0132$), что в свою очередь может указывать на возможную связь большего размера образования с повышенной вероятностью формирования гематомы.

При сравнительном анализе пациенток в зависимости от наличия остаточной ткани новообразования (табл. 5) статистически значимые

различия были выявлены по двум показателям – размеру рубца и длиннику новообразования. У пациенток с наличием остаточной ткани медианный размер рубца был статистически значимо больше и составил 16,0 [14,0; 17,0] мм против 10,0 [7,00; 15,0] мм у пациенток без остаточной ткани ($p = 0,0361$). Кроме того, в группе с остаточной тканью отмечался больший длинник новообразования по максимальному размеру – 20,0 [15,0; 24,0] мм против 12,0 [10,0; 21,0] мм в группе без остатка ($p = 0,0051$).

Ни количество оперированных МЖ, ни распределение новообразований по категориям BI-RADS при УЗИ не были статистически значимо связаны с наличием остаточной ткани новообразования (табл. 6; $p > 0,05$).

При сравнительном анализе пациенток в зависимости от наличия рубца (табл. 7) статистически значимые различия не были выявлены. Следует отметить, что по длиннику новообразования отмечалась пограничная тенденция к различиям: у пациенток с рубцом медианный размер был больше и составил 17,0 [12,0; 23,0] мм против 12,0 [10,0; 17,0] мм в группе без рубца, однако статистической значимости данный показатель не достиг ($p = 0,0577$). Аналогично

Таблица 3. Распределение пациенток по уровню удовлетворенности

Table 3. Distribution of patients according to level of satisfaction

8–10	11–20	21–30	31–40
Очень низкая	Низкая	Удовлетворительная	Высокая
0	2	11	57

Таблица 4. Сравнительная характеристика пациенток в зависимости от наличия гематомы**Table 4.** Comparative characteristics of patients according to the presence or absence of a postoperative hematoma

Показатель	Гематома (Нет) (n = 65)	Гематома (Есть) (n = 5)	p
Возраст, годы	39 [31; 45]	35 [35; 46]	0,7753
Удалено всего образований	1 [1; 2]	1 [1; 2]	0,6900
Рубец, размер, мм	11,5 [9,25; 16,0]	10,0 [8,00; 13,5]	0,7161
Остаточная ткань, размер, мм	10,0 [9,75; 11,3]	11,0 [11,0; 11,0]	0,4906
Длинник новообразования, мм	14,0 [10,0; 21,0]	22,0 [21,0; 26,0]	0,0132
Общий балл анкеты	36 [33; 38]	30 [28; 36]	0,1485

Таблица 5. Сравнительная характеристика пациенток в зависимости от наличия остаточной ткани новообразования**Table 5.** Comparative characteristics of patients according to the presence or absence of residual lesion tissue

Показатель	Остаток (Нет) (n = 57)	Остаток (Есть) (n = 13)	p
Возраст, годы	39 [31; 46]	37 [29; 42]	0,4634
Удалено всего образований	1 [1; 2]	1 [1; 2]	0,2744
Рубец, размер, мм	10,0 [7,00; 15,0]	16,0 [14,0; 17,0]	0,0361
Гематома, размер, мм	17,5 [15,0; 35,0]	20,0 [20,0; 20,0]	0,7094
Длинник новообразования (по максимальному размеру), мм	12,0 [10,0; 21,0]	20,0 [15,0; 24,0]	0,0051
Срок анкетирования, мес после операции	36 [12; 48]	30 [18; 38]	0,5009
Общий балл анкеты	36 [33; 38]	36 [31; 37]	0,6377

Таблица 6. Сравнительная характеристика числа оперированных молочных желез и категорий BI-RADS в зависимости от наличия остаточной ткани новообразования**Table 6.** Comparative characteristics of the number of operated breasts and BI-RADS categories according to the presence or absence of residual lesion tissue

Показатель	Остаток (Нет) (n = 57)	Остаток (Есть) (n = 13)	Всего	p
Оперирована 1 молочная железа	42 (73,7%)	10 (76,9%)	52	0,8095
Оперировано 2 молочные железы	15 (26,3%)	3 (23,1%)	18	
BI-RADS 2	2 (3,5%)	0	2	0,6935
BI-RADS 3	48 (84,2%)	12 (92,3%)	60	
BI-RADS 4a	7 (12,3%)	1 (7,7%)	8	

общий балл анкеты был несколько ниже у пациенток с рубцом – 36,0 [33,0; 37,0] против 38,0 [34,0; 39,0], но различия также не были статистически значимыми ($p = 0,0684$).

В результате проведенного корреляционного анализа показателей установлено, что наиболее значимые ассоциации отмечались среди показателей, характеризующих объем вмешательства и выраженность послеоперационных изменений

(табл. 8). Наиболее существенные обратные связи с результатами анкетирования были выявлены для размера гематомы, количества удаленных новообразований и длинника новообразования, тогда как возраст имел ограниченную прямую связь только с одним из пунктов анкеты.

Количество удаленных новообразований продемонстрировало слабую отрицательную связь с ответом на вопрос 1 ($r = -0,26$; $p < 0,05$),

Таблица 7. Сравнительная характеристика пациенток в зависимости от наличия рубца
Table 7. Comparative characteristics of patients according to the presence or absence of scar tissue

Показатель	Рубец (Нет) (n = 33)	Рубец (Есть) (n = 37)	P
Возраст, годы	35 [24; 44]	39 [35; 47]	0,1243
Удалено всего образований	1 [1; 1]	1 [1; 2]	0,2592
Гематома, размер, мм	20,0 [20,0; 20,0]	15,0 [15,0; 47,5]	0,5428
Остаточная ткань, размер, мм	10,0 [10,0; 10,0]	10,5 [9,75; 13,0]	0,3649
Длинник новообразования (по максимальному размеру), мм	12,0 [10,0; 17,0]	17,0 [12,0; 23,0]	0,0577
Общий балл анкеты	38 [34; 39]	36 [33; 37]	0,0684

вопрос 2 ($r = -0,32$; $p < 0,01$) и общим баллом анкеты ($r = -0,26$; $p < 0,05$), что может указывать на тенденцию к снижению отдельных показателей анкеты и суммарного результата при увеличении числа удаленных образований.

Размер гематомы продемонстрировал наиболее сильные обратные корреляции. Так, выявлена очень сильная отрицательная связь с ответом на вопрос 2 ($r = -0,97$; $p < 0,01$) и с общим баллом анкеты ($r = -0,95$; $p < 0,01$). Данные результаты свидетельствуют о том, что увеличение размера гематомы ассоциировано с более низкими значениями соответствующих показателей анкеты, включая итоговый суммарный балл.

Длинник новообразования также демонстрировал обратную связь с рядом параметров анкеты. Выявлены слабые, однако статистически значимые отрицательные корреляции с вопросом 2 ($r = -0,28$; $p < 0,05$), вопросом 5 ($r = -0,28$; $p < 0,05$), вопросом 8 ($r = -0,26$; $p < 0,05$), а так-

же с общим баллом анкеты ($r = -0,29$; $p < 0,05$), что, в свою очередь, позволяет предположить, что больший размер новообразования по длиннику может быть связан с менее благоприятными субъективными оценками по отдельным пунктам анкеты и по суммарному показателю.

Возраст пациенток продемонстрировал статистически значимую прямую связь только с ответом на вопрос 8 ($r = 0,32$; $p < 0,01$), что указывает на умеренную тенденцию к увеличению значений данного параметра с возрастом.

Размер рубца и размер остаточной ткани статистически значимых корреляций с вопросами анкеты и общим баллом не показали, что, по-видимому, обусловлено как малым количеством случаев формирования рубцовой ткани, так и ее малыми размерами (в среднем $12,2 \pm 5,0$ мм) после малоинвазивного вмешательства. На рис. 2а представлен типичный минимальный рубец после ВАБ-резекции новообра-

Таблица 8. Корреляция клинико-инструментальных характеристик с показателями анкеты и общим баллом

Table 8. Correlations between clinical and instrumental characteristics and questionnaire parameters and overall score

Показатель	Возраст	Количество удаленных новообразований	Рубец, мм	Гематома, мм	Остаток, мм	Длинник, мм
Вопрос 1	-0,03	-0,26*	0,24	-0,35	0,10	-0,23
Вопрос 2	0,10	-0,32**	0,00	-0,97**	0,09	-0,28*
Вопрос 3	0,11	-0,18	0,11	-0,56	-0,07	-0,05
Вопрос 4	0,13	-0,08	0,02	-0,82	-0,24	-0,16
Вопрос 5	0,12	-0,17	-0,22	-1,00	-0,39	-0,28*
Вопрос 6	-0,12	-0,06	-0,07	-0,29	-0,29	-0,08
Вопрос 7	0,23	-0,21	0,03	-0,76	0,03	-0,18
Вопрос 8	0,32**	-0,23	-0,08	-0,75	0,44	-0,26*
Итого	0,09	-0,26*	-0,01	-0,95*	-0,21	-0,29*

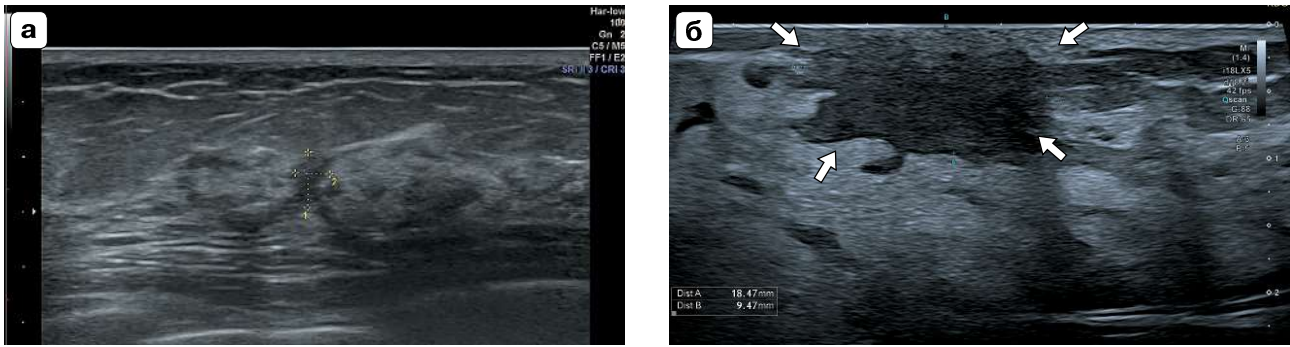


Рис. 2. Ультразвуковая картина рубцовых изменений в ложе удаленного новообразования МЖ (объяснения в тексте). **а** – зона ВАБ-резекции новообразования, тонкий рубец, В-режим (желтые метки – границы рубца); **б** – зона ВАБ-резекции новообразования, максимальный из отмеченных фрагмент рубцовой ткани, В-режим (белые стрелки – границы рубца).

Fig. 2. Ultrasound appearance of scar tissue in the surgical bed of an excised breast mass (Explanations are provided in the text). **a** – VAE site with a thin scar, B-mode (yellow markers indicate the boundaries of the scar); **b** – VAE site showing the largest scar fragment identified in the study, B-mode (white arrows indicate the boundaries of the scar).

зования МЖ (общий балл анкеты этой пациентки 39). Даже один из наиболее крупных из отмеченных размер рубцовой ткани $19,47 \times 9,47$ мм (максимальный размер рубца после ВАБ-резекции был зафиксирован в пределах в 22×13 мм), обусловленный удалением крупного новообразования (рис. 2б), в масштабах МЖ не доставляет пациентке значимого дискомфорта (общий балл анкеты 38).

ОБСУЖДЕНИЕ

В нашем исследовании полная резекция новообразования методом ВАБ под ультразвуковым контролем в сроки наблюдения не менее 6 мес была подтверждена в 87,5% случаев. По данным J.P. Salazar и соавт. (152 случая ВАБ у 143 пациенток), первичная полная резекция была достигнута в 90,8% случаев (138 из 152), однако 6-месячное наблюдение было выполнено только для 143 (94%) случаев, и полная резекция наблюдалась уже только в 72% случаев (100 из 143). Средний максимальный размер опухоли без остаточной ткани составлял 16,9 мм, тогда как с остаточным поражением он составлял 21,9 мм [15]. В нашем исследовании средний размер опухоли без остаточной ткани составил 16,4 мм, с остаточной тканью – 22,2 мм, а увеличение размера опухоли было статистически достоверно связано с наличием остаточной ткани.

Анализируя процент остаточной ткани после ВАБ-резекции доброкачественных новообразований МЖ, следует сопоставлять полученные данные со сроком контрольного УЗИ, так как

в ранние сроки после операции на фоне незрелой рубцовой ткани существует вероятность как гипо-, так и гипердиагностики резидуальной опухоли [15], поэтому необходимо дифференцировать понятия полной первичной резекции и полной резекции по данным УЗИ в отдаленном послеоперационном периоде. В нашем исследовании остаточная ткань в отдаленном послеоперационном периоде была выявлена в 12,3% случаев (контрольное УЗИ выполнялось в сроки свыше 6 мес после вмешательства, среднее значение 33,7 мес). Таким образом, полная резекция была констатирована для 87,5% новообразований.

В исследование В. Wang и соавт. было включено 89 крупных (диапазон 3,1–5,0) см доброкачественных новообразований МЖ у 87 пациенток. Пациентки наблюдались в раннем послеоперационном периоде и спустя 6–12 мес. Новообразования были классифицированы для анализа возможных факторов, связанных с частотой полного иссечения и частотой возникновения гематом. Показатель полного иссечения составил 91,0% (81/89), а процент формирования гематом – 19,1% (17/89). Гистопатология и васкуляризация образований показали статистически значимые различия в группах с остаточной тканью и без нее, а максимальный размер образования у пациентов с гематомой был значительно больше. Авторы подчеркивают, что ВАБ-эксцизия является эффективным и безопасным альтернативным методом лечения доброкачественных новообразований МЖ в том числе размером более 3 см, но при этом

следует учитывать возможность рецидива и образования гематомы [13]. Низкий процент геморрагических осложнений (гематом) в нашем исследовании (7,1%) был обусловлен не только медианным размером опухолей, но и использованием ЛИК [11]. В нашем исследовании также была получена статистически достоверная взаимосвязь размера удаляемого новообразования и формирования гематомы.

Пациентки наблюдались в раннем послеоперационном периоде и спустя 6–12 мес. Новообразования были классифицированы для анализа возможных факторов, связанных с частотой полного иссечения и частотой возникновения гематом. Показатель полного иссечения составил 91,0% (81/89), а формирования гематом – 19,1% (17/89). Гистопатология и васкуляризация образований показали статистически значимые различия в группах с остаточной тканью и без нее, а максимальный размер образования у пациентов с гематомой был значительно больше. Авторы подчеркивают, что ВАБ-эксцизия является эффективным и безопасным альтернативным методом лечения доброкачественных новообразований МЖ, в том числе размером более 3 см, но при этом следует учитывать возможность рецидива и образования гематомы [13]. Низкий процент геморрагических осложнений (гематом) в нашем исследовании (7,1%) был обусловлен не только медианным размером опухолей, но и использованием ЛИК [11]. В нашем исследовании также была получена статистически достоверная взаимосвязь размера удаляемого новообразования и формирования гематомы.

Анализируя процент и ультразвуковые признаки полной резекции новообразований МЖ, следует помнить, что отсутствие остаточной ткани при инструментальном исследовании не всегда соответствует ее гистологической чистоте удаления, что особенно актуально в случае инцидентально выявленного РМЖ [16, 17].

Общая эффективность и безопасность методики ВАБ-резекции доброкачественных новообразований МЖ подтверждена многими авторами, в том числе были проанализирована удовлетворенность пациенток результатами данной процедуры [7, 10, 11, 13–21]. Авторы опросника UNS-BsQ8 из Индонезии приводят данные о его эффективности в исследовании удовлетворенности пациенток, перенесших именно малоинвазивные варианты операций по поводу доброкачественных новообразований МЖ [19, 20]. В нашем исследовании высокая удовлетворенность пациенток результатами операции, оце-

ненная с помощью этого опросника, составила 81%, что подтверждается данными M. Bellynda и K. Yargo [20]. Высокая удовлетворенность результатами ВАБ-резекции доброкачественных новообразований МЖ обусловлена не только низким процентом осложнений и остаточной ткани, но и небольшим (в нашем исследовании 34,5%) процентом формирования рубцовой ткани и малыми ее размерами (средний размер $12,2 \pm 5,0$ мм), что подтверждается отсутствием корреляционной связи параметров рубец–оценочный балл самочувствия.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При анкетировании высокую удовлетворенность результатами малоинвазивной операции путем ВАБ-резекции доброкачественного новообразования МЖ высказали пациентки для 57 (81%) МЖ из 70 прооперированных. При сопоставлении характеристик пациенток с наличием и отсутствием гематомы статистически значимые различия выявлены только по длиннику новообразования. При сравнительном анализе пациенток в зависимости от наличия остаточной ткани новообразования статистически значимые различия были выявлены по двум показателям – размеру рубца и длиннику новообразования. Ни количество оперированных МЖ, ни распределение новообразований по категориям BI-RADS при УЗИ не были статистически значимо связаны с наличием остаточной ткани новообразования.

В результате проведенного корреляционного анализа показателей установлено, что наиболее значимые ассоциации отмечались среди показателей, характеризующих объем вмешательства и выраженность послеоперационных изменений. Наиболее существенные обратные связи с результатами анкетирования по оценке удовлетворенности пациенток были выявлены для размера гематомы, количества удаленных новообразований и длинника новообразования.

Размер рубца статистически значимых корреляций с вопросами анкеты и ее общим баллом не показал, что, по-видимому, обусловлено как малым количеством случаев формирования рубцовой ткани, так и ее малыми размерами (в среднем $12,2 \pm 5,0$ мм) после малоинвазивного вмешательства. ВАБ-резекция не сопровождается формированием грубых рубцовых изменений МЖ, вследствие чего не приводит к снижению оценки самочувствия пациенток в послеоперационном периоде.

Участие авторов

Марущак Е.А. – работа с пациентами, выполнение УЗИ, концепция и дизайн исследования, редактирование, сбор и обработка материала, статистическая обработка, создание и обработка базы данных, рисунки, написание текста статьи.

Фисенко Е.П. – редактирование, ответственность за целостность всех частей статьи.

Зубарева Е.А. – редактирование, утверждение окончательного варианта статьи.

Таджибов С.Н. – работа с базой данных, обработка материала.

Все авторы одобрили финальную версию статьи перед публикацией, выразили согласие нести ответственность за все аспекты работы, подразумевающую надлежащее изучение и решение вопросов, связанных с точностью или добросовестностью любой части работы

Authors' participation

E.A. Marushchak – patient management, ultrasound examination, study concept and design, editing, data collection and processing, statistical processing, database creation and processing, figures, and article writing.

E.P. Fisenko – editing, responsible for the integrity of all parts of the article.

E.A. Zubareva – editing, approval of the final version of the article.

S.N. Tadzhibov – database management, data processing.

All authors approved the final version of the article before publication and agreed to be accountable for all aspects of the work, including appropriately investigating and resolving questions related to the accuracy or integrity of any part of the work.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ [REFERENCES]

- Адамян Л.В., Родионов В.В., Шешко Е.Л., Долгушина Н.В. Доброкачественная дисплазия молочной железы с позиции BI-RADS: современный взгляд на проблему. *Проблемы репродукции*. 2023; 29 (5): 119–124. <https://doi.org/10.17116/repro202329051119>
Adamyan L.V., Rodionov V.V., Sheshko E.L., Dolgushina N.V.. Benign breast dysplasia from the perspective of BI-RADS: a modern view of the problem. *Russian Journal of Human Reproduction*. 2023; 29 (5): 119–124. <https://doi.org/10.17116/repro202329051119> (In Russian)
- Клинические рекомендации “Доброкачественная дисплазия молочной железы” от 2024 г. Утверждены Минздравом РФ. Available at: http://disuria.ru/_ld/9/996_kr20N60mz.pdf. Clinical guidelines “Benign breast dysplasia” dated 2024. Approved by the Ministry of Health of the Russian Federation. Available at: http://disuria.ru/_ld/9/996_kr20N60mz.pdf. (In Russian)
- Состояние онкологической помощи населению России в 2024 году / Под ред. Каприна А.Д., Старинского В.В., Шахзадовой А.О. М.: МНИОИ им. П.А. Герцена – филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России, 2025. 275 с.
The state of cancer care in Russia in 2024 / Eds Kaprin A.D., Starinsky V.V., Shakhzadova A.O. – Moscow: P.A. Herzen Moscow Research Institute of Oncology, a branch of the National Medical Research Radiological Center of the Ministry of Health of the Russian Federation, 2025. 275 p. (In Russian)
- Jaramillo A., Álvarez G., Cañar C. et al. Fibroadenoma and breast cancer. *Ginecol. Obstet. Mex.* 2025; 93 (3): 103–113. <https://doi.org/10.24245/gom.v93i3.9805>
- Kumar N., Babu A., Singh S. et al. Patterns and Prevalence of Benign Breast Diseases: An Epidemiological Chart Review Analysis of 5965 Patients from North Western India. *Indian J. Surg. Oncol.* 2025; 16: 1264–1269. <https://doi.org/10.1007/s13193-025-02209-8>
- American College of Radiology BI-RADS® v2025 Manual <https://www.acr.org/Clinical-Resources/Clinical-Tools-and-Reference/Reporting-and-Data-Systems/BI-RADS>
- Fine R., Gilmore R., Dietz J. et al. Cryoablation Without Excision for Low-Risk Early-Stage Breast Cancer: 3-Year Interim Analysis of Ipsilateral Breast Tumor Recurrence in the ICE3 Trial. *Ann. Surg. Oncol.* 2021; 28 (10): 5525–5534. <https://doi.org/10.1245/s10434-021-10501-4>
- Гончаров А.В., Апанасевич В.И. Локальные изменения молочной железы после хирургического лечения внутрипротокового папилломатоза. *Тихоокеанский медицинский журнал*. 2017; 1: 64–65. <https://doi.org/10.17238/PmJ1609-1175.2017.1.64-65>
Goncharov A.V., Apanasevich V.I. Local changes in the mammary gland after surgical treatment of intraductal papillomatosis. *Pacific Medical Journal*. 2017; 1: 64–65. <https://doi.org/10.17238/PmJ1609-1175.2017.1.64-65> (In Russian)
- Каприн А.Д., Рожкова Н.И. Маммология: Национальное руководство. Краткое издание. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2021. 384 с. <https://doi.org/10.33029/9704-6128-0-MAM-2021-1-384>.
Kaprin A.D., Rozhkova N.I., editors. Mammalogy: National Guidelines. A brief edition. Moscow: GEOTAR-Media, 2021. 384 p. <https://doi.org/10.33029/9704-6128-0-MAM-2021-1-384> (In Russian)
- Марущак Е.А., Леванов А.В., Зубарева Е.А., Горский В.А., Глушков П.С. Особенности предоперационной разметки и навигации при выполнении вакуумной аспирационной биопсии новообразований молочных желез под контролем ультразвукового исследования. *REJR*. 2024; 14 (2): 43–56. <https://doi.org/10.21569/2222-7415-2024-14-2-43-56>.

- Marushchak E.A., Levanov A.V., Zubareva E.A. et al. Features of preoperative marking and navigation during vacuum aspiration biopsy of breast neoplasms under ultrasound guidance. *REJR*. 2024; 14(2):43–56. <https://doi.org/10.21569/2222-7415-2024-14-2-43-56> (In Russian)
11. Марущак Е.А., Бутенко А.В., Зубарева Е.А., Фисенко Е.П. Оценка эффективности лазерной интерстициальной коагуляции при выполнении вакуумной аспирационной резекции новообразований молочных желез под ультразвуковым контролем. *Ультразвуковая и функциональная диагностика*. 2025; 31 (1): 85–100. <https://doi.org/10.24835/1607-0771-318>
Marushchak E.A., Butenko A.V., Zubareva E.A., Fisenko E.P. Evaluation of the effectiveness of laser interstitial coagulation when performing vacuum aspiration resection of breast neoplasms under ultrasound control. *Ultrasound and Functional Diagnostics*. 2025; 31 (1): 85–100. <https://doi.org/10.24835/1607-0771-318> (In Russian)
 12. Rupa R., Kushvaha S. Vacuum-Assisted Excision, Scarless Solution for Fibroadenoma Breast-A Single-Center Experience. *Indian J. Radiol. Imaging*. 2021; 31 (4): 844–849. <https://doi.org/10.1055/s-0041-1735651>
 13. Wang B., Jiang Y., Zhang M. et al. Efficacy and safety of percutaneous ultrasound-guided vacuum-assisted excision for the treatment of clinical benign breast lesions larger than 3 cm: a retrospective cohort study. *Ann. Transl. Med.* 2022; 10 (24): 1345. <https://doi.org/10.21037/atm-22-5829>
 14. Rubio I., Wyld L., Marotti L. et al. European guidelines for the diagnosis, treatment and follow-up of breast lesions with uncertain malignant potential (B3 lesions) developed jointly by EUSOMA, EUSOBI, ESP (BWG) and ESSO. *Eur. J. Surg. Oncol.* 2024; 50 (1): 107292. <https://doi.org/10.1016/j.ejso.2023.107292>
 15. Salazar J., Miranda I., de Torres J. et al. Percutaneous ultrasound-guided vacuum-assisted excision of benign breast lesions: A learning curve to assess outcomes. *Br. J. Radiol.* 2019; 92 (1094): 20180626. <https://doi.org/10.1259/bjr.20180626>
 16. Jiang Q., Chen W., He P. et al. Factors Correlated with Post-Surgery Residual Carcinoma in Cases of Breast Cancer Incidentally Found via Vacuum-Assisted Excision: An Ultrasound Perspective. *Diagnostics (Basel)*. 2025; 15 (19): 2549. <https://doi.org/10.3390/diagnostics15192549>
 17. Aziminezhadan P., Pouramini A., Ghassemof H. et al. Ultrasound-guided seven-gauge vacuum-assisted excision for benign breast lesions: A single expert surgeon experience. *Ultrasound*. 2025; 33 (4): 291–300. <https://doi.org/10.1177/1742271X241305025>
 18. Wang S., Zhang H., Lin J. et al. Clinical efficacy and psychological benefits of ultrasound-guided vacuum-assisted excision in outpatient management of benign breast lesions. *Eur. J. Surg. Oncol.* 2025; 51 (12): 110498. <https://doi.org/10.1016/j.ejso.2025.110498>
 19. Putra M., Perdana Y., Kristanto M. et al. Validity and Reliability Study of Patient Satisfaction Level Questionnaire (UNS-BsQ8) for Breast Fibroadenoma Patient after Surgery. *Indonesian J. Cancer*. 2020 14 (2): 57–60. <https://doi.org/10.33371/ijoc.v14i2.715>
 20. Belynda M., Yarso K. Patient Satisfaction in the Complete Removal of Giant Breast Fibroadenoma under Vacuum-Associated Breast Biopsy Procedure. *Macedonian J. Med. Sci.* 2021. 9 (C): 40–42. <https://doi.org/10.3889/oamjms.2021.5929>
 21. Каганов О.И., Бондаренко М.М., Титов И.В., Ткачев М.В., Борисов А.П. Оценка результатов применения вакуумной аспирационной биопсии на аппарате Encorenspire при лечении больных с доброкачественными опухолями молочных желез. *Наука и инновации в медицине*. 2023; 8 (2): 126–131. <https://doi.org/10.35693/2500-1388-2023-8-2-126-131>
Kaganov O.I., Bondarenko M.M., Titov I.V. et al. Evaluation of the results of vacuum aspiration biopsy using the Encorenspire device in the treatment of patients with benign breast tumors. *Science and Innovations in Medicine*. 2023; 8 (3): 126–131. <https://doi.org/10.35693/2500-1388-2023-8-2-126-131> (In Russian)

Correlation analysis of ultrasound findings and outcomes of minimally invasive surgical treatment of benign breast masses

E.A. Marushchak^{1, 2*}, E.A. Zubareva², E.P. Fisenko¹, S.N. Tadzhibov³

¹ B.V. Petrovsky Russian Research Surgery Center; 2, Abrikosovsky lane, Moscow 119991, Russian Federation

² Pirogov Russian National Research Medical University; 1, Ostrivnyanova str., Moscow 117997, Russian Federation

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

Elena A. Marushchak – MD, PhD (Med.), Head of the ultrasound diagnostics department Scientific and Clinical Center No. 2 B.V. Petrovsky Russian Research Surgery Center; Associate Professor of the ultrasound diagnostics department, N.I. Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow. <https://orcid.org/0000-0001-5639-3315>

Elena A. Zubareva – MD, Doct. of Sci. (Med.), Professor, Chief of the ultrasound diagnostics department N.I. Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow. <https://orcid.org/0000-0002-9997-4715>

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>. Scopus Author ID 6507536162

Sabir N. Tadzhibov – MD, PhD (Med.), Assistant Professor at the Department of Oncology. Institute of Continuing Professional Education of The Russian University of Medicine, Moscow. <https://orcid.org/0000-0002-5927-8096>

Correspondence* to Dr Elena A. Marushchak – e-mail: e.marushchak@mail.ru

Aim: to assess the correlation between ultrasound findings and outcomes of minimally invasive surgical treatment in patients with benign breast masses.

Materials and Methods. The study included 61 patients with benign breast masses treated by vacuum-assisted excision (VAE) with complete lesion removal. A total of 70 breasts underwent intervention, with 105 masses excised. The patients ranged in age from 20 to 75 years (mean age, 38.7 years). All patients underwent multiparametric breast ultrasonography before surgery and at long-term follow-up, at least 6 months after the procedure. At the same postoperative time points, patients completed a questionnaire assessing their subjective well-being and satisfaction with the treatment outcome. The preoperative and follow-up ultrasound findings were compared with the questionnaire data and subjected to statistical analysis.

Results. According to the ultrasound BI-RADS classification, with the highest category assigned to each breast, the distribution was as follows: category II – 2 breasts; category III – 60 breasts; and category IVa – 8 breasts. Concordance between the ultrasound findings and histopathological results was observed in 56 of the operated breasts (80%). A hematoma was detected by ultrasound on the first postoperative day in 5 patients, involving 1 breast in each case (7.1% of the 70 operated breasts). Residual lesion tissue more than 6 months after surgery was detected in 13 patients, corresponding to 12.3% of the 105 excised masses. Thus, complete excision at 6-month follow-up was confirmed by ultrasound in 87.5% of the removed masses. Scar tissue was identified in the surgical bed of 36 of the 105 excised breast lesions (34.5%). The dimensions of the scar tissue ranged from 5 × 4 mm to 22 × 13 mm, with a mean size of 12.2 ± 5.0 mm. No scar tissue formation was observed in 75.5% of the VAE sites. In the questionnaire assessment, a high level of satisfaction with the outcome of minimally invasive VAE of a benign breast lesions was reported for 57 of the 70 operated breasts (81%). When patients with and without postoperative hematoma were compared, statistically significant differences were found only in the maximal lesion diameter.

Comparative analysis according to the presence or absence of residual lesion tissue revealed statistically significant differences in two parameters: scar size and maximal lesion diameter. Neither the number of operated breasts nor the distribution of lesions according to BI-RADS category on ultrasound was significantly associated with the presence of residual lesion tissue.

Conclusions. Correlation analysis demonstrated that the most significant associations were observed among parameters characterizing the extent of the intervention and the severity of postoperative changes.

The strongest inverse correlations with questionnaire-based measures of patient satisfaction were observed for hematoma size, the number of excised neoplasms, and the maximal lesion diameter.

Scar size was not significantly correlated with individual questionnaire items or the overall questionnaire score. This finding was presumably attributable both to the relatively low frequency of scar tissue formation and to the small size of the scars following minimally invasive intervention (mean, 12.2 ± 5.0 mm).

VAE is not associated with the formation of substantial postoperative breast scarring and, consequently, does not appear to adversely affect patients' self-reported well-being during the postoperative period.

Keywords: ultrasound; breast; benign masses; fibroadenoma; vacuum-assisted excision; vacuum-assisted biopsy; VAB; BI-RADS

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

Financing. This study had no sponsorship.

Citation: Marushchak E.A., Zubareva E.A., Fisenko E.P., Tadzhibov S.N. Correlation Analysis of Ultrasound Findings and Outcomes of Minimally Invasive Surgical Treatment of Benign Breast Masses. *Ultrasound and Functional Diagnostics*. 2026; 32 (3): 13–26. <https://doi.org/10.24835/1607-0771-440> (In Russian)

Received: 06.05.2026.

Accepted for publication: 28.06.2026.

Published online: 16.09.2026.



Компрессионная эластография в диагностике постлучевого гипотиреоза: современное состояние вопроса

О.В. Андреева^{1*}, И.П. Мошуров¹, Н.Н. Ветшева², Е.П. Фисенко³

¹ ФГБОУ ВО «Воронежский государственный медицинский университет имени Н.Н. Бурденко» Минздрава России; 394036 Воронеж, ул. Студенческая, д. 10, Российская Федерация

² ФГАУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России; 125993 Москва, ул. Баррикадная, д. 2/1, стр. 1, Российская Федерация

³ ФГБНУ «Российский научный центр хирургии имени академика Б.В. Петровского»; 119991 Москва, ГСП-1, Абрикосовский пер., д. 2, Российская Федерация

Представлен обзор применения эластографии в диагностике различных заболеваний щитовидной железы. Обсуждаются возможности и ограничения компрессионной соноэластографии (КСЭГ) как дополнительного неинвазивного метода в дифференциации доброкачественных и злокачественных узловых образований; подчеркивается, что изолированное применение КСЭГ без количественных параметров эластографии сдвиговой волной имеет существенные ограничения вследствие высокой аппаратной и операторской зависимости метода. Освещены возможности КСЭГ в диагностике постлучевого гипотиреоза. Рассматривается необходимость проведения научных работ по интеграции эластографических методов для динамического наблюдения за пациентами после радиотерапии злокачественных новообразований головы и шеи, местнораспространенного рака молочной железы.

Ключевые слова: компрессионная эластография; щитовидная железа; гипотиреоз; лучевая терапия

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии возможных конфликтов интересов.

Финансирование. Исследование проведено без спонсорской поддержки.

Цитирование: Андреева О.В., Мошуров И.П., Ветшева Н.Н., Фисенко Е.П. Компрессионная эластография в диагностике постлучевого гипотиреоза: современное состояние вопроса. *Ультразвуковая и функциональная диагностика*. 2026; 32 (3): 27–35. <https://doi.org/10.24835/1607-0771-397>

Поступила в редакцию: 24.03.2026. Принята к печати: 21.07.2026.

Опубликована online: 16.09.2026.

Андреева Ольга Валериевна – канд. мед. наук, доцент, доцент кафедры онкологии ФГБОУ ВО «Воронежский государственный медицинский университет имени Н.Н. Бурденко» Минздрава России, Воронеж. <http://orcid.org/0000-0002-0234-5059>

Мошуров Иван Петрович – доктор мед. наук, профессор, ректор ФГБОУ ВО «Воронежский государственный медицинский университет имени Н.Н. Бурденко» Минздрава России, Воронеж. <http://orcid.org/0000-0003-1333-5638>

Ветшева Наталья Николаевна – доктор мед. наук, профессор кафедры ультразвуковой диагностики ФГАУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России, Москва. <http://orcid.org/0000-0002-9017-9432>

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>. Scopus Author ID 6507536162

Контактная информация*: Андреева Ольга Валериевна – e-mail: olga.andreeva-doc@yandex.ru

Лучевая терапия представляет собой важнейший компонент комплексного лечения злокачественных новообразований гортани и оротофарингеальной области, молочной железы и лимфопролиферативных заболеваний. Однако облучение области шеи и надключичных зон может приводить к воздействию ионизирующего излучения на щитовидную железу (ЩЖ), что служит причиной формирования разных видов тиреоидной дисфункции, наиболее распространенным из которых является постлучевой гипотиреоз. По данным современной литературы, частота развития гипотиреоза варьирует от 20 до 50% [1] в зависимости от дозы облучения, объема ЩЖ до начала лечения, времени наблюдения после лечения, пола, возраста и ряда других факторов. Патологические изменения при данном состоянии основываются на прямом повреждении фолликулярных клеток в ходе лучевого лечения, нарушении микроциркуляции и развитии воспалительных процессов; это служит причиной развития фиброза, который приводит к прогрессирующему снижению функциональной активности ЩЖ. Традиционные методы диагностики постлучевого гипотиреоза основаны на биохимическом определении уровня тиреотропного гормона (ТТГ), свободного тироксина (T_4), а также на ультразвуковой оценке объема и структуры ЩЖ. Однако перечисленные методы не позволяют оценить изменения механических свойств тиреоидной ткани, которые могут предшествовать клинически значимым функциональным нарушениям органа.

Ультразвуковая эластография представляет собой неинвазивную технологию визуализации, позволяющую оценивать механические свойства тканей [2, 3]. Следует отметить, что большинство исследований, рассматриваемых в данном обзоре, выполнено в период 2008–2015 гг., когда эластография сдвиговой волной (ЭСВ) была недоступна у большинства производителей ультразвукового оборудования, что и обусловило широкое использование компрессионной эластографии деформации в качестве основного метода количественной оценки жесткости тканей. В настоящее время ЭСВ реализована в оборудовании всех ведущих производителей (США, Европа, Китай, Япония), и именно ЭСВ является предпочтительным методом объективной количественной оценки жесткости тканей.

Цель систематического обзора: анализ современной научной литературы, посвященной применению компрессионной эластографии в диагностике постлучевого гипотиреоза и оценке

структурно-функциональных изменений ЩЖ после радиотерапии. Изучено 42 литературных источника (39 из которых – зарубежных авторов), изданных в период с 2008 по 2025 г.; поиск проводили по электронным международным (PubMed, MEDLINE, Google Scholar) и российским (eLIBRARY.RU и КиберЛенинка) научным базам данных.

Постлучевой гипотиреоз – это сложный многофакторный процесс, развивающийся в результате воздействия ионизирующего излучения на ткань ЩЖ. Так, исследование Z. Lin и соавт. [4] продемонстрировало характерную динамику изменений ЩЖ у пациентов с назофарингеальной карциномой в течение 48 мес после интенсивно-модулированной лучевой терапии. Согласно данным этого проспективного исследования ($n = 56$), объем ЩЖ у пролеченных от рака указанной нозологии пациентов уменьшался на 40% через 30 мес после окончания лечения. Примечательно, что уровень T_4 показывал схожую динамику, снижаясь на 21,5%, ТТГ показывал постепенное повышение сразу после радиотерапии, достигая пика через 24 мес. Частота встречаемости гипотиреоза увеличивалась до максимума через 24 мес (28,6%) с последующим снижением.

Ультразвуковая эластография основана на принципе оценки механических свойств тканей с помощью измерения их деформации или скорости распространения сдвиговых волн в ответ на оказываемое давление [5, 6]. Существуют две основные технологии эластографии: компрессионная эластография деформации (strain elastography, SE) и эластография сдвиговой волной (shear wave elastography, SWE). Компрессионная эластография основана на использовании внешнего давления, оказываемого с помощью ультразвукового датчика. Относительная деформация различных тканевых структур визуализируется в виде цветовой карты, где более жесткие ткани отображаются синим цветом (или красным в зависимости от параметров шкалы и производителя), а более мягкие – красным (или синим в зависимости от параметров шкалы и производителя). Количественная оценка осуществляется путем расчета коэффициента деформации (strain ratio, SR) – отношения деформации референсной ткани к деформации исследуемого образования [7]. Полуколичественный индекс SR широко применяется в исследованиях дифференциальной диагностики узловых образований ЩЖ. Необходимо подчеркнуть, что компрессионная эластография

предоставляет лишь дополнительную (и преимущественно качественную) информацию к стандартному В-режиму ультразвукового исследования (УЗИ) ЩЖ. Изолированное применение компрессионной соноэластографии (КСЭГ) без количественных характеристик ЭСВ имеет существенные ограничения: метод крайне аппарато- и операторозависим, цветовые паттерны жесткости тканей не могут быть воспроизведены в сопоставимых единицах на оборудовании разных производителей и операторами разного уровня подготовленности, что делает динамический мониторинг состояний с помощью изолированной КСЭГ затруднительным.

Наиболее известным направлением применения эластографии ЩЖ является дифференциальная диагностика доброкачественных и злокачественных узловых образований, что широко освещается в современной литературе [8]. Данное направление отражено в работах разных школ в области ультразвуковой диагностики отечественной медицины – А.В. Борсукова и соавт. [9], А.Н. Сенчи и соавт. [10]. По мнению некоторых ученых, эластография узловых образований ЩЖ может помогать отбирать пациентов на биопсию: Y. Luo и соавт. [11] показали, что компрессионная эластография может потенциально сократить количество тонкоигольных аспирационных биопсий (ТАБ) на 60% для доброкачественных узлов размером ≥ 1 см, позволяя клиницистам рекомендовать динамическое наблюдение вместо биопсии. В некоторых работах утверждается, что использование систолического индекса жесткости ЩЖ (STSI) с пороговым значением 10 достигло 100% чувствительности и 79,4% специфичности, что дало возможность сократить количество ТАБ на 60,8% путем идентификации доброкачественных узлов Bethesda I [12]. A. Mahmoud и соавт. [13] считают, что компрессионная эластография может ограничить ТАБ или хирургические вмешательства, особенно для узлов с неопределенной цитологией категорий Bethesda III. Однако есть мнение, что это имеет важное клиническое значение, поскольку категория Bethesda IV ассоциирована с повышенным риском фолликулярного рака, и эластография узловых образований ЩЖ может помочь в стратификации риска у этих пациентов. Так, A. Latia и соавт. в проводимом исследовании установили, что среди узлов категории Bethesda V с помощью компрессионной эластографии удалось правильно реклассифицировать 14 из 65 узлов, прогнозируя снижение хирургических вмешательств на

22% [14]. По мнению ряда авторов, это дает основание полагать, что компрессионная эластография узловых образований ЩЖ демонстрирует достаточно высокий потенциал в оптимизации принятия клинических решений для выполнения инвазивных процедур [15–18]. Однако необходимо учитывать, что приведенные данные о высокой диагностической точности КСЭГ получены преимущественно в исследованиях 2010–2015 гг., когда ЭСВ была недоступна. Согласно руководству EFSUMB 2018 [19], КСЭГ не является высокоинформативным самостоятельным методом дифференциации доброкачественных и злокачественных узловых образований ЩЖ ввиду высокой вариабельности результатов, обусловленной аппаратной и операторской зависимостью метода; изолированное применение КСЭГ без количественных параметров ЭСВ не рекомендуется. Сегодня качественные критерии (цветовые паттерны) жесткости тканей, как правило, не принимаются к самостоятельной трактовке и рассматриваются только в комплексе с данными ЭСВ.

Вместе с тем в современной литературе все большее внимание уделяется количественным характеристикам жесткости паренхимы ЩЖ. ЭСВ позволяет получать воспроизводимые, независимые от оператора и оборудования количественные параметры: модуль Юнга (кПа) и скорость сдвиговой волны (м/с).

Диагностическая ценность ЭСВ при оценке узловых образований ЩЖ подтверждена рядом исследований. F. Sebag и соавт. [20] установили, что средний индекс эластичности злокачественных узлов составляет 150 ± 95 кПа, что достоверно превышает аналогичный показатель доброкачественных образований. B. Liu и соавт. [21] в метаанализе продемонстрировали высокую диагностическую точность количественной ЭСВ для дифференциации доброкачественных и злокачественных узлов ЩЖ. T. Fukuhara и соавт. [22] определили корреляцию между количественными показателями ЭСВ и гистологической структурой тиреоидных образований, а A. Anvari и соавт. [23] подтвердили воспроизводимость оценки модуля Юнга при фолликулярных неоплазиях ЩЖ. На основании накопленных данных H. Xu и соавт. [24] разработали рекомендации по клиническому применению ЭСВ для оценки узлов ЩЖ [25, 26].

Наряду с этим исследуются возможности интеграции ЭСВ с существующими классификационными системами. J. Hang и соавт. [27] показали, что комбинация максимального мо-

дуля сдвиговой эластичности с классификацией TI-RADS [28] повышает диагностическую специфичность, а S. Тап и соавт. [29] оценили применимость метода при микрокарциномах ЩЖ [30]. Примечательно, что параллельно проходили исследования, которые активно изучали полуколичественный индекс сопоставления жесткости (strain ratio, SR): V. Cantisani и соавт. [31] в проспективном исследовании сравнивали SR и 2D-ЭСВ в сочетании с TI-RADS для характеристики узлов ЩЖ в оценке возможностей определения диагностических пороговых значений SR для дифференциации доброкачественных и злокачественных образований ЩЖ.

Помимо оценки узловых образований, в ряде исследований (преимущественно периода 2010–2020 гг., когда ЭСВ не имела широкого распространения) компрессионная эластография продемонстрировала определенную ценность в диагностике диффузных заболеваний ЩЖ [32]. Вместе с тем следует принять во внимание, что все приводимые ниже данные основаны на качественных и полуколичественных показателях КСЭГ (SR, SI), которые в силу оператор- и аппаратозависимости метода не просто воспроизвести в условиях динамического наблюдения. Исследования в этом направлении были посвящены аутоиммунному тиреоидиту (тиреоидиту Хашимото). М. Öztürk и соавт. [33] провели кросс-секционное контролируемое исследование 63 детей с тиреоидитом Хашимото и 47 здоровых детей контрольной группы. Средний индекс эластографической деформации (SI) у здоровых лиц составил $0,26 \pm 0,77$, а у пациентов с тиреоидитом Хашимото – $1,75 \pm 1,46$ (при $p < 0,001$). Оптимальное пороговое значение среднего SI 0,31 обеспечивало 92,1% чувствительность и 66% специфичность для диагностики тиреоидита Хашимото. Принципиальное значение имеет, что 180 человек имели биохимически подтвержденный хронический аутоиммунный тиреоидит, в то время как 70 участников исследования являлись здоровыми людьми. В результате исследования идентифицировано, что средний коэффициент деформации (SR) выше 1,64 предсказывал аутоиммунный тиреоидит с 69% чувствительностью, 92% специфичностью. Кроме того, заслуживает внимания тот факт, что значительно более высокие значения SR ($2,81 \pm 2,11$) были обнаружены у пациентов с хроническим аутоиммунным тиреоидитом по сравнению с группой контроля ($1,03 \pm 0,51$). Наряду с этим следует упомянуть, что пороговое значение SR 2,94 было установлено для иденти-

фикации пациентов с хроническим аутоиммунным тиреоидитом, которые нуждались в гормональной терапии, с чувствительностью 52,3% и специфичностью 83,7%. Это демонстрирует потенциал эластографии не только в диагностике, но и в стратификации тяжести заболевания для определения тактики лечения. Классические работы М. Menzilcioglu и соавт. [34], С. Сеpeha и соавт. [35] дополнительно подтвердили полезность компрессионной эластографии в диагностике и градации тиреоидита Хашимото у детей, что расширяет возможности применения метода в педиатрической практике.

Несмотря на обширные исследования эластографии в контексте узловых образований и диффузных заболеваний ЩЖ, специализированные исследования, посвященные применению эластографии для мониторинга постлучевых изменений ЩЖ и диагностике радиационно-индуцированного гипотиреоза, остаются крайне ограниченными. Это представляет собой значительный пробел в современной научной литературе. Исследование, проводимое на предмет изучения постлучевых изменений ЩЖ, было инициировано в названных трудах Z. Lin и соавт. Однако данные работы базировались на традиционных методах оценки – измерении объема ЩЖ с помощью ультразвуковой томографии, компьютерной томографии и биохимическом определении уровней тиреоидных гормонов, без применения эластографических технологий. А. Gül и соавт. [36] провели исследование случай–контроль с использованием компрессионной эластографии для дифференциации между здоровой паренхимой ЩЖ и резидуальной паренхимой после частичной тиреоидэктомии. Важно отметить, что из представленной выборки были исключены пациенты, получившие лечение радиоактивным йодом или облучение области шеи по причине онкологических заболеваний региона голова–шея. Однако результаты продемонстрировали, что эластичность паренхимы ЩЖ после хирургического вмешательства значительно отличается от здоровой ткани с более высокими коэффициентами деформации (SR) в группе пациентов (правая доля: $2,22 \pm 1,9$, левая доля: $1,9 \pm 1,9$) по сравнению с контролями ($1,05 \pm 0,6$ и $0,8 \pm 0,5$ соответственно; $p = 0,002$ и $p = 0,043$). Эти данные дают основания полагать, что эластография способна выявлять изменения механических свойств тиреоидной ткани после различных воздействий, включая хирургическое лечение. Экстраполируя эти результаты на патофизиоло-

гические механизмы формирования постлучевого гипотиреоза, можно предположить, что радиационно-индуцированные фиброз и структурные изменения паренхимы ЩЖ могут быть обнаружены методами эластографии. Некоторые авторы предприняли попытку отнести лучевую терапию к качественной переменной в своих исследованиях; это дало авторам возможность повысить диагностическую точность эластографии, показывая 95,83% чувствительность и 88,89% специфичность [37] для пациентов с положительным радиационным анамнезом. Хотя работы не фокусировались на постлучевом гипотиреозе, они могут служить подтверждением того, что компрессионная эластография может быть эффективным методом исследования в популяции онкологических пациентов, которым было проведено лучевое лечение в областях, близких к ЩЖ. Таким образом, теоретическое обоснование применения эластографии для постлучевого мониторинга ЩЖ основывается на патофизиологических изменениях, происходящих в тиреоидной ткани, подвергнутой лучевой нагрузке в ходе специализированного противоопухолевого лечения.

Анализ доступной литературы дал возможность выявить несколько важных ограничений, которые необходимо учитывать при интерпретации результатов эластографических исследований ЩЖ: методологические ограничения включают значительную вариабельность в технике выполнения компрессионной эластографии. J. Gasic и соавт. [38] обращают внимание, что компрессионная эластография является субъективным методом, критически зависящим от оператора: давление, прикладываемое датчиком вручную, не поддается стандартизации, что приводит к существенной вариабельности результатов как между операторами, так и между аппаратами разных производителей. Это принципиально ограничивает возможности динамического мониторинга с использованием КСЭГ, особенно при смене оборудования или специалиста. Именно по этой причине в современной клинической практике изолированная КСЭГ уступила место ЭСВ, обеспечивающей воспроизводимые количественные параметры жесткости тканей (кПа или м/с) независимо от оператора. A. Solak и соавт. [39] также справедливо отмечают ограничения в результативности компрессионной эластографии, связывая это с операторозависимостью метода. Технические ограничения могут быть связаны с характеристиками исследуемых образований: Y. Yang

и соавт. [40] подчеркнули, что ценность эластографии ограничена при дифференциации доброкачественных и злокачественных образований ЩЖ в случаях, когда наряду с очаговыми образованиями имеют место и диффузные изменения ЩЖ, и локальные зоны фиброза или кальцификации, потому как эластографические данные могут “перекрываться”. L. Kagasa и соавт. [41] отметили трудности применения эластографии в оценке глубоко расположенных образований ЩЖ, узлов малых размеров или узловых образований железы кистозного характера. В ряде работ указано, что необходимо правильно интерпретировать данные компрессионной эластографии для узлов, расположенных близко к сонной артерии (<10 мм). Ограничения дизайна в некоторых работах включают относительно небольшие размеры выборки пациентов в большинстве исследований, особенно для подгрупп злокачественных образований: авторы обращают внимание на небольшое количество злокачественных случаев в проводимом анализе и отсутствие градации между фолликулярными и папиллярными карциномами. В уже упомянутой работе A. Gül и соавт. ученые заострили внимание на различие возрастных характеристик пациентов, в то время как H. Korkusuzet и соавт. [42] подчеркнули, что точность компрессионной эластографии ограничена необходимостью редукции цветокодированного выхода до эластографических баллов, что снижает точность диагностической информации по сравнению, например, со скинтиграфией. Кроме того, некоторые исследователи отметили малый размер выборки и короткие периоды наблюдения в имеющихся работах.

Проведенный анализ дает основания полагать, что наиболее значимым пробелом в современной научной литературе является практически полное отсутствие исследований, посвященных применению компрессионной эластографии для диагностики и мониторинга постлучевого гипотиреоза и радиационно-индуцированных изменений ЩЖ. Недостаток знаний в этой области обуславливает значительный научный интерес: патофизиологические изменения при радиационном повреждении – фиброз, атрофия фолликулов, микроваскулярные нарушения – закономерно приводят к изменениям механических свойств ткани. Однако для их объективной и воспроизводимой оценки в условиях динамического наблюдения предпочтительным инструментом является ЭСВ с количественными параметрами жесткости, а не изолированная КСЭГ,

результаты которой не могут быть воспроизведены при смене оборудования или оператора. Количественные параметры ЭСВ (модуль Юнга, скорость сдвиговой волны) и полуколичественный SR демонстрируют воспроизводимость и клиническую значимость в многочисленных исследованиях.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Критический анализ литературы свидетельствует о том, что КСЭГ является дополнительным неинвазивным методом качественной оценки механических свойств тиреоидной ткани. Вместе с тем необходимо учитывать, что изолированное применение КСЭГ без количественных параметров ЭСВ имеет существенные ограничения: метод крайне аппарато- и операторозависим, что исключает возможность стандартизированного динамического мониторинга, особенно при использовании оборудования разных производителей и специалистами различного уровня подготовки. Большинство приводимых данных о диагностической точности КСЭГ получено в период 2008–2015 гг., когда ЭСВ не имела широкого распространения. В соответствии с руководством EFSUMB 2018 КСЭГ не является высокоинформативным методом изолированной дифференциации узловых образований ЩЖ и должна применяться только в комплексе с ЭСВ. Метод показал различную диагностическую эффективность в дифференциации доброкачественных и злокачественных узловых образований ЩЖ с чувствительностью 69–100% и специфичностью 66–98%, а также в диагностике и градации диффузных заболеваний, таких как аутоиммунный тиреоидит. Однако систематизация имеющихся данных дает основание полагать наличие существенного пробела: несмотря на обширные исследования эластографии ЩЖ в различных клинических контекстах, работы, посвященные применению этого метода для диагностики и мониторинга постлучевого гипотиреоза и радиационно-индуцированных изменений ЩЖ, практически отсутствуют. Радиационно-индуцированный гипотиреоз является распространенным осложнением лучевой терапии злокачественных новообразований головы и шеи с частотой встречаемости до 28,6%. Патологические изменения при радиационном повреждении могут приводить к изменениям механических свойств ткани ЩЖ. Ряд исследований показывает, что эластография способна выявлять изменения механи-

ческих свойств ткани после хирургического вмешательства и у пациентов с радиационным воздействием в анамнезе. Тем не менее для целей постлучевого мониторинга ЩЖ перспективным является именно применение ЭСВ с получением воспроизводимых количественных параметров жесткости, тогда как изолированная КСЭГ может рассматриваться лишь как вспомогательный качественный инструмент в комплексном ультразвуковом исследовании.

Таким образом, несмотря на то что эластография ЩЖ является достаточно изученной технологией, ее применение для диагностики и мониторинга постлучевого гипотиреоза остается практически неисследованной областью. При этом перспективным направлением следует считать не изолированную КСЭГ, а комплексный подход с обязательным включением ЭСВ, обеспечивающей объективные и воспроизводимые количественные характеристики жесткости тиреоидной ткани. Фрагментированность и методологическая неоднородность имеющихся исследований определяют важность разработки стандартизированных протоколов с использованием ЭСВ для динамического наблюдения за пациентами после лучевой терапии.

Участие авторов

Андреева О.В. – анализ и интерпретация полученных данных.

Мошуров И.П. – концепция и дизайн исследования.

Ветшева Н.Н. – подготовка и редактирование текста.

Фисенко Е.П. – участие в научном дизайне.

Authors' participation

Andreeva O.V. – analysis and interpretation of the obtained data.

Moshurov I.P. – concept and design of the study.

Vetsheva N.N. – text preparation and editing.

Fisenko E.P. – participation in scientific design.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ [REFERENCES]

1. Забровская С.А., Геворков А.Р., Зайцева Н.А., Федосеева А.А., Бойко А.В., Хмелевский Е.В., Каприн А.Д. Постлучевые изменения функции щитовидной железы при лечении опухолей головы и шеи: современное состояние проблемы. *Опухоли головы и шеи*. 2025; 15 (2): 92–98. <https://doi.org/10.17650/2222-1468-2025-15-2-92-98>
Zabrovskaya S.A., Gevorkov A.R., Zaitseva N.A. et al. Post-radiation changes in thyroid function during treatment of head and neck tumors: current state of the problem. *Head and Neck Tumors*. 2025; 15 (2): 92–98. <https://doi.org/10.17650/2222-1468-2025-15-2-92-98> (In Russian)

2. Cantisani V., Lodise P., Grazhdani H. et al. Ultrasound elastography in the evaluation of thyroid pathology. Current status. *Eur. J. Radiol.* 2014; 83 (3): 420–428. <http://doi.org/10.1016/j.ejrad.2013.05.008>
3. Andrioli M., Persani L. Elastographic techniques of thyroid gland: current status. *Endocrine.* 2014; 46 (93): 455–461. <http://doi.org/10.1007/s12020-014-0178-1>
4. Lin Z., Wu V.W.C., Lin J. et al. Pattern of radiation-induced thyroid gland changes in nasopharyngeal carcinoma patients in 48 months after radiotherapy. *PloS One.* 2018; 13 (7), e0200310. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0200310>
5. Bamber J., Cosgrove D., Dietrich C.F. et al. EFSUMB guidelines and recommendations on the clinical use of ultrasound elastography. Part 1: Basic principles and technology. *Ultraschall. Med.* 2013; 34 (2): 169–184. <http://doi.org/10.1055/s-0033-1335205>
6. Shiina T., Nightingale K.R., Palmeri M.L. et al. WFUMB guidelines and recommendations for clinical use of ultrasound elastography: Part 1: basic principles and terminology. *Ultrasound Med. Biol.* 2015; 41 (5): 1126–1147. <http://doi.org/10.1016/j.ultrasmedbio.2015.03.009>
7. Kratky J., Veverka L., Hana V. et al. Neck muscles and content of carotid artery as reference tissue for strain ratio – A novel approach to improve the diagnostic performance of thyroid elastography? *Exp. Clin. Endocrinol. Diabetes.* 2016; 124 (3): 192–197. <https://doi.org/10.1055/S-0035-1569359>
8. Asteria C., Giovanardi A., Pizzocaro A. et al. US-elastography in the differential diagnosis of benign and malignant thyroid nodules. *Thyroid.* 2008; 18 (5): 523–531. <http://7.doi.org/10.1089/thy.2007.0323>
9. Борсуков А.В., Морозова Т.Г., Ковалев А.В., Сафронова М.А., Иванов Ю.В., Казакова О.П. Стандартизированная методика соноэластографии щитовидной железы. *Эндокринная хирургия.* 2014; 8 (1): 55–61. <https://doi.org/10.14341/serg2014155-61>
Borsukov A.V., Morozova T.G., Kovalev A.V. et al. Standardized Technique of Compression Sonoelastography (Strain-Elastography) of Internal Organs (Draft). *Endocrine Surgery.* 2014; 8 (1): 55–61. <https://doi.org/10.14341/serg2014155-61> (In Russian)
10. Сенча А.Н., Могутов М.С., Беляев Д.В., Сергеева Е.Д. Ультразвуковая эластография в диагностике рака щитовидной железы. *Ультразвуковая и функциональная диагностика.* 2010; 3; 8–17.
Sencha A.N., Mogutov M.S., Belyaev D.V., Sergeeva E.D. Ultrasound elastography in a thyroid cancer diagnosis. *Ultrasound and Functional Diagnostics.* 2010; 3; 8–17. (In Russian)
11. Luo Y. Ultrasound Thyroid Elastography as a Pre-FNA Screening Tool: Algorithms and Clinical Evaluation. University of Washington, 2012. 100 p.
12. Dighe M., Bae U., Richardson M.L. et al. Utility of the ultrasound elastographic systolic thyroid stiffness index in reducing fine-needle aspirations. *J. Ultrasound Med.* 2010; 29 (4), 565–574. <https://doi.org/10.7863/JUM.2010.29.4.565>
13. Mahmoud A.A., Abdelaziz M.S., Zidan A.M. et al. Comparison of the accuracy of thyroid sono-elastography vs. ultrasound-guided fine needle aspiration cytology with thyroid malignancy diagnosis histopathology. *Endocr. Regulations.* 2024; 58 (1): 120–130. <https://doi.org/10.2478/enr-2024-0014>
14. Latia A., Elhomsy G., Saponaro F. et al. OC12 – Stiffness matters: Elastography enhances detection of thyroid cancer across histologic subtypes. *Eur. J. Endocrinol.* 2025; 192 (Suppl. 1), lvaf168.021. <https://doi.org/10.1093/ejendo/lvaf168.021>
15. Omar M., Mostafa M., Morad M. et al. Evaluation of thyroid nodule by US including elastography versus MRI T2W and diffusion sequences. *QJM: Int. J. Med.* 2024; 117 (Suppl. 1), hcae070.594. <https://doi.org/10.1093/qjmed/hcae070.594>
16. Pandit A., Pandey P., Singh S. et al. Thyroid nodules evaluation by strain ultrasound elastography and histocytological correlation. *J. Med. Sci.* 2016; 1 (2): 69–73. <https://doi.org/10.21761/JMS.V1I2.7124>
17. Reginelli A., Urraro F., Sangiovanni A. et al. Conventional ultrasound integrated with elastosonography and B-flow imaging in the diagnosis of thyroid nodular lesions. *Int. J. Surg.* 2014; 12 (Suppl. 1): S117–S122. <https://doi.org/10.1016/j.ijisu.2014.05.033>
18. Friedrich-Rus M., Sperber A., Holzer K. et al. Evaluation of strain elastography for differentiation of thyroid nodules: Results of a prospective DEGUM multicenter study. *Ultraschall. Med.* 2016; 37 (3): 262–270. <https://doi.org/10.1055/S-0042-104647>
19. Saftoiu A., Gilja O.H., Sidhu P.S. et al. The EFSUMB Guidelines and Recommendations for the Clinical Practice of Elastography in Non-Hepatic Applications: Update 2018. *Ultraschall. Med.* 2019; 40 (4): 425–453. <https://doi.org/10.1055/a-0838-9937>
20. Sebag F., Vaillant-Lombard J., Berbis J. et al. Shear Wave Elastography: A New Ultrasound Imaging Mode for the Differential Diagnosis of Benign and Malignant Thyroid Nodules. *J. Clin. Endocrinol. Metab.* 2010; 95 (12): 5281–5288. <https://doi.org/10.1210/jc.2010-0766>
21. Liu B.J., Li D.D., Xu H.X. et al. Quantitative Shear Wave Velocity Measurement on Acoustic Radiation Force Impulse Elastography for Differential Diagnosis between Benign and Malignant Thyroid Nodules: A Meta-analysis. *Ultrasound Med. Biol.* 2015; 41 (12): 3035–3043. <https://doi.org/10.1016/j.ultrasmedbio.2015.08.003>
22. Fukuhara T., Matsuda E., Endo Y. et al. Correlation between quantitative shear wave elastography and pathologic structures of thyroid lesions. *Ultrasound Med. Biol.* 2015; 41 (9): 2326–2332. <https://doi.org/10.1016/j.ultrasmedbio.2015.05.001>

23. Anvari A., Dhyani M., Stephen A.E. et al. Reliability of shear-wave elastography estimates of the young modulus of tissue in follicular thyroid neoplasms. *Am. J. Roentgenol.* 2016; 206 (4): 609–616. <https://doi.org/10.2214/ajr.15.14676>
24. Xu H.X., Yan K., Liu B.J. et al. Guidelines and recommendations on the clinical use of shear wave elastography for evaluating thyroid nodule. *Clin. Hemorheol. Microcirc.* 2019; 72 (4): 363–375. <https://doi.org/10.3233/ch-180452>
25. Fukuhara T., Matsuda E., Fujiwara K. et al. Phantom experiment and clinical utility of quantitative shear wave elastography for differentiating thyroid nodules. *Endocr. J.* 2014; 61 (10): 1003–1011. <https://doi.org/10.1507/endocrj.ej14-0061>
26. Hu L., He N., Ye L. et al. Evaluation of the stiffness of tissues surrounding thyroid nodules with shear wave elastography. *J. Ultrasound Med.* 2018; 37 (12): 2903–2909. <https://doi.org/10.1002/jum.14578>
27. Hang J., Li F., Qiao X.H. et al. Combination of Maximum Shear Wave Elasticity Modulus and TIRADS Improves the Diagnostic Specificity in Characterizing Thyroid Nodules: A Retrospective Study. *Int. J. Endocrinol.* 2018; 2018: 4923050. <https://doi.org/10.1155/2018/4923050>
28. Durante C., Hegedüs L., Na D.G. et al. International Expert Consensus on US Lexicon for Thyroid Nodules. *Radiology.* 2023; 309 (1): e231481. <https://doi.org/10.1148/radiol.231481>
29. Tan S., Sun X., Xue H. et al. Evaluation of thyroid micro-carcinoma using shear wave elastography: Initial experience with qualitative and quantitative analysis. *Eur. J. Radiol.* 2021; 142: 109571. <https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2021.109571>
30. Petersen M., Schenke S., Firla J. et al. Shear Wave Elastography and Thyroid Imaging Reporting and Data System (TIRADS) for the Risk Stratification of Thyroid Nodules. *Diagnostics.* 2022; 12 (1): 109. <https://doi.org/10.3390/diagnostics12010109>
31. Cantisani V., David E., Grazhdani H. et al. Prospective Evaluation of Semiquantitative Strain Ratio and Quantitative 2D Ultrasound Shear Wave Elastography (SWE) in Association with TIRADS Classification for Thyroid Nodule Characterization. *Ultraschall. Med.* 2019; 40 (4): 516–524. <https://doi.org/10.1055/a-0853-1821>
32. Yoon J.H., Yoo J., Kim E.K. et al. Real-time elastography in the evaluation of diffuse thyroid disease: a study based on elastography histogram parameters. *Ultrasound Med. Biol.* 2014; 40 (9): 2012–2019. <http://doi.org/10.1016/j.ultrasmed-bio.2014.03.033>
33. Öztürk M., Çelebi İ., Polat A. et al. The usefulness of strain elastography in the diagnosis and grading of Hashimoto's thyroiditis in children. *Radiol. Med.* 2017; 122 (12): 960–966. <https://doi.org/10.1007/S11547-017-0801-3>
34. Menzilcioglu M.S., Duymus M., Gungor G. et al. The value of real-time ultrasound elastography in chronic autoimmune thyroiditis. *Br. J. Radiol.* 2014; 87 (1044): 20140604. <https://doi.org/10.1259/BJR.20140604>
35. Cepeha C.M., Laza R.F., Duma M. et al. The value of strain elastography in predicting autoimmune thyroiditis. *Diagnostics.* 2020; 10 (11): 874. <https://doi.org/10.3390/DIAGNOSTICS10110874>
36. Gül A.E., Çetin F.A., Özdemir Z.M. et al. The utility of strain elastography in differentiation between healthy thyroid parenchyma and residual/recurrent thyroid parenchyma disorders. *Eur. Research J.* 2022; 8 (4): 505–512. <https://doi.org/10.18621/eurj.909077>
37. Arslan S., Durmaz M.S., Yardımcı A.H. et al. Contribution of ultrasound strain elastography to the differentiation of benign and malignant thyroid lesions: Randomized controlled study. *Van. Tıp. Dergisi.* 2018; 25(3): 276–283. <https://doi.org/10.5505/VTD.2018.87587>
38. Gasic J., Nikin Z., Ivanac G. et al. The importance of compression elastography in the evaluation of thyroid nodule malignancy. *Srpski Arhiv za Celokupno Lekarstvo.* 2017; 145 (1–2): 29–34. <https://doi.org/10.2298/SARH161020087G>
39. Solak A., Genç V., Yıldırım Ö. et al. The value of strain elastography in the distinction between benign and malignant thyroid nodules in patients with Hashimoto thyroiditis. *Cyprus J. Med. Sci.* 2023; 8 (3): 360–365. <https://doi.org/10.4274/cjms.2022.2021-176>
40. Yang Y., Yan L., Wang Y. et al. Comparison of the effectiveness of ultrasound elastography with that of conventional ultrasound for differential diagnosis of thyroid lesions with suspicious ultrasound features. *Oncol. Lett.* 2017; 14 (3): 2923–2930. <https://doi.org/10.3892/OL.2017.6644>
41. Karaca L., Yılmaz R., Teke M. et al. Examining the contribution of elasticity score and strain ratio to the diagnosis and evaluation of malignant and benign thyroid nodules. *Türkiye Klinikleri Tıp Bilimleri Dergisi.* 2016; 36 (3): 139–145. <https://doi.org/10.5336/MEDSCI.2016-51629>
42. Korkusuz H., Happel C.M., Koch D.A. et al. Diagnostic accuracy of elastography and scintigraphic imaging after thermal microwave ablation of thyroid nodules. *RöFo.* 2015; 187 (5): 353–361. <https://doi.org/10.1055/S-0034-1385827>

Strain elastography in the diagnosis of radiation-induced hypothyroidism: current state of the art

O.V. Andreeva^{1*}, I.P. Moshurov¹, N.N. Vetsheva², E.P. Fisenko³

¹ Voronezh State Medical Academy named after N.N. Burdenko; 10, Studencheskaya str., Voronezh 394036, Russian Federation

² 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

³ Petrovsky Russian Research Center of Surgery; 2, Abrikosovsky lane, Moscow 119991, Russian Federation

Olga V. Andreeva – MD, PhD (Med.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Oncology, Voronezh State Medical University named after N.N. Burdenko, Voronezh. <http://orcid.org/0000-0002-0234-5059>

Ivan P. Moshurov – MD, Doct. of Sci. (Med.), Rector of the Voronezh State Medical University named after N.N. Burdenko, Voronezh. <http://orcid.org/0000-0003-1333-5638>

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>

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>. Scopus Author ID 6507536162

Correspondence* to Dr Olga V. Andreeva – e-mail: olga.andreeva-doc@yandex.ru

This review addresses the role of elastography in the diagnosis of thyroid diseases, with a focus on strain elastography (SE) as a complementary non-invasive tool for differentiating benign and malignant thyroid nodules. The study evaluates the diagnostic capabilities and inherent limitations of SE, particularly emphasizing that its isolated application – without integration of quantitative parameters of shear wave elastography (SWE) – is constrained by high equipment- and operator-dependency. Additionally, the paper highlights the utility of SE in assessing radiation-induced hypothyroidism. The authors underscore the need for further scientific research to integrate elastography into the dynamic follow-up of patients who have undergone radiation therapy for head and neck malignancies and locally advanced breast cancer.

Keywords: strain elastography; thyroid; hypothyroidism; radiation therapy

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

Financing. This study had no sponsorship.

Citation: Andreeva O.V., Moshurov I.P., Vetsheva N.N., Fisenko E.P. Strain Elastography in the Diagnosis of Radiation-Induced Hypothyroidism: Current State of the Art. *Ultrasound and Functional Diagnostics*. 2026; 32 (3): 27–35. <https://doi.org/10.24835/1607-0771-397> (In Russian)

Received: 24.03.2026.

Accepted for publication: 21.07.2026.

Published online: 16.09.2026.

ISSN 1607-0771(Print); ISSN 2408-9494 (Online)
<https://doi.org/10.24835/1607-0771-378>

Ультразвуковая диагностика полиакриламидного маммарного синдрома после аугментационной маммопластики путем инъекционного введения геля (клиническое наблюдение)

Р.Б. Балтер^{1, 2}, Т.А. Пугачева^{1, 2*}, Л.С. Целкович¹, С.Н. Ларионова^{1, 3},
Т.В. Иванова^{1, 2}, Р.И. Кочетков⁵, Ю.В. Бикеев⁴

¹ Институт профессионального образования ФГБОУ ВО “Самарский государственный медицинский университет” Минздрава России; 443020 Самара, ул. Галактионовская, д. 21, Российская Федерация

² ГБУЗ “Самарский областной медицинский центр Династия”; 443020 Самара, ул. Галактионовская, д. 21, Российская Федерация

³ Клиники Самарского государственного медицинского университета; 443079 Самара, просп. Карла Маркса, 165Б, Российская Федерация

⁴ 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

⁵ ЧУЗ КБ “РЖД-Медицина”; 443029 Самара, ул. Ново-Садовая, д. 222Б, Российская Федерация

Балтер Регина Борисовна – доктор мед. наук, профессор, заведующая кафедрой ультразвуковой диагностики Института профессионального образования ФГБОУ ВО “СамГМУ” Минздрава России; врач ультразвуковой диагностики ГБУЗ “Самарский областной медицинский центр Династия”, Самара. <https://orcid.org/0000-0001-6724-0066>

Пугачева Татьяна Александровна – канд. мед. наук, ассистент кафедры ультразвуковой диагностики Института профессионального образования ФГБОУ ВО “СамГМУ” Минздрава России; врач ультразвуковой диагностики ГБУЗ “Самарский областной медицинский центр Династия”, Самара. <https://orcid.org/0000-0001-6813-0248>

Целкович Людмила Савельевна – доктор мед. наук, доцент, профессор кафедры ультразвуковой диагностики Института профессионального образования ФГБОУ ВО “СамГМУ” Минздрава России, Самара <https://orcid.org/0000-0002-0605-5104>

Ларионова Светлана Николаевна – заведующая отделением ультразвуковой диагностики Клиник ФГБОУ ВО “СамГМУ” Минздрава России; врач высшей категории, ассистент кафедры ультразвуковой диагностики Института профессионального образования ФГБОУ ВО “СамГМУ” Минздрава России; главный внештатный специалист по ультразвуковой диагностике (за исключением акушерства и гинекологии) Минздрава Самарской области, Самара. <https://orcid.org/0000-0001-5736-8656>

Иванова Татьяна Владимировна – канд. мед. наук, доцент кафедры ультразвуковой диагностики Института профессионального образования ФГБОУ ВО “СамГМУ” Минздрава России; врач ультразвуковой диагностики ГБУЗ “Самарский областной медицинский центр Династия”, Самара. <https://orcid.org/0000-0002-6153-7456>

Кочетков Роман Иванович – канд. мед. наук, заведующий хирургическим отделением № 2 ЧУЗ КБ “РЖД-Медицина”, Самара. <https://orcid.org/0000-0003-0373-1936>

Бикеев Юрий Васильевич – канд. мед. наук, врач ультразвуковой диагностики отделения ультразвуковой и функциональной диагностики отдела визуальной диагностики, врач-онколог, научный сотрудник отделения патологии молочной железы ФГБУ “НМИЦ акушерства, гинекологии и перинатологии имени академика В.И. Кулакова” Минздрава России, Москва. <https://orcid.org/0009-0000-3757-5025>

Контактная информация*: Пугачева Татьяна Александровна – e-mail: Tany-med@yandex.ru

Представлено клиническое наблюдение осложнений на фоне введенного полиакриламидного геля (ПААГ), выявленных при проведении УЗИ молочных желез. Ультразвуковая картина схожа с полиакриламидным маммарным синдромом. У пациентки Н., 58 лет, в анамнезе которой в 1995 г. проведена инъекция ПААГ, с жалобами на боль и распирание в молочных железах, асимметрию, уплотнение и увеличение левой молочной железы, при проведении УЗИ молочных желез выявлены множественные узловые образования, которые следует дифференцировать между гелеомами и опухолевыми образованиями молочных желез. В представленном клиническом наблюдении присутствуют ультразвуковые признаки для проведения дифференциальной диагностики гелеом с опухолевыми образованиями. Особое внимание уделено возможности применения мультипараметрического УЗИ для дифференциальной диагностики гелеом и злокачественных новообразований молочных желез с использованием современных ультразвуковых методик. Пациентке было проведено мультипараметрическое УЗИ в В-режиме, режиме цветового доплеровского картирования (ЦДК), контраст-усиленное УЗИ. Применение энергетического картирования и ЦДК помогает определить анатомию кровеносных сосудов молочной железы и скорость кровотока, выявить участки усиленного кровоснабжения. Сделан акцент на том, что ультразвуковая визуализация при наличии в молочных железах ПААГ сильно затруднена из-за схожести ультразвуковой картины гелеом и злокачественных новообразований, врачу ультразвуковой диагностики важно знать ультразвуковые признаки осложнений, связанных с введением ПААГ. Приведены данные о последующем лечении и наблюдении данной пациентки.

Ключевые слова: полиакриламидный гель; гелеома; телемедицина; контраст-усиленное ультразвуковое исследование; эластография

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии возможных конфликтов интересов.

Финансирование. Исследование проведено без спонсорской поддержки.

Цитирование: Балтер Р.Б., Пугачева Т.А., Целкович Л.С., Ларионова С.Н., Иванова Т.В., Кочетков Р.И., Бикеев Ю.В. Ультразвуковая диагностика полиакриламидного маммарного синдрома после аугментационной маммопластики путем инъекционного введения геля (клиническое наблюдение). *Ультразвуковая и функциональная диагностика*. 2026; 32 (3): 36–47. <https://doi.org/10.24835/1607-0771-378>

Поступила в редакцию: 30.12.2025.

Принята к печати: 17.04.2026.

Опубликована online: 5.06.2026.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время методика инъекции полиакриламидного геля (ПААГ) для пластики молочных желез (МЖ) не применяется. Однако врачи ультразвуковой диагностики и врачи-маммологи могут столкнуться с различными осложнениями у пациенток, которым проводилась эта процедура ранее. Спектр выявляемых осложнений включает в себя деформацию МЖ, миграцию геля в соседние органы и ткани, в том числе в полость перикарда, лихорадку, отек и боль в области МЖ, связанные с воспалением.

Полиакриламидные гидрогели для инъекционного введения представляют собой желеподобные вещества с тиксотропными свойствами, в составе которых содержится около 95% воды. При приложении небольшого давления такие гели легко фрагментируются, а после снятия напряжения фрагменты снова объединяются. После инъекции шприцем фрагменты геля снова должны образовывать агрегаты, заполняя всю имеющуюся полость.

В литературе встречаются разнообразные аббревиатурные обозначения полиакриламидных гелей: PAG, PAMG, ПААГ, РАМ, БИОГЕЛИ и др. [1]. Для аугментационной пластики МЖ могут быть использованы различные варианты полиакриламидных гидрогелей: Interfall, Formacryl, Bioformacryl, Argiform, Amazing Gel, которые получают из акриламида [2–4].

В конце 1990-х годов ПААГ приобрел популярность в Китае в качестве мягкотканного филлера для увеличения и контурной пластики груди, но был запрещен через 10 лет из-за частых осложнений [5].

При УЗИ необходимо учитывать особенности визуализации этого материала. Важно отметить возможность миграции геля в соседние органы. В литературе были описаны случаи миграции существенного объема геля в плевральные полости и в полость перикарда и лимфатические узлы. Наличие геля в МЖ может являться фоном, который затрудняет визуализацию тканей МЖ и снижает диагностиче-

ские возможности УЗИ при выявлении опухолевой патологии МЖ. Также сами фрагменты геля могут иметь схожую ультразвуковую картину с злокачественными новообразованиями. Вокруг фрагментов геля и имбибированных гелем тканей формируется плотная фиброзная капсула. Вместе с окружающими мягкими тканями, где развиваются процессы фиброзной деформации, конгломерат представляет собой очаг хронического асептического лимфоцитарного воспаления – гелеому [6].

Наиболее частые жалобы у пациентов с ПААГ – боль, уплотнение МЖ, деформация, миграция геля, формирование свищей с возможным выделением геля наружу [7].

Кальцификаты, образующиеся в результате реакции на инородное тело, могут возникнуть спустя годы после маммопластики с использованием инъекций ПААГ, что может затруднять результаты маммографического скрининга [8].

Ультразвуковые признаки гелеом разнообразны: они могут иметь кистозный, смешанный или склеротический тип строения, чаще всего вокруг гелеомы образуется выраженная капсула, визуализируются множественные акустические тени с формированием широкой полосы дорсального псевдоусиления [6].

Цель исследования: поделить на клиническим наблюдением, особенностями ультразвуковой картины осложнений после аугментационной пластики МЖ с использованием ПААГ, акцентировать внимание врачей ультразвуковой диагностики и маммологов на необходимость тщательного диагностического поиска при наблюдении пациенток с ПААГ в связи с риском осложнений в отдаленном послеоперационном периоде и многообразием клинических и ультразвуковых проявлений этих осложнений.

Клиническое наблюдение

Пациентка Н., 58 лет, обратилась в МЦ “Династия” с жалобами на асимметричную деформацию и боль в области МЖ, значительное увеличение объема левой МЖ. В 1995 г. была проведена аугментационная маммопластика путем инъекционного введения ПААГ в объеме 600 мл в мягкие ткани обеих МЖ с косметической целью. Гель вводился ретромаммарно. Согласие пациентки на исследование и публикацию фотоматериалов получено. У пациентки менопауза 8 лет, заместительную гормональную терапию не принимает,



Рис. 1. Молочные железы после инъекции ПААГ.
Fig. 1. Breast after polyacrylamide gel injection.

гинекологические заболевания отрицает. При физикальном обследовании и пальпации левая МЖ значительно увеличена, болезненная, при пальпации определяются множественные уплотнения, при осмотре правой МЖ выявляется утолщение кожи за счет отека, кожа бледная, при пальпации имеет неоднородную структуру, болезненная. При поднятии верхних конечностей отмечается асимметричность внешних контуров, формы и размеров молочных желез (рис. 1).

Мультипараметрическое УЗИ было выполнено на ультразвуковых сканерах Voluson E8 (GE HC, США) и Resona 7S (Mindray, Китай), ультразвуковой системе “Сонорус” (ООО “Инновации в визуализации”, Россия) с использованием высокочастотных датчиков (12–14 МГц). Проводилось исследование МЖ и окружающих мягких тканей, фиброгланулярной ткани, пре- и ретромаммарной клетчатки, мышц передней грудной стенки, подмышечных, надключичных, подключичных и парастернальных лимфатических узлов. УЗИ проводилось в В-режиме и режиме цветового доплеровского картирования (ЦДК). Была использована методика эластографии и контраст-усиленное ультразвуковое исследование (КУУЗИ). Для решения вопроса о дальнейшей тактике ведения данной пациентки и получения экспертного медицинского заключения была проведена телемедицинская консультация с Национальным медицинским исследовательским центром акушерства, гинекологии и перинатологии имени академика В.И. Кулакова.

При УЗИ в В-режиме на ультразвуковом аппарате “Сонорус” была обнаружена миграция геля. Гелеомы и скопления геля визуализировались в

тканях МЖ и окружающих мягких тканях грудной стенки, а также в мышцах лопаточной области справа. Гелеомы представляли собой образования овальной или округлой формы, с четкими или нечеткими, ровными или неровными контурами, иногда бугристые. Гелеомы имели разнообразную эхографическую картину. Мы выделили два типа гелеом – смешанные и склеротический. Чаще всего в нашем клиническом наблюдении отмечались гелеомы смешанного типа. Это образования неоднородной эхогенности, с наружным слоем пониженной эхогенности и более гиперэхогенным внутренним слоем. И во внутреннем, и в наружном слое визуализировались гиперэхогенные точечные включения. Такие гелеомы были расположены в МЖ, в подкожно-жировой клетчатке (в верхне-наружном и нижне-внутреннем квадрантах) и в подкожно-жировой клетчатке в подмышечной области. В верхне-наружном квадранте левой МЖ присутствовала гелеома склеротического типа – образование повышенной эхогенности, с толстой капсулой с неровными контурами и выраженной односторонней экотенью. Гелеомы склеротического типа больше всего могут напоминать злокачественные образования. Гель был по-разному локализован в правой и левой МЖ. В правой МЖ он был расположен компактным слоем, симметрично в наружных и внутренних квадрантах, имел мелкокачественную сетчатую структуру. В левой МЖ гель визуализировался асимметрично, в наружных квадрантах слой геля имел меньшую толщину, чем во внутренних квадрантах. В левой МЖ визуализировались множественные узловатые образования размерами от 3 до 25 мм, с четкими неровными контурами, неоднородной эхогенности, с наружным слоем пониженной эхогенности и внутренним слоем повышенной эхогенности, расположенные в железистой ткани, а также в области подкожно-жировой клетчатки, сходные по своим ультразвуковым характеристикам с интрамаммарными лимфатическими узлами (рис. 2–5). В этих образованиях при использовании цветокодированных режимов обнаруживалась псевдоваскуляризация с артефактом мерцания (рис. 6, 7). В структуре образований визуализировались более гипоехогенный наружный слой и внутренняя область повышенной эхогенности (рис. 8–11). В правой МЖ также определялись подобные образования в меньшем количестве. Слева фрагменты геля были асимметрично смещены в подмышечную область и ниже по передней брюшной стенке на уровне левого подреберья. Слева в области трапецевидной мышцы было выявлено обра-

зование размерами 5×11 мм с четкими неровными контурами, по эхоструктуре схожее с гелеомами смешанного типа, которые мы визуализировали в МЖ.

При осмотре подмышечных, надключичных, подключичных и парастеральных областей, кроме выявленных изменений, были выявлены лимфатические узлы с нормальной эхографической картиной размерами от 7×3 до 17×8 мм.

На ультразвуковом сканере Resona 7S была проведена эластография МЖ – метод ультразвуковой диагностики, который позволяет оценить эластичность (жесткость, упругость) тканей МЖ (рис. 12, 13). Для определения жесткости образования использовали точечную эластометрию, жесткость образования составила 41 кПа (IQR/Med 11,6%). При качественной оценке жесткости образования в режиме компрессионной эластометрии не было выявлено зон с повышенной плотностью.

Пациентке было проведено КУУЗИ с применением ультразвукового контрастного препарата (УЗКП) (рис. 14), который позволяет визуализировать сосудистый рисунок и определять особенности перфузии в узловом образовании. КУУЗИ проводили на ультразвуковом сканере Resona 7S с опцией contrast. УЗКП на основе гексафторида серы (Соноvue; Bracco, Италия) вводился в объеме 2,5 мл внутривенно болюсно через катетер, предварительно установленный в кубитальную вену, с последующим введением 5 мл физиологического раствора [9]. Запись кинопетли осуществляли в течение 300 с от начала инъекции при неподвижном положении датчика. При визуальной оценке контрастирования в режиме real-time контрастирования не было выявлено.

Была проведена телемедицинская консультация, во время которой было проведено УЗИ МЖ на аппарате “Сонорус 500” высокочастотным линейным датчиком 5–15 МГц в В-режиме с использованием режима ЦДК.

Принимая во внимание все проведенные ультразвуковые методики и результаты телемедицинской консультации, было сделано заключение: ультразвуковые признаки наличия полиакриламидного синдрома обеих МЖ. Миграция геля в мягкие ткани передней грудной стенки, железистую ткань с обеих сторон, в мягкие ткани лопаточной области справа. Асимметричное расположение геля в правой и левой МЖ. Наличие гелеом в обеих МЖ. BI-RADS 2. Нельзя исключить лимфаденопатию. Рекомендована консультация маммолога-онколога, магнитно-резонансная томография (МРТ) с контрастированием МЖ.

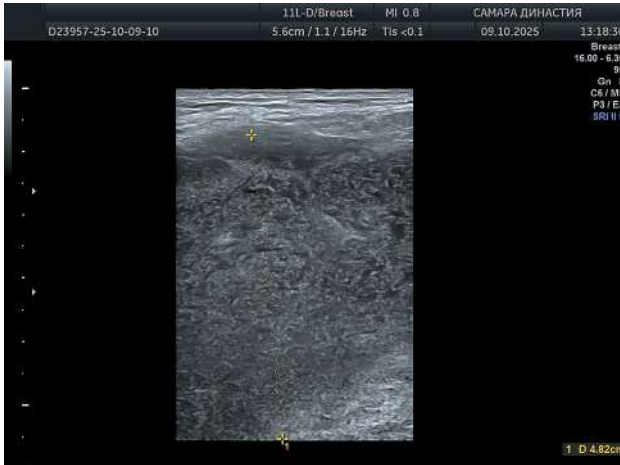


Рис. 2. Ультразвуковое исследование в В-режиме высокочастотным датчиком (12–14 МГц) на ультразвуковом сканере Voluson E8 (GE HC, США). Измерение высоты участка геля в молочной железе.

Fig. 2. B-mode ultrasound with a high-frequency transducer (12–14 MHz) on a Voluson E8 ultrasound scanner (GE HC, USA). Measuring the height of the gel collection in the mammary gland.



Рис. 3. Ультразвуковое исследование в В-режиме высокочастотным датчиком (12–14 МГц) на ультразвуковом сканере Voluson E8 (GE HC, США). Крупная гелеома в железистом слое, контур гипоехогенный, центр образования повышенной эхогенности.

Fig. 3. B-mode ultrasound with a high-frequency transducer (12–14 MHz) on a Voluson E8 ultrasound scanner (GE HC, USA). Large geloma in the glandular layer, hypoechoic outline, hyperechoic center.



Рис. 4. Ультразвуковое исследование в В-режиме высокочастотным датчиком (12–14 МГц) на ультразвуковом сканере Voluson E8 (GE HC, США). Гелиома внутри скопления полиакриламидного геля.

Fig. 4. B-mode ultrasound with a high-frequency transducer (12–14 MHz) on a Voluson E8 ultrasound scanner (GE HC, USA). Geloma within a polyacrylamide gel cluster.



Рис. 5. Ультразвуковое исследование в В-режиме высокочастотным датчиком (12–14 МГц) на ультразвуковом сканере Voluson E8 (GE HC, США). Измерение гелеомы и наружного слоя.

Fig. 5. B-mode ultrasound with a high-frequency transducer (12–14 MHz) on a Voluson E8 ultrasound scanner (GE HC, USA). Measurement of the geloma and the outer layer.



Рис. 6. Ультразвуковое исследование с использованием режима ЦДК на ультразвуковом сканере Voluson E8 (GE HC, США). Эффект мерцания.

Fig. 6. Color Doppler imaging on a Voluson E8 ultrasound scanner (GE HC, USA). Twinkling artifact.

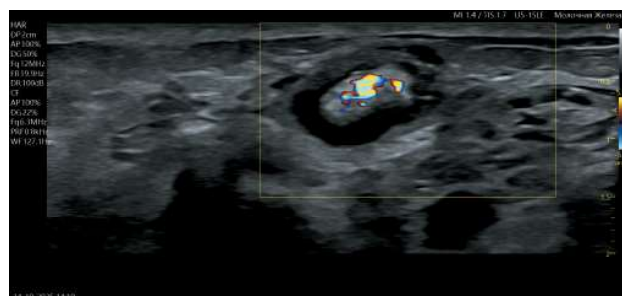


Рис. 7. Ультразвуковое исследование с использованием режима ЦДК на ультразвуковой системе “Сонорус” (Приволжская медицинская компания, Россия). Гелеома.

Fig. 7. Color Doppler imaging using a Sonorus ultrasound system (Privolzhskaya Medical Company, Russia). Geloma.



Рис. 8. Ультразвуковое исследование в В-режиме на ультразвуковой системе “Сонорус”. Компактно расположенный гель сетчатой структуры в правой молочной железе.

Fig. 8. B-mode ultrasound on a Sonorus ultrasound system. Reticular compact gel collection in the right breast.

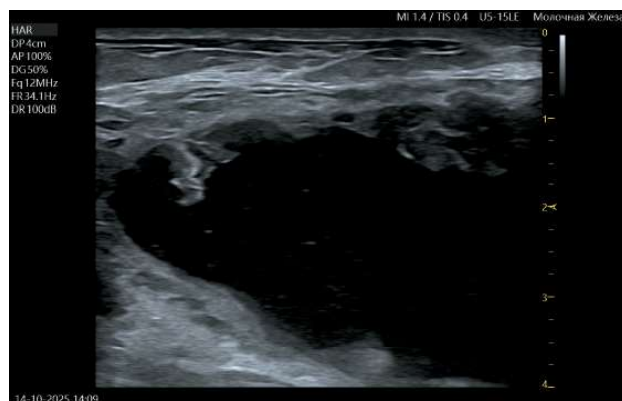


Рис. 9. Ультразвуковое исследование в В-режиме на ультразвуковой системе “Сонорус”. Гель, расположенный участками в левой молочной железе с пристеночными гиперэхогенными включениями.

Fig. 9. B-mode ultrasound on a Sonorus ultrasound system. Gel located in patches in the left breast with mural hyperechoic inclusions.



Рис. 10. Ультразвуковое исследование в В-режиме на ультразвуковой системе “Сонорус”. Гель, расположенный участками в левой молочной железе с пристеночными гиперэхогенными включениями.

Fig. 10. B-mode ultrasound on the Sonorus ultrasound system. Gel located in patches in the left breast with mural hyperechoic inclusions.



Рис. 11. Ультразвуковое исследование в В-режиме на ультразвуковой системе “Сонорус”. Гелеома, сходная с лимфатическими узлами. Визуализация одновременно с фрагментом геля ниже гелеомы.

Fig. 11. B-mode ultrasound on the Sonorus ultrasound system. Geloma appearance similar to a lymph node. Note a gel fragment below the geloma.

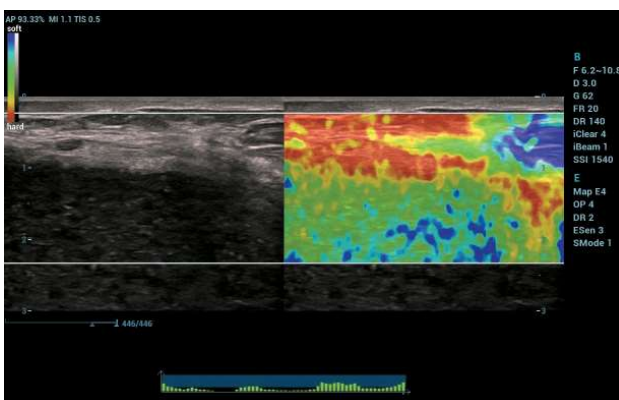


Рис. 12. Ультразвуковое исследование на ультразвуковом сканере Resona 7S (Mindray, Китай). Компрессионная эластометрия. “Мягкая” эластография. Для определения жесткости образования использовали точечную эластометрию, жесткость образования составила 41 кПа (IQR Med 11, 6%). При качественной оценке жесткости образования в режиме компрессионной эластографии не было выявлено зон с повышенной жесткостью.

Fig. 12. Ultrasound on the Resona 7S ultrasound system (Mindray, China). Strain elastography. “Soft” elastogram. Pointshear wave elastography was used to assess the stiffness of the lesion; the stiffness was 41 kPa (IQR Med 11,6%). A qualitative assessment of the mass’s stiffness using strain elastography revealed no hard areas.

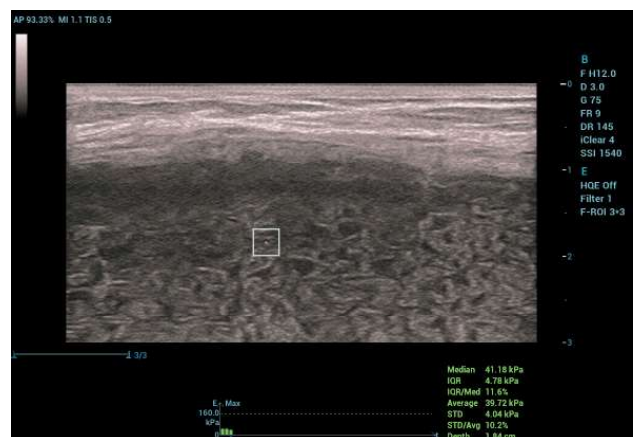


Рис. 13. Ультразвуковое исследование на ультразвуковом сканере Resona 7S (Mindray, Китай). Точечная эластометрия сдвиговой волной.

Fig. 13. Ultrasound using a Resona 7S ultrasound system (Mindray, China). Point shear wave elastography.

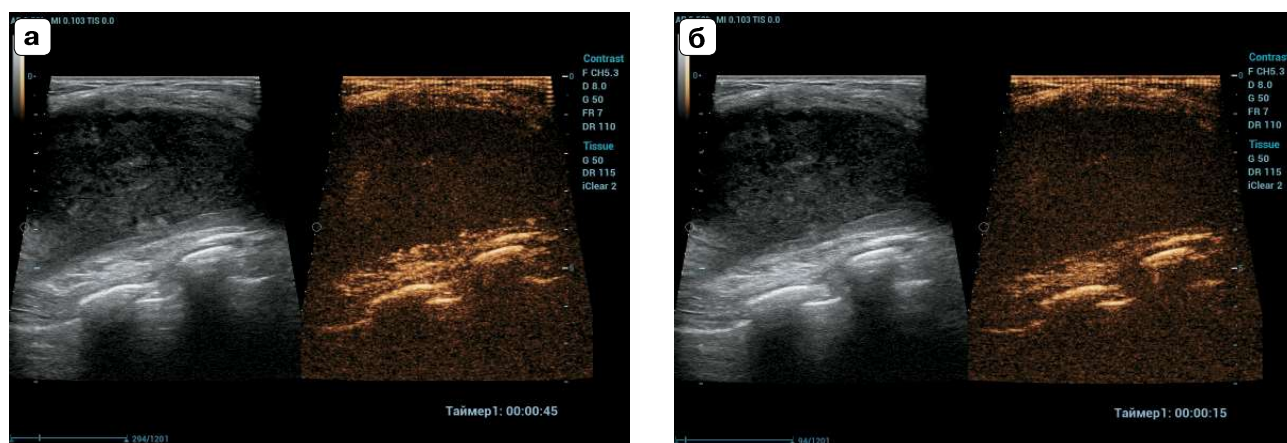


Рис. 14. Ультразвуковое исследование на ультразвуковом сканере Resona 7S (Mindray, Китай). Результаты КУУЗИ в артериальную и венозную фазы исследования. Визуальная оценка контрастирования. **а** – отсутствие контрастирования образования молочной железы в артериальную фазу (15 с от начала поступления контрастного препарата); **б** – отсутствие контрастного препарата в образовании в венозную фазу (60 с от начала контрастирования).

Fig. 14. Ultrasound image using a Resona 7S ultrasound system (Mindray, China). CEUS results in the arterial and venous phases of the examination. Visual assessment of contrast enhancement. **a** – no contrast enhancement of the breast mass in the arterial phase (15 seconds from the onset of contrast enhancement); **б** – no contrast enhancement in the mass in the venous phase (60 seconds from the onset of contrast enhancement).

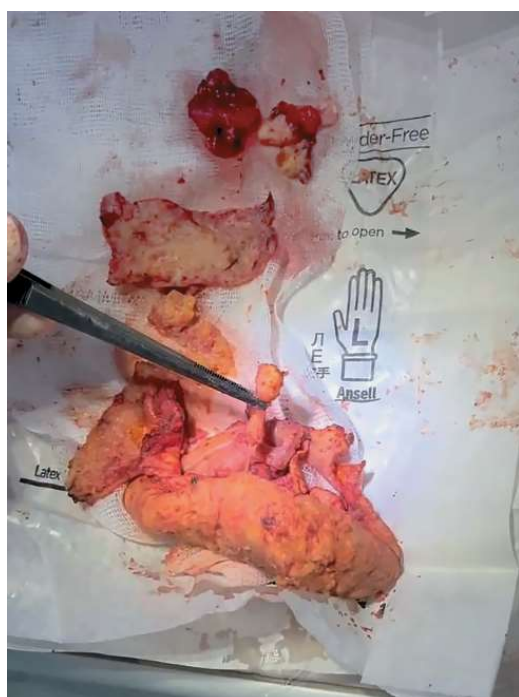


Рис. 15. Макроскопическая картина операционного материала. Участки тканей молочной железы, геля, гелеомы.

Fig. 15. Macroscopic image of the surgical specimen. Areas of breast tissue, gel, and geloma.



Рис. 16. Макроскопическая картина операционного материала. Участки тканей молочной железы, геля, кальцинаты.

Fig. 16. Macroscopic image of the surgical specimen. Areas of breast tissue, gel, and calcification.



Рис. 17. Молочные железы после хирургического лечения и маммопластики гелевыми имплантами.

Fig. 17. Breasts after surgical treatment and mammaplasty with gel implants.

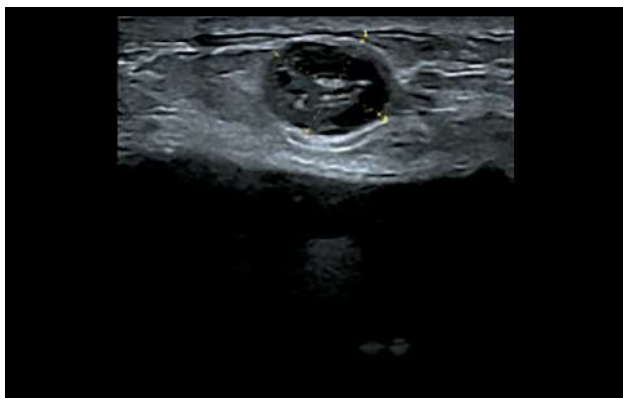


Рис. 18. Ультразвуковое исследование после проведенного хирургического лечения в В-режиме высокочастотным датчиком (12–14 МГц) на ультразвуковом сканере Voluson E8 (GE HC, США). Гелеома в левой молочной железе.

Fig. 18. Postoperative B-mode ultrasound with a high-frequency transducer (12–14 MHz) on a Voluson E8 ultrasound scanner (GE HC, USA). Geloma in the left breast.

Заключение МРТ: состояние после косметической пластики молочных желез с мультифокальными скоплениями ПААГ.

После консультации маммолога-онколога пациентке было рекомендовано хирургическое лече-

ние, удаление фрагментов ПААГ и железистой ткани молочных желез.

Пациентка прошла хирургическое лечение. Были удалены молочные железы. На рис. 15, 16 приведена интраоперационная картина удаленных тканей МЖ с фрагментами геля и гелеомами. На рис. 17 представлен результат после хирургического лечения и установки силиконовых имплантов.

Были получены результаты патолого-анатомического исследования операционного материала. Заключение: слева и справа фиброзная гиалинизированная ткань с включением зрелой жировой ткани с множественными олеогранулемами в фазе распада, очаговая лимфогистиоцитарная инфильтрация в ряде полей зрения без опухолевого роста.

После проведенного лечения было выполнено УЗИ. В подкожно-жировой клетчатке слева выявлена одна гелеома в нижнем внутреннем квадранте, медиальнее силиконового импланта (рис. 18).

ОБСУЖДЕНИЕ

Как показывают данные литературы и наше наблюдение, осложнения, связанные с аугментационной маммопластикой на основе полиакриламида, часто носят необратимый характер и с трудом поддаются лечению. “Полиакриламидный маммарный синдром” – термин, выделенный в 2001 г. академиком РАМН А.А. Адамяном для обозначения поздних осложнений инъекционной контурной пластики МЖ с помощью ПААГ [10]. Синдром включает осложнения как гнойно-воспалительного, так и невоспалительного характера. Некоторые причины миграции: гель расположен свободно в тканях, нет оболочки, что облегчает его перемещение под влиянием давления и движения тела, организм не вырабатывает антитела, так как не воспринимает гель как чужеродно вещество и не образуется капсула вокруг геля.

Гель создает благоприятную среду для проникновения и развития бактериальной инфекции, что может привести к воспалительным гнойным процессам (гнойному маститу) [10]. Приведенное клиническое наблюдение соответствует классической картине полиакриламидного маммарного синдрома (ПААМС). В нашем наблюдении присутствовали типичные симптомы ПААМС: миграция геля в мягкие ткани в подмышечные области, под фасцию трапецевидной мыш-

цы, образование гелеом в обеих МЖ (в большей степени в левой МЖ), асимметрия и деформация МЖ, болевой синдром.

В нашем исследовании описаны ультразвуковые находки: множественные гелеомы с толстой гиперэхогенной капсулой, неправильной формой и неоднородной внутренней структурой, что соответствует типичной картине осложнений после введения ПААГ, описанной в литературе [1, 10]. По данным исследований частота развития ПААС после инъекционной пластики МЖ варьирует в широких пределах – от 12 до 60% [1, 11]. Наиболее частые осложнения включают: миграцию геля с образованием гелеом, воспалительные реакции, деформацию МЖ, болевой синдром, капсулярную контрактуру.

Риск развития осложнений существенно возрастает через 5–10 лет после процедуры [11]. Ультразвуковая диагностика остается основным методом первичной оценки состояния тканей после введения ПААГ. Характерные признаки гелеом в В-режиме включают: толстую гиперэхогенную капсулу, неправильную форму, неоднородную внутреннюю структуру с участками повышенной и пониженной эхогенности, акустические тени (особенно при склеротическом типе) [10].

В нашем клиническом наблюдении были выявлены два типа гелеом – смешанный и склеротический, что согласуется с классификацией, предложенной А.А. Адамяном и соавт. [10].

Основные диагностические сложности возникают из-за того, что гелеомы могут имитировать злокачественные новообразования МЖ: склеротический тип гелеом с выраженной фиброзной капсулой и акустическими тенями может быть ошибочно принят за инвазивную карциному, некоторые гелеомы имеют ультразвуковые признаки, сходные с интрамаммарными лимфатическими узлами, что требует дифференциальной диагностики с лимфаденопатией [2, 6]. Это полностью соответствует нашему наблюдению, где гелеомы вызывали диагностические затруднения из-за схожести с опухолевым процессом.

Для уточнения природы образований применяются: эластография, КУУЗИ, МРТ молочной железы. Эластография позволяет оценить жесткость тканей. Гелеомы обычно демонстрируют умеренную или низкую жесткость, в отличие от большинства злокачественных опухолей [10]. В нашем наблюде-

нии эластография не выявила признаков злокачественности.

КУУЗИ помогает оценить характер васкуляризации. Гелеомы, как правило, не накапливают контрастное вещество, тогда как злокачественные опухоли часто демонстрируют активное накопление [10]. В данном клиническом наблюдении КУУЗИ также не выявило признаков злокачественного процесса.

МРТ молочной железы обладает высокой чувствительностью в выявлении ПААГ и его осложнений, позволяет точно определить границы и распространение геля [10]. При сохраняющейся неопределенности показана биопсия. Это “золотой стандарт” дифференциальной диагностики, позволяющий исключить злокачественный процесс [1, 9].

В описанном нами наблюдении совокупность данных:

- типичная ультразвуковая картина гелеом;
- отсутствие признаков злокачественности по данным эластографии и КУУЗИ;
- категория BI-RADS 2 по результатам комплексного обследования;
- подтверждение отсутствия злокачественного процесса при гистологическом исследовании позволила уверенно установить диагноз ПААМС и избежать гипердиагностики рака МЖ.

Учитывая данные проведенных исследований и физикального осмотра, была определена категория BI-RADS 2. Гистологическое исследование операционного материала подтвердило отсутствие злокачественного процесса.

Таким образом, картина ПААМС включает в себя полиморфизм ультразвуковых признаков, часто может иметь схожую картину со злокачественным процессом. У данной пациентки злокачественный процесс не подтвердился. В нашем наблюдении лимфатические узлы не были изменены. Учитывая риски последующих инфекционных осложнений, рекомендовано удалять участки, содержащие ПААГ и гелеомы во всех локализациях.

Участие авторов

Балтер Р.Б. – проведение исследования, участие в телемедицинском исследовании.

Пугачева Т.А. – сбор и обработка данных, обзор публикаций по теме статьи, написание текста, подготовка и редактирование текста.

Целкович Л.С. – концепция и дизайн исследования.

Ларионова С.Н. – проведение исследования, написание текста.

Иванова Т.В. – проведение исследования, участие в телемедицинском исследовании.

Кочетков Р.И. – проведение хирургического лечения.

Бикеев Ю.В. – редактирование текста.

Authors' participation

Balter R.B. – study conduct, participation in the telemedicine study.

Pugacheva T.A. – data collection and processing, review of publications on the topic of the article, writing, preparation and editing of the text.

Tselkovich L.S. – study concept and design.

Larionova S.N. – study conduct, writing of the text.

Ivanova T.V. – study conduct, participation in the telemedicine study.

Kochetkov R.I. – surgical treatment.

Bikeev Yu.V. – text editing.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ [REFERENCES]

1. Острецова Н.И., Адамян А.А., Копыльцов А.А., Николаева-Федорова А.В. Полиакриламидные гели, их безопасность и эффективность (обзор). 2017. URL: <https://borovikov.ru/poliakrilamidnye-geli/?ysclid=mhhl17eeh26493801> (дата обращения: 15.05.2026).
Ostretsova N.I., Adamyan A.A., Kopyltsov A.A., Nikolaeva-Fedorova A.V. Polyacrylamide gels, their safety and efficacy (review). 2017. URL: <https://borovikov.ru/poliakrilamidnye-geli/?ysclid=mhhl17eeh26493801> (date of access: 15.05.2026). (In Russian)
2. All about lip augmentation. Enhancement Media. URL: <http://www.lipaugmentation.com/microimplants.html> (дата обращения: 05.03.2026).
3. Cosmetic Surgery World News. Berlin conference. URL: <http://www.faceshapers.co.uk> (дата обращения: 05.03.2026).
4. Энциклопедия полимеров. М.: Советская энциклопедия, 1972; т. 1: 30.
Encyclopedia of Polymers. Moscow: Soviet Encyclopedia, 1972; v. 1: 30. (In Russian)
5. Tang P., Ng S.L. Delayed complications from polyacrylamide gel breast fillers: a case report. *J. Surg. Case Rep.* 2024; 2024 (2): rjae095. <https://doi.org/10.1093/jscr/rjae095>
6. Фисенко Е.П. Ультразвуковая диагностика гелем мягких тканей и молочной железы. *Ультразвуковая и функциональная диагностика*. 2015; 5: 57.
Fisenko E.P. Ultrasound diagnostics of soft tissue and mammary gland heliomas. *Ultrasound & Functional Diagnostics*. 2015; 5: 57. (In Russian)
7. Unukovych D., Khrapach V., Wickman M. et al. Polyacrylamide gel injections for breast augmentation: management of complications in 106 patients, a multicenter study. *Wld J. Surg.* 2012; 36 (4): 695–701. <https://doi.org/10.1007/s00268-011-1273-6>
8. Goh W.X.T., Lee Y.S., Teo S.Y. Injection mammaplasty: Normal imaging appearances, complications, and implications for mammographic screening. *Breast Disease*. 2023; 42 (1): 37–44. <https://doi.org/10.3233/BD-220059>
9. Сенча А.Н., Бикеев Ю.В., Зубарева Е.А. и др. Ультразвуковое исследование с контрастированием в дифференцировке опухолей молочной железы: учебное пособие. М.: МЕДпресс-информ, 2022. 79 с. ISBN 978-5-907504-03-5
Sencha A.N., Bikeev Yu.V., Zubareva E.A., et al. Ultrasound examination with contrast in the differentiation of breast tumors: a tutorial. Moscow: MEDpress-inform, 2022. 79 p. ISBN 978-5-907504-03-5 (In Russian)
10. Адамян А.А., Светухин А.М., Скуба Н.Д., Ромашов Ю.В., Копыльцов А.А., Митиш В.А., Цветков В.О., Николаева-Федорова А.В. Полиакриламидный маммарный синдром: клиника, диагностика, лечение. *Анналы пластической, реконструктивной и эстетической хирургии*. 2001; 4: 20–32.
Adamyan A.A., Svetukhin A.M., Skuba N.D. et al. Polyacrylamide mammary syndrome: clinical features, diagnostics, treatment. *Annals of plastic, reconstructive and aesthetic surgery*. 2001; 4: 20–32. (In Russian)
11. Li T., Gui Y., Cui X., Chen L. Lumboabdominal migration of injected polyacrylamide hydrogel following breast augmentation: a case report and literature review. *Gland. Surg.* 2024; 13 (10): 1863–1872. <https://doi.org/10.21037/gS-24-311>

Ultrasound diagnosis of polyacrylamide mammary syndrome after augmentation mammaplasty with gel injection (clinical case report)

R.B. Balter^{1,2}, T.A. Pugacheva^{1,2*}, L.S. Tselkovich¹, S.N. Larionova^{1,3},
T.V. Ivanova^{1,2}, R.I. Kochetkov⁵, Yu.V. Bikeev⁴

- ¹ Institute of Professional Education, Samara State Medical University of the Ministry of Health of Russia; 21, Galaktionovskaya str., Samara 443020, Russian Federation
- ² Samara Regional Medical Center Dynasty; 21, Galaktionovskaya str., Samara 443020, Russian Federation
- ³ Clinics of Samara State Medical University; 165B, Karl Marx ave., Samara 443079, Russian Federation
- ⁴ 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
- ⁵ Clinical Hospital JSC "Russian Railways"; 222B, Novo-Sadovaya str., Samara 443029, Russian Federation

Regina B. Balter – MD, Doct. of Sci. (Med.), Professor, Head of the Department of Ultrasound Diagnostics, Institute of Professional Education, Samara State Medical University; Ultrasound Diagnostics Physician, Samara Regional Medical Center "Dynasty", Samara. <https://orcid.org/0000-0001-6724-0066>

Tatyana A. Pugacheva – MD, PhD (Med.), Assistant of the Department of Ultrasound Diagnostics, Institute of Professional Education, Samara State Medical University; Ultrasound Diagnostics Physician, Samara Regional Medical Center "Dynasty", Samara. <https://orcid.org/0000-0001-6813-0248>

Lyudmila S. Tselkovich – MD, Doct. of Sci. (Med.), Associate Professor, Professor of the Department of Ultrasound Diagnostics, Institute of Professional Education, Samara State Medical University, Samara. <https://orcid.org/0000-0002-0605-5104>

Svetlana N. Larionova – MD, Head of the Ultrasound Diagnostics Department of the Clinics, Samara State Medical University; Physician of the highest category, Assistant of the Department of Ultrasound Diagnostics, Institute of Professional Education, Samara State Medical University; Chief Specialist in Ultrasound Diagnostics (except Obstetrics and Gynecology) of the Ministry of Health of the Samara Region, Samara. <https://orcid.org/0000-0001-5736-8656>

Tatyana V. Ivanova – MD, PhD (Med.), Associate Professor of the Department of Ultrasound Diagnostics, Institute of Professional Education, Samara State Medical University; Ultrasound Diagnostics Physician, Samara Regional Medical Center "Dynasty", Samara. <https://orcid.org/0000-0002-6153-7456>

Roman I. Kochetkov – MD, PhD (Med.), Head of Surgical Department No. 2, Clinical Hospital JSC "Russian Railways", Samara. <https://orcid.org/0000-0003-0373-1936>

Yury V. Bikeev – MD, PhD (Med.), oncologist, ultrasound specialist, departments of ultrasound and functional diagnostics, breast pathology department, National Medical Research Center for Obstetrics, Gynecology and Perinatology named after academician V.I. Kulakov of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Moscow. <https://orcid.org/0009-0000-3757-5025>

Correspondence* to Dr Tatyana A. Pugacheva – e-mail: Tany-med@yandex.ru

The article presents a clinical case report of complications associated with polyacrylamide gel (PAAG) injection, identified during breast ultrasound. The ultrasound findings are consistent with polyacrylamide mammary syndrome. Patient N., 58, with a history of PAAG injection in 1995, presented with complaints of breast pain and fullness, asymmetry, compaction, and enlargement of the left breast. A breast ultrasound revealed multiple nodular lesions, which should be differentiated between "gelomas" (silicone or polyacrylamide gel induced granulomas) and breast tumors. This clinical case presents ultrasound features for the differential diagnosis of gel collections and tumors. Particular attention is paid to the potential of multiparametric ultrasound for the differential diagnosis of gelomas and malignant breast masses using modern ultrasound techniques. The patient underwent multiparametric ultrasound in B-mode, color Doppler imaging, and contrast-enhanced ultrasound (CEUS). The use of power and color Doppler imaging (CDI) helps assess the anatomy of breast vessels and blood flow velocity, identifying areas of increased blood flow. It is emphasized that ultrasound in the presence of polyacrylamide gel (PAAG) in the mammary glands is significantly complicated. Due to the similarity in the ultrasound appearance of gelomas and malignant masses, it is important for operator to be familiar with the ultrasound features of complications associated with the PAAG injections. The article presents data on the subsequent treatment and follow-up of this patient.

Keywords: polyacrylamide gel; gel collections; telemedicine; contrast-enhanced ultrasound; elastography

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

Financing. This study had no sponsorship.

Citation: Balter R.B., Pugacheva T.A., Tselkovich L.S., Larionova S.N., Ivanova T.V., Kochetkov R.I., Bikeev Yu.V. Ultrasound diagnosis of polyacrylamide mammary syndrome after augmentation mammaplasty with gel injection (clinical case report). *Ultrasound and Functional Diagnostics*. 2026; 32 (3): 36–47. <https://doi.org/10.24835/1607-0771-378> (In Russian)

Received: 30.12.2025.

Accepted for publication: 17.04.2026.

Published online: 5.06.2026.



Инфаркт миокарда с подъемом сегмента *ST* на фоне блокады правой ножки пучка Гиса. Возможности новых подходов эхокардиографической диагностики

Л.Г. Тюрина*, Л.Т. Хамидова, Н.В. Рыбалко, Н.С. Орлов, Я.В. Копытко, Г.А. Газарян

ГБУЗ города Москвы “Научно-исследовательский институт скорой помощи имени Н.В. Склифосовского Департамента здравоохранения города Москвы”; 129090 Москва, Большая Сухаревская площадь, д. 3, Российская Федерация

Представлено клиническое наблюдение пациента с ранее выявленной блокадой правой ножки пучка Гиса, госпитализированного с диагнозом “острый коронарный синдром без подъема сегмента *ST*” (ОКСбп*ST*). На ЭКГ при поступлении сохранялась полная блокада правой ножки пучка Гиса, атриовентрикулярная блокада I степени. Пациенту выполнена трансторакальная эхокардиография (ЭхоКГ) и спекл-трекинг (СТ) ЭхоКГ с оценкой показателей продольной деформации и миокардиальной работы левого желудочка (МР ЛЖ): индекса миокардиальной работы (MWI), конструктивной, потерянной работы и эффективности миокардиальной работы (MWE). По данным стандартной ЭхоКГ фракция выброса левого желудочка (ФВ ЛЖ) составляло 45%, отмечались нарушения локальной сократимости передне-перегородочной локализации. Эти данные были дополнены снижением индекса глобальной продольной деформации (GLS = -14,2%), снижением региональных значений пиковой систолической продольной деформации $\geq -14\%$, уменьшением площади петель “давление-деформация” с наклоном их вправо, характерным для ишемии, со снижением глобальных и сегментарных значений MWI и MWE ЛЖ по передне-перегородочной области ЛЖ на всех уровнях. При дообследовании – повышение тропонина I до 3,5 нг/мл. По результатам коронароангиографии (КАГ) – субокклюзия передней межжелудочковой ветви в проксимальной трети, выполнена транслюминальная баллонная ангиопластика со стентированием.

На следующие сутки в связи с элевацией сегмента *ST* в грудных отведениях проведена контрольная КАГ: ранее установленный стент без признаков тромбоза. Диагноз трансформирован в “острый инфаркт миокарда с подъемом сегмента *ST*”. При СТ-ЭхоКГ с оценкой МР ЛЖ отмечалась некоторая положительная динамика, подтверждающая данные контрольной КАГ.

Тюрина Ляля Георгиевна – врач ультразвуковой диагностики отделения ультразвуковой диагностики ГБУЗ “НИИ СП им. Н.В. Склифосовского ДЗМ”, Москва. <https://orcid.org/0000-0001-9941-8885>

Хамидова Лайла Тимарбековна – доктор мед. наук, заведующая научным отделением лучевой диагностики, врач ультразвуковой диагностики ГБУЗ “НИИ СП им. Н.В. Склифосовского ДЗМ”, Москва. <https://orcid.org/0000-0002-9669-9164>

Рыбалко Наталья Владимировна – доктор мед. наук, заведующая отделением функциональной диагностики ГБУЗ “НИИ СП им. Н.В. Склифосовского ДЗМ”, Москва. <http://orcid.org/0000-0001-6973-4430>

Орлов Никита Сергеевич – врач по рентгенэндоваскулярным методам диагностики и лечения отдела неотложной кардиологии и сердечно-сосудистой хирургии ГБУЗ “НИИ СП им. Н.В. Склифосовского ДЗМ”, Москва. <https://orcid.org/0009-0008-8540-2020>

Копытко Яна Валерьевна – врач-кардиолог кардиологического отделения, в том числе для больных инфарктом миокарда ГБУЗ “НИИ СП им. Н.В. Склифосовского ДЗМ”, Москва. <https://orcid.org/0009-0003-6501-0525>

Газарян Георгий Арташесович – доктор мед. наук, профессор, главный научный сотрудник ГБУЗ “НИИ СП им. Н.В. Склифосовского ДЗМ”, Москва. <https://orcid.org/0000-0001-5090-6212>

Контактная информация*: Тюрина Ляля Георгиевна – e-mail: tyurina.lyalya@mail.ru

При малой информативности ЭКГ-диагностики определение параметров глобальной и региональной продольной деформации и МР ЛЖ позволило уточнить распространенность повреждения миокарда, сократить задержку инвазивной диагностики и лечения, оценить результаты в динамике.

Ключевые слова: блокада правой ножки пучка Гиса; острый коронарный синдром; продольная деформация; постсистолический индекс; миокардиальная работа

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии возможных конфликтов интересов.

Финансирование. Исследование проведено без спонсорской поддержки.

Цитирование: Тюрина Л.Г., Хамидова Л.Т., Рыбалко Н.В., Орлов Н.С., Копытко Я.В., Газарян Г.А. Инфаркт миокарда с подъемом сегмента *ST* на фоне блокады правой ножки пучка Гиса. Возможности новых подходов эхокардиографической диагностики. *Ультразвуковая и функциональная диагностика*. 2026; 32 (3): 48–61. <https://doi.org/10.24835/1607-0771-379>

Поступила в редакцию: 30.12.2025.

Принята к печати: 17.04.2026.

Опубликована online: 02.06.2026.

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы повысился интерес к изучению значимости блокады правой ножки пучка Гиса (БПНПГ) при остром коронарном синдроме с элевацией сегмента *ST*. Известно, что прогноз при развивающемся инфаркте миокарда в отсутствие реперфузионной терапии нередко неблагоприятный, диагностика представляет определенные трудности [1–3]. По данным исследования Р. Widimsky и соавт., частота окклюзий коронарных артерий (КА) при БПНПГ оказалась выше, чем среди больных с полной блокадой левой ножки, в 26% наблюдений при окклюзии ствола левой коронарной артерии (ЛКА) имела место БПНПГ при отсутствии элевации сегмента *ST* [1]. В исследовании W.K. Chan и соавт., включающем 11 830 пациентов с острым коронарным синдромом (ОКС), БПНПГ при поступлении была выявлена у 5%, при этом поражение ствола ЛКА, передней межжелудочковой ветви (ПМЖВ), а также многососудистое поражение встречались при БПНПГ чаще, чем в ее отсутствие; БПНПГ явилась независимым предиктором внутрибольничной смертности [4]. Этот вывод нашел подтверждение и в других исследованиях, в том числе ретроспективном, включающем более миллиона пациентов, госпитализированных с инфарктом миокарда с подъемом сегмента *ST* (ИМпST), из которых 19 153 (1,8%) были с БПНПГ и ассоциировались с повышенной 30-дневной смертностью [5]. В то же время в исследовании J.M. Farinha и соавт., также отмечающем повышенный риск внутрибольничной летальности при БПНПГ, существенных различий в степени прогрессировании ишемиче-

ской болезни сердца (ИБС) у пациентов с БПНПГ и без нее не обнаружено [6]. Исходя из этих данных, ряд авторов полагают, что связь с диффузным поражением КА носит косвенный характер, учитывая, что наличие БПНПГ ассоциировано с более пожилым возрастом [1, 4–5]. J.T. Neumann и соавт. в ретроспективном исследовании, включающем 4067 пациентов с подозрением на ИМ, пришли к выводу, что БПНПГ связана с высоким риском годовой смертности, однако, поскольку вероятность острого ИМ сопоставима с таковой у пациентов без БПНПГ, авторы ставят под сомнение необходимость экстренной КАГ только на основании ее наличия; частота БПНПГ при ИМ в их исследовании составила 21% [7].

Эхокардиография (ЭхоКГ) является одним из основных исследований, применяемых для выявления нарушений сократимости при различных клинических формах ИБС, однако в ряде случаев визуальная оценка систолической функции левого желудочка (ЛЖ) может быть затруднена и недостаточно информативна. В связи с этим исследуется потенциал спекл-трекинг-эхокардиографии (СТ-ЭхоКГ) с оценкой продольной деформации и миокардиальной работы (МР ЛЖ), позволяющей приблизиться по информативности к инвазивным измерениям внутрисердечной гемодинамики. Метод предоставляет количественные и более точные характеристики функционального состояния миокарда ЛЖ [8, 9]. В приведенном наблюдении освещается практическая ценность применения данных методик у пациентов в первые минуты госпитализации и использования их в оценке эффективности проведенного лечения.

Цель исследования: на клиническом примере продемонстрировать и оценить новые подходы к своевременной диагностике острого трансмурального ИМ у пациента, госпитализированного с диагнозом “острый коронарный синдром без подъема сегмента *ST*”, с ранее выявленной блокадой правой ножки пучка Гиса.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Приведены данные пациента, проходившего лечение в отделении реанимации и интенсивной терапии для кардиологических больных. От пациента получено информированное согласие на использование данных медицинской документации в научных целях. При поступлении проводилась регистрация электрокардиограммы (ЭКГ), трансторакальная ЭхоКГ с использованием ультразвуковой системы Vivid E95 компании General Electric (GE) HealthCare (Норвегия) и секторного фазированного датчика M5Sc-D 3,5 МГц с последующей СТ-ЭхоКГ; КАГ – в течение первых 2 ч от момента поступления.

Для получения показателей МР ЛЖ с помощью методики построения петель “давление–деформация” на рабочей станции EchoPAC версии 204 (GE HealthCare) определяли продольную систолическую деформацию при проведении СТ-ЭхоКГ из трех апикальных позиций, моменты открытия и закрытия митрального и аортального клапанов с помощью импульсно-волновой доплерографии с последующей коррекцией в трехкамерной позиции по длинной оси и артериальное давление (АД) в плечевой артерии по методу Короткова во время проведения ЭхоКГ.

В работе были проанализированы показатели глобальной продольной деформации (GLS) и сегментарной пиковой продольной систолической деформации (ППСД), а также сегментарные значения раннего систолического индекса (РСИ) и постсистолического индекса (ПСИ). РСИ определялся по формуле: $[100 \times (\text{амплитуда пиковой положительной систолической деформации} / \text{амплитуда пиковой положительной систолической деформации} \text{ минус амплитуда пиковой отрицательной систолической деформации})]$. ПСИ определялся как: $[100 \times (\text{амплитуда пиковой отрицательной деформации в сердечном цикле} \text{ минус амплитуда пиковой отрицательной конечно-систолической деформации})]$, деленная на амплитуду пиковой отрицательной деформации в сердечном цикле].

В исследовании представлен расчет следующих показателей МР ЛЖ:

1. Индекс миокардиальной работы (глобальный – global work index, GWI; сегментарный – myocardial work index, MWI; единица измерения: мм рт.ст.%), отражающий всю работу, совершаемую ЛЖ в период времени от закрытия до открытия митрального клапана и представляющий собой площадь неинвазивной петли “давление–деформация”.

2. Конструктивная миокардиальная работа (глобальная – global constructive work, GCW; сегментарная – myocardial constructive work, MCW; единица измерения: мм рт.ст.%), отражающая укорочение кардиомиоцитов во время систолы и удлинение их в фазу изоволюметрического расслабления, т.е. выполненную миокардом ЛЖ работу, направленную на изгнание крови во время систолы.

3. Потерянная миокардиальная работа (глобальная – global wasted work, GWW; сегментарная – myocardial wasted work, MWW; единица измерения: мм рт.ст.%), отражающая удлинение кардиомиоцитов во время систолы и укорочение их в фазу изоволюметрического расслабления – выполненную миокардом работу, не направленную на изгнание крови из полости ЛЖ.

4. Эффективность работы миокарда (глобальная – global work efficiency, GWE; сегментарная – myocardial work efficiency, MWE; единица измерения: %), вычисляемая как отношение конструктивной работы к сумме конструктивной и потерянной работ.

В качестве значений оцениваемых глобальных параметров, соответствующих нормальным, использовались данные рекомендаций по количественной оценке камер сердца и объединенные результаты наиболее крупных исследований, приведенные в работе С.И. Иванова и М.Н. Алехина: глобальная продольная деформация $-20 \pm 2\%$; постсистолический индекс $>20\%$; индекс глобальной работы, GWI -2058 ± 305 мм рт.ст.%; глобальная конструктивная работа, GCW -2300 ± 350 мм рт.ст.%; глобальная потерянная работа, GWW $-75 (55-100)$ мм рт.ст.%; эффективность глобальной работы, GWE $-96 (94-97)\%$ [10,11]. Для выявления региональных изменений ППСД и MWI, характерных для значимого поражения коронарных артерий, в качестве ориентира приведены результаты исследования С. Бек и соавт. и Е. Вое и соавт. с пороговыми значениями: -14% в ≥ 4 смежных сегментах для ППСД и 1700 мм рт.ст. в ≥ 4 смежных сегментах для MWI [8, 9].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Пациент 79 лет госпитализирован 23.07.2024 в отделение реанимации и интенсивной терапии для кардиологических больных более чем через 24 ч от начала первых проявлений заболевания с направительным диагнозом: “острый коронарный синдром без подъема сегмента *ST*”. Риск по шкале GRACE высокий – 145 баллов. На ЭКГ на догоспитальном этапе – полная БПНПГ и атриовентрикулярная блокада I степени, регистрируемые с 2023 г.

Причина госпитализации – впервые возникший при обычной физической нагрузке эпизод сжимающей загрудинной боли длительностью до 20 мин, в день госпитализации – дискомфорт за грудиной с чувством облегчения после приема нитроглицерина. При поступлении состояние пациента расценено как тяжелое, обусловленное ОКС, эпизодом острой левожелудочковой недостаточности, сознание ясное, дыхание жесткое. ЭКГ при поступлении расценена как без динамики по сравнению с ЭКГ на догоспитальном этапе, обращала на себя внимание намечающаяся элевация сегмента *ST* в отведении V_3 (рис. 1а).

В анализах крови: повышение уровня КФК до 671,11 Ед/л, КФК-МВ до 79,41 Ед/л, высокочувствительного тропонина I до 3,5 нг/мл (референсные значения: 0,00–0,020 нг/мл) с нарастанием в динамике на 2-й день до 4,3 нг/мл, аспаратаминотрансферазы до 60,53 Ме/л и глюкозы крови – 7,03 ммоль/л.

По данным стандартной трансторакальной ЭхоКГ при поступлении фракция выброса левого желудочка (ФВ ЛЖ) 45%, гипокинез переднего, передне-перегородочного и перегородочного сегментов на среднем уровне, переднего и перегородочного апикальных сегментов ЛЖ. Однако при повторном исследовании в связи с проведением СТ-ЭхоКГ отмечалось вовлечение всех верхушечных сегментов, а также переход зоны нарушений сократимости со среднего на базальный уровень – гипокинез передне-перегородочного базального сегмента на фоне гиперкинеза боковой стенки на среднем и базальном уровнях; конечный диастолический объем – 109 мл, конечный систолический объем – 60 мл, индекс левого предсердия – 28,7 мл/м²; митральная регургитация – I степени; ранняя диастолическая скорость в перегородочном участке митрального кольца (e' med.) – 8 см/с, в латеральном участке (e' lat.) – 10 см/с; E/e' – 7,4; скорость трикуспидальной регургитации – 2,7 м/с; систолическое давление в легочной артерии – 35 мм рт.ст. При СТ-ЭхоКГ отмечалось

снижение индекса глобальной продольной деформации ($GLS = -14,2\%$), региональное снижение значений ППСД $\geq 14\%$ по апикальным сегментам, переднему, передне-перегородочному и перегородочному сегментам на среднем уровне, передне-перегородочному и перегородочному сегментам на базальном уровне – 9 сегментов (рис. 2 а–г), а также повышение постсистолического и раннего систолического индексов более 20% по верхушке, передне-перегородочной области ЛЖ (рис. 3 а, б, г, д); при оценке миокардиальной работы в тех же сегментах ЛЖ отмечалось уменьшение площади петель “давление–деформация” со смещением их вправо, характерным для ишемии, со снижением глобальных и сегментарных параметров индекса и эффективности МР ЛЖ (рис. 4 а, в, д). GW_i составил 1501 мм рт.ст.%, GCW – 1608 мм рт.ст.%, GW_w – 153 мм рт.ст.%, GWE – 91% (AD – 130/80 мм рт.ст.), $MWI < 1700$ мм рт.ст. в 9 смежных сегментах по передней, передне-перегородочной и перегородочной стенкам ЛЖ.

На основании данных анамнеза, объективного осмотра, данных ЭКГ, ЭхоКГ с применением СТ-ЭхоКГ и лабораторного исследования пациенту в экстренном порядке, в первые 2 ч, выполнена КАГ, при которой при правом типе коронарного кровоснабжения выявлен стеноз 99% в проксимальной трети и до 50% в средней трети ПМЖВ; стеноз 60% в средней трети огибающей ветви, стеноз до 50% в устье ветви тупого края первого порядка, протяженный стеноз на границе средней и дистальной третей до 60%; неровность контуров, стеноз до 70% в средней трети правой КА. Пациенту выполнено чрескожное коронарное вмешательство (ЧКВ) на симптом-связанной артерии: транслуминальная баллонная ангиопластика и стентирование ПМЖВ стентом с лекарственным покрытием $3,5 \times 24$ мм, антеградный кровоток TIMI III (рис. 5).

На следующие сутки госпитализации при отсутствии жалоб у пациента в динамике отмечалась ЭКГ-картина эволюции ИМ передней стенки, перегородки, верхушки ЛЖ с элевацией сегмента *ST* в отведениях V_2 – V_6 с негативизацией зубцов Т в отведениях V_2 – V_5 на фоне БПНПГ, атриовентрикулярная блокада I степени (рис. 1 б). Тропонин I в динамике – 4,3 нг/мл.

В связи с выявленными изменениями проведена повторная КАГ: на контрольной КАГ ранее установленный стент без признаков тромбоза, пациент расценен с “острым инфарктом миокарда с подъемом сегмента *ST*”. При СТ-ЭхоКГ на 2-е сутки после госпитализации и проведенного

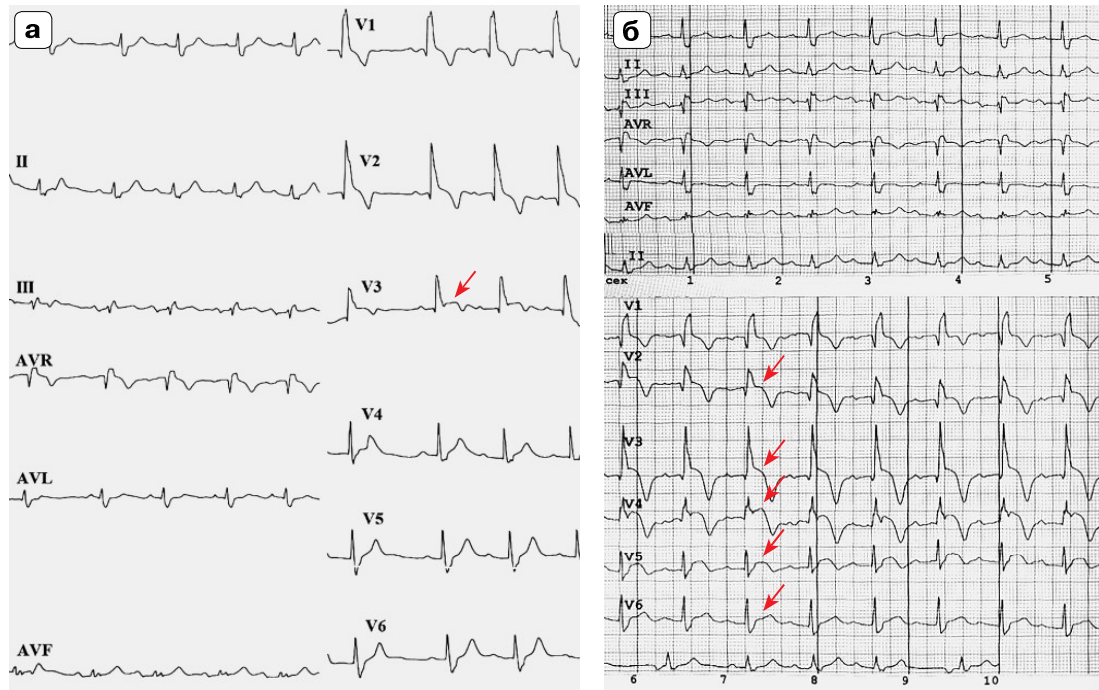


Рис. 1. ЭКГ при поступлении (а) и на следующие сутки госпитализации (б). Стрелками указана элевация сегмента *ST* в прекардиальных отведениях.

Fig. 1. Electrocardiogram on admission (a) and the following day of hospitalization (б). Arrows indicate the *ST* segment elevation in the precordial leads.

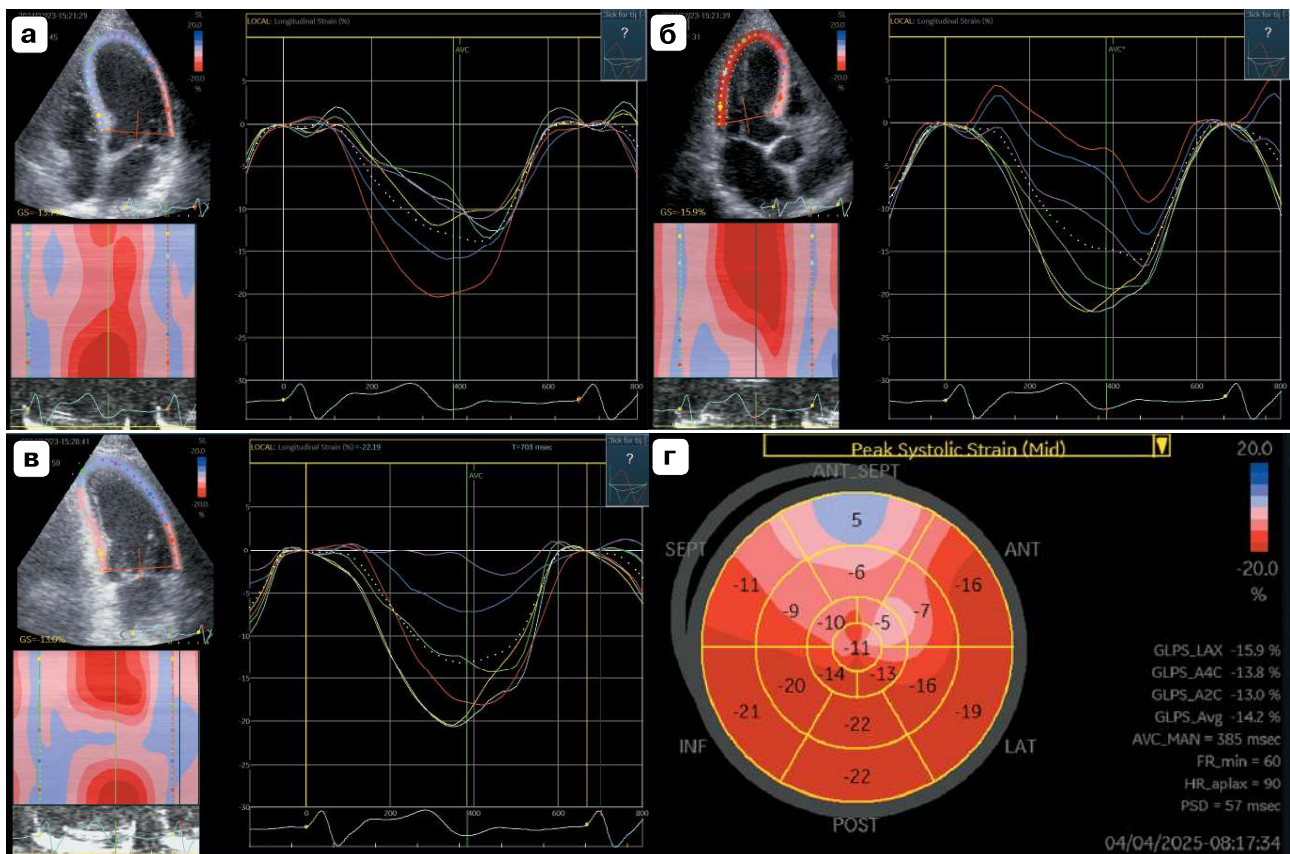


Рис. 2. / Fig. 2.

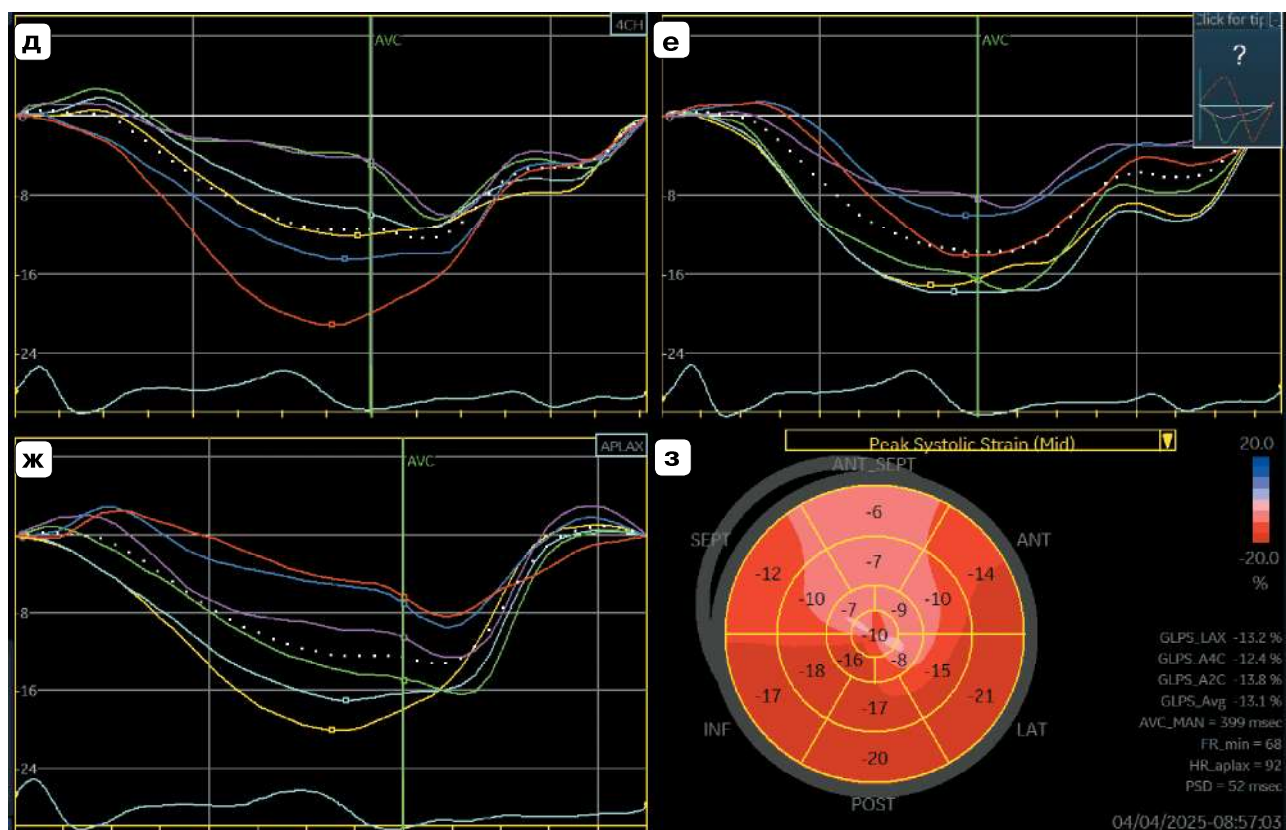


Рис. 2. Показатели продольной деформации до и на следующие сутки после ЧКВ на симптом-связанной ПМЖВ. Кривые продольной деформации из четырех- (а), трех- (б) и двухкамерной (в) позиций и 17-сегментная схема “бычий глаз” (г) при исследовании до коронарографии. Изменения цвета с красного на розовый и голубой указывают на региональное снижение показателей пиковой продольной систолической деформации. Значение GLS до ЧКВ = -14,2%.

Кривые продольной деформации из четырех- (д), трех- (е) и двухкамерной (ж) позиций и 17-сегментная схема “бычий глаз” (з) при исследовании после ЧКВ на симптом-связанной ПМЖВ. Значение GLS после ЧКВ = -13,1% (без существенной динамики), отмечается некоторое улучшение региональных показателей – увеличение сегментарных значений пиковой продольной деформации по передне-перегородочной области; GLS – глобальная продольная систолическая деформация, ПМЖВ – передняя межжелудочковая ветвь; ЧКВ – чрескожное коронарное вмешательство.

Fig. 2. Longitudinal strain values before and the next day after PCI on the symptom-related LAD.

Longitudinal strain curves recorded from four- (a), three- (b), and two-chamber (v) views and a 17-segment bull's-eye diagram (r) during the study before coronary angiography. Color changes from red to pink and blue indicate a regional decrease in peak longitudinal systolic strain values. Pre-PCI GLS value = -14.2%.

Longitudinal strain curves recorded from four- (д), three- (е), and two-chamber (ж) views and a 17-segment bull's-eye diagram (з) during the study after coronary angiography and PCI on the symptom-related LAD. Post-PCI GLS = -13.1% (without significant dynamics), some improvement in regional parameters is noted – an increase in segmental values of peak longitudinal strain in the anteroseptal region. GLS, global longitudinal strain, LAD, left anterior branch; PCI, percutaneous coronary intervention.

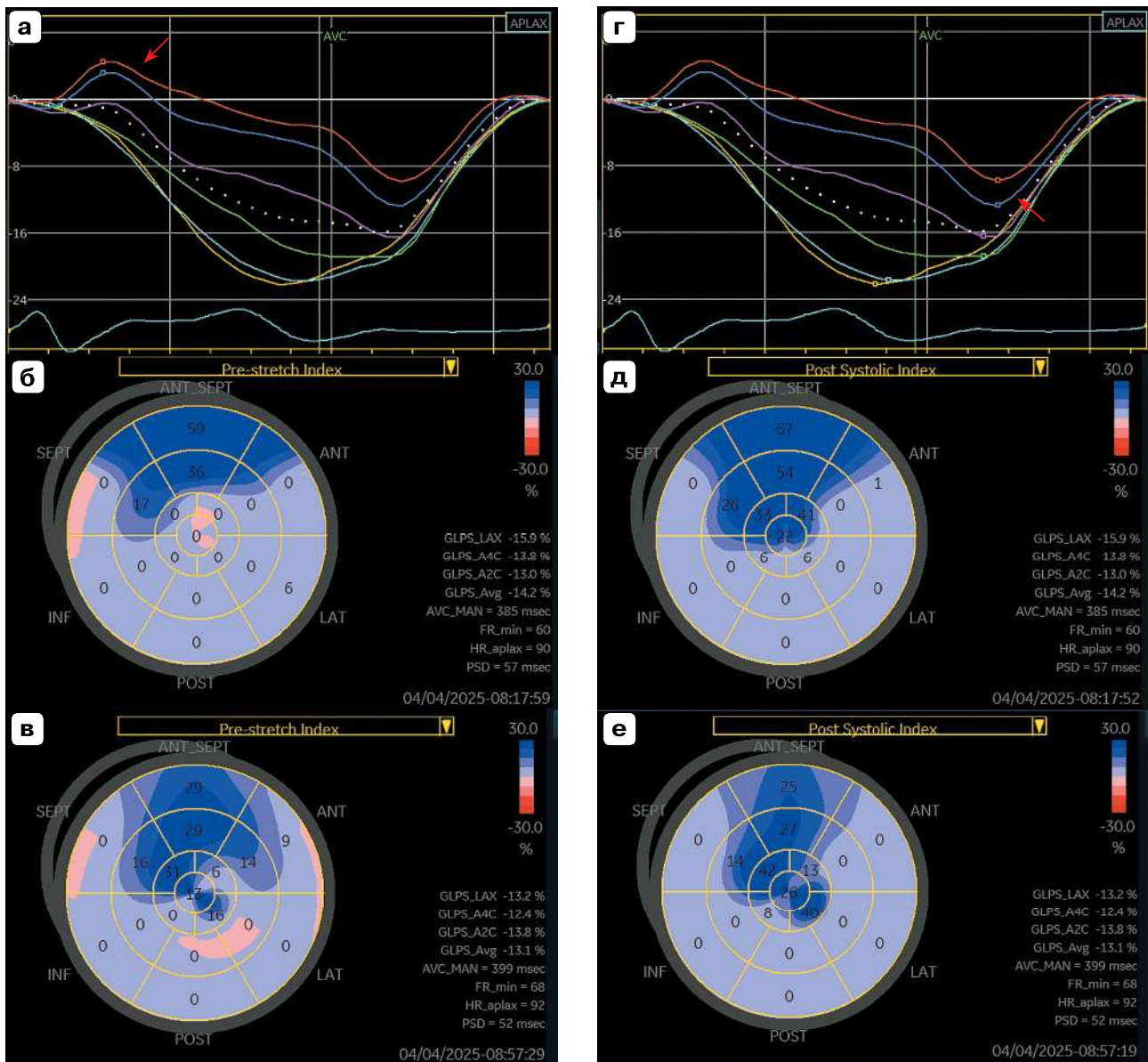


Рис. 3. Сегментарные значения раннего систолического индекса и постсистолического индекса до и на следующие сутки после ЧКВ на симптом-связанной ПМЖВ.

На примере кривых продольной деформации из трехкамерной позиции (**а**) стрелкой указано раннее систолическое удлинение продольных волокон передне-перегородочных сегментов на среднем и базальном уровнях; 17-сегментная схема “бычий глаз” (**б**) раннего систолического индекса. Изменение голубого цвета на синий на схеме отображает повышение значений РСИ; на примере кривых продольной деформации, зарегистрированных из трехкамерной позиции (**г**), стрелкой указано постсистолическое удлинение продольных волокон передне-перегородочных сегментов на среднем и базальном уровнях; схема “бычий глаз” (**д**) постсистолического индекса – изменение голубого цвета на синий на схеме отображает повышение значений ПСИ; региональные изменения РСИ (**в**) и ПСИ (**е**) на схемах после ЧКВ – снижение значений по передне-перегородочной и перегородочной области ЛЖ в динамике.

Примечание. ЛЖ – левый желудочек, ПМЖВ – передняя межжелудочковая ветвь; ПСИ – постсистолический индекс; ПСПД – пиковая систолическая продольная деформация; РСИ – ранний систолический индекс; ЧКВ – чрескожное коронарное вмешательство.

Fig. 3. Segmental values of early systolic index and postsystolic index before and the next day after PCI on symptom-related LAD.

Fig. 3. (end).

Example of longitudinal strain curves recorded from the three-chamber position (a), the arrow indicates early systolic lengthening of the longitudinal fibers of the middle and basal anteroseptal segments; 17-segment “bull’s eye” diagram (б) of the early systolic index. A change in blue color to deep blue in the diagram shows an increase in the RSI values; in the example of longitudinal strain curves recorded from the three-chamber position (r), the arrow indicates postsystolic lengthening of the longitudinal fibers of the anterior septal segments at the middle and basal levels; “bull’s eye” diagram (д) of the postsystolic index. A change in light blue color to blue in the diagram shows an increase in the PSI values; regional changes in RSI (в) and PSI (е) on the diagrams after PCI – decrease in values in the anteroseptal and septal regions of the LV in dynamics. Notes. LV, left ventricle, LAD, anterior interventricular branch; PSI, postsystolic index; PSLS, peak systolic longitudinal strain; ESI, early systolic index; PCI, percutaneous coronary intervention.

ЧКВ при отсутствии существенных изменений глобальной продольной деформации ($-13,1\%$ при повторном исследовании) отмечались увеличение сегментарных значений пиковой систолической продольной деформации переднеперегородочной области (рис. 2 д–з), снижение постсистолического и раннего систолического индексов (рис. 3 в, е), тенденция к нормализации петель “давление–деформация” по переднеперегородочной области ЛЖ, повышение глобальной эффективности миокардиальной работы (рис. 4 б, г, е). GWI в динамике: 1218 мм рт. ст.%, GCW – 1236 мм рт. ст.%, GWW – 56 мм рт.ст.%, GWE – 95% (АД – 110/79 мм рт.ст.). Учитывая снижение АД при повторном исследовании и корреляцию цифр АД с показателем индекса работы, отмечалось относительное снижение значения GWI, сохранялись сегментарные изменения с некоторым улучшением показателей (тенденцией к “нормализации” формы петель) по переднеперегородочной и передней стенкам ЛЖ. Эффективность работы, ассоциируемая с меньшей зависимостью от значений АД, на примере данного наблюдения может быть более объективным количественным показателем при оценке лечения в динамике.

При стандартной ЭхоКГ перед выпиской глобальная систолическая функция ЛЖ удовлетворительная (ФВ ЛЖ 59%), отмечался умеренный гипокинез перегородочного и переднего верхушечных сегментов ЛЖ.

После ЧКВ на фоне медикаментозной терапии (статины, антагонисты рецепторов ангиотензина II, блокаторы кальциевых каналов, диуретическая и двойная дезагрегантная терапия) достигнут клинический эффект – ангинозные боли не рецидивировали, в связи с выявленными эпизодами блокады II степени с двумя паузами более 2 с по данным холтеровского мониторирования ЭКГ рекомендована плановая консультация аритмолога в плановом порядке по месту жительства.

ОБСУЖДЕНИЕ

Тактика диагностики и лечения ОКС как при ранее выявленной, так и при остро возникшей БПНПГ остается актуальной, но не до конца решенной проблемой [12]. В рекомендациях Европейской ассоциации кардиологов по лечению инфаркта миокарда с элевацией сегмента ST отмечается, что БПНПГ может затруднять диагностику ИМпST, в связи с чем неотложное применение инвазивного лечения предлагается при наличии персистирующих симптомов ишемии как при впервые возникшей БПНПГ, так и при ранее существующей [13]. G. Rector и соавт., как и J.T. Neumann и соавт., не придают БПНПГ диагностической значимости, считая, что при подозрении на острый ИМ любой подъем сегмента ST в отведениях V_1 – V_3 следует рассматривать как показание к проведению неотложной КАГ [14, 7].

В нашем наблюдении у госпитализированного с ОКСбпST оценка параметров продольной деформации и миокардиальной работы ЛЖ непосредственно при поступлении дополнила данные стандартной ЭхоКГ по распространенности поражения в бассейне ПМЖВ, определяя показания к экстренной КАГ еще до получения данных о повышенном уровне высокочувствительного тропонина I. По результатам инвазивной диагностики была выявлена субокклюзия клинически наиболее значимой ПМЖВ, в ходе одной процедуры артерия была восстановлена. В отсутствие убедительных признаков элевации сегмента ST феномен удлинения миокардиальных волокон на протяжении значительной части систолы при оценке кривых продольной деформации переднеперегородочных сегментов свидетельствовал об изменениях, более характерных для ИМпST.

При более выраженной элевации сегмента ST на фоне БПНПГ, проявившейся после восстановления инфаркт-связанной ПМЖВ, оценка СТ-ЭхоКГ в динамике с тенденцией к улуч-

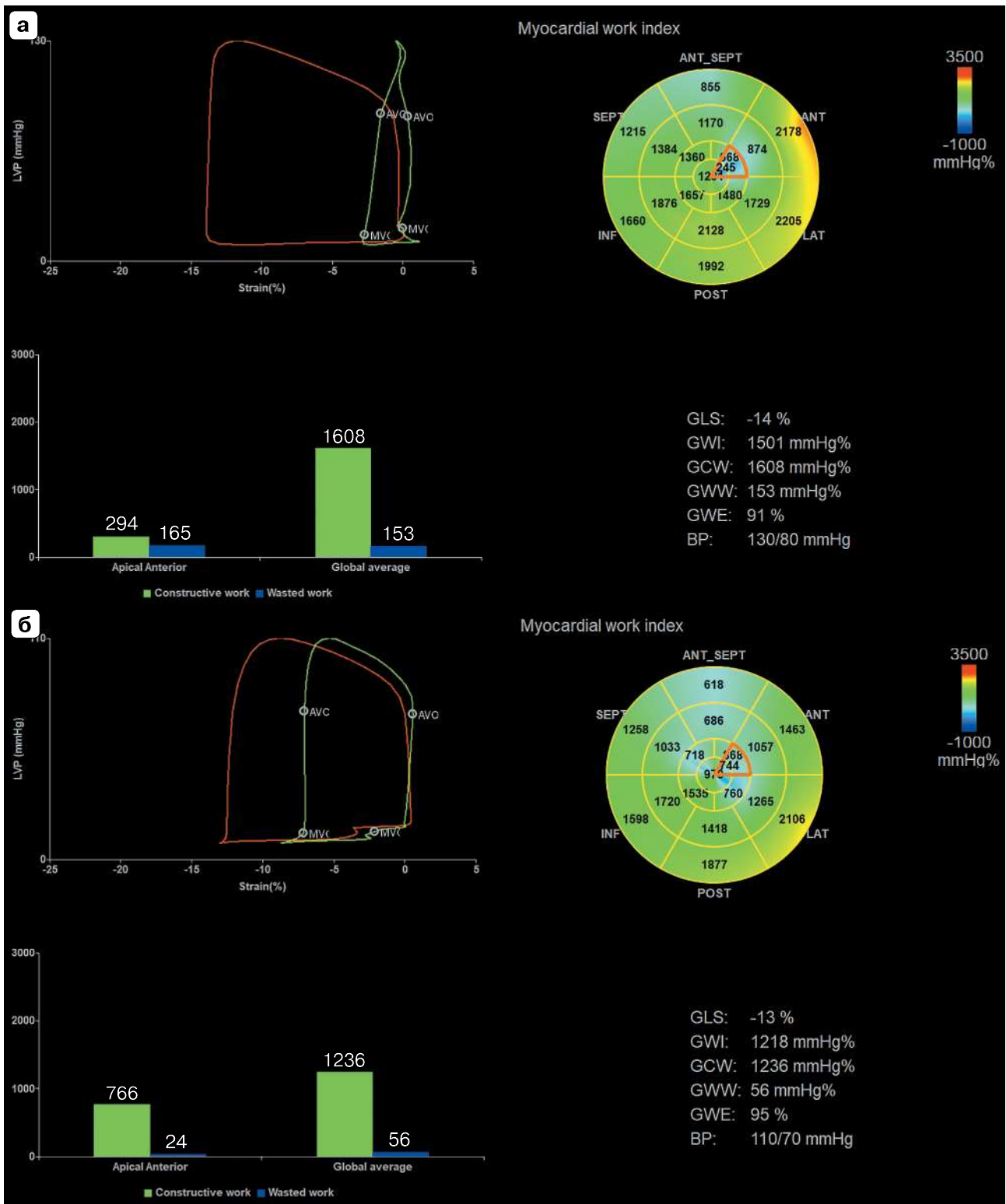


Рис. 4. Изменение индекса и эффективности миокардиальной работы ЛЖ до и на следующие сутки после ЧКВ на симптом-связанной ПМЖВ.

Fig. 4. Changes in the LV myocardial work index (MWI) and myocardial work efficiency (MWE) before and the next day after PCI on the symptom-related LAD.

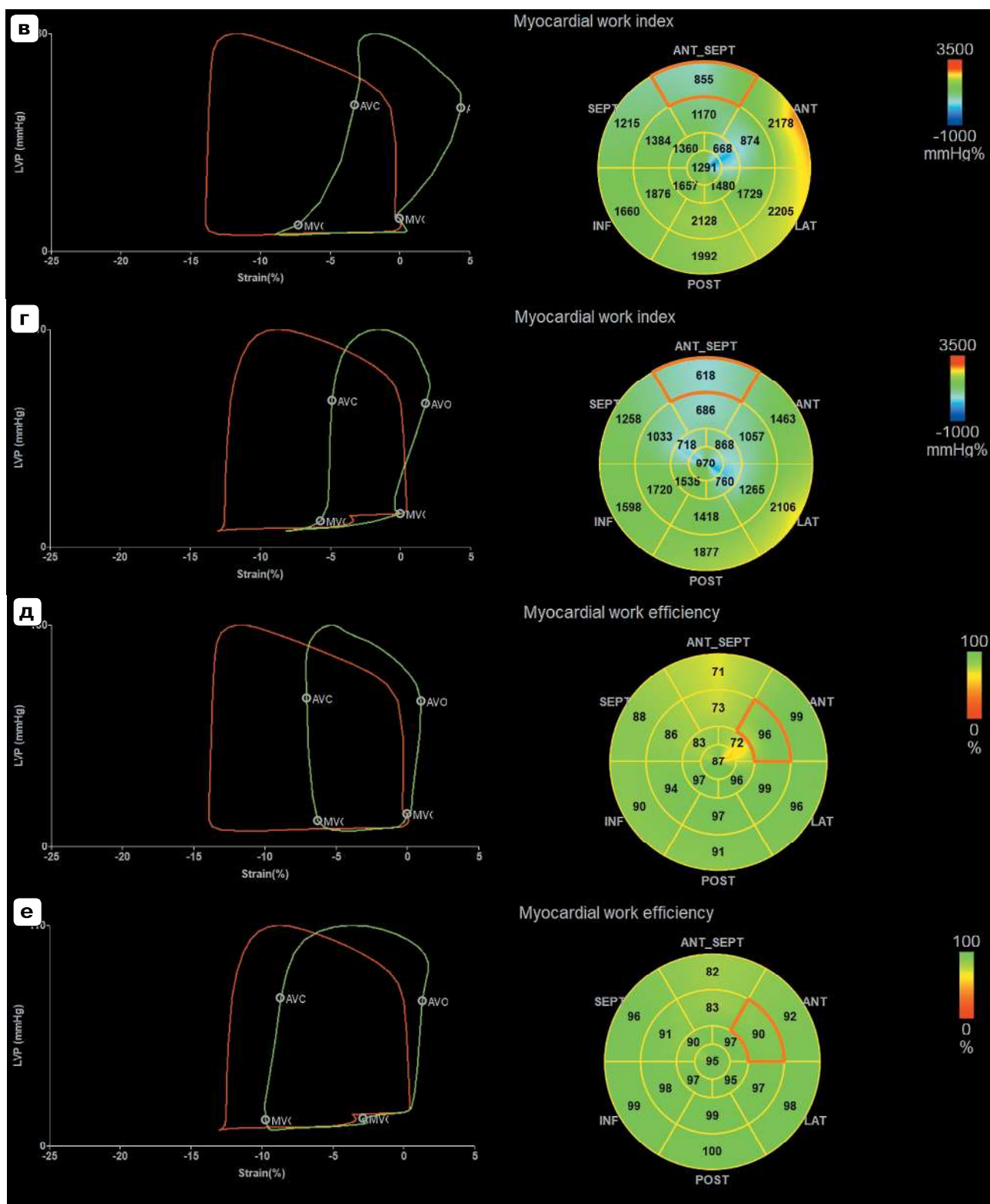


Рис. 4 (продолжение).

Fig. 4 (continuation).

Рис. 4 (окончание).

а – на эхограмме (слева сверху) представлены петли “давление–деформация”, отражающие индекс глобальной работы (красная петля) и индекс работы переднего апикального сегмента (зеленая петля). Справа от них 17-сегментная схема MWI с предварительно выделенным передним верхушечным сегментом. Под графиком с петлями расположены: гистограмма, отражающая сегментарные значения конструктивной (зеленый столбик) и потерянной (синий столбик) работы выбранного на круговой диаграмме переднего апикального сегмента, – слева; гистограмма, отражающая значения конструктивной глобальной работы (зеленый столбик) и потерянной глобальной работы (синий столбик), – справа; справа внизу отображены значения GLS, показателей миокардиальной работы ЛЖ, артериального давления; **б** – те же показатели в динамике после ЧКВ; **в** – петля “давление–деформация” (зеленого цвета) выделенного на схеме MWI передне-перегородочного базального сегмента до ЧКВ; **г** – показатели после ЧКВ; **д** – петля “давление–деформация” выделенного на схеме сегментарных значений MWE переднего базального сегмента до ЧКВ; **е** – показатели после ЧКВ.

Примечание. MWI – индекс миокардиальной работы; GLS – глобальная продольная систолическая деформация; ЛВ – левый желудочек; ПМЖВ – передняя межжелудочковая ветвь; ЧКВ – чрескожное коронарное вмешательство; MWE – эффективность миокардиальной работы.

Fig. 4 (end).

а – The echogram (top left) shows the pressure-strain loops reflecting the global work index (red loop) and the anterior apical segment work index (green loop). To the right of them there is a 17-segment diagram of the MWI with the anterior apical segment pre-selected. Below the graph with loops there is the following: a histogram reflecting the segmental values of the constructive (green column) and lost (blue column) work of the anterior apical segment selected on the circular diagram presented on the left; a histogram reflecting the values of the constructive global work (green column) and lost global work (blue column) on the right; there are the values of the GLS, LV myocardial work indicators, and arterial pressure are displayed on the bottom right; **б** – The same parameters in dynamics after PCI; **в** – The “pressure-strain” loop (green) of the anterior septal basal segment highlighted in the MWI diagram before PCI; **г** – Parameters after PCI; **д** – The “pressure-strain” loop of the anterior basal segment MWE segment highlighted in the diagram of segmental values before PCI; **е** – Parameters after PCI.

Notes. MWI – myocardial work index; GLS – global longitudinal strain; LAD – left anterior descending artery; PCI – percutaneous coronary intervention; MWE – myocardial infarction efficiency.

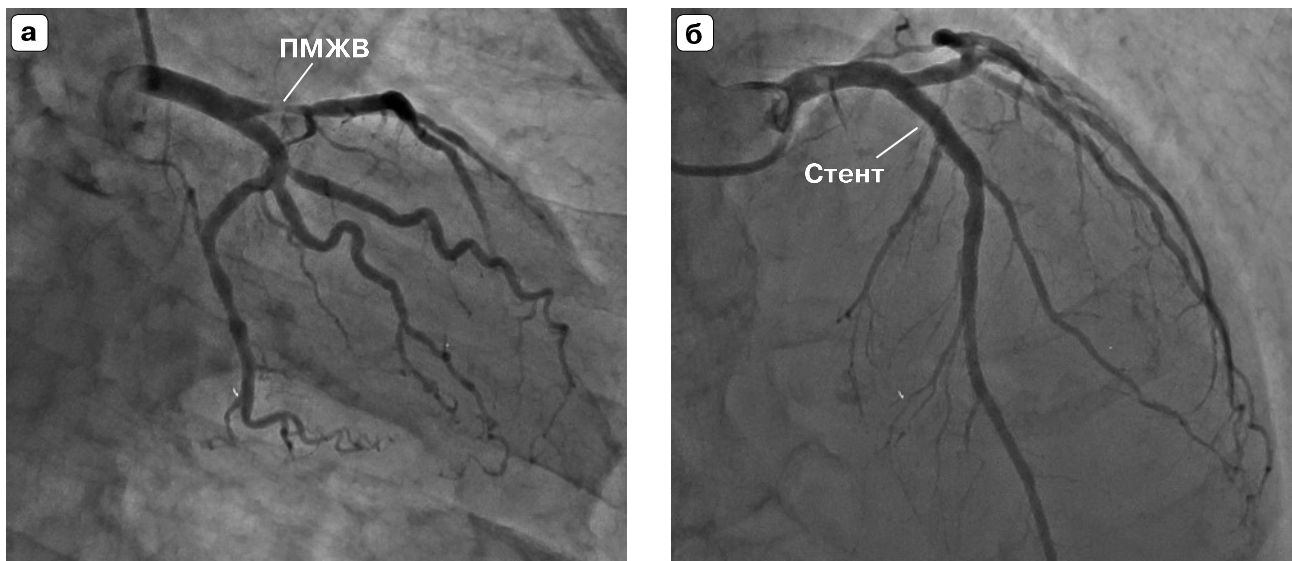


Рис. 5. Коронароангиограммы: до ЧКВ на симптом-связанной ПМЖВ, левая передняя косая проекция 25°/каудальная проекция 30°. Стрелкой указан субтотальный стеноз в проксимальной трети ПМЖВ (**а**); после транслюминальной баллонной ангиопластики со стентированием ПМЖВ, передне-задняя краниальная проекция 30°. Стрелкой указана область стентирования в ПМЖВ (**б**).

Примечание. ПМЖВ – передняя межжелудочковая ветвь; ЧКВ – чрескожное коронарное вмешательство.

Fig. 5. Coronary angiograms: before PCI on the symptom-related LAD, LAO 25°/CAU 30°. The arrow indicates subtotal stenosis in the proximal LAD (**a**); after transluminal balloon angioplasty with stenting the LAD, CRA 30°. The arrow indicates the stenting area in the LAD (**b**).

Notes. LAD, left anterior descending artery; PCI, percutaneous coronary intervention; LAO – left anterior oblique; CAUD, anteroposterior caudal projection; CRAN, anteroposterior cranial projection.

шению региональных показателей ЛЖ позволила исключить подозрения на острый тромбоз в стенке, формирование аневризмы ЛЖ, нашедшее подтверждение при контрольной КАГ.

Из представленных данных следует, что оценка параметров СТ-ЭхоКГ непосредственно при поступлении позволяет определить показания к инвазивной диагностике и лечению – еще до получения данных о повышении высокочувствительного тропонина I, оценить результаты лечения в динамике. Несмотря на ряд исследований, свидетельствующих о прогностической значимости показателей МР ЛЖ у пациентов с ИМпСТ после ЧКВ [16–19], работ по изучению МР ЛЖ у больных с БПНПГ в доступной литературе нами не обнаружено. Описано несколько клинических наблюдений, где авторы отмечают, что БПНПГ усложняет определение показаний к экстренной инвазивной диагностике и лечению. Авторы подчеркивают неблагоприятный прогноз у этих пациентов в условиях острого ИМ и необходимость сокращения задержки в проведении реперфузионной терапии [20, 21]. В представленном нами клиническом наблюдении описаны изменения показателей продольной деформации и МР ЛЖ при ИМпСТ не только после ЧКВ, но и до него в связи с тем, что до момента проведения расширенного эхокардиографического исследования пациенту не были определены показания к экстренной КАГ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Данное клиническое наблюдение свидетельствует о том, что в случаях, когда диагностика ИМпСТ по ЭКГ затруднена, ЭхоКГ с оценкой показателей продольной деформации и МР ЛЖ может стать ключом к определению своевременных показаний к экстренной диагностике и лечению. ИМпСТ в грудных отведениях на фоне БПНПГ является труднодиагностируемым и вместе с тем прогностически неблагоприятным с самых ранних сроков его развития, в связи с чем его своевременное выявление и сроки инвазивного лечения приобретают особую ценность. При малой информативности ЭКГ-диагностики определение параметров глобальной и региональной продольной деформации и МР ЛЖ позволяет уточнить распространенность повреждения миокарда, сократить задержку в проведении инвазивной диагностики и лечения, оценить результаты вмешательства в динамике.

Участие авторов

Тюрина Л.Г. – проведение исследования, сбор и обработка данных, обзор публикаций по теме статьи, написание текста, редактирование текста.

Хамидова Л.Т. – редактирование текста, утверждение окончательного варианта статьи.

Рыбалко Н.В. – редактирование текста.

Орлов Н.С. – интерпретация полученных данных.

Копытко Я.В. – анализ клинических данных.

Газарян Г.А. – анализ данных, ответственность за целостность всех частей статьи.

Authors' participation

Tyurina L.G. – conducting research, collection and analysis of data, review of publications, writing text, text editing.

Khamidova L.T. – text editing, approval of the final version of the article.

Rybalko N.V. – text editing.

Orlov N.S. – interpretation of the obtained data.

Kopyitko Ya.V. – clinical data analysis.

Gazaryan G.A. – analysis of the obtained data, responsibility for the integrity of all parts of the article.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ [REFERENCES]

1. Widimsky P., Rohác F., Stásek J. et al. Primary angioplasty in acute myocardial infarction with right bundle branch block: should new onset right bundle branch block be added to future guidelines as an indication for reperfusion therapy? *Eur. Heart J.* 2012; 33 (1): 86–95. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehr291>
2. Переверзева К.Г., Якушин С.С., Дубова Н.В. Электрокардиографические критерии окклюзирующих и прогностически неблагоприятных поражений коронарных артерий. *Российский кардиологический журнал.* 2024; 29 (3S): 15–25. <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2024-5699>
Pereverzeva K.G., Yakushin S.S., Dubova N.V. Electrocardiographic criteria for occlusive and prognostically unfavorable coronary artery disease. *Russian Journal of Cardiology.* 2024; 29 (3S): 15–25. <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2024-5699> (In Russian)
3. Молянова А.А., Никулина Н.Н. Прогностическое влияние блокады правой ножки пучка Гиса у больных острым инфарктом миокарда. *Российский медико-биологический вестник им. академика И.П. Павлова.* 2012; 20 (3): 94–99. <https://doi.org/10.17816/PAVLOVJ2012394-99>
Molyanova A.A., Nikulina N.N. Prognostic effect of blockade of the right bundle branch block patients with acute myocardial infarction. *I.P. Pavlov Russian Medical Biological Herald.* 2012; 20 (3): 94–99. <https://doi.org/10.17816/PAVLOVJ2012394-99> (In Russian)

4. Chan W.K., Goodman S.G., Brieger D., et al.; ACS I and GRACE Investigators. Clinical characteristics, management, and outcomes of Acute Coronary Syndrome in Patients With Right Bundle Branch Block on Presentation. *Am. J. Cardiol.* 2016; 117 (5): 754–759. <https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2015.12.005>
5. Shrivastav R., Perimbeti S., Casso-Dominguez A. et al. In hospital outcomes of patients with right bundle branch block and anterior wall ST segment elevation myocardial infarction (from a nationwide study using the national inpatient sample). *Am. J. Cardiol.* 2021; 140: 20–24. <https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2020.10.052>
6. Farinha J.M., Parreira L., Marinheiro R. et al. Right bundle brunch block in patients with acute myocardial infarction is associated with a higher in-hospital arrhythmic risk and mortality, and a worse prognosis after discharge. *J. Electrocardiol.* 2021; 64: 3–8. <https://doi.org/10.1016/j.jelectrocard.2020.11.007>
7. Neumann J.T., Sørensen N.A., Rübsamen N. et al. Right bundle branch block in patients with suspected myocardial infarction. *Eur. Heart J. Acute Cardiovasc. Care.* 2019; 8 (2): 161–166. <https://doi.org/10.1177/2048872618809700>
8. Eek C., Grenne B., Brunvand H. et al. Strain echocardiography predicts acute coronary occlusion in patients with non-ST-segment elevation acute coronary syndrome. *Eur. J. Echocardiogr.* 2010; 11 (6): 501–508. <https://doi.org/10.1093/ejehocardi/jeq008>
9. Boe E., Russell K., Eek C. et al. Non-invasive myocardial work index identifies acute coronary occlusion in patients with non-STsegment elevation-acute coronary syndrome. *Eur. Heart J. Cardiovasc. Imaging.* 2015; 16 (11): 1247–1255. <https://doi.org/10.1093/ehjci/jev078>
10. 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. *Am. Soc. Echocardiogr.* 2015; 28 (1): 1–39.e14. <https://doi.org/10.1016/j.echo.2014.10.003>
11. Иванов С.И., Алехин М.Н. Практическое применение неинвазивных функциональных показателей левого желудочка при стресс-эхокардиографии в диагностике стабильной ишемической болезни сердца. *Кардиология и сердечно-сосудистая хирургия.* 2023;16 (1): 12–16. <https://doi.org/10.17116/kardio20231601112>
Ivanov S.I., Alekchin M.N. Practical application of non-invasive left ventricular functional parameters in diagnosis of stable coronary artery disease. *Russian Journal of Cardiology and Cardiovascular Surgery.* 2023; 16 (1): 12–16. <https://doi.org/10.17116/kardio20231601112> (In Russian)
12. Birnbaum Y., Nikus K., Atar D., Jneid H. Is RBBB the new LBBB? Are we going to repeat the same mistakes? *J. Electrocardiol.* 2021; 65: 34–36. <https://doi.org/10.1016/j.jelectrocard.2020.12.010>
13. Task Force on the management of ST-segment elevation acute myocardial infarction of the European Society of Cardiology (ESC); Steg P.G., James S.K., Atar D. et al. ESC Guidelines for the management of acute myocardial infarction in patients presenting with ST-segment elevation. *Eur. Heart J.* 2012; 33 (20): 2569–2619. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehs215>
14. Rector G., Triska J., Ajene G. et al. Right Bundle Branch and Bifascicular Blocks: Insensitive Prognostic Indicators for Acute Myocardial Infarction Current Problems in Cardiology. *Curr. Probl. Cardiol.* 2023; 48 (1): 101418. <https://doi.org/10.1016/j.cpcardiol.2022.101418>
15. Triska J., George J., Rector G. et al. Acute coronary Occlusion in a Patient With Prior Known Right Bundle Branch Block: Another Chink in the Armor or the ST-Elevation Myocardial Infarction Criteria. *Ann. Emerg. Med.* 2023; 82 (2): 219–221. <https://doi.org/10.1016/j.annemergmed.2022.12.006>
16. Frişan A.C., Lazăr M.A., Şoşdean R., et al. Myocardial Work Analysis in ST-Elevation Myocardial Infarction: Insights into Left Ventricular Ejection Fraction-A Pilot Study. *Life (Basel).* 2025; 15 (3): 338. <https://doi.org/10.3390/life15030338>
17. Lustosa R.P., van der Bijl P., El Mahdiui M. et al. Noninvasive Myocardial Work Indices 3 Months after ST-Segment Elevation Myocardial Infarction: Prevalence and Characteristics of Patients with Postinfarction Cardiac Remodeling. *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 2020; 33 (10): 1172–1179. <https://doi.org/10.1016/j.echo.2020.05.001>
18. Lustosa R.P., Fortuni F., van der Bijl P. et al. Left ventricular myocardial work in the culprit vessel territory and impact on left ventricular remodeling in patients with ST-segment elevation myocardial infarction after primary percutaneous coronary intervention. *Eur. Heart J. Cardiovasc. Imaging.* 2021; 22 (3): 339–347. <https://doi.org/10.1093/ehjci/jeaa175>
19. Ruizhong L., Yanhong L., Fei W. et al. The role of myocardial work in evaluating coronary microcirculation of STEMI patients after percutaneous coronary intervention. *Echocardiography.* 2021; 38 (12): 2060–2068. <https://doi.org/10.1111/echo.15261>
20. Basit H., Kahn A., Zaidi S. et al. A Case of ST-Elevation Myocardial Infarction With Right Bundle Branch Block, an Ominous Sign of Critical Coronary Occlusion. *Cureus.* 2022; 14 (1): e21216. <https://doi.org/10.7759/cureus.21216>
21. Trofin M., Israel C.W., Barold S.S. Right bundle branch block and anterior wall ST elevation myocardial infarction. *Herzsch. Elektrophys.* 2017; 28 (3): 340–343. <https://doi.org/10.1007/s00399-017-0526-y>

ST-segment elevation myocardial infarction with right bundle branch block: potential of new echocardiographic diagnostic approaches

L.G. Tyurina*, L.T. Khamidova, N.V. Rybalko, N.S. Orlov, Ya.V. Kopyitko, G.A. Gazaryan

Sklifosovsky Research Institute for Emergency Care of Moscow Healthcare Department;
3, Bolshaya Suharevskaya pl., Moscow 129090, Russian Federation

Lyalya G. Tyurina – MD, Ultrasound Physician of the Diagnostic Ultrasonography Department, N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine, Moscow. <https://orcid.org/0000-0001-9941-8885>

Layla T. Khamidova – MD, Doct. of Sci. (Med.), Head of the Scientific Department of Radiation Diagnostics, Ultrasound Diagnostics Doctor, N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine, Moscow. <https://orcid.org/0000-0002-9669-9164>

Natalia V. Rybalko – MD, Doct. of Sci. (Med.), Head of the Functional Diagnostics Department, N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine, Moscow. <http://orcid.org/0000-0001-6973-4430>,

Nikita S. Orlov – MD, Physician in X-ray Endovascular Diagnostic and Treatment Methods, Department of the Emergency Cardiology and Cardiovascular Surgery, N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine, Moscow. <https://orcid.org/0009-0008-8540-2020>

Yana V. Kopyitko – MD, Cardiologist, Cardiology Department, Including for Patients with Myocardial Infarction, N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine, Moscow. <https://orcid.org/0009-0003-6501-0525>

Georgiy A. Gazaryan – MD, Doct. of Sci. (Med.), Professor, Chief Researcher, N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine of the Moscow Health Department, Moscow. <https://orcid.org/0000-0001-5090-6212>

Correspondence* to Lyalya G. Tyurina– e-mail: tyurina.lyalya@mail.ru

The article presents a clinical case of a patient with previously diagnosed right bundle branch block hospitalized with a diagnosis of non-ST-segment elevation acute coronary syndrome (NSTEMI-ACS). The ECG on admission showed complete right bundle branch block and first-degree atrioventricular (AV) block. The patient underwent transthoracic echocardiography (EchoCG) and speckle-tracking (ST) echocardiography to assess longitudinal strain and left ventricular myocardial work (LVMW): myocardial work index (MWI), constructive work, wasted work, and myocardial work efficiency (MWE). According to standard echocardiography, the left ventricular ejection fraction (LVEF) was 45%, with local contractility disorders in the anteroseptal region. These data were complemented by a decrease in the global longitudinal strain index (GLS = -14.2%), a decrease in regional peak systolic longitudinal strain values $\geq -14\%$, a decrease in the area of the pressure-strain loops with their shift and slight inclination to the right, characteristic of ischemia, and a decrease in global and segmental LV MWI and MWE values in the LV anteroseptal region at all levels. Further examination revealed an increase in troponin I to 3.5 ng/ml. Coronary angiography (CAG) revealed subocclusion of the anterior interventricular branch in the proximal third; transluminal balloon angioplasty with stenting was performed. The following day, a control coronary angiography (CAG) was performed due to ST-segment elevation in the chest leads. The previously inserted stent showed no signs of thrombosis. The diagnosis was updated to “acute myocardial infarction with ST-segment elevation”. A CAG echocardiogram (EchoCG) with LV MRI showed some improvement, confirming the findings of the control CAG.

Given the limited information provided by ECG diagnostics, determining the parameters of global and regional longitudinal strain and LV MRI allowed us to clarify the extent of myocardial damage, reduce the delay in invasive diagnosis and treatment, and evaluate the results over time.

Keywords: right bundle branch block; acute coronary syndrome; longitudinal strain; postsystolic index; myocardial work

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

Financing. This study had no sponsorship.

Citation: Tyurina L.G., Khamidova L.T., Rybalko N.V., Orlov N.S., Kopyitko Ya.V., Gazaryan G.A. ST-segment elevation myocardial infarction with right bundle branch block: potential of new echocardiographic diagnostic approaches. *Ultrasound and Functional Diagnostics*. 2026; 32 (3): 48–61. <https://doi.org/10.24835/1607-0771-379> (In Russian)

Received: 30.12.2025.

Accepted for publication: 17.04.2026 .

Published online: 02.06.2026.



Ультразвуковая диагностика аденомиоза. Обзор литературы и собственные клинические наблюдения

Е.А. Борисова^{1, 2*}, М.Н. Буланов^{3, 4}, Т.А. Макаренко¹

¹ ФГБОУ ВО “Красноярский государственный медицинский университет имени профессора В.Ф. Войно-Ясенецкого” Минздрава России; 660022 Красноярск, ул. Партизана Железняка, 1, Российская Федерация

² ООО “МедикоПрофи” – “Лечебно-диагностическая клиника Борисовых”; 660022 Красноярск, ул. Аэровокзальная, д. 8, Российская Федерация

³ ГБУЗ Владимирской области “Областная клиническая больница”; 600023 Владимир, Судогодское шоссе, д. 41, Российская Федерация

⁴ ФГБОУ ВПО “Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого”; 173003 Великий Новгород, ул. Большая Санкт-Петербургская, д. 41, Российская Федерация

Обзор посвящен возможностям ультразвуковой диагностики аденомиоза. В течение 45 лет было опубликовано очень большое количество печатных работ, посвященных этому вопросу. К настоящему времени различными авторами предложено не менее 20 ультразвуковых критериев аденомиоза. Наибольшее практическое значение в настоящее время имеют прямые и косвенные ультразвуковые признаки аденомиоза, предложенные международным консенсусом MUSA. Диагностическая ценность ультразвукового исследования при диагностике аденомиоза, по данным различных авторов, составляет: чувствительность 72–91%; специфичность 49–90%; прогностическая ценность положительного результата 72–82%; прогностическая ценность отрицательного результата 49–80%; точность 56–63%. Наблюдается корреляция между ультразвуковыми признаками аденомиоза и клиническими проявлениями заболевания (в том числе между тяжестью клинических проявлений и количеством ультразвуковых признаков), хотя эту точку зрения поддерживают не все авторы.

Ключевые слова: ультразвуковая диагностика; аденомиоз; эндометриоз

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии возможных конфликтов интересов.

Финансирование. Исследование проведено без спонсорской поддержки.

Цитирование: Борисова Е.А., Буланов М.Н., Макаренко Т.А. Ультразвуковая диагностика аденомиоза. Обзор литературы и собственные клинические наблюдения. *Ультразвуковая и функциональная диагностика*. 2026; 32 (3): 62–79. <https://doi.org/10.24835/1607-0771-382>

Поступила в редакцию: 17.02.2026. Принята к печати: 23.06.2026.

Опубликована online: 16.09.2026.

Борисова Елена Анатольевна – канд. мед. наук, ассистент кафедры оперативной гинекологии Института последипломного образования ФГБОУ ВО “Красноярский государственный медицинский университет имени профессора В.Ф. Войно-Ясенецкого” Минздрава России; врач ультразвуковой диагностики ООО “МедикоПрофи” – “Лечебно-диагностическая клиника Борисовых”, Красноярск. <http://orcid.org/0000-0002-4667-6298>

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>

Макаренко Татьяна Александровна – доктор мед. наук, профессор, заведующая кафедрой оперативной гинекологии Института последипломного образования ФГБОУ ВО “Красноярский государственный медицинский университет имени профессора В.Ф. Войно-Ясенецкого” Минздрава России, Красноярск. <http://orcid.org/0000-0002-2899-8103>

Контактная информация*: Борисова Елена Анатольевна – e-mail: borisova2209@rambler.ru

ОПРЕДЕЛЕНИЕ И РАСПРОСТРАНЕННОСТЬ АДЕНОМИОЗА

Согласно международному классификатору болезней 11-го пересмотра (ICD-11; version 09/2020), аденомиоз (GA11 Adenomyosis) характеризуется разрастанием эндометриальной ткани в миометрии и сопутствующей гипертрофией последнего, что может клинически проявляться гиперполименореей, дисменореей, диспареунией, бесплодием (правда, иногда течение может быть асимптомным) [1]. Распространенность аденомиоза, по данным патологоанатомических исследований после гистерэктомии, колеблется от 5 до 70% [2–4]. Такие расхождения можно объяснить использованием разных классификаций, исследований различных популяций и даже субъективностью врача-патологоанатома [5]. В проспективном исследовании J. Naftalin и соавт. (2012) из 985 женщин, прошедших трансвагинальное ультразвуковое исследование (ТВУЗИ), признаки аденомиоза имелись у 20,9% [6]. Представленные J. Naftalin и соавт. результаты в какой-то степени иллюстрируют приведенные выше данные об имеющем место асимптомном течении заболевания.

Аденомиоз и глубокий эндометриоз малого таза часто сопутствуют друг другу. Так, по данным J. Puente и соавт. (2016), при аденомиозе в 35,1% обнаруживался эндометриоз малого таза [7]. В исследовании L. Lazzeri и соавт. (2014) почти у половины женщин с глубоким эндометриозом был выявлен сопутствующий аденомиоз [8]. Таким образом, очевидно, что аденомиоз представляет значительные проблемы для репродуктивного здоровья женщины и, конечно, требует своевременной диагностики [1].

Литературный обзор проводился нами с использованием базы данных <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov>.

КРАТКАЯ ИСТОРИЯ РАЗРАБОТКИ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ КРИТЕРИЕВ АДЕНОМИОЗА

В доступной нам литературе впервые об использовании ультразвукового исследования (УЗИ) для диагностики аденомиоза сообщили J.W. Walsh и соавт. (1979). Авторы описали наличие эконегативных участков (геморрагических озер – blood lakes) в миометрии при единственно доступном в те годы трансабдоминальном доступе [9]. В 1986 г. F. Muraо и соавт. от-

метили такие характерные для аденомиоза признаки, как увеличение матки, “сосудистые пространства неправильной формы” в миометрии, усиление акустического сигнала в задней стенке матки, в сочетании с ретроверзией матки [10]. Как видно, эти авторы еще не использовали устоявшиеся позднее термины для описания характерных для аденомиоза изменений, но явно двигались в правильном направлении.

Шаровидное и диффузное увеличение матки

Следует подчеркнуть, что уже в первые годы использования ультразвуковой диагностики в гинекологии годы авторы стали обращать внимание на характерный для аденомиоза ультразвуковой признак именно диффузного увеличения матки, а не за счет миоматозных узлов [11]. Более поздние исследования показали, что на начальных этапах заболевания матка может сохранять нормальные размеры [12]. Важным ультразвуковым признаком аденомиоза оказалась округлая (шаровидная форма) матки, одними из первых этот признак описали В.Н. Демидов и соавт. (1996). Авторы показали, что увеличение матки при аденомиозе происходит в основном за счет толщины, и таким образом матка постепенно приобретает шаровидную форму. При II–III степени заболевания у большинства больных толщина матки составляла ≥ 5 см [13]. Об изменении формы матки еще можно судить по изменению соотношения между длиной и толщиной ее тела. По данным А.И. Давыдова и А.Н. Стрижакова (1997), в норме показатель длина/толщина тела матки должен быть $>1,2$, при аденомиозе он уменьшается, часто достигая 1,0 и менее. Авторы также отметили, что на начальных этапах заболевания форма матки, как и ее размеры, может не отличаться от нормы [14]. На рис. 1, 2 представлены ультразвуковые изображения диффузно увеличенной матки, имеющей шаровидную форму. Обратите внимание, что при УЗИ матки, пораженной аденомиозом, часто одновременно определяется сразу несколько признаков этого заболевания.

Разница в толщине стенок матки

Значимым ультразвуковым критерием аденомиоза может служить разница в толщине передней и задней стенок матки (см. рис. 1). По мнению В.Н. Демидова и соавт. (1996), асимметрию толщины стенок миометрия следует

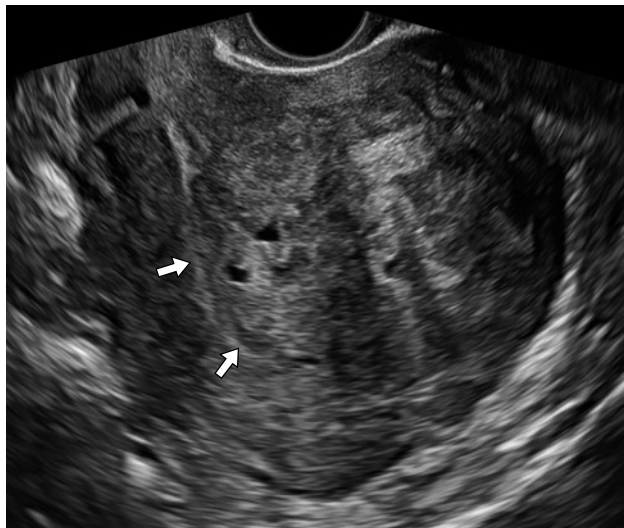


Рис. 1. Трансвагинальное сагиттальное сканирование. Ретродевиация матки. Матка фиксирована, подвижность ее ограничена (матка в форме знака вопроса). Диффузное увеличение матки. Шаровидная форма матки. Асимметрия толщины передней и задней стенки матки. Стрелками отмечена полость матки. Кисты миометрия. Признак “вертикальных полос”.

Fig. 1. Transvaginal ultrasound image, sagittal plane. Retrodeviation of the uterus with restricted mobility (characteristic “question-mark” configuration). Diffuse uterine enlargement. Globular shape of the uterus. Asymmetry of the anterior and posterior myometrial walls thickness. The endometrial cavity is indicated by arrows. Myometrial cysts are visualized.

считать достоверной при разнице ≥ 1 см. При аденомиозе III степени этот показатель, как правило, превышал 2 см [13]. По данным М. Hirai и соавт. (1995), об асимметрии стенок можно судить по показателю отношения толщины передней и задней стенок, его величина $>1,4$ свидетельствует о достоверной асимметрии [15]. Вместе с тем не следует забывать, что толщина стенок матки может оказаться различной и в норме, это может происходить за счет локального повышения тонуса миометрия. В установлении правильного диагноза поможет повторное обследование через короткий промежуток времени. Нередко уже в ходе исследования тонус миометрия ослабевает, и кажущаяся асимметрия толщины стенок матки исчезает [16]. Необходимо подчеркнуть, что при аденомиозе разница в толщине стенок матки определяется не всегда (см. рис. 2).

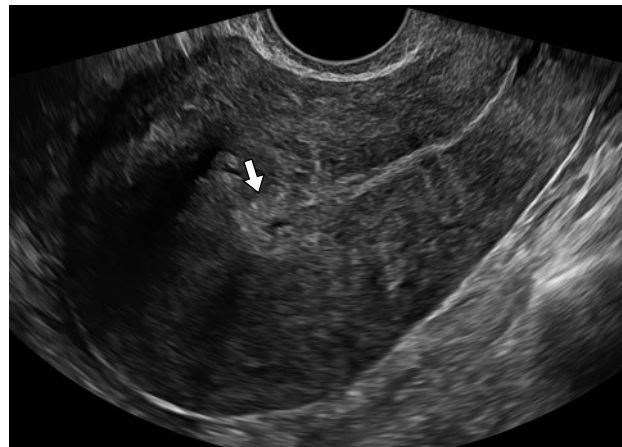


Рис. 2. Трансвагинальное сагиттальное сканирование. Диффузное увеличение матки. Шаровидная форма матки. Однако асимметрии толщины передней и задней стенок матки нет. Контур эндометрия (стрелка) нечеткий, неровный (зазубренный лохматый эндометрий).

Fig. 2. Transvaginal ultrasound image, sagittal plane. Diffuse uterine enlargement with globular shape. No appreciable asymmetry of the anterior and posterior myometrial wall thickness is observed. The endometrial border (indicated by arrow) appears indistinct and irregular, demonstrating a serrated, “shaggy” appearance.

Изменения переходной зоны

Получены заслуживающие внимания результаты изучения границы между эндометрием и миометрием, соответствующей базальному слою эндометрия, а также внутреннему слою миометрия, еще называемому переходной зоной. Гистологически переходная зона (ПЗ) – это внутренняя область миометрия толщиной 5–8 мм, которая непосредственно контактирует с эндометрием, не будучи отделенной от него базальной мембраной [17]. Первые исследования области ПЗ показали, что ее вовлечение при аденомиозе может проявляться в виде деформации и своеобразной зазубренности наружного контура эндометрия (см. рис. 2) [13, 18]. В.Н. Демидовым и соавт. (1996) описаны эхонегативные структуры диаметром 1–2 мм на границе эндометрия и миометрия [13]. Еще более 30 лет назад М.М. Дамиров и соавт. (1993) отмечали возможность визуализации при аденомиозе тонкой зоны сниженной эхогенности вокруг эндометрия или так называемого гипоехогенного валика [19]. Очевидно, что здесь также подразумевались изменения, соответствующие

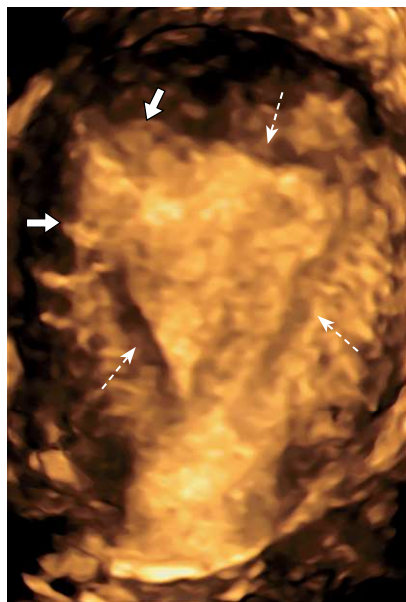


Рис. 3. Трансвагинальное сканирование. 3D-реконструкция фронтального среза тела матки. Невизуализируемая переходная зона в правом углу полости матки за счет сливающихся друг с другом эхогенных очагов (сплошные стрелки). В остальных отделах переходная зона сохранена (пунктирные стрелки).

Fig. 3. Transvaginal ultrasound image 3D frontal plane through the uterine corpus. Non visible junctional zone in the right aspect of the uterine cavity, attributable to confluent hyperechoic foci (solid arrows). The junctional zone remains discernible in other regions (dashed arrows).

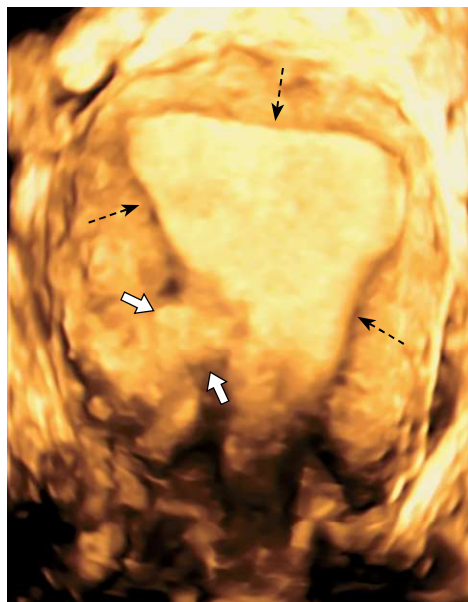


Рис. 4. Трансвагинальное сканирование. 3D-реконструкция фронтального среза тела матки. Переходная зона в основном тонкая и неизменная (пунктирные стрелки), за исключением ее перерыва в нижней трети полости справа очагом повышенной эхогенности (сплошные стрелки).

Fig. 4. Transvaginal ultrasound image 3D frontal plane through the uterine corpus. The junctional zone is predominantly thin and unremarkable (dashed arrows), with a focal discontinuity in the lower third on the right side, corresponding to a hyperechoic lesion (solid arrows).

вовлечению переходной зоны. Считается, что хотя ПЗ часто можно визуализировать в 2D-режиме, 3D-исследование позволяет более полно оценить ПЗ в сагиттальной, поперечной и в особенности фронтальной плоскостях [20]. При 3D-реконструкции фронтального среза матки неизменная ПЗ определяется в виде тонкой и ровной гипозоногенной полоски вокруг эндометрия (рис. 3, 4).

В консенсусе MUSA T. Van den Bosch и соавт. (2015) рекомендуют характеризовать ПЗ как ровную, неровную, прерывистую или даже невизуализируемую. При описании ПЗ допускается одновременное использование нескольких признаков, например неровная и прерывистая (см. рис. 3, 4). Измерения ПЗ не считаются обязательными, но при расширенном исследовании толщина ПЗ измеряется перпендикулярно эндометрию: определяются максимальная и минимальная толщина ПЗ. Рекомендуется также оце-

нивать степень неровности ПЗ в виде разницы между максимальной и минимальной толщиной ПЗ. Вместе с тем степень неоднородности и прерывистости ПЗ рекомендуется оценивать субъективно в процентах ($<50\%$ или $\geq 50\%$) [21].

По мнению T. Van den Bosch и соавт. (2018), увеличение толщины ПЗ ≥ 8 мм или разница между максимальной и минимальной толщиной ПЗ ≥ 4 мм при 3D-ТВУЗИ может использоваться в качестве дополнительных критериев диагностики аденомиоза [4]. В только что опубликованном исследовании M. Li и соавт. (2026) использование 3D-ТВУЗИ с измерением толщины ПЗ позволило диагностировать аденомиоз с чувствительностью 77% и специфичностью 89% при использовании порогового значения $ПЗ_{\max} \geq 0,45$ [22].

Следует отметить некоторые противоречия при оценке ПЗ с помощью УЗИ и магнитно-резонансной томографии (МРТ). Особое внима-

нию этому вопросу уделено в обзоре М. Harmsen и соавт. (2023), изучивших согласованность оценки ПЗ при различных диагностических подходах. Авторы обращают внимание, что ПЗ отличается от среднего и наружного слоев миометрия постепенными изменениями плотности гладкомышечных клеток, внеклеточного пространства, соединительной ткани, гидрофильности, а также анатомии и физиологии сосудов. Примечательно, что это единственный слизисто-мышечный интерфейс в организме, не имеющий базальной мембраны. Вместе с тем до настоящего времени отсутствует согласованное четкое определение ПЗ, в связи с чем оно может отличаться при описании в разных диагностических модальностях (УЗИ, МРТ, гистологическое исследование). При МРТ интенсивность сигнала от переходной зоны к среднему слою миометрия резко меняется. Вместе с тем гистологические изменения на самом деле постепенны, эту границу бывает трудно или невозможно различить при двумерной ультразвуковой диагностике. К тому же толщина ПЗ, измеренная при МРТ, обычно больше, чем измеренная при ТВУЗИ. Таким образом, эти два метода визуализации отражают эту зону по-разному. Авторы приходят к выводу, что, учитывая несоответствия между методами визуализации, толщину ПЗ, нельзя считать “золотым стандартом” диагностики аденомиоза. Поэтому хотя утолщение ПЗ часто используется для диагностики аденомиоза при МРТ, наличие аденомиоза можно более точно описать как именно перерыв ПЗ эндометриальной тканью, что позволяет определить такие прямые признаки визуализации аденомиоза, как субэндометриальные полосы и глазки при 2D- и 3D-ультразвуковой диагностике, либо как яркие очаги при МРТ [23].

Эхогенные очаги в миометрии (борозды, полосы, почки, глазки, островки)

Признак “эхогенных борозд” или “линейных эхогенных включений или полосок” в миометрии при аденомиозе одними из первых описали С. Reinhold и соавт. (1995). Авторы отметили, что уже на начальных этапах заболевания в миометрии могут определяться эхогенные включения обычно неправильной линейной формы, распространяющиеся от проекции базального слоя эндометрия в миометрий. Эти

изменения могут приводить к своеобразному ультразвуковому изображению “псевдоутолщения” эндометрия (см. рис. 2) [24].

Дальнейшее распространение и усовершенствование трансвагинальных ультразвуковых датчиков позволило более детально оценивать структуру миометрия при аденомиозе. По данным С. Reinhold и соавт. (1998), в миометрии могут визуализироваться включения повышенной и высокой эхогенности, имеющие небольшие размеры (2–4 мм) и неправильную форму. Они могут наблюдаться в толще мышцы, без признаков связи с базальным слоем эндометрия. На начальных этапах заболевания эхогенные очаги могут быть единичными, хорошо видимыми на фоне еще практически неизмененного миометрия [25]. Для этих очагов характерна не округлая, а скорее неправильная форма [26]. На рис. 5–7 представлены клинические наблюдения визуализации эхогенных очагов в миометрии при аденомиозе.



Рис. 5. Трансвагинальное сагиттальное сканирование. Гиперэхогенный островок, прямой признак аденомиоза (стрелка). Очаг повышенной эхогенности, не имеющий связи с эндометрием.

Fig. 5. Transvaginal ultrasound image, sagittal plane. Hyperechoic area representing a direct imaging sign of adenomyosis (arrow). The hyperechoic focus demonstrates no continuity with the endometrial lining.



Рис. 6. Трансвагинальное сагиттальное сканирование. Субэндометриальное эхогенное включение (стрелка), имеющее связь с эндометрием.

Fig. 6. Transvaginal ultrasound image, sagittal plane. Subendometrial echogenic lesion (arrow) exhibiting direct continuity with the endometrium.



Рис. 7. Трансвагинальное сагиттальное сканирование. Гиперэхогенные островки, прямой признак аденомиоза (стрелки). Очаги повышенной эхогенности, не имеющие связи с эндометрием.

Fig. 7. Transvaginal ultrasound image, sagittal plane. Multiple hyperechoic nodules consistent with direct signs of adenomyosis (arrows). The hyperechoic focus demonstrates no continuity with the endometrial lining.

Кисты миометрия

Многие авторы отметили при аденомиозе визуализацию кист миометрия, размер которых может колебаться от 2 до 10 мм и более [12, 13, 27, 28]. Содержимое таких кист часто эхонегативное, но нередко в них определяется густая

дисперсная эхогенная взвесь [13]. Форма таких кист может быть любой (округлой, овоидной, неправильной), стенка часто утолщена и имеет высокую эхогенность [27]. Отмечено, что за счет выраженного диффузного поражения при аденомиозе эхогенность миометрия обычно пони-

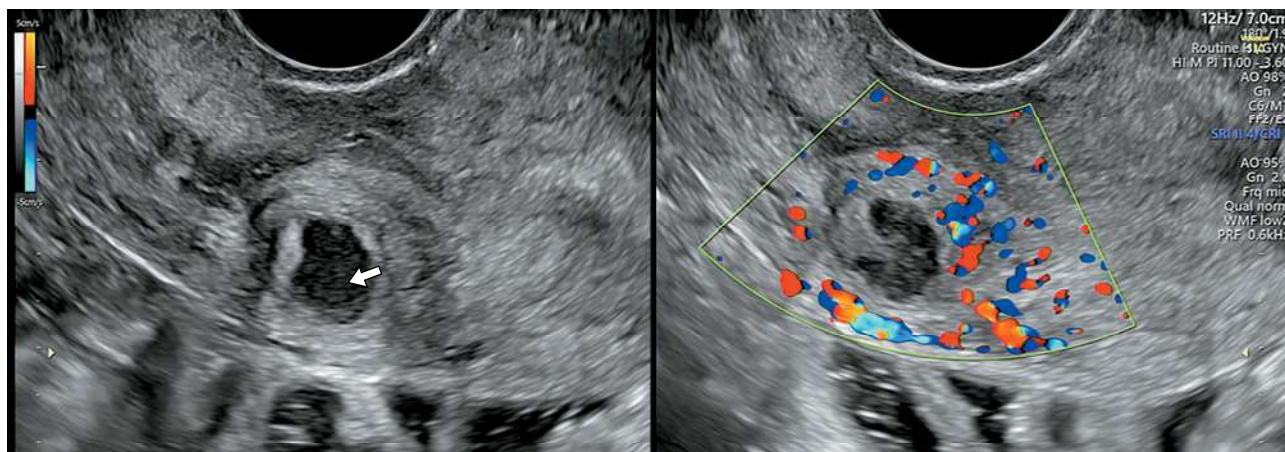


Рис. 8. Трансвагинальное сагиттальное сканирование. Ретродевиация матки. Киста передней стенки матки, расположена близко к перешейку (стрелка) с мелкодисперсным содержимым, окружена ободком повышенной эхогенности, при цветовой доплерографии содержимое кисты аваскулярно.

Fig. 8. Transvaginal ultrasound image, sagittal plane. Retrodeviated uterus. Cystic lesion of the anterior uterine wall in proximity to the isthmus (arrow), containing fine particulate echoes and surrounded by a hyperechoic rim; color Doppler imaging confirms absence of vascularity within the cystic content (avascular pattern).

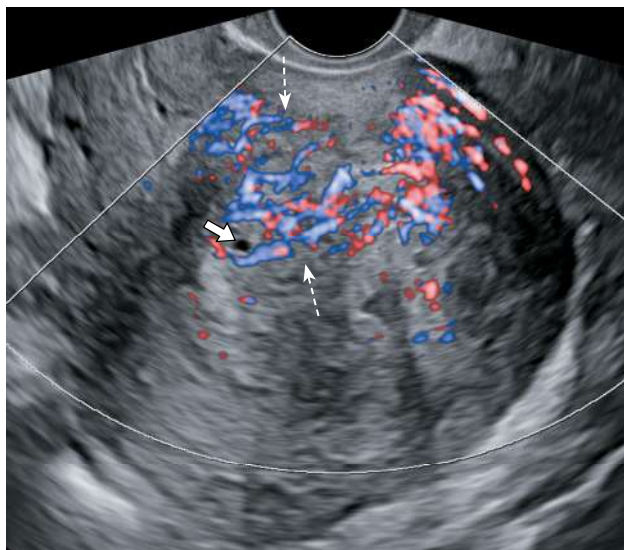


Рис. 9. Трансвагинальное сагиттальное сканирование. Ретродевиация матки. Субэндометриальная киста диаметром 2 мм (стрелка). Радиальный (трансочаговый тип кровотока) в пунктирных стрелках.

Fig. 9. Transvaginal ultrasound image, sagittal plane. Retrodeviated uterus. Subendometrial cyst measuring 2 mm in diameter (arrow). Radial (translesional) vascular pattern is indicated by dashed arrows.

жается [27, 28]. Большинство кист миометрия полностью расположены в толще миометрия, но иногда при контрастной соногистерографии можно обнаружить связь между полостью матки и аденомиомой [29]. Ряд авторов придают особое значение визуализации кист в миометрии при диагностике аденомиоза. Так, по мнению Т. Van den Bosch и соавт. (2019), следует выделять кистозную и некистозную формы аденомиоза. Проявлением кистозной формы заболевания авторы считают визуализацию кист миометрия диаметром ≥ 2 мм [30]. На рис 1, 8, 9 представлены клинические наблюдения визуализации кист миометрия различных размеров при аденомиозе.

Признак “вертикальных полос” (признак “веера”)

Еще один важный признак аденомиоза, описываемый большинством авторов, это признак “вертикальных полос”, или признак “веера”. При выраженном аденомиозе имеет место значительное диффузное снижение звукопроводимости миометрия, что проявляется признаком

“вертикальных полос”. В миометрии визуализируются многочисленные чередующиеся полосы низкой и высокой эхогенности, ориентированные параллельно оси ультразвукового луча и перпендикулярно плоскости сканирования (см. рис. 1). Считается, что формирование этого признака происходит за счет чередования следующих акустических эффектов: дорсальное псевдоусиление дистальной кисты миометрия (белая полоса), боковые акустические тени кист миометрия (темные полосы), а также темные полосы за счет плотных фиброзных включения миометрия. Именно таким образом и происходит чередование белого и черного, что дает эффект веерообразной исчерченности [13, 22, 25, 31].

Диффузно неоднородная структура миометрия

Большинство авторов описывали диффузно неоднородную структуру миометрия при аденомиозе, которой давались многочисленные литературные названия: “ячеистость”, “лунный пейзаж”, “швейцарский сыр” и пр. [13, 18, 21, 25–27]. Очевидно, что на самом деле это комплекс из большинства описанных выше признаков, приводящий в итоге к ультразвуковому изображению диффузной неоднородности миометрия. В целом он представляет собой неравномерное повышение эхогенности миометрия с гипоэхогенными и эконегативными включениями, имеющими описанные выше особенности экоструктуры. D. Timmerman (2007) описывает этот признак как неравномерно чередующиеся в миометрии нечетко очерченные гиперэхогенные (эндометриоидные гетеротопии) и гипоэхогенные (участки гиперплазии гладкомышечной ткани) участки [32]. Обратим внимание, что в последующих международных консенсусах по диагностике аденомиоза термин “диффузная неоднородность миометрия” не используется [21, 33]. Очевидно, что разработчики этих консенсусов решили сознательно не использовать этот термин, понимая его субъективность с точки зрения как визуальной оценки, так и описательной. В конечном счете в консенсусе MUSA неоднозначная “диффузная неоднородность миометрия” структурирована на более объективно описываемые признаки, такие как “эхогенные полосы и глазки”, “эхогенные островки”, кисты, вертикальные полосы. В совокупности все эти признаки как раз и образуют изображение “диффузно неоднородного миометрия” (см. рис. 1, 2, 6).

Радиальный или трансочаговый тип васкуляризации

Использование цветовой/энергетической доплерографии также может иметь существенное значение для диагностики аденомиоза, особенно при дифференциации узловой формы аденомиоза и миомы матки. Так, в зоне аденомиоза определяются не новообразованные, а нативные, хоть и нередко деформированные сосуды миометрия – в основном радиальные (см. рис. 9). Некоторые авторы называют такую картину “рассыпным типом васкуляризации” при аденомиозе. Данный тип васкуляризации будет сохраняться даже при визуализации “узлов” аденомиоза, радиальные сосуды миометрия как бы проходят через такие “узлы”, т.е. имеет место “чрезузловой кровоток”. И, напротив, для миомы матки характерен “циркулярный” тип васкуляризации с часто наблюдаемым эффектом “огибания” сосудами узла [24, 25, 34].

Прочие критерии диагностики аденомиоза

Уже к началу XXI века были описаны почти все основные, актуальные и в настоящее время ультразвуковые критерии аденомиоза, суммированные в публикации М. Atri и соавт. (2000): диффузная неоднородность миометрия, субэндометриальные кисты миометрия, субэндометриальные эхогенные очаги, субэндометриальные эхогенные линейные “борозды”, неоднородность и нечеткость ПЗ, асимметричность передней и задней стенок матки, шаровидная форма матки [27].

Вместе с тем до настоящего времени продолжают поиски эффективных ультразвуковых критериев аденомиоза. В работе А. Xholli и соавт. (2022) была оценена распространенность аденомиоза в зависимости от угла между осями шейки и тела матки. Было отмечено, что угол изгиба матки $>210^\circ$ ассоциируется с более высокой распространенностью аденомиоза [35].

Проводились исследования по оценке значения данных эластографии при аденомиозе. В конечном счете они неоднозначны. В небольшой серии исследований, включавшей 30 женщин с подозрением на аденомиоз, эластография показала более высокую степень эластичности в зоне аденомиоза по сравнению с окружающей тканью матки [36]. Вместе с тем, по данным В.Н. Диомидовой и О.В. Захаровой (2017), а также А.Н. Сенча и соавт. (2020), участки аденомиоза и миомы характеризовались более

высокой жесткостью по сравнению с неизменным миометрием [37, 38].

КОСВЕННЫЕ И ПРЯМЫЕ УЛЬТРАЗВУКОВЫЕ ПРИЗНАКИ АДЕНОМИОЗА MUSA

Очень важную, возможно, эпохальную роль в стандартизации ультразвуковых критериев аденомиоза сыграли положения международного консенсуса MUSA (Morphological Uterus Sonographic Assessment – ультразвуковая оценка морфологии матки), опубликованного в 2015 г., с дополнениями, сделанными в 2021 г. группой авторитетных мировых экспертов. Консенсус MUSA предлагает терминологические, описательные, а также методологические стандарты для диагностики аденомиоза [21, 33].

Приводим критерии аденомиоза MUSA (2015): шаровидная форма матки, асимметричное утолщение стенок матки, кисты миометрия, гиперэхогенные островки, веерообразные тени, субэндометриальные гиперэхогенные полосы и глазки, сквозная васкуляризация узла (трансочаговый тип кровотока), неоднородная и прерывистая ПЗ [21].

К сожалению, многие из этих признаков трудно назвать абсолютно патогномоничными для аденомиоза. Кисты миометрия могут быть результатом кистозной дегенерации миомы, а также следствием приема тамоксифена. Веерообразные тени также наблюдаются при миоме из-за наличия в узлах кальцинатов и/или кист. Прерывистая ПЗ также характерна для миом с локализацией по FIGO 1, 2 или 3 типов. Для начальной стадии рака эндометрия также может наблюдаться прерывистая, неровная, нечеткая ПЗ [4]. В большинстве случаев визуализация очагов аденомиоза затруднена, однако иногда они имеют четкие контуры (аденомиомы). Следует подчеркнуть, что ультразвуковое и даже макроскопическое изображение аденомиоза может существенно отличаться от данных гистологического исследования, при котором эктопическая эндометриальная ткань часто представлена значительно более диффузно [39].

В связи с изложенным в 2021 г. в консенсус MUSA внесены уточнения касательно значимости критериев аденомиоза, которые теперь рекомендовано делить на прямые и непрямые. Важность такого разделения состоит в том, что только прямые признаки следует считать специфическими проявлениями эктопии эндометрия в миометрий. Прямых признаков всего 3:

1) кисты миометрия; 2) гиперэхогенные островки, не имеющие связи с эндометрием; 3) субэндометриальные гиперэхогенные включения в виде полосок (lines) и глазков (buds) (имеющие связь с эндометрием). К непрямым относятся 6 признаков: 1) шаровидная форма матки; 2) асимметричное утолщение стенок матки; 3) веерообразные тени; 4) сквозная васкуляризация узла миометрия; 5) неоднородная ПЗ; 6) прерывистая ПЗ. Непрямыми эти признаки названы потому, что они могут наблюдаться и при других патологических состояниях матки, т.е. они не строго специфичны для аденомиоза. Авторы MUSA особо подчеркивают, что ультразвуковая оценка ПЗ является наиболее сложной методологически, требуя специальной подготовки [33].

К сожалению, в консенсусе MUSA не указано, какое именно количество прямых и/или не прямых критериев необходимо для ультразвукового диагноза аденомиоза.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ КРИТЕРИЕВ АДЕНОМИОЗА

По мере появления все большего количества ультразвуковых критериев аденомиоза правомочно стала возникать проблема их практического использования. Ситуация несколько осложнилась тем, что при подтвержденном морфологически аденомиозе на этапе дооперационного УЗИ количество ультразвуковых признаков у каждой конкретной пациентки могло существенно отличаться – от одного-двух до практических всех известных в настоящее время. Логично полагать, что чем больше ультразвуковых признаков аденомиоза выявлено, тем выше вероятность его наличия. Однако важность каждого из признаков по отдельности неизвестна [13, 16, 20, 23–27].

В обзоре R. Andreotti и A. Fleisher (2005) авторы приходят к выводу, что в диагностике аденомиоза ультразвуковая диагностика – это первый этап для “симптомных” пациенток, т.е. с жалобами на меноррагию и тазовые боли (следующий уточняющий этап – МРТ). К основным ультразвуковым критериям аденомиоза они относят: гетерогенность эхоструктуры миометрия, асимметричную толщину стенок матки, нечеткую визуализацию контуров эндометрия, кисты миометрия, линейную бороздчатость миометрия [40].

Постепенно многие авторы стали склоняться к тому, что для точной ультразвуковой диагностики аденомиоза необходимо наличие совокупности нескольких ультразвуковых критериев [13, 16, 20, 23–27]. Так, по мнению B. Bromley и соавт. (2000), ультразвуковой диагноз аденомиоза правомочен при наличии не менее 2 признаков из 4: 1) “ячеистость” (гетерогенная эхоструктура миометрия); 2) “шаровидная матка”; 3) “мелкие кисты миометрия”; 4) “зазубренный эндометрий” [41].

Предлагаемая М.Н. Булановым (2010) балльная схема ультразвуковой диагностики аденомиоза, по данным автора, позволила диагностировать заболевание с чувствительностью 89% и специфичностью 95%. Ультразвуковой диагноз аденомиоза ставился при сумме ультразвуковых баллов ≥ 4 . Использовались критерии: длина/толщина матки ≤ 1 (1 балл); асимметрия толщины стенок матки > 1 см (1 балл); кисты миометрия любой локализации (2 балла); гетерогенная эхотекстура миометрия (1 балл); признак вертикальных полос без очаговой патологии (2 балла); дугообразная деформация полости матки (1 балл); радиальный тип васкуляризации гетерогенных очагов миометрия (1 балл) [16].

В то же время С. Ехасoustos и соавт. (2020) рекомендуют выставять ультразвуковой диагноз аденомиоза при наличии хотя бы одного из следующих признаков: увеличенная шаровидная матка; асимметричное утолщение стенок матки, не связанное с миомой; округлая кистозная область в миометрии, окруженная гиперэхогенным ореолом; очаговое поражение миометрия (без четких контуров, пониженной или повышенной эхогенности, включает в себя гиперэхогенные островки, субэндометриальные эхогенные полоски и глазки); веерообразная тень, не связанная с миомой; нечеткая, размытая граница между эндометрием и миометрием; чрезузловой кровотока; фиксированная ретропозиция матки (“матка в виде знака вопроса”). Далее авторы предлагают оценивать степень выраженности аденомиоза с помощью собственной классификации, учитывающей 5 критериев:

- 1) утолщение миометрия при его диффузном поражении;
- 2) степень вовлечения в диффузный процесс ПЗ;
- 3) размеры очаговых поражений ПЗ;
- 4) размеры очаговых поражений наружного миометрия (средняя и наружная зоны);

5) размеры аденомиомы при ее наличии. В зависимости от степени выраженности каждого из пяти критериев начисляется от 1 до 4 баллов, которые затем суммируются. В результате дается заключение о степени тяжести аденомиоза: легкая (1–3 балла), умеренная (4–6 баллов) и тяжелая (>7 баллов) [42].

По мнению Т. Van den Bosch и соавт. (2019), при аденомиозе необходимо оценивать поражение трех слоев миометрия: субэндометриального слоя (ПЗ); среднего слоя (между ПЗ и аркуатными сосудами); наружного слоя (между аркуатными сосудами и серозной оболочкой матки). Для подтверждения поражения серозной оболочки рекомендуется оценивать скольжение органов малого таза относительно матки. Авторы предлагают следующую классификацию поражения матки при аденомиозе: 1) по локализации (передний, задний, латеральный слева/справа, фундальный); 2) по типу аденомиоза (очаговый или диффузный, смешанный); 3) по наличию “кистозных” и “некистозных” форм аденомиоза; 4) по вовлеченности маточных слоев (тип 1 – поражение ПЗ; тип 2 – поражение участка между ПЗ и сосудистой аркадой матки; тип 3 – поражение наружного слоя миометрия; 5) по степени поражения миометрия (легкая (<25%), средней тяжести (25–50%) и тяжелая степень (>50%)) [30].

ДИАГНОСТИЧЕСКАЯ ЦЕННОСТЬ РАЗЛИЧНЫХ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ КРИТЕРИЕВ АДЕНОМИОЗА

По данным С. Exacoustos и соавт. (2011), при диагностике аденомиоза для 2D-ТВУЗИ и 3D-ТВУЗИ общая чувствительность составила 75 и 91% соответственно, а общая специфичность – 90 и 88%. Наиболее специфичным (98%) ультразвуковым признаком аденомиоза при 2D-ТВУЗИ были кисты миометрия, а наиболее чувствительным (88%) – гетерогенность миометрия. При 3D-ТВУЗИ как JZdiff ≥ 4 мм, так и неровность и прерывистость JZ имели высокую чувствительность (88%) [20].

По данным обзора М.Р. Andres и соавт. (2017), суммарно чувствительность и специфичность ультразвуковой диагностики аденомиоза составили 83,8 и 63,9% соответственно. Наибольшая чувствительность (86,0%) для одного признака в 2D-режиме оказалась у признака гетерогенность миометрия. Для 3D-режима суммарно чувствительность и специфичность

составили 88,9 и 56,0% соответственно. Наибольшая совокупная чувствительность (86%) и специфичность (56,0%) для одного признака в 3D-режиме была при оценке состояния переходной зоны [43].

В исследовании S. Neal и соавт. (2020) диагноз аденомиоза выставлялся, если определялся хотя бы один из семи ультразвуковых признаков: шаровидное увеличение матки, асимметрия стенок матки, неоднородная эхогенность миометрия, неоднородная ПЗ, кисты миометрия, веерообразные тени и нечетко очерченные очаговые образования миометрия. Было проведено сравнение показателя живорождения, частоты наступления беременностей, частоты выкидышей у женщин с признаками аденомиоза и без них. Распространенность аденомиоза среди 648 пациенток по данным УЗИ составила 15,3%, при этом очень немногие женщины с признаками аденомиоза предъявляли жалобы. Частота наступления беременности и живорождения у женщин без признаков аденомиоза и с признаками аденомиоза была сходной: 80 и 75% ($p > 0,05$), а также 69,5 и 66,5% ($p > 0,05$) соответственно. Таким образом, ни один из семи ультразвуковых признаков аденомиоза по отдельности не может считаться предиктором исхода беременности [44].

В проспективном мультицентровом исследовании Н. Krentel и соавт. (2023) проведен анализ точности 2D-ТВУЗИ для диагностики аденомиоза, а также поиск оптимальных комбинаций ультразвуковых признаков для повышения прогностической ценности при диагностике аденомиоза. Оценивалось 9 ультразвуковых признаков аденомиоза (см. таблицу):

- 1) гетерогенность миометрия,
- 2) линейная исчерченность миометрия,
- 3) кисты миометрия,
- 4) субэндометриальные микрокисты,
- 5) асимметричное утолщение миометрия,
- 6) увеличение матки,
- 7) “знак вопроса”,
- 8) утолщение ПЗ,
- 9) гиперэхогенные очаги миометрия.

Результаты УЗИ сравнивали с гистологическим исследованием после гистерэктомии. Точность диагностики аденомиоза при 2D-ТВУЗИ с использованием всех признаков составила 63,4% (положительная прогностическая ценность – 71,5%; отрицательная прогностическая ценность 48,6%; чувствительность 71,5%; специфичность 48,6%). Гетерогенный миометрий,

Таблица. Диагностическая ценность различных ультразвуковых критериев аденомиоза. Приводится по Н. Krentel и соавт. [45]

Table. Diagnostic value of selected ultrasound criteria for adenomyosis (adapted from Krentel et al. [45])

Ультразвуковой признак	PPV	NPV	Se	Sp	Ac
Субэндометриальные микрокисты	81,2	43,9	43,1	81,7	56,7
Линейная исчерченность	78,7	39,9	28,7	85,9	49,0
Гетерогенный миометрий	68,1	46,3	77,2	35,2	62,1
Гиперэхогенные очаги миометрия	67,5	39,3	60,8	46,5	55,7
Утолщение переходной зоны	77,8	38,4	16,5	91,7	43,7
Увеличение матки	65,3	37,0	60,8	41,7	54,0
Асимметрия стенок матки (>5 мм)	65,4	36,1	52,3	49,3	51,2
Знак вопроса	68,2	36,1	11,5	90,3	39,6
Кисты миометрия	76,1	45,1	51,9	70,8	58,7
Субэндометриальные микрокисты* + гетерогенный миометрий	81,8	44,1	41,5	83,3	56,4
Субэндометриальные микрокисты* + гетерогенный миометрий + кисты миометрия	80,4	41,1	31,5	86,1	51,0

* Авторы не дают пояснения, какие именно размеры имеют те структуры, которые они называют микрокистами.

Примечание. PPV – прогностическая ценность положительного результата; NPV – прогностическая ценность отрицательного результата; Se – чувствительность; Sp – специфичность; Ac – точность.

кисты миометрия, субэндометриальные микрокисты и гиперэхогенные очаги миометрия показали наибольшую точность (55,7–62,1%) при их использовании в качестве изолированных ультразвуковых признаков аденомиоза.

Сочетание наиболее точных ультразвуковых признаков (субэндометриальные микрокисты, миометриальные кисты и гетерогенный миометрий) повысило специфичность до 86,1% по сравнению с таковой для этих трех признаков по отдельности (35,2–81,7%). Признаки увеличения и асимметрия матки при их изолированном использовании продемонстрировали и низкую чувствительность (60,8 и 52,3% соответственно), и низкую специфичность (41,7 и 49,3% соответственно), таким образом, при их изолированном использовании наблюдалось большое количество ложноположительных и ложноотрицательных результатов [45].

В работе S. Alson и соавт. (2024) исследовалась распространенность различных признаков аденомиоза у субфертильных женщин 25–39 лет, впервые планирующих использование вспомогательных репродуктивных технологий. Применялись ультразвуковые критерии MUSA. Оказалось, что хотя бы один прямой или косвенный признак аденомиоза наблюдался у 23,4%

женщин. Прямые признаки аденомиоза наблюдались у 9,6% женщин, при этом у половины из них прямые признаки определялись только при использовании 3D-ТВУЗИ. Также отмечено, что прямые признаки аденомиоза чаще встречались у женщин с эндометриозом малого таза [46].

В работе S. Khaladkar и соавт. (2024) проведена оценка эффективности критериев MUSA при обследовании женщин с аномальными маточными кровотечениями. При этом общая точность диагностики составила 88,9% для аденомиоза и 94,1% для миомы матки. Авторы чаще всего обнаруживали у больных аденомиозом признак гетерогенности миометрия (84,4%) и асимметрии стенок матки (80,6%). Следует отметить, что авторы не использовали в своей работе рекомендации консенсуса 2022 г., т.е. не выделяли прямых и косвенных признаков аденомиоза [47].

В ретроспективном исследовании O. Yavuz и соавт. (2024) проведен анализ эффективности новых критериев MUSA 2021 у пациенток, перенесших гистерэктомию. Гиперэхогенные островки и эхогенные субэндометриальные глазки и полоски имели наибольшее прогностическое значение среди прямых признаков (точность 78 и 79%, тогда как кисты миометрия 70%).

Соответственно шаровидная матка и неровная ПЗ имели наибольшее прогностическое значение среди косвенных признаков. Авторы рекомендуют в качестве значимого критерия для диагностики аденомиоза наличие >4 любых (косвенных или в сочетании с прямыми) признаков (точность 77%), >1 прямого признака (точность 78%), 2 прямых + ≥ 3 не прямых признаков (точность 80%). Вместе с тем точность изолированных не прямых признаков была тоже неплохой и составила: трансочаговая васкуляризация 77%, неоднородная ПЗ 72%, прерывистая ПЗ 70%, асимметрия стенок матки, шаровидная матка, веерообразная тень по 59–60% соответственно [48].

Анализ эффективности новых ультразвуковых критериев MUSA при диагностике аденомиоза, согласно дельфийскому пересмотру 2021 г., проведен А. Biasioli и соавт. (2025). Авторы отталкиваются от положения о том, что обязательным для диагноза аденомиоза является наличие хотя бы одного прямого признака заболевания. Ретроспективно обследовано 63 пациентки с уже установленным диагнозом аденомиоза. Только у 84% пациенток присутствовал хотя бы один признак аденомиоза: из них у $2/3$ это были гиперэхогенные островки, у остальных кисты миометрия или субэндометриальные эхогенные полоски (кстати все 3 признака определялись только у 6% пациенток). В то же время у 16% пациенток с аденомиозом не определялось ни одного прямого признака аденомиоза, а только косвенные: шаровидная матка, асимметрия стенок матки, трансочаговый кровоток, веерообразные тени. Следует также подчеркнуть, что ни у одной женщины из этой подгруппы не определялось отклонений в изображении переходной зоны. Таким образом, формально у 16% пациенток с аденомиозом данный диагноз, согласно новым ультразвуковым критериям, не был поставлен. По мнению авторов, применение нового консенсуса может привести к увеличению количества ложноотрицательных результатов [49].

Оценка воспроизводимости при выявлении прямых и косвенных ультразвуковых признаков аденомиоза, согласно пересмотренному консенсусу MUSA 2021, сделана N. Kadam и соавт. (2025). Наблюдалась лишь умеренная межисследовательская и внутриисследовательская воспроизводимость, что, по мнению авторов, требует дальнейшей разработки по определению эффективных ультразвуковых критериев аденомиоза [50].

КОРРЕЛЯЦИЯ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ПРИЗНАКОВ АДЕНОМИОЗА С КЛИНИЧЕСКИМИ ПРОЯВЛЕНИЯМИ ЗАБОЛЕВАНИЯ

По данным J. Naftalin и соавт. (2016), ультразвуковой диагноз аденомиоза достоверно ассоциируется с альгоменореей, причем наблюдалась статистически значимая положительная корреляция между выраженностью альгоменореи и количеством выявленных ультразвуковых признаков аденомиоза. По мнению авторов, эти данные могут лечь в основу клинически значимой классификации аденомиоза [51].

В обзоре Н. Kobayashi и соавт. (2024) принята попытка обобщения ультразвуковых признаков, коррелирующих с клиническими проявлениями аденомиоза. Авторы пришли к выводу, что в настоящее время нет единого мнения о достоверной корреляции между тяжестью клинической симптоматики и выраженностью ультразвуковых признаков [52].

В работе G. Maldutyte и соавт. (2024) изучена взаимосвязь ультразвуковых признаков и клинических симптомов аденомиоза. Была обнаружена значимая положительная корреляция между количеством ультразвуковых признаков аденомиоза и клиническими проявлениями аденомиоза ($p < 0,05$). Наибольшее значение имели признаки веерообразных акустических теней, прерывистой переходной ПЗ, шаровидной формы матки [53].

В проспективном исследовании S. Jha и соавт. (2024) оценена корреляция между прямыми и косвенными ультразвуковыми признаками аденомиоза и выраженностью клинических симптомов. У 94,4% пациенток с подтвержденным диагнозом аденомиоза наблюдался хотя бы один прямой признак, при этом наиболее распространенными были кисты миометрия (83,75%). Статистический анализ выявил значимую связь между клиническими симптомами и признаками MUSA. Обильные менструальные кровотечения ассоциировались с асимметрией стенок матки, прерывистой ПЗ и шаровидной маткой. Хроническая тазовая боль достоверно ассоциировалась с кистами миометрия, а дисменорея – с кистами миометрия и гиперэхогенными островками. Также обнаружено, что прямые признаки аденомиоза определялись у всех пациенток с диспареунией, дизурией и бесплодием.

А. Biasioli и соавт. (2025) считают, что для популяции пациенток с характерными клиническими проявлениями диагноз аденомиоза мо-

жет быть поставлен даже без наличия прямых ультразвуковых признаков [49].

В работе M. Valdés-Bango и соавт. (2024) авторы предложили выделить понятия внутреннего и наружного аденомиоза. Диагноз внутреннего аденомиоза ставился при наличии признаков поражения ПЗ с вовлечением или без вовлечения среднего слоя миометрия, но без вовлечения наружного слоя миометрия. Наружный аденомиоз диагностировался при признаках поражения наружного слоя миометрия (мышечный слой над аркуатными сосудами), с поражением среднего слоя миометрия или без него, но без изменений ПЗ. При наружном аденомиозе также оценивалось поражение серозной оболочки матки. У пациенток с наружным и внутренним аденомиозом, диагностированным по данным УЗИ, имелись различия в ультразвуковых признаках, а также демографических характеристиках, включая возраст, количество родов, а также сочетание с глубоким эндометриозом и лейомиомами. По данным УЗИ у 70% пациенток был выявлен внутренний аденомиоз, а у 30% – наружный аденомиоз. Пациентки с внутренним аденомиозом были значительно старше, а также среди них реже встречались нерожавшие по сравнению с пациентками с наружным аденомиозом. При внутреннем аденомиозе отмечалась диффузная форма поражения матки, а также определялось больше признаков аденомиоза, чаще наблюдалась шаровидная форма матки и сочетание с лейомиомой, чем при наружном аденомиозе. Напротив, трансочаговая васкуляризация и сопутствующий глубокий эндометриоз чаще встречались в группе с наружным аденомиозом. Не было обнаружено значимых различий между группами внутреннего и наружного аденомиоза в распространенности болевого синдрома, обильных менструальных кровотечений, мажущих выделений или бесплодия. При многофакторном анализе отсутствие родов, наличие лейомиом и глубокого эндометриоза были независимо связаны с типами аденомиоза: наличие глубокого эндометриоза и отсутствие родов увеличивали риск наружного аденомиоза, тогда как наличие лейомиом являлось фактором риска внутреннего аденомиоза. Также количество ультразвуковых признаков аденомиоза было значительно больше у пациенток, не проходящих гормональную терапию [55].

В исследовании S. Vannuccini и соавт. (2024) изучена распространенность аденомиоза при УЗИ среди подростков и молодых женщин,

жалующихся на дисменорею и/или обильные менструальные кровотечения. Проводилось трансвагинальное или трансректальное исследование. Согласно критериям MUSA, диагноз аденомиоза был поставлен у 27,4% пациенток, причем наиболее распространенным был диффузный тип. Наиболее распространенными признаками были асимметрия стенок матки, гиперэхогенные островки, трансочаговая васкуляризация и прерывистая переходная зона. У пациенток с признаками аденомиоза частота миомы матки была значительно выше, чем у пациенток с нормальным изображением миометрия (38,5 и 17,4% соответственно). Кроме того, сочетание дисменореи и миомы матки достоверно ассоциировалось с аденомиозом [56].

Взаимосвязь ультразвуковых признаков аденомиоза и глубокого эндометриоза

Целью исследования R. Matot и соавт. (2025) стало изучение влияния сопутствующего наличия эндометриоза на ультразвуковые характеристики аденомиоза на основе пересмотренных критериев MUSA. Чаще всего наблюдались: шаровидная форма матки (52%), кисты миометрия (44%) и асимметричное утолщение миометрия (33%). В группе с изолированным аденомиозом наблюдалась более высокая доля прямых признаков (29%), а также как прямых, так и косвенных признаков (33%), тогда как в группе, где аденомиозу сопутствовал эндометриоз, преобладали косвенные признаки (71%) ($p < 0,05$). Прямой признак кист миометрия встречался значительно чаще в группе с изолированным аденомиозом (51%) по сравнению с группой с сопутствующим эндометриозом (21%, $p = 0,01$). Авторы обращают внимание на то, что у больных с изолированным и сочетанным аденомиозом определяются преимущественно разные ультразвуковые признаки аденомиоза [57].

ВЫВОДЫ

Уважаемые читатели не могли не обратить внимание на весьма обширный спектр публикаций, посвященных ультразвуковой диагностике аденомиоза. Несмотря на то что первые статьи на эту тему появились уже 45 лет назад, их количество продолжает только расти. При “невозможности объять необъятное” мы постарались отразить в нашем обзоре самые актуальные из них. А между тем буквально ежедневно в поисковой базе появляются новые публикации по данной теме. На наш взгляд, это наглядно отра-

жает как большие успехи диагностического ультразвука в этой области, так и то, что “золотых критериев” все еще нет. Ниже представлены основные выводы о возможностях ультразвуковой диагностики аденомиоза в настоящее время.

1. К настоящему времени предложены многочисленные ультразвуковые критерии аденомиоза:

- Диффузное увеличение матки (не за счет миомы)
- Шаровидная форма матки
- Соотношение длина/толщина тела матки ≤ 1
- Асимметрия толщины передней и задней стенок матки
- Разница в толщине передней и задней стенок матки $\geq 1,0$ см
- Соотношение толщины передней и задней стенок $> 1,4$
- Деформация, зазубренность наружного контура эндометрия
- Гипоэхогенный валик вокруг эндометрия
- Неровная, прерывистая, невизуализируемая переходная зона
- Утолщение переходной зоны ≥ 8 мм
- Разница между максимальной и минимальной толщиной переходной зоны ≥ 4 мм
- Эхогенные очаги в миометрии неправильной формы (полоски, почки, глазки, островки)
- Субэндометриальные кисты 1–2 мм (микрокисты)
- Кисты миометрия диаметром ≥ 2 мм
- Признак “вертикальных полос” (признак “веера”)
- Диффузно неоднородная структура миометрия (неравномерное чередование участков повышенной и пониженной эхогенности)
- Радиальный или трансочаговый тип васкуляризации миометрия
- Фиксированная ретропозиция матки (“матка в виде знака вопроса”)
- Угол изгиба матки кзади $> 210^\circ$
- Повышение жесткости участков аденомиоза по сравнению с неизмененным миометрием при эластографии

Ультразвуковые критерии аденомиоза MUSA (2021):

- Прямые ультразвуковые признаки MUSA: кисты миометрия; гиперэхогенные островки миометрия; субэндометриальные гиперэхогенные включения в виде полосок (lines) и глазков (buds).
- Косвенные ультразвуковые признаки MUSA: шаровидная форма матки; асимметричное утол-

щение стенок матки; веерообразные тени; сквозная васкуляризация узла миометрия; неоднородная переходная зона; прерывистая переходная зона.

2. Диагностическая ценность УЗИ при диагностике аденомиоза, по данным различных авторов, составляет: чувствительность 72–91%; специфичность 49–90%; прогностическая ценность положительного результата 72–82%; прогностическая ценность отрицательного результата 49–80%; точность 56–63%.

3. Отмечается корреляция между ультразвуковыми признаками аденомиоза и клиническими проявлениями заболевания (в том числе между тяжестью клинических проявлений и количеством ультразвуковых признаков), хотя эту точку зрения поддерживают не все авторы.

4. При изолированном аденомиозе преобладали прямые ультразвуковые признаки заболевания (изолированно или в сочетании с косвенными), тогда как при аденомиозе в сочетании с эндометриозом малого таза преобладали косвенные признаки.

Участие авторов

Борисова Е.А. – проведение исследования, сбор и обработка данных, обзор публикаций по теме статьи, написание текста, подготовка и редактирование текста, ответственность за целостность всех частей статьи, утверждение окончательного варианта статьи.

Буланов М.Н. – проведение исследования, сбор и обработка данных, обзор публикаций по теме статьи, написание текста, подготовка и редактирование текста, ответственность за целостность всех частей статьи, утверждение окончательного варианта статьи; подготовка, создание опубликованной работы.

Макаренко Т.А. – участие в научном дизайне.

Authors' participation

Borisova E.A. – conducting research, collection and analysis of data review of publications, writing text, 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.

Bulanov M.N. – conducting research, collection and analysis of data, review of publications, writing text, 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, preparation and creation of the published work.

Makarenko T.A. – participation in scientific design.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ
[REFERENCES]

1. Давыдов А.И., Таирова М.Б., Михалева Л.М., Кавиладзе М.Г., Чилова Р.А. Аденомиоз. Что изменилось с появлением МКБ-11? *Вопросы гинекологии, акушерства и перинатологии*. 2021; 20 (2): 117–124. <https://doi.org/10.20953/1726-1678-2021-2-117-124>
2. Davydov A.I., Tairova M.B., Mikhaleva L.M. et al. Adenomyosis. What has changed with the advent of ICD-11? *Issues of Gynecology, Obstetrics and Perinatology*. 2021; 20 (2): 117–124. <https://doi.org/10.20953/1726-1678-2021-2-117-124> (In Russian)
3. Devlieger R., D'Hooghe T., Timmerman D. Uterine adenomyosis in the infertility clinic. *Hum. Reprod. Update*. 2003; 9 (2):139–147. <https://doi.org/10.1093/humupd/dmg010>
4. Shrestha A., Shrestha R., Sedhai L.B., Pandit U. Adenomyosis at hysterectomy: prevalence, patient characteristics, clinical profile and histopathological findings. *Kathmandu Univ. Med. J.* 2012; 10 (37): 53–56. <https://doi.org/10.3126/kumj.v10i1.6915>
5. Van den Bosch T., Van Schoubroeck D. Ultrasound diagnosis of endometriosis and adenomyosis: State of the art. *Best Pract. Res. Clin. Obstet. Gynaecol.* 2018; 51: 16–24. <https://doi.org/10.1016/j.bpobgyn.2018.01.013>
6. Bergholt T., Bergholt T., Eriksen L. et al. Prevalence and risk factors of adenomyosis at hysterectomy. *Human. Reprod.* 2001; 16 (11): 2418–2421. <https://doi.org/10.1093/humrep/16.11.2418>
7. Naftalin J., Hoo W., Pateman K. et al. How common is adenomyosis? A prospective study of prevalence using transvaginal ultrasound in a gynaecology clinic. *Hum. Reprod.* 2012; 27 (12): 3432–3439. <https://doi.org/10.1093/humrep/des332>
8. Puente J.M., Fabris A., Patel J. et al. Adenomyosis in infertile women: prevalence and the role of 3D ultrasound as a marker of severity of the disease. *Reprod. Biol. Endocrinol.* 2016; 14 (1): 60. <https://doi.org/10.1186/s12958-016-0185-6>
9. Lazzeri L., Di Giovanni A., Exacoustos C. et al. Preoperative and Postoperative Clinical and Transvaginal Ultrasound Findings of Adenomyosis in Patients With Deep Infiltrating Endometriosis. *Reprod. Sci.* 2014; 21 (8):1027–1033. <https://doi.org/10.1177/1933719114522520>
10. Walsh J.W., Taylor K.J., Rosenfield A.T. Gray scale ultrasonography in the diagnosis of endometriosis and adenomyosis. *Am. J. Roentgenol.* 1979; 132(1):87–90. <https://doi.org/10.2214/ajr.132.1.87>
11. Murao F., Hata K., Shin K. et al. Ultrasonography for the diagnosis of adenomyosis. *Nihon Sanka Fujinka Gakkai Zasshi*. 1986; 38 (11): 2073–2077. PMID: 3540155
12. Siedler D., Laing F.C., Jeffrey R.B. Jr., Wing V.W. Uterine adenomyosis. A difficult sonographic diagnosis. *J. Ultrasound Med.* 1987; 6 (7): 345–349. <https://doi.org/10.7863/jum.1987.6.7.345>
13. Дамиров М.М., Шабанов А.М. Сопоставление ультразвуковых и морфологических критериев аденомиоза. *Акушерство и гинекология*. 2002; 5: 28–32.
14. Damirov M.M., Shabanov A.M. Comparison of ultrasound and morphological criteria of adenomyosis. *Obstetrics and Gynecology*. 2002; 5: 28–32. (In Russian)
15. Демидов В.Н., Хачатрян А.К., Адамян Л.В. Ультразвуковая диагностика эндометриоза. II. Внутренний эндометриоз. *Ультразвуковая диагностика*. 1996; 1: 32.
16. Demidov V.N., Khachatryan A.K., Adamyan L.V. Ultrasound diagnostics of endometriosis. II. Internal endometriosis. *Ultrasound Diagnostics*. 1996; 1: 32. (In Russian)
17. Давыдов А.И., Стрижаков А.Н. Современные аспекты патогенеза генитального эндометриоза. *Акушерство и гинекология*. 1997; 2: 44.
18. Davydov A.I., Strizhakov A.N. Modern aspects of the pathogenesis of genital endometriosis. *Obstetrics and Gynecology*. 1997; 2: 44. (In Russian)
19. Hirai M., Shibata K., Sagai H. et al. Transvaginal pulsed and color Doppler sonography for the evaluation of adenomyosis. *J. Ultrasound Med.* 1995; 14 (7): 529–532. <https://doi.org/10.7863/jum.1995.14.7.529>
20. Буланов М.Н. Ультразвуковая гинекология: лекции по ультразвуковой диагностике в гинекологии. В трех томах. Том 1. М.: Издательский дом Видар-М, 2010. 268 с. ISBN 978-5-88429-134-8 (т.1) ISBN 78-5-88429-133-1
21. Bulanov M.N. Ultrasound gynecology: lectures on ultrasound diagnostics in gynecology. In three volumes. Volume 1. Moscow: Vidar-M Publishing House, 2010. 268 p. ISBN 978-5-88429-134-8 (vol. 1) ISBN 78-5-88429-133-1 (In Russian)
22. Zhang Y., Zhou L., Li T.C. et al. Ultrastructural features of endometrial-myometrial interface and its alteration in adenomyosis. *Int. J. Clin. Exp. Pathol.* 2014; 7 (4): 1469–1477. PMID: 24817942
23. Atzori E., Tronci C., Sionis L. Transvaginal ultrasound in the diagnosis of diffuse adenomyosis. *Gynecol. Obstet. Invest.* 1996; 42 (1): 39–41. <https://doi.org/10.1159/000291887>
24. Дамиров М.М., Кулаков В.И., Бакулева Л.П., Шабанов А.М., Слюсарь Я.П., Саркисов С.Э. Новые данные о патогенезе внутреннего эндометриоза. *Акушерство и гинекология*. 1993; 5: 28.
25. Damirov M.M., Kulakov V.I., Bakuleva L.P. et al. New data on the pathogenesis of internal endometriosis. *Obstetrics and Gynecology*. 1993; 5: 28. (In Russian)
26. Exacoustos C., Brienza L., Di G.A. et al. Adenomyosis: three-dimensional sonographic findings of the junctional zone and correlation with histology. *Ultrasound Obstet. Gynecol.* 2011; 37 (4): 471–479. <https://doi.org/10.1002/uog.8900>
27. Van den Bosch T., Dueholm M., Leone F.P. et al. Terms, definitions, and measurements to describe sonographic features of myometrium and uterine masses: a consensus opinion from the Morphological

- Uterus Sonographic Assessment (MUSA) group. *Ultrasound Obstet. Gynecol.* 2015; 46 (3): 284–298. <https://doi.org/10.1002/uog.14806>
22. Li M., Zong Z., Wang X., Zhang H. The Application Value of Transvaginal Three-Dimensional Ultrasonography in the Diagnosis of Adenomyosis of the Uterus. *J. Clin. Ultrasound.* 2026; 54 (5): 1113–1121. <https://doi.org/10.1002/jcu.70167>
 23. Harmsen M.J., Trommelen L.M., de Leeuw R.A. et al. Uterine junctional zone and adenomyosis: comparison of MRI, transvaginal ultrasound and histology. *Ultrasound Obstet. Gynecol.* 2023; 62 (1): 42–60. <https://doi.org/10.1002/uog.26117>
 24. Reinhold C., Atri M., Mehio A. et al. Diffuse uterine adenomyosis: morphologic criteria and diagnostic accuracy of endovaginal sonography. *Radiology.* 1995; 197 (3): 609–614. <https://doi.org/10.1148/radiology.197.3.7480727>
 25. Reinhold C., Tafazoli F., Wang L. Imaging features of adenomyosis. *Hum. Reprod. Update.* 1998; 4 (4): 337–349. <https://doi.org/10.1093/humupd/4.4.337>
 26. Kepkep K., Tuncay Y.A., Göynümer G., Tural E. Transvaginal sonography in the diagnosis of adenomyosis: which findings are most accurate? *Ultrasound Obstet. Gynecol.* 2007; 30 (3): 341–345. <https://doi.org/10.1002/uog.3985>
 27. Atri M., Reinhold C., Mehio A.R. et al. Adenomyosis: US features with histologic correlation in an in-vitro study. *Radiology.* 2000; 215 (3): 783–790. <https://doi.org/10.1148/radiology.215.3.r00jn06783>
 28. Cucinella G., Billone V., Pitruzzella I. et al. Adenomyotic cyst in a 25-year-old woman: case report. *J. Minim. Invasive Gynecol.* 2013; 20 (6): 894–898. <https://doi.org/10.1016/j.jmig.2013.04.022>
 29. Reeves M.F., Goldstein R.B., Jones K.D. Communication of adenomyosis with the endometrial cavity: visualization with saline contrast sonohysterography. *Ultrasound Obstet. Gynecol.* 2010; 36 (1): 115–119. <https://doi.org/10.1002/uog.7513>
 30. Van den Bosch T., de Bruijn A.M., de Leeuw R.A. et al. Sonographic classification and reporting system for diagnosing adenomyosis. *Ultrasound Obstet. Gynecol.* 2019; 53 (5): 576–582. <https://doi.org/10.1002/uog.19096>
 31. Dueholm M. Transvaginal ultrasound for diagnosis of adenomyosis: a review. *Best Pract. Res. Clin. Obstet. Gynaecol.* 2006; 20 (4): 569–582. <https://doi.org/10.1016/j.bpobgyn.2006.01.005>
 32. Timmerman D. Adenomyosis. / In: I.E. Timor Tritsch, S.R. Goldstein. *Ultrasound in gynecology.* Churchill-Livingstone, 2007: 86–92.
 33. Harmsen M.J., Van den Bosch T., de Leeuw R.A. et al. Consensus on revised definitions of morphological uterus sonographic assessment (MUSA) features of adenomyosis: results of a modified Delphi procedure. *Ultrasound Obstet. Gynecol.* 2022; 60 (1): 118–131. <https://doi.org/10.1002/uog.24786>
 34. Зыкин Б.И., Проскурякова О.В., Буланов М.Н., Огрызкова В., Соболев М.Ю. Стандартизация ультразвуковых исследований в гинекологии. Допплерографические нормативы артериального кровотока. *Эхография.* 2001; 2 (3): 289. Zykin B.I., Proskuryakova O.V., Bulanov M.N., Ogryzkova V., Sobol M.Yu. Standardization of ultrasound examinations in gynecology. Dopplerographic standards of arterial blood flow. *Echography.* 2001; 2 (3): 289. (In Russian)
 35. Xholli A., Scovazzi U., Londero A.P. et al. Angle of Uterine Flexion and Adenomyosis. *J. Clin. Med.* 2022; 11 (11): 3214. <https://doi.org/10.3390/jcm11113214>
 36. Tessarolo M., Bonino L., Camanni M., Deltetto F. Elastasonography: a possible new tool for diagnosis of adenomyosis? *Eur. Radiol.* 2011; 21 (7): 1546–1552. <https://doi.org/10.1007/s00330-011-2064-z>
 37. Диомидова В.Н., Захарова О.В. Эластография сдвиговой волной в оценке жесткости структуры матки в норме и при патологии у женщин детородного возраста. *Ультразвуковая и функциональная диагностика.* 2017; 4: S109. Diomidova V.N., Zakharova O.V. Shear wave elastography in assessing the stiffness of uterine structures in norm and pathology in women of childbearing age. *Ultrasound and Functional Diagnostics.* 2017; 4: S109. (In Russian)
 38. Сенча А.Н., Кондратович Л.М., Быков А.Г., Адамян Л.В. Ультразвуковая эластография в диагностике аденомиоза. *Акушерство и гинекология.* 2020; 3: 86–99. <https://dx.doi.org/10.18565/aig.2020.3.86-99> Sencha A.N., Kondratovich L.M., Bykov A.G., Adamyan L.V. Ultrasound elastography in the diagnosis of adenomyosis. *Obstetrics and Gynecology.* 2020; 3: 86–99. <https://dx.doi.org/10.18565/aig.2020.3.86-99> (In Russian)
 39. Vandermeulen L., Cornelis A., Kjaergaard Rasmussen C. et al. Guiding histological assessment of uterine lesions using 3D in vitro ultrasonography and stereotaxis. *Facts Views Vis. Obgyn.* 2017; 9 (2): 77–84. PMID: 29209483
 40. Andreotti R.F., Fleischer A.C. The sonographic diagnosis of adenomyosis. *Ultrasound Q.* 2005; 21 (3): 167–170. <https://doi.org/10.1097/01.ruq.0000174751.34633.9a>
 41. Bromley B., Shipp T.D., Benacerraf B. Adenomyosis: sonographic findings and diagnostic accuracy. *J. Ultrasound Med.* 2000; 19 (8): 529–534; quiz 535–536. <https://doi.org/10.7863/jum.2000.19.8.529>
 42. Exacoustos C., Morosetti G., Conway F. et al. New Sonographic Classification of Adenomyosis: Do Type and Degree of Adenomyosis Correlate to Severity of Symptoms? *J. Minim. Invasive Gynecol.* 2020; 27 (6): 1308–1315. <https://doi.org/10.1016/j.jmig.2019.09.788>
 43. Andres M.P., Borrelli G.M., Ribeiro J. et al. Transvaginal Ultrasound for the Diagnosis of Adenomyosis: Systematic Review and Meta-Analysis. *J. Minim. Invasive Gynecol.* 2018; 25 (2): 257–264. <https://doi.org/10.1016/j.jmig.2017.08.653>

44. Neal S., Morin S., Werner M. et al. Three-dimensional ultrasound diagnosis of adenomyosis is not associated with adverse pregnancy outcome following single thawed euploid blastocyst transfer: prospective cohort study. *Ultrasound Obstet. Gynecol.* 2020; 56 (4): 611–617. <https://doi.org/10.1002/uog.22065>. PMID: 32349167
45. Krentel H., Keckstein J., Föger T. et al. Accuracy of ultrasound signs on two-dimensional transvaginal ultrasound in prediction of adenomyosis: prospective multicenter study. *Ultrasound Obstet. Gynecol.* 2023; 62 (5): 739–746. <https://doi.org/10.1002/uog.26197>
46. Alson S., Jokubkiene L., Henic E., Sladkevicius P. Prevalence of adenomyosis features in women scheduled for assisted reproductive treatment, using the Morphological Uterus Sonographic Assessment group definitions. *Acta Obstet. Gynecol. Scand.* 2024; 103 (6): 1142–1152. <https://doi.org/10.1111/aogs.14812>
47. Khaladkar S.M., Dhande A., Shah R.N., KirdatPatil P.P. Application of the Morphological Uterine Scoring Assessment in Ultrasound for Abnormal Uterine Bleeding. *Cureus.* 2024; 16 (11): e74709. <https://doi.org/10.7759/cureus.74709>
48. Yavuz O., Akdöner A., Özgozen M.E. et al. Prediction of adenomyosis according to revised definitions of morphological uterus sonographic assessment features. *Front. Med. (Lausanne).* 2024; 11: 1387515. <https://doi.org/10.3389/fmed.2024.1387515>
49. Biasioli A., Degano M., Restaino S. et al. The Udine Hospital Endometriosis Group. Innovative Ultrasound Criteria for the Diagnosis of Adenomyosis and Correlation with Symptoms: A Retrospective Re-Evaluation. *Biomedicines.* 2024; 12 (2): 463. <https://doi.org/10.3390/biomedicines12020463>
50. Kadam N., Khalid S., Jayaprakasan K. How Reproducible Are the Ultrasound Features of Adenomyosis Defined by the Revised MUSA Consensus? *J. Clin. Med.* 2025; 14 (2): 456. <https://doi.org/10.3390/jcm14020456>
51. Naftalin J., Hoo W., Nunes N. et al. Association between ultrasound features of adenomyosis and severity of menstrual pain. *Ultrasound Obstet. Gynecol.* 2016; 47 (6): 779–783. <https://doi.org/10.1002/uog.15798>
52. Kobayashi H., Imanaka S. Understanding Ultrasound Features that Predict Symptom Severity in Patients with Adenomyosis: a Systematic Review. *Reprod. Sci.* 2024; 31 (2): 320–331. <https://doi.org/10.1007/s43032-023-01318-5>
53. Maldutyte G., Opolskienė G., Rudaitis V., Ramašauskaitė D. The association between sonographic features and clinical symptoms of adenomyosis. *J. Clin. Ultrasound.* 2024; 52 (7): 846–850. <https://doi.org/10.1002/jcu.23712>
54. Jha S., Prakash N., Jha V.C., Sinha U. New MUSA classification of adenomyosis: correlation of symptoms and clinical severity with direct and indirect features. *Prz. Menopauzalny.* 2024; 23 (4): 185–191. <https://doi.org/10.5114/pm.2024.145950>
55. Valdés-Bango M., Ros C., Daza M. et al. Internal and external adenomyosis phenotypes: ultrasound features and association with clinical outcomes. *Hum. Reprod.* 2024; deae105. <https://doi.org/10.1093/humrep/deae105>
56. Vannuccini S., Meleca C., Toscano F. et al. Adenomyosis diagnosis among adolescents and young women with dysmenorrhoea and heavy menstrual bleeding. *Reprod. Biomed. Online.* 2024; 48 (5): 103768. <https://doi.org/10.1016/j.rbmo.2023.103768>
57. Matot R., Blickstein O., Leibner G. et al. Differences in the Sonographic Features of Adenomyosis and Concurrent Endometriosis Compared to Isolated Adenomyosis: A MUSA Criteria Analysis. *J. Ultrasound Med.* 2025; 44 (6): 1077–1084. <https://doi.org/10.1002/jum.16667>

Ultrasound diagnosis of adenomyosis: a literature review and clinical cases

E.A. Borisova^{1,2*}, M.N. Bulanov^{3,4}, T.A. Makarenko¹

¹ Prof. V.F. Voino-Yasenetsky Krasnoyarsk State Medical University of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation; 1, Partozan Zheleznyak str., Krasnoyarsk 660022, Russian Federation

² Limited Liability Company “MedikoProfi” – “Borisov Diagnostic and Treatment Clinic”; 8, Aerovokzalnaya str., Krasnoyarsk 660022, Russian Federation

³ Regional Clinical Hospital; 21, Sudogodskoye shosse, Vladimir 600023, Russian Federation

⁴ Yaroslav-the-Wise Novgorod State University; 41, Bolshaya St.-Petersburgskaya str., Veliky Novgorod 173003, Russian Federation

Elena A. Borisova – MD, PhD (Med.), assistant of the Department of operative gynecology of the Institute of postgraduate education of the Prof. V.F. Voino-Yasenetsky Krasnoyarsk State Medical University; LLC “MedikoProfi” – “Borisov Diagnostic and Treatment Clinic”, ultrasound diagnostics doctor, Krasnoyarsk. <http://orcid.org/0000-0002-4667-6298>.

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>

Tatyana A. Makarenko – MD, Doct. of Sci. (Med.), Professor, Head of the Department of operative gynecology of the Institute of postgraduate education of the Prof. V.F. Voyno-Yasenetsky Krasnoyarsk State Medical University, Krasnoyarsk. <http://orcid.org/0000-0002-2899-8103>

Correspondence* to Dr Elena A. Borisova– e-mail: borisova2209@rambler.ru

This review addresses the utility of ultrasound in the diagnosis of adenomyosis. Over the past 45 years, the topic has been extensively covered in the literature. To date, at least 20 ultrasound criteria for adenomyosis have been proposed by various research groups. Currently, the most clinically relevant are the direct and indirect ultrasound features of adenomyosis as delineated by the MUSA (Morphological Uterus Sonographic Assessment) international consensus. Reported diagnostic value for ultrasound in adenomyosis detection vary across studies: sensitivity ranges from 72% to 91 %, specificity from 49% to 90%, positive predictive value (PPV) from 72% to 82%, negative predictive value (NPV) from 49% to 80%, and accuracy from 56% to 63%. A correlation between ultrasound findings and clinical manifestations of adenomyosis has been described (including an association between the severity of symptoms and the number of detected imaging features), although this relationship remains a subject of debate among experts.

Keywords: ultrasound; adenomyosis; endometriosis

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

Financing. This study had no sponsorship.

Citation: Borisova E.A., Bulanov M.N., Makarenko T.A. Ultrasound Diagnosis of Adenomyosis: A Literature Review and Clinical Cases. *Ultrasound and Functional Diagnostics*. 2026; 32 (3): 62–79. <https://doi.org/10.24835/1607-0771-382> (In Russian)

Received: 17.02.2026.

Accepted for publication: 23.06.2026.

Published online: 16.09.2026.



Лучевая диагностика холедохоцеле в детском возрасте (клиническое наблюдение и обзор литературы)

Е.В. Феоктистова^{1, 2*}, Э.А. Степанов¹, Д.А. Петров^{1, 2},
М.Б. Стахова¹, С.П. Макаров¹

¹ Российская детская клиническая больница – филиал ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России (Пироговский Университет); 119571 Москва, Ленинский пр-т, д. 117, корп. 1 Москва, Российская Федерация

² ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России (Пироговский Университет); 117997 Москва, ул. Островитянова, д. 1, Российская Федерация

Холедохоцеле – это кистозное расширение дистального сегмента общего желчного протока, выступающее в просвет двенадцатиперстной кишки. Это крайне редкое врожденное поражение. В статье описано наблюдение 5-летнего ребенка с неосложненным холедохоцеле. В ходе предоперационной диагностики по данным как ультразвукового исследования, так и магнито-резонансной холангиопанкреатографии не удалось провести достоверную дифференциальную диагностику между кистой желчного протока III типа и кистозным удвоением двенадцатиперстной кишки. Ребенку выполнена плановая дуоденотомия с иссечением кисты, послеоперационный период протекал благополучно. В статье описаны ультразвуковые признаки, характерные для данного варианта порока развития желчных ходов, приведены обзор литературы с описанием эмбриогенеза заболевания, а также сведения о сравнительной точности ультразвуковых, лучевых и эндоскопических методов диагностики.

Ключевые слова: ультразвуковая диагностика; холедохоцеле; киста холедоха; пороки желчевыводящих путей

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии возможных конфликтов интересов.

Финансирование. Исследование проведено без спонсорской поддержки.

Феоктистова Елена Владимировна – канд. мед. наук, заведующая отделением ультразвуковой и функциональной диагностики Российской детской клинической больницы – филиала ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России (Пироговский Университет); доцент кафедры ультразвуковой диагностики, доцент кафедры детской хирургии ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России (Пироговский Университет), Москва. <https://orcid.org/0000-0003-2348-221X>

Степанов Алексей Эдуардович – канд. мед. наук, врач-детский хирург детского хирургического отделения Российской детской клинической больницы – филиала ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России (Пироговский Университет), Москва. <https://orcid.org/0000-0002-7145-4152>

Петров Дионисий Александрович – канд. мед. наук, врач-детский хирург, врач-эндоскопист, заведующий детским хирургическим отделением Российской детской клинической больницы – филиала ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России (Пироговский Университет); старший научный сотрудник отдела детской реконструктивной и пластической хирургии института материнства и детства ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России (Пироговский Университет), Москва. <https://orcid.org/0000-0001-8192-005X>

Стахова Марина Борисовна – врач ультразвуковой диагностики отделения ультразвуковой и функциональной диагностики Российской детской клинической больницы – филиала ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России (Пироговский Университет), Москва. <https://orcid.org/0009-0000-5675-8353>

Макаров Сергей Петрович – врач-детский хирург детского хирургического отделения Российской детской клинической больницы – филиала ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России (Пироговский Университет), Москва. <https://orcid.org/0000-0001-6438-4259>

Контактная информация*: Феоктистова Елена Владимировна – e-mail: 9433672@mail.ru

Цитирование: Феоктистова Е.В., Степанов Э.А., Петров Д.А., Стахова М.Б., Макаров С.П. Лучевая диагностика холедохоцеле в детском возрасте (клиническое наблюдение и обзор литературы). *Ультразвуковая и функциональная диагностика*. 2026; 32 (3): 80–90. <https://doi.org/10.24835/1607-0771-437>

Поступила в редакцию: 17.04.2026.

Принята к печати: 22.07.2026.

Опубликована online: 16.09.2026.

ВВЕДЕНИЕ

Кисты холедоха (КХ) – редкие врожденные аномалии, встречающиеся с частотой 1 на 100 000 новорожденных в европейской и североамериканской популяциях. КХ классифицированы по системе Т. Todani на 5 типов: тип I – сферическое или веретенообразное расширение общего желчного протока (ОЖП); тип II – одиночный дивертикул ОЖП; тип III – кистозное расширение дистальной части ОЖП в пределах ампулы Фатера, выступающее в двенадцатиперстную кишку (ДПК); тип IV – множественные расширения, затрагивающие внутри- и/или внепеченочные желчные протоки, тип V – кисты внутрипеченочных желчных протоков, также известные как болезнь Кароли [1].

Из перечисленных пяти вариантов КХ III типа, также известные как холедохоцеле (ХЦ), являются наименее распространенными, составляя всего 1,4–4,5% от общего числа описанных в больших сериях наблюдений [2].

W.C. Wheeler в 1915 г. впервые описал ХЦ как кистозную структуру, локализованную в терминальном отделе ОЖП, которая может сдавливать просвет ДПК и приводить к билиарной обструкции. Греческий корень “холедохо-” относится к общему желчному протоку, а суффикс “целе” – к припухлости или полости. В этом отношении они аналогичны локальному расширению дистального отдела мочеточника в стенке мочевого пузыря, известному как уретероцеле [3].

К настоящему времени литературные публикации, сообщающие о ХЦ в педиатрической популяции, насчитывают не более 50 наблюдений, причем в большинстве случаев диагностический поиск начинался с ультразвукового исследования (УЗИ) [4, 5].

ХЦ чаще встречается в более старшем возрасте по сравнению с другими КХ со средним возрастом манифестации 51 год.

В связи с редкостью этой аномалии стандартные методы диагностики и лечения до конца не разработаны.

Приводим собственное клиническое наблюдение.

Клиническое наблюдение

Мальчик Э., 5 лет, поступил в Российскую детскую клиническую больницу с направляющим диагнозом “киста головки поджелудочной железы”. Предшествующий анамнез жизни без особенностей. За месяц до поступления в клинику обратился к хирургу по месту жительства в связи с внезапно возникшими приступообразными болями в животе. Во время первичного осмотра острая хирургическая патология органов брюшной полости исключена, направлен на УЗИ. По данным УЗИ в проекции правого подреберья обнаружено кистозное анэхогенное образование размерами $40 \times 33 \times 41$ мм.

Для уточнения органной принадлежности кисты выполнена компьютерная томография (КТ) брюшной полости с внутривенным контрастированием. По данным КТ: размеры печени не увеличены, структура паренхимы однородная, плотность не изменена, внутрипеченочные желчные протоки не расширены, просвет ОЖП 4 мм, желчный пузырь обычных размеров, содержимое однородное. В области головки поджелудочной железы определяется жидкостное образование с четкими ровными контурами, не накапливающее контрастное вещество, размерами $36 \times 31 \times 38$ мм. Сделано заключение о наличии кисты головки поджелудочной железы с возможной компрессией ОЖП (рис. 1).

Для детальной топографо-анатомической оценки желчевыводящих путей и вирсунгова протока выполнена магнитно-резонансная холангиопанкреатография (МРХПГ). Визуализирован заполненный желчный пузырь без дефектов наполнения, ОЖП без дефектов наполнения, имеет просвет 5 мм, правый печеночный проток 4 мм, левый печеночный проток 5 мм, общий печеночный проток 5 мм, поджелудочная железа обычных размеров и структуры, вирсунгов проток не расширен (2 мм). По результатам магнитно-резонансного исследования выявлены признаки дивертикула ДПК размерами $27 \times 25 \times 44$ мм (рис. 2).

При поступлении общее состояние ребенка удовлетворительное, массо-ростовые показатели на уровне 50–75% перцентиля, сохраняются жалобы на периодические боли в животе без четкой локализации. При пальпации живот мягкий, безболезненный. Показатели общего и биохимического анализов крови без особенностей.



Рис. 1. Компьютерная томография органов брюшной полости с введением контрастного вещества. Артериальная фаза контрастирования, аксиальная проекция. В области головки поджелудочной железы определяется жидкостное образование с четкими ровными контурами, не накапливающее контрастное вещество, размерами $36 \times 31 \times 38$ мм.

Fig. 1. Contrast-enhanced computed tomography (CT) of the abdomen. Arterial phase, axial image. A fluid-filled lesion with well-defined, smooth margins is identified in the region of the pancreatic head. The lesion demonstrates no contrast enhancement and measures $36 \times 31 \times 38$ mm.



Рис. 2. Магнито-резонансное исследование. Режим $ax T2$ truti (аксиальная проекция). Просвет двенадцатиперстной кишки сдавлен в нисходящем отделе. По наружному контуру головки поджелудочной железы определяется сферическое образование размерами $27 \times 25 \times 44$ мм, края капсулоподобные, толщиной до 1,5 мм, содержимое жидкостное. Признаков диффузии и рестрикции нет.

Fig. 2. Magnetic resonance imaging (MRI). Axial $T2$ -weighted sequence ($T2$ TRUFI), axial plane. The lumen of the duodenum is compressed at the level of its descending portion. A spherical lesion measuring $27 \times 25 \times 44$ mm is identified along the external contour of the pancreatic head. The lesion is surrounded by a capsule-like wall measuring up to 1.5 mm in thickness and contains fluid. No evidence of diffusion restriction is observed.

При УЗИ отмечено, что размеры и структура печени не изменены, содержимое желчного пузыря однородное, анэхогенное, стенки желчного пузыря не изменены, внутри- и внепеченочные желчевыводящие пути не расширены, поджелудочная железа хорошо доступна визуализации во всех отделах, имеет неизмененную структуру и эхогенность, размеры железы соответствуют массо-ростовым показателям, вирсунгов проток не расширен. Между нижней поверхностью головки поджелудочной железы и медиальным контуром правой почки в просвете ДПК определяется округлое жидкостное эконегативное образование размерами $28 \times 22 \times 29$ мм, стенка образования по структуре схожа со стенкой кишки. Контур образования меняется при перистальтических движениях кишки (рис. 3).

По результатам проведенного в нашей клинике УЗИ был отвергнут направляющий диагноз кисты головки поджелудочной железы. Необходимо было провести дифференциальную диагностику между дубликационной кистой ДПК и ХЦ.

С этой целью выполнена повторная МРХПГ. При сравнении двух магнитно-резонансных исследований, выполненных с перерывом в нед, отмечено, что сферическое образование у наружного контура головки поджелудочной железы сократилось до размеров $18 \times 17 \times 26$ мм. Большой дуоденальный сосочек смещен вверх, определяется в верхней стенке кисты. Холедох в дистальных отделах смещен вверх, не расширен, 1,5 мм. Внутрипеченочные желчные протоки не расширены (рис. 4). По мнению врачей, проводивших МРХПГ, исследование не позволило достоверно дифференцировать дубликационную кисту ДПК (что сочтено наиболее вероятным) и кисту желчного протока III типа (ХЦ).

Пациент оперирован в плановом порядке. После выполнения верхне-срединной лапаротомии при ревизии в просвете ДПК пальпируется кистозное образование. Выполнена продольная дуоденотомия, в области большого дуоденального сосочка обнаружено ХЦ, перекрывающее просвет кишки на $2/3$. Локализован и зондирован выводной отдел холедоха.

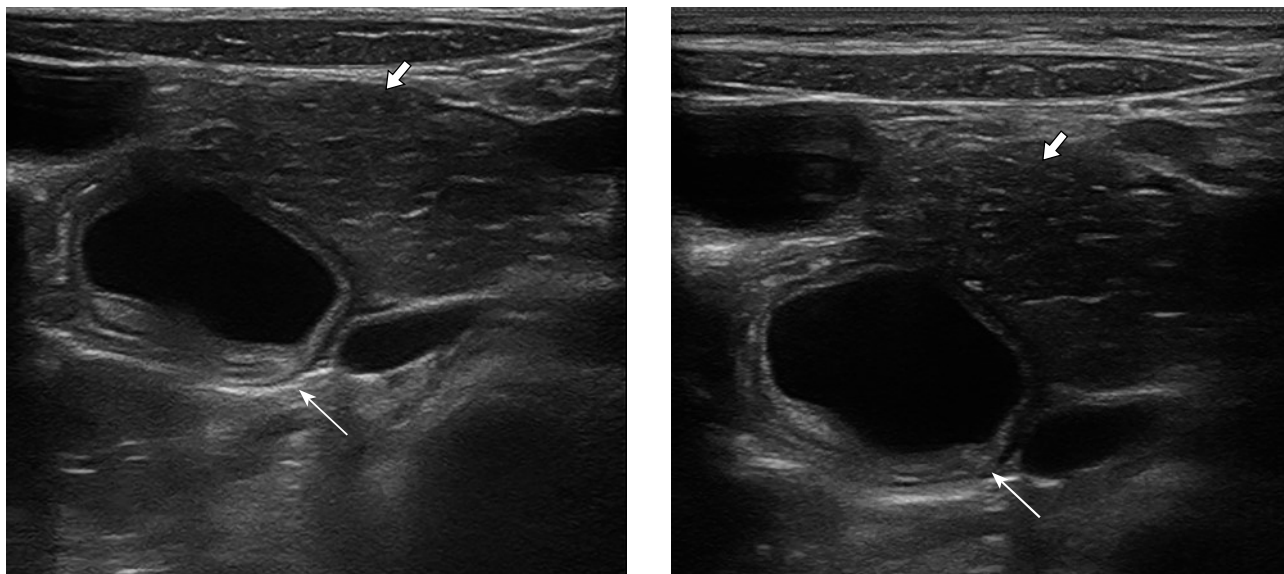
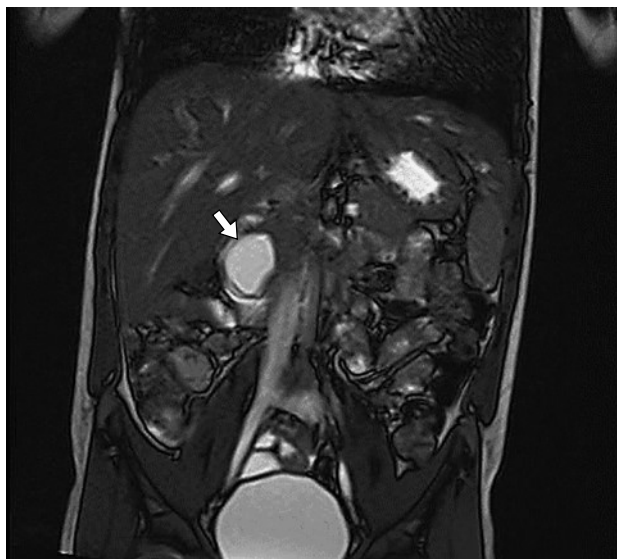


Рис. 3. Ультразвуковое исследование. Поперечное сканирование на уровне эпигастрия. Линейный датчик с частотой 10 МГц. Между нижней поверхностью головки поджелудочной железы (короткая стрелка) и медиальным контуром правой почки, в просвете двенадцатиперстной кишки определяется округлое жидкостное эконегативное образование размерами $28 \times 22 \times 29$ мм (длинная стрелка), стенка образования по структуре схожа со стенкой кишки, размеры образования меняются в зависимости от перистальтических сокращений кишки.

Fig. 3. Ultrasonography. Transverse scan at the level of the epigastrium. Linear transducer, 10 MHz. A round, anechoic fluid-filled lesion measuring $28 \times 22 \times 29$ mm (long arrow) is identified between the inferior surface of the pancreatic head (short arrow) and the medial contour of the right kidney, within the duodenal lumen. The wall of the lesion is similar in echotexture to the intestinal wall. The size of the lesion changes in association with peristaltic contractions of the bowel.

Рис. 4. Магнитно-резонансная холангиопанкреатография в динамике. Режим cor T2 truti, коронарная проекция. Образование у наружного контура головки поджелудочной железы сократилось до размеров $18 \times 17 \times 26$ мм.

Fig. 4. Magnetic resonance cholangiopancreatography (MRCP), follow-up examination. Coronal T2-weighted sequence (T2 TRUFI), coronal plane. The lesion adjacent to the external contour of the pancreatic head has decreased in size to $18 \times 17 \times 26$ mm.



Произведено иссечение ХЦ. Дефект слизистой ушит обвивными швами. Отделение желчи свободное. Дефект ДПК ушит двухрядными швами. К области дуоденотомии подведен силиконовый дренаж.

Контрольное УЗИ выполнено на 5-е послеоперационные сутки. Свободная жидкость в брюшной полости и в полости малого сальника не определяется. Просвет нисходящей ветви ДПК натощак расширен до 17 мм, заполнен жидкостным содержимым. Просвет холедоха на всем протяжении не расширен (3 мм), вирсунгов проток не расширен.

Выполнено морфологическое исследование иссеченных оболочек ХЦ. В исследованном материале определяются участки слизистой оболочки и подслизистой основы тонкой кишки. Ворсины многочисленные, пальцевидной формы, очагово отмечаются гиперплазия крипт, расширение и укорочение части ворсин. Соотношение крипта/ворсина преимущественно 1:3, очагово 1:1. Бокаловидные клетки многочисленные (PAS). Количество межэпителиальных лимфоцитов и апоптозов не увеличено. В области дна крипт определяются клетки Панета. Собственная пластинка слизистой оболочки с плотной лимфоплазмочитарной инфильтрацией с рассеянными эозинофилами, отмечается единичное скопление пенистых макрофагов. В базальных слоях собственной пластинки определяются бrunnerовы железы. Мышечная пластинка слизистой оболочки местами разволокнена. Подслизистая основа отечная, с полнокровием сосудов, определяется проток, выстланный однослойным цилиндрическим муцинозным эпителием билиарного типа (PAS). Отмечаются нервные ганглии подслизистого сплетения, содержащие зрелые ганглиозные клетки. Количество межэпителиальных лимфоцитов и апоптозов не увеличено. В области дна крипт определяются клетки Панета. Собственная пластинка слизистой оболочки с плотной лимфоплазмочитарной инфильтрацией с рассеянными эозинофилами, отмечается единичное скопление пенистых макрофагов. Отмечаются нервные ганглии подслизистого сплетения, содержащие зрелые ганглиозные клетки. По заключению врача-патологоанатома морфологическая картина не противоречит клиническому диагнозу “холедохоцеле”.

Пациент выписан в удовлетворительном состоянии на 8-е сутки после оперативного вмешательства.

ОБСУЖДЕНИЕ

Предположительно, большинство КХ возникает внутриутробно или в первые месяцы жизни, однако формирование ХЦ долгое время было предметом споров. К. Vakili и Е.А. Pomfret предположили, что примитивная ампула фате-

рова соска возникает из двух устьев во время внутриутробного развития, при этом нижнее устье впоследствии регрессирует, а верхнее устье и становится собственно фатеровым соском [6]. Согласно этой гипотезе, ХЦ может развиться из рудиментарного желчного протока, который после неполной внутриутробной инволюции увеличивается в объеме [7]. Т.Н. Kim и соавт. предполагают, что ХЦ представляет собой врожденную кисту или дивертикул интрамурального сегмента ОЖП [8].

В. Le Roy и соавт. предполагают возможность приобретенного ХЦ, формирующегося либо в исходе рецидивирующего воспаления в зоне фатерова соска, приводящего к обструктивному баллонированию интрамурального отдела холедоха, либо вследствие дисфункции или стеноза сфинктера Одди, когда нарушение релаксации и продолжительный спазм сфинктера провоцируют развитие кистозного расширения вышележащих отделов желчных протоков [9].

Учитывая разнообразие предполагаемых теорий развития и существенный разброс в возрасте появления первых клинических симптомов, представляется вероятным, что существуют как врожденные, так и приобретенные формы ХЦ.

Для классификации периапулярных кистозных поражений использовали анатомические, гистологические и рентгенологические характеристики кист ОЖП III типа, что привело к появлению различных терминов. В настоящее время нет единого мнения относительно их классификации.

G.E. Sarris и D. Tsang подразделили ХЦ на типы А и В в зависимости от их анатомического строения [10]. К типу А отнесли варианты, при которых интрамуральный отдел ОЖП оканчивается кистозно-расширенным терминальным сегментом, сообщающимся с просветом ДПК через отдельное отверстие. При ХЦ типа В ОЖП имеет неизменное сообщение с просветом ДПК, а собственно ХЦ представляет собой дивертикул интраампулярного общего канала после слияния ОЖП и вирсунгова протока (рис. 5). ХЦ типа В часто имеют внутреннюю выстилку, аналогичную слизистой оболочке ДПК.

Ряд исследователей рассматривают ХЦ типа В как удвоения ДПК или дивертикулярные ХЦ [11, 12]. I. Novak и S. Bitton предлагают считать ХЦ только кистозные образования, выстланные билиарным эпителием и берущие свое начало от интрамурального отдела ОЖП [13]. Однако большинство авторов согласны, что ХЦ могут

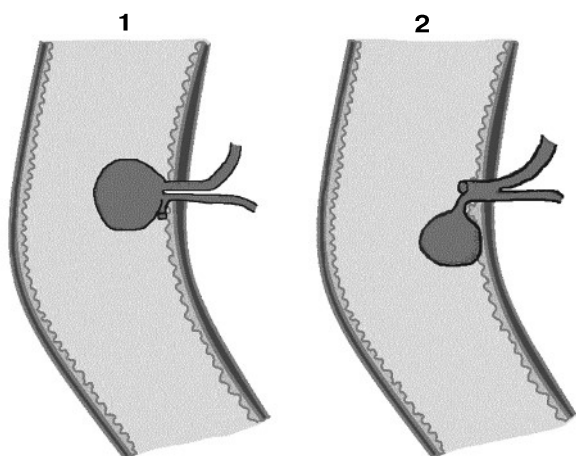


Рис. 5. 1 – холедохоцеле типа А. Интрамуральный отдел общего желчного протока оканчивается кистозно-расширенным терминальным сегментом, сообщаемым с просветом двенадцатиперстной кишки через отдельное отверстие; 2 – холедохоцеле типа В. Общий желчный проток имеет неизмененное сообщение с просветом двенадцатиперстной кишки, а холедохоцеле представляет собой дивертикул интраампулярного общего канала после слияния общего желчного и вирсунгова протоков.

Fig. 5. 1 – Type A choledochoceles. The intramural portion of the common bile duct terminates in a cystically dilated segment that communicates with the duodenal lumen through a separate orifice; 2 – Type B choledochocoele. The common bile duct maintains its normal communication with the duodenal lumen, whereas the choledochocoele represents a diverticulum of the intramural common channel distal to the confluence of the common bile duct and the pancreatic (Wirsung) duct.

быть выстланы как дуоденальным, так и билиарным эпителием [6, 14].

Еще в 1976 г. F.J. Scholz и соавт. предложили радиологические критерии, позволяющие дифференцировать ХЦ и удвоения ДПК на основании холангиографии и рентгеновского исследования желудочно-кишечного тракта (ЖКТ) с барием. Согласно этим критериям, полость ХЦ заполняется контрастом только при холангиографии, но не при пероральном исследовании с контрастом, в то время как отсутствие контрастирования ХЦ при обоих методах исследования наряду с отсутствием желчи в просвете кисты свидетельствует в пользу кистозного удвоения ДПК [15].

Е. Makin и М. Davenport согласны, что все кистозные образования, связанные как с интра-

муральным отделом ОЖП, так и с интраампулярной частью протока, формирующегося после слияния вирсунгова протока и ОЖП, следует рассматривать как ХЦ вне зависимости от типа эпителиальной выстилки в том случае, если эти кисты не сливаются со стенкой ДПК и не имеют других мышечных слоев, кроме *mucosa muscularis* [16]. В. Naik-Mathuria и О.О. Olutoye высказывают предположение, что ХЦ с билиарной выстилкой развивается вследствие нарушения внутриутробного формирования желчевыводящих путей, а имеющие дуоденальную выстилку возникают при пороках развития первичной передней кишки [17].

Удвоения ДПК также представляют собой кистозные структуры, обычно встречающиеся во второй или третьей ее порции, но, в отличие от ХЦ, они интимно спаяны со стенкой кишки, разделяя с ней часть своей окружности, кроме того, имеют собственную мышечную оболочку, часто с избыточными слоями гладких мышц. Около 50% дуоденальных дубликаций сообщаются с периапулярными протоками, часто с главным панкреатическим протоком, а иногда и с aberrантным протоком [18, 19].

Начальные клинические симптомы ХЦ неспецифичны и широко варьируют. Боль в эпигастрии с сопутствующей тошнотой и рвотой присутствует более чем в 90% наблюдений. ХЦ может быть случайной находкой у детей, проходящих УЗИ по причинам, не связанным с абдоминальным болевым синдромом [20].

Симптоматика ХЦ может отличаться от других типов желчных кист. У пациентов часто наблюдается острый рецидивирующий панкреатит с частыми обострениями в анамнезе [21]. Развитие острого панкреатита в этой ситуации объясняется нарушением панкреатобилиарного дренажа, приводящим к повышению давления в протоках или рефлюксу желчи в панкреатический проток. Провоцирующим фактором может быть увеличение объема ХЦ, достаточное для сдавления ампулы фатерова соска или обструкции просвета ДПК. Камни образуются в ХЦ примерно в 20% случаев, вероятно, из-за хронического застоя секрета. Желтуха и холангит при ХЦ встречаются реже, чем при других типах КХ [22, 23].

В литературе описаны необычные клинические проявления, связанные с ХЦ, такие как кишечная инвагинация, обструкция выходного отверстия желудка, желудочно-кишечное кровотечение и ассоциированный первичный склерозирующий холангит [24–27].

По опубликованным данным частота возникновения незрелых опухолей у пациентов с симптоматическим ХЦ оценивается в 2,5% [10, 11]. Злокачественное новообразование может развиться как при ХЦ типа А, так и при ХЦ типа В. Низкая вероятность малигнизации ХЦ резко контрастирует с другими типами кист ОЖП, которые несут в себе высокий риск злокачественности [28, 29].

До появления современных технологий визуализации ХЦ выявляли только во время открытого хирургического вмешательства или с помощью внутривенной холангиографии [30].

В настоящее время каждый метод визуализации может предоставить дополнительную информацию. Обзорные рентгенограммы брюшной полости, как правило, бесполезны, но контрастные исследования ЖКТ могут выявить овоидные дефекты наполнения в просвете ДПК.

Исследования верхних отделов ЖКТ с барием будут информативны при выявлении сравнительно крупных ХЦ, но сравнительно небольшого объема поражения могут быть пропущены. Сочетание внутрипросветного дефекта наполнения ДПК при бариевом исследовании с контрастированием округлого образования при холангиографии указывает на ХЦ [31].

УЗИ часто является первоначальным диагностическим тестом при обследовании верхних отделов брюшной полости, но точность выявления ХЦ низкая (31%), что, вероятно, связано с присущей сложностью визуализации стенок и просвета ДПК и дистальных отделов холедоха. При ультразвуковой визуализации ХЦ имеет вид округлого гипо-или анэхогенного образования с четкими контурами и хорошо обозначенной гиперэхогенной стенкой, не имеющей собственного гипохогенного мышечного слоя. В просвете образования могут быть подвижные конкременты, дающие акустическую тень и артефакт мерцания при цветовом доплеровском картировании [32].

Характерным признаком, позволяющим отличить дубликационную кисту ДПК от ХЦ, может быть именно наличие дифференцированной стенки, имеющей гипохогенный мышечный слой. Перистальтические движения ДПК могут вызывать изменения контуров ХЦ и имитировать перистальтику стенок кишечного удвоения, поэтому перистальтика не является дифференциально-диагностическим признаком, позволяющим различить эти кистозные образования [33].

Эндопросветное УЗИ (ЭУЗИ) может продемонстрировать связь ХЦ с панкреатобилиарным

деревом. Подобно трансабдоминальному УЗИ, ЭУЗИ показывает слои стенки кисты, а также камни, сладж или слизистые массы внутри нее. Кроме того, ЭУЗИ может показать, является ли поражение отдельным от мышечных слоев двенадцатиперстной кишки (ХЦ) или составляет с ними единое целое (дубликационная киста), что позволяет установить точный диагноз и оптимизировать метод лечения [34, 35].

КТ или магнитно-резонансная томография (МРТ), как правило, обладают более высокой точностью по сравнению с УЗИ в выявлении ХЦ и оценке его анатомических взаимоотношений с панкреатобилиарным трактом. Лучевые методы менее инвазивны по сравнению с ЭУЗИ или эндоскопической ретроградной холангиопанкреатографией (ЭРХПГ) и могут одновременно оценить состояние поджелудочной железы и желчевыводящих путей.

Методы визуализации, позволяющие получить поперечный срез тканей, демонстрируют ХЦ как отчетливую кистозную структуру на медиальной стенке нисходящей порции ДПК с содержимым жидкостной плотности или неоднородным из-за желчного сладжа и камней, иногда стенка кисты может быть частично кальцинирована [36, 37].

МРХПГ и КТ-холангиография с применением методик трехмерной реконструкции обеспечивают максимально четкое и ясное представление об анатомии панкреатобилиарной системы и дополнительно расширяют диагностические возможности стандартной КТ и МРТ [38].

ХЦ имеет характерную эндоскопическую картину: поражения типа А представляют собой округлые выпячивания интрамурального отдела ОЖП проксимальнее ампулярного отверстия, а поражения типа В – свисающие образования в просвете ДПК, ниже ампулярного отверстия. Покрывающая поверхность слизистой оболочки обычно гладкая и мягкая при пальпации, часто напоминающая подслизистую опухоль [39].

ЭРХПГ остается наиболее широко используемым методом выявления ХЦ с зарегистрированной диагностической чувствительностью 97%. Очень важно, что ЭРХПГ позволяет перевести диагностическую процедуру непосредственно в лечебную и выполнить чреспросветное радикальное иссечение ХЦ [40].

Радикальное лечение ХЦ может заключаться как в его максимально возможном иссечении, так и внутрипросветном дренировании. Для других типов КХ резекция предпочтитель-

нее дренирования из-за высокого риска малигнизации [41, 42], но низкий риск малигнизации при ХЦ делает дренирование допустимым и даже предпочтительным вариантом лечения. Выбор конкретного метода лечения зависит от возраста пациента, симптомов и сопутствующих заболеваний, а также от размера поражения и анатомического расположения ХЦ, связи его с протоками и стенкой ДПК.

Исторически хирургическое вмешательство считалось стандартом лечения для устранения протоковой обструкции и удаления потенциально предраковых тканей, однако хирургическое вмешательство может быть сложным из-за непосредственной близости кисты к панкреатобилиарному конгломерату [43].

Другие варианты хирургического лечения заключаются в марсупиализации кисты со сфинктеропластикой, иссечении стенок кисты с гепатикоеюностомией или панкреатодуоденальной резекции.

В немногих исследованиях оценивались результаты лечения пациентов, но имеющиеся данные свидетельствуют о том, что как хирургическое, так и эндоскопическое вмешательство приводит к быстрому разрешению симптомов с небольшим количеством зарегистрированных последующих осложнений. Как уже упоминалось, существует плохо определенный, но, по видимому, низкий риск злокачественного новообразования, возникающего при ХЦ и дупликационных кистах ДПК, и злокачественность может стать очевидной после предшествующего лечения. Если эти образования не полностью резецированы, следует обсудить с пациентом плюсы и минусы наблюдения (включая периодическую эндоскопию и биопсию слизистой оболочки в пределах поражения). Оптимальный интервал и общая продолжительность эндоскопического наблюдения неизвестны, но некоторые авторы предлагают повторять оценку через 6–12 мес после инициальной эндоскопической процедуры [44].

В заключение следует заметить, что трансабдоминальное УЗИ, безусловно, может быть использовано в качестве первоначального метода диагностики, однако достоверное выявление ХЦ затруднено по сравнению с другими типами КХ. Более того, ХЦ часто не удается увидеть при УЗИ из-за сложной анатомической локализации, особенно когда образование небольшое [45]. Дистальная часть ОЖП, особенно ампулярная область, как правило, маскируется артефактами от газа в кишечнике. Мы рекомендуем

повторное фокусированное УЗИ при подозрении на обструктивное поражение желчевыводящих путей с применением метода градуированной компрессии для максимального устранения подлежащих кишечных петель.

В случаях редких нетипичных пороков развития желчевыводящих путей для установления окончательного точного диагноза должны быть использованы мультидисциплинарный подход с интегративной оценкой данных визуализации и их сопоставление с клинической картиной заболевания. Но следует подчеркнуть, что в ситуациях, подобных вышеописанной, использование всего арсенала диагностики не позволяет дифференцировать кистозное удвоение ДПК и ХЦ, и окончательно вариант порока развития может быть уточнен только во время оперативного вмешательства.

Участие авторов

Феоктистова Е.В. – написание текста.

Степанов Э.А. – концепция и дизайн исследования.

Петров Д.А. – сбор и обработка данных, анализ и интерпретация полученных данных.

Стахова М.Б. – проведение исследования.

Макаров С.П. – обзор публикаций по теме статьи.

Authors' participation

Feoktistova E.V. – writing text.

Stepanov A.E. – concept and design of the study.

Petrov D.A. – collection and analysis of data, analysis and interpretation of the obtained data.

Stakhova M.B. – conducting research.

Makarov S.P. – review of publications.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ [REFERENCES]

1. Todani T., Watanabe Y., Narusue M. et al. Congenital bile duct cysts: classification, operative procedures, and review of thirty-seven cases including cancer arising from choledochal cyst. *Am. J. Surg.* 1977; 134 (2): 263–269. [https://doi.org/10.1016/0002-9610\(77\)90359-2](https://doi.org/10.1016/0002-9610(77)90359-2)
2. Edil B.H., Cameron J.L., Reddy S. et al. Choledochal cyst disease in children and adults: a 30-year single-institution experience. *J. Am. Coll. Surg.* 2008; 206: discussion 1000–1005. <https://doi.org/10.1016/j.jamcollsurg.2007.12.045>
3. Wheeler W. An unusual case of obstruction to the common bile duct (choledochocoele?). *Br. J. Surg.* 1940; 27:4 46–448. <https://doi.org/10.1002/bjs.18002710705>
4. Разумовский А.Ю., Митупов З.Б., Куликова Н.В., Степаненко Н.С., Задвернюк А.С., Адлер А.В., Шубин Н.В. Реконструкция желчных ходов при

- мальформации холедоха у детей. *Детская хирургия*. 2021; 25 (1): 4–10. <https://dx.doi.org/10.18821/1560-9510-2021-25-1-4-10>
- Razumovskiy A.Y., Mitupov Z.B., Kulikova N.V. et al. Bile duct reconstruction in choledochal malformations in children. *Russian Journal of Pediatric Surgery*. 2021; 25 (1): 4–10. <https://doi.org/10.18821/1560-9510-2021-25-1-4-10> (In Russian)
5. Соколов Ю.Ю., Чиркина Т.А., Лапушкин В.А., Беседин Г.С. Комплексная лучевая диагностика холедохоцеле у ребенка. *Ультразвуковая и функциональная диагностика*. 2001; 3: 98–100. Sokolov Yu.Yu., Chirkina T.A., Lapushkin V.A., Besedin G.S. Comprehensive radiation diagnostics of choledochocoele in a child. *Ultrasound and Functional Diagnostics*. 2001; 3: 98–100. (In Russian)
 6. Vakili K., Pomfret E.A. Biliary Anatomy and Embryology. *Surg. Clin. N. Am.* 2008; 88 (6): 1159–1174. <https://doi.org/10.1016/j.suc.2008.07.001>
 7. Ziegler K.M., Pitt H.A., Zyromski N.J. et al. Choledochocoeles: are they choledochal cysts? *Ann. Surg.* 2010; 252 (4): 683–690. <https://doi.org/10.1097/SLA.0b013e3181f6931f>
 8. Kim T.H., Park J.S., Lee S.S. et al. Carcinoma arising in choledochocoele: is choledochocoele innocent bystander or culprit? *Endoscopy*. 2002; 34 (8): 675–676; author reply 677. <https://doi.org/10.1055/s-2002-33242>
 9. Le Roy B., Gagnière J., Filaire L. et al. Pancreaticobiliary maljunction and choledochal cysts: from embryogenesis to therapeutics aspects. *Surg. Radiol. Anat.* 2016; 38 (9): 1053–1060. <https://doi.org/10.1007/s00276-016-1669-y>
 10. Sarris G.E., Tsang D. Choledochocoele: case report, literature review, and a proposed classification. *Surgery*. 1989; 105 (3): 408–414. PMID: 2646745
 11. Eiamkulbutr S., Tubjareon C., Sanpavat A. et al. Diseases of bile duct in children *Wld J. Gastroenterol.* 2024; 30 (9): 1043–1072. <https://doi.org/10.3748/wjg.v30.i9.1043>
 12. Saad M., Abu-El-Haija M., Lin T.K. et al. Endoscopic cystostomy and biliary sphincterotomy for choledochocoeles: A pediatric case series. *J. Pediatr. Gastroenterol. Nutr. Reports*. 2024; 5 (4): 475–479. <https://doi.org/10.1002/jpr3.12118>
 13. Novak I., Bitton S. The Role of Endoscopic Ultrasound in the Diagnosis and Management of Congenital Gastrointestinal and Pancreaticobiliary Conditions. *Curr. Gastroenterol. Rep.* 2026; 28 (1): 16. <https://doi.org/10.1007/s11894-026-01040-7>
 14. Ghazi A., Slone E. Endoscopic management of choledochocoele. A case report and review of the English literature. *Surg. Endosc.* 1987; 1 (3): 151–154. <https://doi.org/10.1007/BF00590921>
 15. Scholz F.J., Carrera G.F., Larsen C.R. The choledochocoele: correlation of radiological, clinical and pathological findings. *Radiology*. 1976; 118 (1): 25–28. <https://doi.org/10.1148/118.1.25>
 16. Makin E., Davenport M. Understanding choledochal malformation. *Arch. Dis. Child.* 2012; 97 (1): 69–72. <https://doi.org/10.1136/adc.2010.195974>
 17. Naik-Mathuria B., Olutoye O.O. Foregut abnormalities. *Surg. Clin. North Am.* 2006; 86 (2): 261–284. <https://doi.org/10.1016/j.suc.2005.12.011>
 18. Kronfli R., Davenport M. Insights into the pathophysiology and classification of type 4 choledochal malformation. *J. Pediatr. Surg.* 2020; 55 (12): 2642–2646. <https://doi.org/10.1016/j.jpedsurg.2020.05.017>
 19. De Backer A., Van den Abbeele K., De Schepper A. et al. Choledochocoele: diagnosis by magnetic resonance imaging. *Abdom. Imaging*. 2000; 25 (5): 508–510. <https://doi.org/10.1007/s002610000082>
 20. Achatsachet P., Intragumheang C., Srisan N. et al. Surgical aspects of choledochal cyst in children and adults: an experience of 106 cases. *Pediatr. Surg. Int.* 2024; 40 (1): 183–187. <https://doi.org/10.1007/s00383-024-05777-y>
 21. Ray S., Saha H., Sen S. et al. Presentation and outcomes of surgery for choledochal cyst in children and adults: an experience of 329 cases. *Updates Surg.* 2025; 77: 459–470. <https://doi.org/10.1007/s13304-025-02138-9>
 22. Goldberg P.B., Long W.B., Oleaga J.A., Mackie J.A. Choledochocoele as a cause of recurrent pancreatitis. *Gastroenterology*. 1980; 78 (5, Pt 1): 1041–1045. [https://doi.org/10.1016/0016-5085\(80\)90789-1](https://doi.org/10.1016/0016-5085(80)90789-1)
 23. Salemis N.S., Liatsos C., Kolios M., Gourgiotis S. Recurrent acute pancreatitis secondary to a duodenal duplication cyst in an adult. A case report and literature review. *Canadian J. Gastroenterol.* 2009; 23 (11): 749–752. <https://doi.org/10.1155/2009/979431>
 24. Lakhtakia S., Gupta R., Mateen M.A. et al. Giant choledochocoele presenting as intussusception (with video). *Gastrointest. Endosc.* 2008; 68 (6): 1194–1195; discussion 1196. <https://doi.org/10.1016/j.gie.2008.05.058>
 25. McArdle A., Conneely J.B., Ravi N., Reynolds J.V. Duodenal duplication cyst presenting with gastric outlet obstruction in an adult male. *Endoscopy*. 2011; 43, Suppl. 2 UCTN: E352–353. <https://doi.org/10.1055/s-0030-1256857>
 26. Chang H.C., Huang S.C., Wu R.C., Yu M.C. Duodenal duplication cyst: a rare cause of geriatric gastrointestinal bleeding. *J. Chin. Med. Assoc.* 2011; 74 (5): 233–236. <https://doi.org/10.1016/j.jcma.2011.03.010>
 27. Birch M., Adler D.G. Simultaneous choledochocoele and PSC in a single patient: a unique combination. *Am. J. Gastroenterol.* 2012; 107 (12): 1924–1925. <https://doi.org/10.1038/ajg.2012.304>
 28. Ohtsuka T., Inoue K., Ohuchida J. et al. Carcinoma arising in choledochocoele. *Endoscopy*. 2001; 33 (7): 614–619. <https://doi.org/10.1055/s-2001-15324>
 29. Horaguchi J., Fujita N., Kobayashi G. et al. Clinical study of choledochocoele: is it a risk factor for biliary malignancies? *J. Gastroenterol.* 2005; 40 (4):

- 396–401. <https://doi.org/10.1007/s00535-005-1554-7>
30. Shah O.J., Shera A.H., Zargar S.A. et al. Choledochal cysts in children and adults with contrasting profiles: 11-year experience at a tertiary care center in Kashmir. *Wld J. Surg.* 2009; 33 (11): 2403–2411. <https://doi.org/10.1007/s00268-009-0184-2>
 31. Alonso-Lej F., Rever W.B. Jr., Pessagno D.J. Congenital choledochal cyst, with a report of 2, and an analysis of 94, cases. *Int. Abstr. Surg.* 1959; 108 (1): 1–30. PMID: 13625059
 32. Cakmakci E., Ugurlar O.Y., Erturk S.M. et al. Sonographic diagnosis of choledochoce. *J. Clin. Ultrasound.* 2012; 40 (7): 448–450. <https://doi.org/10.1002/jcu.20877>
 33. Gordon S.R., Levenick J.M., Rath D.L., Gardner T.B. Case of a closed choledochoce with biliary and pancreatic drainage via the accessory duct causing acute pancreatitis. *Dig. Endosc.* 2009; 21 (2): 106–108. <https://doi.org/10.1111/j.1443-1661.2009.00832.x>
 34. Li T., Jiang Y.J., Xie R. Endoscopic Ultrasound Diagnosis and ERCP Treatment of Type III Choledochal Cyst: A Case Report and Review of Literatures. *J. Dig. Dis.* 2026; 27 (1–2): 99–102. <https://doi.org/10.1111/1751-2980.70042>
 35. Zhu Y., Xu W., Lv Y. et al. Complex pancreaticobiliary maljunction diagnosed by endoscopic ultrasound: A case report. *Medicine (Baltimore)*. 2024; 103 (50): e40841. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000040841>
 36. Masetti R., Antinori A., Coppola R. et al. Choledochoce: changing trends in diagnosis and management. *Surg. Today.* 1996; 26 (4): 281–285. <https://doi.org/10.1007/BF00311589>
 37. Cannella R., Giambelluca D., Diamarco M. Congenital Cystic Lesions of the Bile Ducts: Imaging-Based Diagnosis. *Curr. Probl. Diagn. Radiol.* 2020; 49 (4): 285–289. <https://doi.org/10.1067/j.cpradiol.2019.04.005>
 38. Saeedi K.A., Chavhan G.B., Gonska T. et al. Frequency on Magnetic Resonance Cholangiopancreatography and Associated Pancreaticobiliary Diseases. *Invest. Radiol.* 2026; 61 (2): 121–126. <https://doi.org/10.1097/RLI.0000000000001217>
 39. Okamoto T., Fukuda K. Endosonographic diagnosis of choledochoce. *Endosc. Int. Open.* 2021; 09: E1579–E1580. <https://doi.org/10.1055/a-1526-1706>
 40. Lobeck I.N., Dupree P., Falcone R.A. Jr. et al. The presentation and management of choledochoce (type III choledochal cyst): A 40-year systematic review of the literature. *J. Pediatr. Surg.* 2016; 52 (4): 644–649. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jpedsurg.2016.10.008>
 41. Hackert T., Hartwig W., Werner J. Symptoms and surgical management of a distal choledochal cyst in a patient with pancreas divisum: case report and review of the literature. *Case Rep. Gastroenterol.* 2007; 1 (1): 90–95. <https://doi.org/10.1159/000108636>
 42. Adams S.N., Riffert D. J. Martinez A. et al. Robotic-assisted transduodenal marsupialization of a choledochoce causing recurrent pancreatitis in an adolescent with pancreas divisum: a case report. *J. Pediatr. Surg. Case Rep.* 2026; 128: 103220. <https://doi.org/10.1016/j.epsc.2026.103220>
 43. Разумовский А.Ю., Митупов З.Б., Куликова Н.В., Степаненко Н.С., Задвернюк А.С., Титова Е.А., Шубин Н.В. Мини-лапаротомия при лечении мальформации холедоха у детей. *Детская хирургия.* 2021; 25 (3): 165–173. <https://dx.doi.org/10.18821/1560-9510-2021-25-3-165-173>
Razumovskiy A.Y., Mitupov Z.B., Kulikova N.V. et al. Minilaparotomy in the treatment of choledochal malformations in children. *Russian Journal of Pediatric Surgery.* 2021; 25 (3): 165–173. <https://dx.doi.org/10.18821/1560-9510-2021-25-3-165-173> (In Russian)
 44. Разумовский А.Ю., Дегтярева А.В., Ускова Н.Г., Куликова Н.В., Феоктистова Е.В., Рачков В.Е. Эндохирургия в лечении пороков желчевыводящих путей у детей. *Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология.* 2014; 101: 59–65. Razumovskiy A.Yu., Degtyareva A.V., Uskova N.G. et al. Endosurgical treatment of choleductus lesions in children. *Experimental and Clinical Gastroenterology.* 2014; 101:59–65. (In Russian)
 45. Miyano G., Cazares J., Koga H. Choledochal cyst. Holcomb and Ashcraft's Pediatric Surgery, 2026; Elsevier: 639–650.e1.

Imaging of choledochocele in children (a case report and literature review)

E.V. Feoktistova^{1, 2*}, A.E. Stepanov¹, D.A. Petrov^{1, 2}, M.B. Stakhova¹, S.P. Makarov¹

¹ Russian Children's Clinical Hospital – branch of the Pirogov Russian National Research Medical University; 117-1, Leninsky prosp., Moscow 119571, Russian Federation

² Pirogov Russian National Research Medical University; 1, Ostriviyanova str., Moscow 117997, Russian Federation

Elena V. Feoktistova – MD, PhD (Med.), Head of the Department of Ultrasound and Functional Diagnostics at the Russian Children's Clinical Hospital – branch of the Pirogov Russian National Research Medical University; Associate Professor of the Department of Ultrasound Diagnostics, Associate Professor of the Department of Pediatric Surgery at the Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow. <https://orcid.org/0000-0003-2348-221X>

Aleksey E. Stepanov – MD, PhD (Med.), pediatric surgeon, Department of pediatric surgery at the Russian Children's Clinical Hospital – branch of the Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow. <https://orcid.org/0000-0002-7145-4152>

Dionisiy A. Petrov – MD, PhD (Med.), Head of the Department of pediatric surgery, at the Russian Children's Clinical Hospital – branch of the Pirogov Russian National Research Medical University; senior researcher at the Department of pediatric, reconstructive and plastic surgery, Institute of maternity and childhood, Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow. <https://orcid.org/0000-0001-8192-005X>

Marina B. Stakhova – MD, ultrasound diagnostic doctor, Department of Ultrasound and Functional Diagnostics at the Russian Children's Clinical Hospital – branch of the Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow. <https://orcid.org/0009-0000-5675-8353>

Sergey P. Makarov – MD, pediatric surgeon, Department of pediatric surgery at the Russian Children's Clinical Hospital – branch of the Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow. <https://orcid.org/0000-0001-6438-4259>

Correspondence* to Dr Elena V. Feoktistova – e-mail: 9433672@mail.ru

A choledochocele is a cystic enlargement of the distal segment of the common bile duct protruding into the lumen of the duodenum. This is an extremely rare congenital abnormality. The article describes the case of a 5-year-old child with uncomplicated choledochocele. During the preoperative diagnosis, both ultrasound and magnetic resonance cholangiopancreatography failed to make a reliable differential diagnosis between type III bile duct cyst and duodenal duplication cyst. The child underwent a planned duodenotomy with cyst excision, and the postoperative period was successful. The article describes the ultrasound features characteristic of this type of biliary tract malformation, provides a review of the literature describing the embryogenesis of the disease, and provides information on the comparative accuracy of ultrasound, radiologic, and endoscopic diagnostic modalities.

Keywords: ultrasound; choledochocele; common bile duct cyst; biliary tract abnormalities

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

Financing. This study had no sponsorship.

Citation: Feoktistova E.V., Stepanov A.E., Petrov D.A., Stakhova M.B., Makarov S.P. Imaging of choledochocele in children (a case report and literature review). *Ultrasound and Functional Diagnostics*. 2026; 32 (3): 80–90. <https://doi.org/10.24835/1607-0771-437> (In Russian)

Received: 17.04.2026.

Accepted for publication: 22.07.2026.

Published online: 16.09.2026.



Диагностическая ценность ультразвуковой эластографии сдвиговой волной в раннем выявлении нетравматического рабдомиолиза

Н.А. Гаранкин^{1, 2*}, С.Б. Поткин^{1, 2}, А.В. Зубарев^{1, 2}, В.В. Лозовский^{1, 3}

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

² ФГБУ “Клиническая больница № 1” Управления делами Президента Российской Федерации; 121352 Москва, ул. Старовольнская, д. 10, Российская Федерация

³ ФГБУ “Центральная клиническая больница с поликлиникой” Управления делами Президента Российской Федерации; 121359 Москва, ул. Маршала Тимошенко, д.15, Российская Федерация

Актуальность. Диагностика нетравматического рабдомиолиза представляет значительную диагностическую сложность из-за стертой клинической картины. Существующие лабораторные методы, в частности определение уровня креатинфосфокиназы (КФК), не позволяют проводить быструю диагностику у постели больного. В связи с этим актуальным является исследование ультразвуковой эластографии сдвиговой волной, способной оперативно выявлять повреждение мышечной ткани.

Цель исследования: оценить диагностическую ценность ультразвуковой эластографии сдвиговой волной в выявлении нетравматического рабдомиолиза ультразвуковыми датчиками с частотой сканирования 4–9 и 5–18 МГц.

Материал и методы. Проведено сравнение данных средних значений скорости сдвиговой волны в четырехглавой мышце бедра у пациентов в двух группах: основная – 45 пациентов с клиничко-лабораторным подтверждением нетравматического рабдомиолиза и контрольная – 82 здоровых добровольца без патологии мышечной ткани, полученных на двух различных ультразвуковых аппаратах экспертного класса: Siemens Acuson S2000 и Canon Aplio i800. Одни и те же пациенты были последовательно обследованы на обоих аппаратах.

Проведена оценка следующих факторов, влияющих на значения жесткости мышечной ткани: толщина мышечной ткани и подкожно-жировой клетчатки, возраст, концентрация КФК и миоглобина плазмы крови.

Гаранкин Никита Александрович – ассистент кафедры лучевой диагностики и лучевой терапии ФГБУ ДПО “Центральная государственная медицинская академия” Управления делами Президента Российской Федерации; врач ультразвуковой диагностики отделения ультразвуковой диагностики ФГБУ “Клиническая больница № 1” Управления делами Президента Российской Федерации, Москва. <https://orcid.org/0000-0002-7099-7139>

Поткин Сергей Борисович – канд. мед. наук, доцент кафедры лучевой диагностики и лучевой терапии ФГБУ ДПО “Центральная государственная медицинская академия” Управления делами Президента Российской Федерации; врач ультразвуковой диагностики отделения ультразвуковой диагностики ФГБУ “Клиническая больница № 1” Управления делами Президента Российской Федерации, Москва. <https://orcid.org/0000-0002-6586-1640>

Зубарев Александр Васильевич – доктор мед. наук, профессор, заведующий кафедрой лучевой диагностики и лучевой терапии ФГБУ ДПО “Центральная государственная медицинская академия” Управления делами Президента Российской Федерации; научный руководитель по лучевой диагностике, врач ультразвуковой диагностики отделения ультразвуковой диагностики ФГБУ “Клиническая больница № 1” Управления делами Президента Российской Федерации, Москва. <https://orcid.org/0000-0002-9318-5010>

Лозовский Владислав Владимирович – аспирант кафедры лучевой диагностики и лучевой терапии ФГБУ ДПО “Центральная государственная медицинская академия” Управления делами Президента Российской Федерации; врач-рентгенолог отделения рентгеновской диагностики и томографии ФГБУ “Центральная клиническая больница с поликлиникой” Управления делами Президента Российской Федерации, Москва. <https://orcid.org/0009-0005-8905-9926>

Контактная информация*: Гаранкин Никита Александрович – e-mail: ngarankin2403@mail.ru

Результаты. Скорость распространения сдвиговой волны в тканях у пациентов с рабдомиолизом была достоверно ниже (1,12 и 1,08 м/с), чем в группе нормы (2,38 м/с и 2,48 м/с, $p < 0,001$). Выявлена умеренная обратная корреляция между скоростью сдвиговой волны и уровнем КФК ($r_s =$ от $-0,370$ до $-0,481$; $p < 0,05$). Пороговое значение скорости $<1,3$ м/с позволяет диагностировать рабдомиолиз с высокой точностью (AUC ROC 0,982–0,997; чувствительность 98%, специфичность до 100%). Возраст, пол, толщина подкожно-жировой клетчатки и четырехглавой мышцы бедра не оказывали значимого влияния на показатели.

Заключение. Эластография сдвиговой волной является высокоинформативным, воспроизводимым и неинвазивным методом диагностики нетравматического рабдомиолиза. Пороговое значение скорости сдвиговой волны $<1,3$ м/с является высокоточным диагностическим критерием, что делает метод перспективным к применению в отделениях реанимации и интенсивной терапии.

Ключевые слова: рабдомиолиз; эластография сдвиговой волной; четырехглавая мышца бедра; ультразвуковая диагностика; интенсивная терапия

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии возможных конфликтов интересов.

Финансирование. Исследование проведено без спонсорской поддержки.

Цитирование: Гаранкин Н.А., Поткин С.Б., Зубарев А.В., Лозовский В.В. Диагностическая ценность ультразвуковой эластографии сдвиговой волной в раннем выявлении нетравматического рабдомиолиза. *Ультразвуковая и функциональная диагностика*. 2026; 32 (3): 91–101. <https://doi.org/10.24835/1607-0771-362>

Поступила в редакцию: 30.10.2025.

Принята к печати: 16.06.2026.

Опубликована online: 16.09.2026.

ВВЕДЕНИЕ

Рабдомиолиз (РМ) – это клинико-лабораторный синдром, характеризующийся повреждением скелетной мускулатуры с последующим выходом внутриклеточного содержимого (миоглобин, креатинфосфокиназа (КФК), электролиты) в системный кровоток, что может приводить к жизнеугрожающим осложнениям, таким как острое почечное повреждение [1, 2]. По данным современных исследований частота развития острого почечного повреждения при РМ достигает 30–50%, а летальность в таких случаях составляет до 20% [3, 4], в то время как травматический РМ, вызванный, например, сдавлением мягких тканей при землетрясениях или дорожно-транспортных происшествиях (ДТП), относительно легко заподозрить, нетравматические формы часто остаются нераспознанными на ранних стадиях из-за отсутствия специфических симптомов [5].

К нетравматическим причинам РМ относятся медикаментозные (статины, антипсихотики, кокаин), инфекционные (вирусы гриппа, Коксаки, SARS-CoV-2), метаболические (гипокалиемия, гипофосфатемия), а также физические перегрузки и гипертермия [6, 7]. Особенно высок риск развития РМ у пациентов, находящихся в критическом состоянии в отделениях интенсивной терапии, где сочетание гипоперфузии, сепсиса и полипрагмазии создает “идеаль-

ную бурю” для повреждения мышц [8]. В этой популяции ранняя диагностика приобретает решающее значение, поскольку своевременная инфузионная терапия и коррекция электролитных нарушений могут предотвратить развитие необратимых осложнений [9].

“Золотым стандартом” лабораторной диагностики РМ является определение уровня КФК плазмы крови, превышающего 1000 МЕ/л [10]. Однако этот метод имеет существенный недостаток – временную задержку в получении результатов, что критично в условиях реанимационного отделения. Кроме того, уровень КФК не всегда коррелирует с тяжестью повреждения мышц и риском развития осложнений [11]. В последние годы активно изучаются альтернативные биомаркеры, такие как миоглобин, ферритин, интерлейкин-6 и микроРНК, однако их использование в рутинной клинической практике пока ограничено [12].

Ультразвуковое исследование (УЗИ) широко доступно, неинвазивно и может выполняться у тяжелых пациентов. Однако стандартное серошкальное УЗИ обладает низкой чувствительностью на ранних стадиях РМ: изменения в мышечной ткани (отек, гипоехогенность) становятся видимыми лишь при выраженных морфологических нарушениях. Одним из перспективных направлений в ультразвуковой диагностике является эластография, позволя-

ющая количественно оценить жесткость тканей [13].

Различают два основных метода ультразвуковой эластографии: компрессионную (КЭ, strain elastography) и эластографию сдвиговой волной (ЭСВ, shear wave elastography). КЭ предоставляет относительную качественную или полуквантитативную оценку жесткости, в то время как ЭСВ позволяет получить абсолютные количественные показатели (скорость сдвиговой волны, V , м/с, или модуль Юнга, кПа) [14]. В последние годы ЭСВ нашла применение в диагностике заболеваний печени, щитовидной железы, молочной железы и скелетных мышц, включая мышечную дистрофию и воспалительные миопатии.

Несмотря на растущий интерес к ультразвуковой эластографии в неврологии и спортивной медицине, данные о ее применении при остром нетравматическом РМ остаются крайне скудными. Лишь единичные пилотные исследования указывают на потенциальную возможность использования ЭСВ для раннего выявления мышечного повреждения [12, 13]. В связи с этим актуален поиск инструментальных методов, способных оперативно и объективно выявлять повреждение мышечной ткани у постели больного.

Цель исследования: оценить диагностическую ценность ультразвуковой эластографии сдвиговой волной в выявлении нетравматического рабдомиолиза ультразвуковыми датчиками с частотой сканирования 4–9 и 5–18 МГц.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В исследование включено 2 группы. Основная группа – 45 пациентов с клинико-лабораторным подтверждением нетравматического РМ. Развитие РМ у пациентов основной группы было связано со следующими состояниями, которые зачастую сопутствовали друг другу: тяжелое течение новой коронавирусной инфекции (COVID-19), развитие сепсиса и/или синдрома полиорганной недостаточности, тяжелый синдром водно-электролитных нарушений, критическая ишемия конечностей. Возраст пациентов варьировал от 29 до 94 лет; медиана составила 81,0 [68,0; 90,0] года. Среди них 25 (56%, $n = 45$) пациенток женского пола и 20 (44%, $n = 45$) пациентов мужского пола. Контрольная группа: 82 здоровых добровольца без патологии мышечной системы. Группа разделена на 2 возрастные подгруппы: младшая – 25,0 [21,5; 28,5] года ($n = 40$, диапазон 18–32 года); старшая – 68,0 [52,0; 81,0] года ($n = 42$, диапазон 39–

97 лет). Точная продолжительность заболевания до развития РМ была доступна не для всех пациентов из-за ретроспективного характера сбора анамнеза и тяжести состояния при поступлении. У пациентов с документированным началом симптомов и тяжелым течением COVID-19 развитие РМ чаще регистрировалось на 2–4-й неделе заболевания, что совпадало по времени с пиком проявлений синдрома полиорганной недостаточности и сепсиса. В случаях, не связанных напрямую с коронавирусной инфекцией, продолжительность предшествующего периода клинических проявлений составляла от 5 до 45 дней в зависимости от доминирующего патологического процесса (ишемия, водно-электролитные нарушения).

Были оценены факторы, влияющие на значения жесткости мышечной ткани: толщина мышечной ткани и подкожно-жировой клетчатки (ПЖК), возраст, концентрация КФК и миоглобина плазмы крови. УЗИ проводилось на ультразвуковых аппаратах экспертного класса Siemens Acuson S2000 (датчик 9L4, 4–9 МГц) и Canon Aplio i800 (датчик i18LX5, 5–18 МГц). Каждый пациент обследовался дважды разными датчиками.

При проведении УЗИ должны были соблюдаться следующие условия: отсутствие движения в исследуемой конечности; отсутствие физической нагрузки до начала исследования.

В качестве исследуемой мышцы была использована четырехглавая мышца бедра, а именно прямая и промежуточная мышцы. Ультразвуковой линейный датчик устанавливали параллельно длинной оси бедренной кости, в проекции средней трети бедра. Характеристики частоты и положение фокуса во время исследования пациента не менялись (рис. 1).

После обзорного исследования мышцы в В-режиме проводилась оценка толщины четырехглавой мышцы бедра и толщины ПЖК на двух ультразвуковых сканерах. Затем выполнялось исследование с применением методики ЭСВ для измерения жесткости мышцы, не оказывая при этом давления на мышцу. Область интереса (ROI) устанавливалась индивидуально в толщу мышечного слоя в зависимости от глубины залегания мышцы, вдали от апоневротических, сухожильно-мышечных структур и сосудов. Глубина установки ROI отличалась в зависимости от телосложения пациента и выраженности ПЖК (рис. 2).

Для каждого исследования выполнялось не менее 10 последовательных измерений с рас-

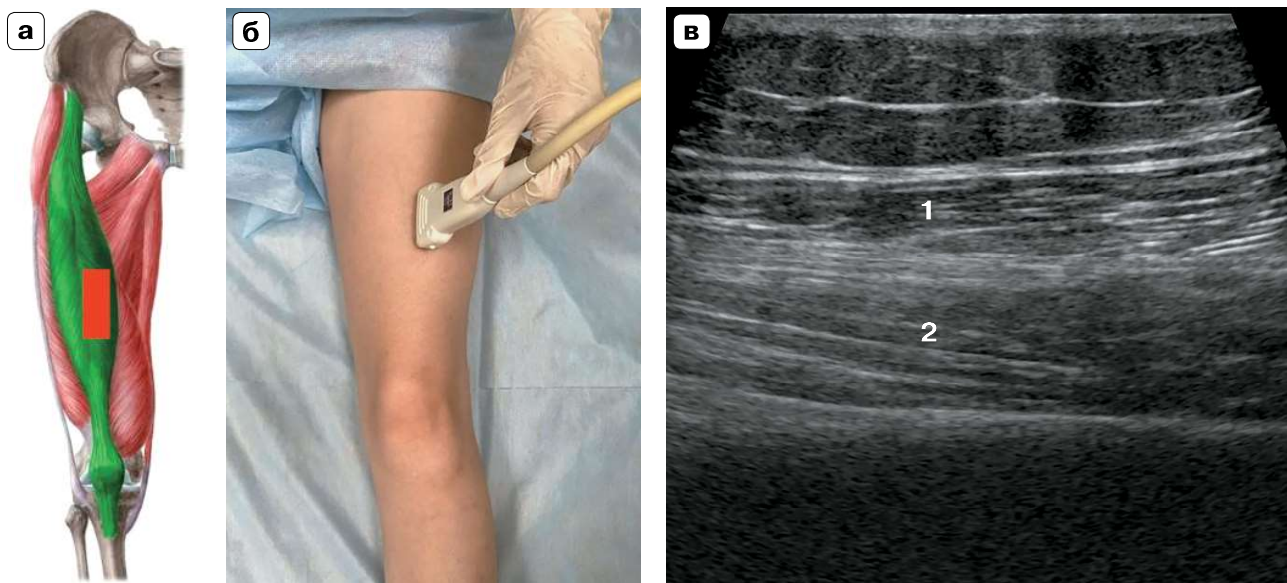


Рис. 1. Методика проведения эластографии для диагностики рабдомиолиза. **а** – схема расположения ультразвукового датчика (красный маркер) при продольном сканировании четырехглавой мышцы бедра; **б** – фотоиллюстрация расположения ультразвукового датчика при продольном сканировании четырехглавой мышцы бедра пациента; **в** – эхограмма, полученная при продольном сканировании четырехглавой мышцы бедра (норма): 1 – прямая мышца бедра, 2 – промежуточная широкая мышца бедра.

Fig. 1. Methodology of elastography for rhabdomyolysis diagnosis. **a** – Scheme of the ultrasound probe placement (red marker) during longitudinal plane imaging of the quadriceps femoris; **б** – Picture of the ultrasound probe placement during longitudinal plane imaging of the quadriceps femoris in a patient; **в** – Ultrasound longitudinal view of the quadriceps femoris (normal), showing: 1 – rectus femoris; 2 – vastus intermedius.

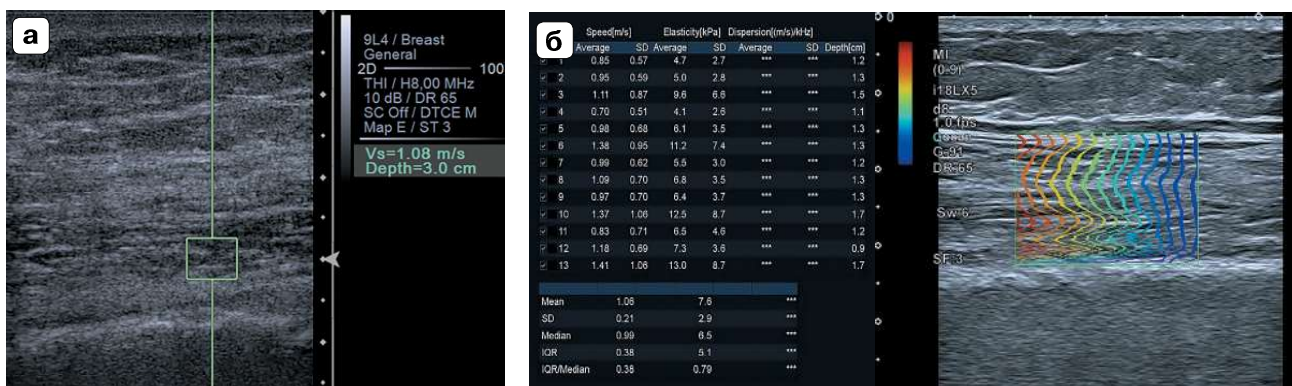


Рис. 2. Методика эластографии сдвиговой волной. Измерение показателей жесткости четырехглавой мышцы бедра при рабдомиолизе. Датчик 9L4 (а), датчик i18LX5 (б).

Fig. 2. Shear wave elastography methodology. Stiffness measurement of the quadriceps femoris in rhabdomyolysis. Probe 9L4 (a), probe i18LX5 (б).

четом среднего значения и оценки внутриоператорской воспроизводимости методики каждому пациенту одним исследователем (на одном аппарате). Рассчитывали коэффициент вариации как отношение стандартного отклонения к среднему значению, выраженное в процентах.

Для оценки диагностического согласия между двумя ультразвуковыми системами (Siemens Acuson S2000 и Canon Aplio i800) все пациенты были классифицированы на основе порогового значения 1,3 м/с, полученного в ходе ROC-анализа. Степень согласия между результатами классификации оценивали с помощью коэффициента каппа Коэна (κ). Значение $\kappa > 0,8$ интерпретировали как отличное согласие.

Статистическая обработка данных проводилась с использованием программных пакетов Statistica 13.5.0 и jamovi 2.6. Нормальность распределения количественных признаков оценивали с помощью критерия Шапиро–Уилка; распределение большинства показателей отличалось от нормального, поэтому для описания данных использовали медиану и интерквартильный размах [Q1; Q3], а для сравнения групп – непараметрический критерий Манна–Уитни. Связь между признаками оценивали с помощью коэффициента ранговой корреляции Спирмена (r_s). Воспроизводимость методик оценивали по коэффициенту вариации (CV, %). Диагностическую ценность определяли с помощью ROC-анализа с расчетом площади под кривой (AUC). Уровень статистической значимости установлен $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

При УЗИ в В-режиме у пациентов основной группы с клинико-лабораторным подтверждением нетравматического РМ толщина четырехглавой мышцы бедра (на уровне средней трети) варьировала от 10,2 до 37,2 мм. Среднее значение толщины составило $21,55 \pm 1,8$ мм. Толщина ПЖК передней поверхности бедра варьировала от 6,1 до 28,0 мм, среднее значение толщины составило $17,54 \pm 1,95$ мм. Уровень КФК плазмы составлял от 1018 до 30 594 МЕ/л, медиана уровня КФК у исследованных пациентов – 3869 [1853; 6067] МЕ/л. Уровень миоглобина плазмы крови варьировал от 114 до 9618 нг/мл; медиана уровня миоглобина составила 1986 [1101; 3896] нг/мл.

По данным ЭСВ значение скорости сдвиговой волны, полученное на аппарате Siemens Acuson S2000, варьировало от 0,72 до 1,79 м/с; медиана составила 1,12 м/с [1,03; 1,19] (рис. 3).

На аппарате Canon Aplio i800 значение скорости сдвиговой волны варьировало от 0,85 до 1,62 м/с; медиана составила 1,08 м/с [0,99; 1,14] (рис. 4).

Значения скорости сдвиговой волны у пациентов с РМ были достоверно ниже, чем в контрольной группе ($p < 0,001$, для аппарата Siemens Acuson S2000 и Canon Aplio i800).

При проведении корреляционного анализа выявлена значимая умеренная обратная связь между концентрацией КФК плазмы крови и значением скорости сдвиговой волны на аппарате Canon Aplio i800 ($r_s = -0,370$; $p = 0,012$). Для значений скорости сдвиговой волны, полученных на аппарате Siemens Acuson S2000, так-

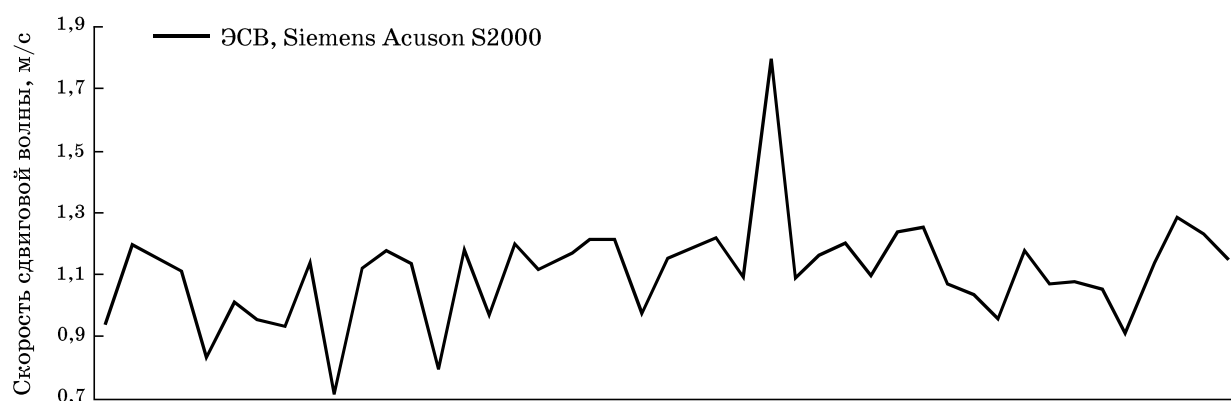


Рис. 3. Значения скорости сдвиговой волны, полученные с использованием методики ЭСВ на аппарате Siemens Acuson S2000.

Fig. 3. Shear wave velocity values obtained with Siemens Acuson S2000 system.

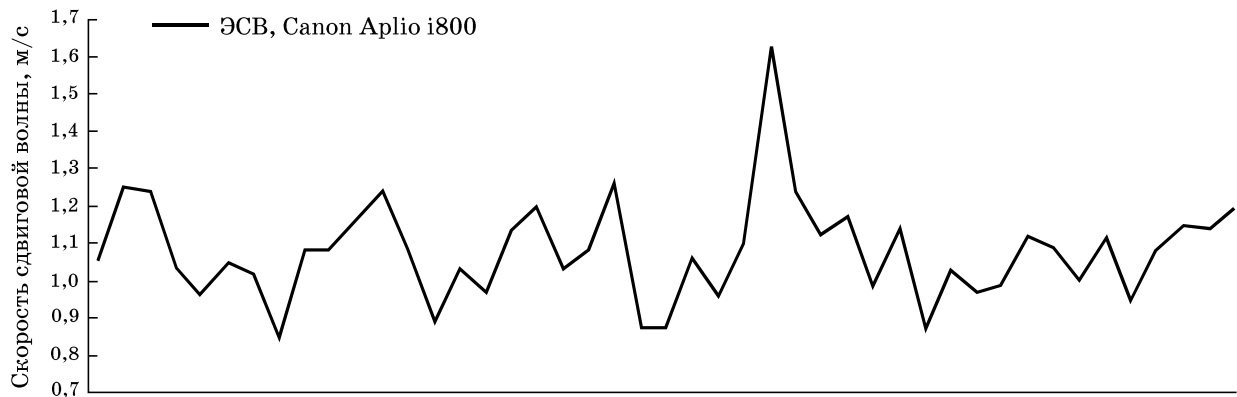


Рис. 4. Значения скорости сдвиговой волны, полученные с использованием методики ЭСВ на аппарате Canon Aplio i800.

Fig. 4. Shear wave velocity values obtained with Canon Aplio i800 system.

же выявлена значимая умеренная обратная корреляционная связь ($r_s = -0,481$; $p < 0,001$) с концентрацией КФК плазмы крови у исследуемых пациентов.

Установлена значимая умеренная обратная корреляционная связь между значением толщины четырехглавой мышцы бедра и значением скорости сдвиговой волны на аппарате Siemens Acuson S2000 ($r_s = -0,346$; $p = 0,019$). Не установлено значимой корреляционной связи между значением толщины четырехглавой мышцы бедра и значением скорости сдвиговой волны на аппарате Canon Aplio i800 ($p > 0,05$).

У пациентов основной группы на обоих ультразвуковых сканерах не было установлено статистически значимых корреляционных связей между скоростью сдвиговой волны и возрастом, полом, толщиной ПЖК, концентрацией миоглобина плазмы крови, ведущей причиной РМ, а также между значениями скорости сдвиговой волны, полученными на двух разных аппаратах ($p > 0,05$).

Для методики ЭСВ на аппарате Siemens Acuson S2000 пороговые значения варьировали от 0,7 до 3,0 м/с. Оптимальное пороговое значение скорости сдвиговой волны, полученное на аппарате Siemens Acuson S2000 для дифференцировки нетравматического РМ от его отсутствия, соответствовало 1,3 м/с (сумма чувствительности и специфичности – индекс Юдена = 0,97). При построении характеристической кривой результатов площадь под кривой (AUC ROC) составила 0,982 (95% доверительный интервал (ДИ) 0,956–1,000) (рис. 5).

Для методики ЭСВ на аппарате Canon Aplio i800 пороговые значения варьировали от 0,8 до

3,3 м/с. Оптимальное пороговое значение скорости сдвиговой волны, полученное на аппарате Canon Aplio i800 для дифференцировки нетравматического РМ от его отсутствия, соответствовало 1,3 м/с (индекс Юдена = 0,98). При построении характеристической кривой результатов площадь под кривой (AUC ROC) составила 0,997 (95% ДИ 0,986–1,000) (рис. 6).

При исследовании добровольцев контрольной группы значения скорости сдвиговой волны

ROC-кривая диагностической ценности методики ЭСВ (Siemens Acuson S2000)

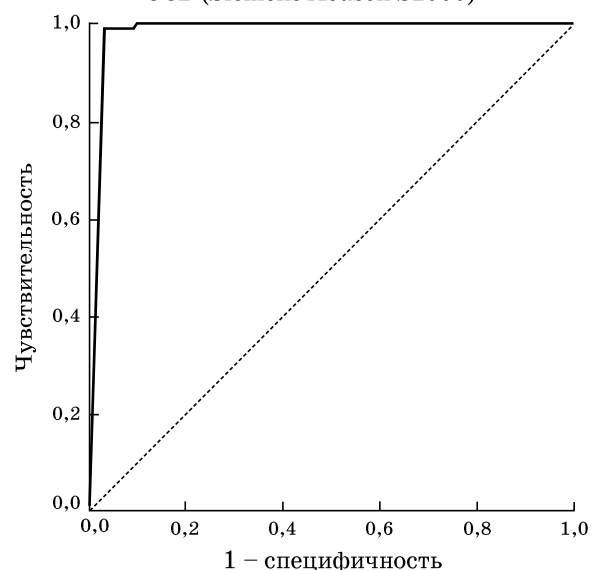


Рис. 5. ROC-кривая методики ЭСВ на аппарате Siemens Acuson S2000.

Fig. 5. ROC curve of the SWE using Siemens Acuson S2000 system.

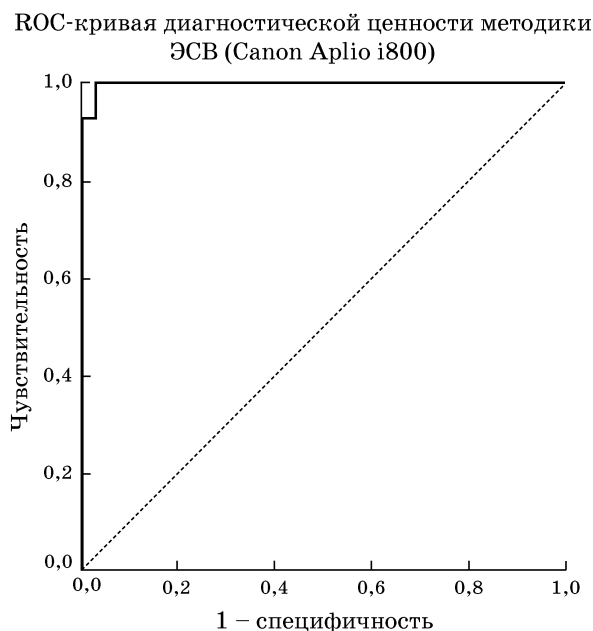


Рис. 6. ROC-кривая методики ЭСВ на аппарате Canon Aplio i800.

Fig. 6. ROC curve of the SWE using Canon Aplio i800 system.

на аппарате Siemens Acuson S2000 составили: в младшей подгруппе ($n = 40$) – от 1,84 до 3,31 м/с, среднее значение $2,49 \pm 0,37$ м/с; в старшей подгруппе ($n = 42$) – от 1,23 до 3,83 м/с, среднее значение $2,28 \pm 0,48$ м/с.

На аппарате Canon Aplio i800 значения скорости сдвиговой волны составили: в младшей подгруппе – от 1,88 до 3,29 м/с, среднее значение $2,58 \pm 0,32$ м/с; в старшей подгруппе – от 1,39 до 3,26 м/с, среднее значение $2,38 \pm 0,41$ м/с.

У пациентов с РМ выявлено достоверное снижение скорости сдвиговой волны более чем на 50% по сравнению с нормой. При этом в контрольной группе значения коррелировали с возрастом ($r_s = 0,45$; $p < 0,01$), но не зависели от индекса массы тела (ИМТ) и толщины ПЖК, тогда как в основной группе такие связи отсутствовали.

При анализе внутриоператорской воспроизводимости средний коэффициент вариации для 10 последовательных измерений составил 6,8% (95% ДИ 5,2–8,4%) для датчика 9L4 и 7,1% (95% ДИ 5,6–8,6%) для датчика i18LX5, что свидетельствует о высокой стабильности методики и не превышает общепринятого порога в 10% для эластографических исследований. Коэффициент вариации для повторных измерений составил 6,8% для аппарата Siemens и 7,1%

для аппарата Canon, что подтверждает высокую стабильность методики в руках одного оператора.

При классификации пациентов на основе порогового значения $V_s < 1,3$ м/с полное диагностическое согласие между двумя аппаратами наблюдалось у 124 из 127 обследованных (97,6%). Коэффициент каппа Кюэна составил 0,95 (95% ДИ 0,89–1,00), что свидетельствует о почти полном согласии методов в отношении постановки диагноза “рабдомиолиз”, несмотря на отсутствие прямой линейной корреляции абсолютных значений скорости сдвиговой волны ($p > 0,05$).

ОБСУЖДЕНИЕ

Полученные результаты свидетельствуют о высокой диагностической эффективности ЭСВ при нетравматическом РМ. У пациентов основной группы значения скорости сдвиговой волны были достоверно ниже по сравнению со здоровыми добровольцами, а диагностическая точность метода характеризовалась высокими значениями площади под ROC-кривой (AUC 0,982 и 0,997 для различных ультразвуковых систем). Кроме того, выявлена умеренная обратная корреляция между скоростью сдвиговой волны и уровнем КФК, что свидетельствует о связи механических свойств мышечной ткани со степенью ее повреждения. Выявленное статистически значимое снижение скорости сдвиговой волны в четырехглавой мышце бедра у пациентов с РМ (медиана 1,12 м/с [1,03; 1,19] и 1,08 м/с [0,99; 1,14] на аппаратах Siemens и Canon соответственно) согласуется с патофизиологией процесса: повреждение сарколеммы, отек, воспаление и некроз мышечных волокон приводят к снижению жесткости мышечной ткани [8]. В то же время у здоровых лиц жесткость мышц имеет тенденцию к снижению с возрастом, что, вероятно, связано с саркопенией и изменением состава мышечной ткани. Несмотря на это, даже у добровольцев старшей подгруппы значения скорости сдвиговой волны оставались достоверно выше, чем у пациентов с РМ, что, вероятно, связано с возрастными изменениями состава мышечной ткани. Для сравнения: у здоровых лиц этот показатель составляет 2,4–2,5 м/с [14], что соответствует нормальной жесткости скелетной мускулатуры. Важно, что даже у пациентов старшей подгруппы контрольной группы (медиана возраста 68,0 года, средний возраст 70,3 года) значения скорости сдвиговой волны (2,28–2,38 м/с) значительно превышают тако-

вые у пациентов с РМ (1,08–1,12 м/с), что подтверждает высокую диагностическую специфичность метода.

Несмотря на широкое распространение ЭСВ в диагностике заболеваний печени, щитовидной железы и молочной железы, применение данной технологии для оценки скелетной мускулатуры остается относительно новым направлением. По данным систематического обзора М.К. Stiver и соавт. (2023), за последние годы отмечается быстрое увеличение числа исследований, посвященных количественной оценке скорости сдвиговой волны в скелетных мышцах, однако сохраняется значительная методологическая неоднородность, связанная с выбором мышц, положением конечности, ориентацией датчика и особенностями различных ультразвуковых платформ [15].

Следует отметить, что в настоящее время публикации, посвященные использованию ЭСВ непосредственно при РМ, практически отсутствуют. В связи с этим интерпретация полученных результатов должна основываться на данных исследований других состояний, сопровождающихся повреждением скелетной мускулатуры. В обзоре К. Chowdhary и соавт. (2024) показано, что ЭСВ обладает высоким потенциалом для выявления патологических изменений мышечной ткани при различных заболеваниях и травмах опорно-двигательного аппарата, обеспечивая объективную количественную оценку изменений механических свойств тканей [16].

Полученные нами данные также согласуются с результатами исследований воспалительных и некротизирующих миопатий. В проспективном исследовании пациентов с иммуноопосредованной некротизирующей миопатией было показано, что показатели ЭСВ изменяются параллельно клинической активности заболевания и могут использоваться для динамического мониторинга поражения мышечной ткани [17]. Особый интерес представляет группа иммуноопосредованных некротизирующих миопатий, патоморфологически характеризующихся выраженным повреждением мышечных волокон и развитием мышечного отека, что частично соответствует механизмам, наблюдаемым при РМ.

Дополнительное подтверждение перспективности метода получено в исследованиях критически больных пациентов. А. Flatres и соавт. (2020) продемонстрировали высокую воспроизводимость ЭСВ при исследовании диафрагмы и мышц конечностей в отделениях интенсивной

терапии, показав возможность количественной оценки качества мышечной ткани непосредственно у постели больного [18]. В свою очередь А. Rossi и соавт. (2022) сообщили о снижении показателей жесткости мышц у пациентов с критической миопатией, что свидетельствует о способности ЭСВ отражать структурные изменения мышечной ткани при тяжелых системных заболеваниях [13].

Следует обратить внимание на выявленное отсутствие значимой корреляции между абсолютными значениями скорости сдвиговой волны, полученными на двух ультразвуковых системах. Данный результат соответствует современным представлениям о межаппаратной вариабельности эластографических измерений. В исследовании А.М. Alfuraih и соавт. (2017) было показано, что различные ультразвуковые платформы могут демонстрировать различия абсолютных значений скорости сдвиговой волны даже при исследовании одних и тех же мышц, тогда как диагностическая информативность метода сохраняется [19]. Аналогичные выводы были получены С. Ferraioli и соавт. (2019) при оценке жесткости печени на различных системах ультразвуковой визуализации [20].

Полученные результаты следует рассматривать в контексте современных исследований, посвященных применению количественного ультразвукового анализа скелетных мышц у пациентов в критических состояниях. В последние годы отмечается существенный рост интереса к использованию эластографии сдвиговой волной для объективной оценки механических свойств мышечной ткани. Согласно обзору К. Chowdhary и соавт. (2024), ЭСВ является одним из наиболее перспективных методов количественной оценки патологии скелетных мышц, позволяя выявлять изменения механических характеристик тканей при различных травматических, воспалительных и дегенеративных процессах. Авторы подчеркивают высокую чувствительность метода к структурным изменениям мышечной ткани и необходимость дальнейшей стандартизации методики исследования скелетной мускулатуры [16].

Особый интерес представляют исследования пациентов отделений интенсивной терапии, поскольку большинство пациентов с нетравматическим РМ в настоящей работе также находились в критическом состоянии. S. Yin и соавт. (2025), А.М. Chaves и соавт. (2025) показали, что использование ЭСВ позволяет выявлять изменения жесткости прямой мышцы бедра и про-

межуточной широкой мышцы бедра у пациентов с полимионейропатией критических состояний. Авторы продемонстрировали диагностическую значимость количественных показателей ЭСВ и подтвердили возможность объективного мониторинга состояния мышечной ткани непосредственно у постели больного [21, 22]. Хотя исследуемая патология отличается от РМ, оба состояния сопровождаются выраженным повреждением мышечных волокон и изменением структуры мышечной ткани.

Таким образом, результаты настоящего исследования хорошо согласуются с современными международными данными, свидетельствующими о высокой информативности количественных ультразвуковых методов при различных вариантах мышечного повреждения. В то же время анализ литературы показывает, что клинические исследования, непосредственно посвященные применению ЭСВ при РМ, практически отсутствуют. Настоящая работа представляет собой актуальное клиническое исследование, посвященное использованию ЭСВ при нетравматическом РМ.

Практическое значение полученных результатов заключается в возможности быстрого неинвазивного выявления поражения скелетной мускулатуры непосредственно у постели пациента. В отличие от лабораторных методов, требующих времени для получения результатов, ЭСВ позволяет выполнить исследование в режиме реального времени и сразу получить количественную характеристику состояния мышечной ткани. Это особенно актуально для пациентов отделений реанимации и интенсивной терапии, у которых РМ нередко развивается на фоне сепсиса, тяжелой инфекции, полиорганной недостаточности и других критических состояний.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Эластография сдвиговой волной является высокоинформативным, воспроизводимым и неинвазивным методом диагностики нетравматического рабдомиолиза. Выявленные умеренные обратные корреляции между скоростью сдвиговой волны и уровнем КФК подтверждают, что метод отражает степень повреждения мышечной ткани. Методика эластографии сдвиговой волной показала высокую диагностическую значимость в определении факта наличия нетравматического рабдомиолиза (AUC ROC (Siemens Acuson S2000) – 0,982; AUC ROC (Canon Aplio i800) –

0,997). Применение обоих датчиков (9L4 и i18LX5) продемонстрировало высокую диагностическую эффективность и почти полное согласие результатов (каппа Коэна = 0,95), то обосновывает возможность применения любого из исследованных датчиков для диагностики нетравматического рабдомиолиза на ранних стадиях. Значение скорости сдвиговой волны менее 1,3 м/с позволяет с высокой вероятностью диагностировать нетравматический рабдомиолиз (Siemens Acuson S2000: чувствительность 98%, специфичность 99%; Canon Aplio i800: чувствительность 98%, специфичность 100%). Полученные данные обосновывают внедрение методики эластографии сдвиговой волной для раннего выявления нетравматического рабдомиолиза в отделениях реанимации и интенсивной терапии.

Участие авторов

Гаранкин Н.А. – проведение исследования, разработка концепции и дизайна исследования, написание текста, подготовка и редактирование текста, утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи.

Поткин С.Б. – участие в проведении исследования, разработке концепции и дизайна исследования, редактирование текста.

Зубарев А.В. – участие в проведении исследования, разработке концепции и дизайна исследования, финальное редактирование текста.

Лозовский В.В. – участие в разработке концепции и дизайна исследования, редактирование текста.

Все авторы внесли значимый вклад в подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией.

Author's participation

Garankin N.A. – conducting the research, development of the study concept and design, writing the text, preparation and editing of the text, approval of the final version of the article, responsibility for the integrity of all parts of the article.

Potkin S.B. – participation in conducting the research, development of the concept and design of the study, editing the text.

Zubarev A.V. – participation in conducting the research, development of the concept and design of the study, final editing of the text.

Lozovsky V.V. – participation in the development of the concept and design of the study, editing the text.

All authors made a significant contribution to the preparation of the article, read and approved the final version before publication.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ
[REFERENCES]

1. Bosch X., Poch E., Grau J.M. Rhabdomyolysis and acute kidney injury. *N. Engl. J. Med.* 2009; 361: 62–72. <https://doi.org/10.1056/NEJMra0801327>
2. Cervellin G., Comelli I., Lippi G. Rhabdomyolysis: historical background, clinical, diagnostic and therapeutic features. *Clin. Chem. Lab. Med.* 2010; 48 (6): 749–756. <https://doi.org/10.1515/CCLM.2010.151>
3. Shapiro M.L., Baldea A., Luchette F.A. Rhabdomyolysis in the Intensive Care Unit. *J. Intensive Care Med.* 2012; 27 (6): 335–342. <https://doi.org/10.1177/0885066611402150>
4. Safari S., Yousefifard M., Hashemi B. et al. The value of serum creatine kinase in predicting the risk of rhabdomyolysis-induced acute kidney injury: a systematic review and meta-analysis. *Clin. Exp. Nephrol.* 2016; 20 (2): 153–161. <https://doi.org/10.1007/s10157-015-1204-1>
5. Lu C.H., Tsang Y.M., Yu C.W. et al. Rhabdomyolysis: magnetic resonance imaging and computed tomography findings. *J. Comput. Assist. Tomogr.* 2007; 31 (3): 368–374. <https://doi.org/10.1097/01.rct.0000250115.10457.e9>
6. Sigrist R.M.S., Liau J., Kaffas A.E. et al. Ultrasound Elastography: Review of Techniques and Clinical Applications. *Theranostics.* 2017; 7 (5): 1303–1329. <https://doi.org/10.7150/thno.18650>
7. Bamber J., Cosgrove D., Dietrich C.F. et al. EFSUMB guidelines and recommendations on the clinical use of ultrasound elastography. Part 1. *Ultraschall. Med.* 2013; 34 (2): 169–184. <https://doi.org/10.1055/s-0033-1335205>
8. Zaidman C.M., Wu J.S., Kapur K. et al. Quantitative muscle ultrasound detects disease progression in Duchenne muscular dystrophy. *Ann. Neurol.* 2017; 81 (5): 633–640. <https://doi.org/10.1002/ana.24904>
9. Yang J., Zhou J., Wang X. et al. Risk factors for severe acute kidney injury among patients with rhabdomyolysis. *BMC Nephrol.* 2020; 21 (1): 498. <https://doi.org/10.1186/s12882-020-02104-0>
10. Mikkelsen T.S., Toft P. Prognostic value, kinetics and effect of CVVHDF on serum of the myoglobin and creatine kinase in critically ill patients with rhabdomyolysis. *Acta Anaesthesiol Scand.* 2005; 49 (6): 859–864. <https://doi.org/10.1111/j.1399-6576.2005.00577.x>
11. Hebert J.F., Burfeind K.G., Malinoski D. et al. Molecular Mechanisms of Rhabdomyolysis-Induced Kidney Injury: From Bench to Bedside. *Kidney Int. Rep.* 2023; 8 (1): 17–29. <https://doi.org/10.1016/j.ekir.2022.09.026>
12. Pillen S., van Alfen N., Zwartz M.J. Muscle ultrasound in neuromuscular disorders. *Muscle Nerve.* 2008; 40 (1): 4–17. <https://doi.org/10.1002/mus.21015>
13. Rossi A., Mandili G., Fava C. et al. Ultrasound shear wave elastography in critical illness myopathy: preliminary findings. *Intensive Care Med. Exp.* 2022; 10 (Suppl.): 24.
14. Гаранкин Н.А., Фёдорова А.А., Зубарев А.В. Эластография сдвиговой волной в оценке структуры четырехглавой мышцы бедра в норме. *Кремлевская медицина. Клинический вестник.* 2023; 1: 15–19. <https://doi.org/10.48612/cgma/bn55-ru8k-ehxa>
Garankin N.A., Fedorova A.A., Zubarev A.V. Shear wave elastography in assessing the structure of the quadriceps femoris muscle in normal subjects. *Kremlin Medicine Journal. Clinical Bulletin.* 2023; 1: 15–19. <https://doi.org/10.48612/cgma/bn55-ru8k-ehxa> (In Russian)
15. Stiver M.L., Mirjalili S.A., Agur A.M.R. Measuring Shear Wave Velocity in Adult Skeletal Muscle with Ultrasound 2-D Shear Wave Elastography: A Scoping Review. *Ultrasound Med. Biol.* 2023; 49 (6): 1353–1362. <https://doi.org/10.1016/j.ultrasmedbio.2023.02.005>
16. Chowdhary K., Raum G., Visco C. Diagnostic Utility of Shear Wave Elastography in Musculoskeletal Injuries: A Narrative Review. *PM R.* 2024; 16 (4): 384–397. <https://doi.org/10.1002/pmrj.13179>
17. Silva I.N., Kharat A., Marzano F. et al. Unsuccessful Weaning From Mechanical Ventilation in a Patient With an Immune-Mediated Necrotizing Myopathy: A Case Report That Demonstrates the Usefulness of Shear-Wave Elastography. *Chest.* 2024; 165 (6): e177–e185. <https://doi.org/10.1016/j.chest.2024.01.002>
18. Flatres A., Aarab Y., Nougaret S. et al. Real-time shear wave ultrasound elastography: a new tool for the evaluation of diaphragm and limb muscle stiffness in critically ill patients. *Crit. Care.* 2020; 24 (1): 34. <https://doi.org/10.1186/s13054-020-2745-6>
19. Alfuraih A.M., O'Connor P., Tan A.L. et al. An investigation into the variability between different shear wave elastography systems in muscle. *Med. Ultrason.* 2017; 19 (4): 392–400. <https://doi.org/10.11152/mu-1217>
20. Ferraioli G., De Silvestri A., Lissandrin R. et al. Evaluation of Inter-System Variability in Liver Stiffness Measurements. *Ultraschall Med.* 2019; 40 (1): 64–75. <https://doi.org/10.1055/a-0828-8079>
21. Yin S., Zheng S., Li J. et al. Assessing Intensive Care Unit Acquired Weakness: An Observational Study Using Quantitative Ultrasound Shear Wave Elastography of the Rectus Femoris and Vastus Intermedius. *Ultrasound Med. Biol.* 2025; 51 (2): 235–241. <https://doi.org/10.1016/j.ultrasmed-bio.2024.07.011>
22. Chaves A.M., Torres S.J., Palacios L. et al. Prospective ultrasonographic evaluation of femoral and vastus intermedius muscles as predictors of ICU-acquired weakness in critically ill patients. *J. Ultrasound.* 2025; 28 (2): 447–454. <https://doi.org/10.1007/s40477-025-01013-y>

Diagnostic value of acoustic radiation force impulse shear wave elastography in the early detection of non traumatic rhabdomyolysis

N.A. Garankin^{1, 2*}, S.B. Potkin^{1, 2}, A.V. Zubarev^{1, 2}, V.V. Lozovskiy^{1, 3}

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

² Clinical hospital No1 of the Presidential Administration of the Russian Federation; 10, Starovolynskaya str., Moscow 121352, Russian Federation

³ Central Clinical Hospital of the Presidential Administration of the Russian Federation; 15, Marshal Timoshenko str., Moscow 121359, Russian Federation

Nikita A. Garankin – MD, Assistant of the Department of Radiology and Radiotherapy, Central State Medical Academy of the Presidential Administration of the Russian Federation; Ultrasound Diagnostic Physician of the Department of Ultrasound Diagnostics, Clinical hospital No1 of the Presidential Administration of the Russian Federation. <https://orcid.org/0000-0002-7099-7139>

Sergey B. Potkin – MD, PhD (Med.), Associate Professor of the Department of Radiology and Radiotherapy, Central State Medical Academy of the Presidential Administration of the Russian Federation; Ultrasound Diagnostic Physician of the Department of Ultrasound Diagnostics, Clinical hospital No1 of the Presidential Administration of the Russian Federation, Moscow. <https://orcid.org/0000-0002-6586-1640>

Alexander V. Zubarev – MD, Doct. of Sci. (Med.), Professor, Head of the Department of Radiology and Radiotherapy, Central State Medical Academy of the Presidential Administration of the Russian Federation; Scientific Supervisor of Radiology, Ultrasound Diagnostic Physician of the Department of Ultrasound Diagnostics, Clinical hospital No1 of the Presidential Administration of the Russian Federation, Moscow. <https://orcid.org/0000-0002-9318-5010>

Vladislav V. Lozovskiy – Postgraduate student of the Department of Radiology and Radiotherapy, Central State Medical Academy of the Presidential Administration of the Russian Federation; Radiologist of the Department of X-ray Diagnostics and Tomography, Central Clinical Hospital of the Presidential Administration of the Russian Federation. <https://orcid.org/0009-0005-8905-9926>

Correspondence* to Nikita A. Garankin – e-mail: ngarankin2403@mail.ru

Diagnosis of non traumatic rhabdomyolysis presents a considerable diagnostic challenge due to its subtle clinical presentation. Existing laboratory methods — in particular, assessment of creatine phosphokinase (CPK) levels — do not allow for rapid point-of-care diagnosis. Therefore, evaluation of diagnostic value of shear wave elastography, a technique capable of promptly detecting muscle tissue damage, is of high relevance.

Aim: to evaluate the diagnostic value of shear wave elastography in detecting non traumatic rhabdomyolysis using 4–9 MHz and 5–18 MHz ultrasound probes.

Material and methods. A prospective case-control study compared shear-wave velocity (Vs) in the quadriceps femoris muscle between two groups: 45 patients with confirmed non-traumatic rhabdomyolysis (median age 81.0 [68.0; 90.0] years) and 82 healthy volunteers. All patients were sequentially examined with the use of two expert ultrasound systems: Siemens Acuson S2000 (9L4 probe, 4.0–9.0 MHz) and Canon Aplio i800 (i18LX5 probe, 5.0–18.0 MHz). Correlation and ROC analyses were performed. The following factors influencing muscle tissue stiffness values were assessed: thickness of the muscle tissue and subcutaneous fat, age, and plasma concentrations of CPK and myoglobin.

Results. Vs was significantly lower in rhabdomyolysis patients (1.12 m/s and 1.08 m/s, respectively) than in controls (2.38 m/s and 2.48 m/s; $p < 0.001$). A moderate inverse correlation was found between Vs and creatine kinase level (r_s from -0.370 to -0.481 ; $p < 0.05$). A threshold Vs < 1.3 m/s yielded high diagnostic accuracy (AUC 0.982–0.997; sensitivity 98%, specificity 99–100%) in rhabdomyolysis. Age, sex, subcutaneous fat thickness and muscle thickness did not significantly affect Vs.

Conclusion. SWE is a highly informative, reproducible, and non invasive method for non traumatic rhabdomyolysis diagnosis. A threshold Vs < 1.3 m/s serves as a highly accurate diagnostic criterion, making the technique promising for use in intensive care units.

Keywords: rhabdomyolysis; shear wave elastography; quadriceps femoris muscle; ultrasound; intensive care

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

Financing. This study had no sponsorship.

Citation: Garankin N.A., Potkin S.B., Zubarev A.V., Lozovskiy V.V. Diagnostic value of acoustic radiation force impulse shear wave elastography in the early detection of non traumatic rhabdomyolysis. *Ultrasound and Functional Diagnostics*. 2026; 32 (3): 91–101. <https://doi.org/10.24835/1607-0771-362> (In Russian)

Received: 30.10.2025.

Accepted for publication: 16.06.2026.

Published online: 16.09.2026.



Классификация изменений ультразвуковых признаков поверхностно расположенных лимфатических узлов

Е.П. Фисенко^{1*}, Г.Ф. Аллахвердиева², М.Н. Буланов^{3, 4}, Е.А. Бусько^{5, 6},
Н.Н. Ветшева⁷, О.В. Возгомент^{7, 8}, В.Е. Гажонова^{9, 10}, Т.Ю. Данзанова^{11, 12},
Н.В. Заболотская⁷, А.Н. Катрич^{13, 14}, Е.В. Костромина^{5, 15, 16}, П.И. Лепэдату¹¹,
А.Г. Надточий⁸, Е.А. Панкова¹⁷, А.Н. Рябиков^{18, 19}, А.Н. Сенча^{20, 12},
Г.Т. Синюкова¹¹, Ю.П. Сыч²¹, Ф.Т. Хамзина^{22, 23, 24}

- ¹ ФГБНУ “Российский научный центр хирургии имени академика Б.В. Петровского”; 119991 Москва, ГСП-1, Абрикосовский пер., д. 2, Российская Федерация
- ² Клинический онкологический госпиталь “Лапино-2” группы компаний “Мать и дитя”; Московская область, Одинцовский р-н, д. Лапино, 1-е Успенское шоссе, д. 111, Российская Федерация
- ³ ГБУЗ Владимирской области “Областная клиническая больница”; 600023 Владимир, Судогодское шоссе, д. 41, Российская Федерация
- ⁴ ФГБОУ ВПО “Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого”; 173003 Великий Новгород, ул. Большая Санкт-Петербургская, д. 41, Российская Федерация
- ⁵ ФГБУ “Национальный медицинский исследовательский центр онкологии им. Н.Н. Петрова” Минздрава России; 197758 Санкт-Петербург, пос. Песочный, ул. Ленинградская, д. 68, Российская Федерация
- ⁶ ФГБОУ ВО “Санкт-Петербургский государственный университет”; 199034 Санкт-Петербург, Университетская набережная, д. 7/9, Российская Федерация
- ⁷ ФГАОУ ДПО “Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования” Минздрава России; 125993 Москва, ул. Баррикадная, д. 2/1, стр. 1, Российская Федерация
- ⁸ ФГБУ НМИЦ “Центральный научно-исследовательский институт стоматологии и челюстно-лицевой хирургии” Минздрава России; 119021 Москва, ул. Тимура Фрунзе, д. 16, Российская Федерация
- ⁹ ФГБУ ДПО “Центральная государственная медицинская академия” Управления делами Президента Российской Федерации; 121359 Москва, ул. Маршала Тимошенко, д. 19, стр. 1А, Российская Федерация
- ¹⁰ ФГБУ “Объединенная больница с поликлиникой” Управления делами Президента Российской Федерации; 121359 Москва, ул. Маршала Тимошенко, д.15, Российская Федерация
- ¹¹ ФГБУ “Национальный медицинский исследовательский центр онкологии им. Н.Н. Блохина” Минздрава России; 115478 Москва, Каширское шоссе, д. 23, Российская Федерация
- ¹² ФДПО ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России (Пироговский Университет); 117997 Москва, ул. Островитянова, д. 1, Российская Федерация
- ¹³ ГБУЗ “Научно-исследовательский институт – Краевая клиническая больница №1 им. проф. С.В. Очаповского” Минздрава Краснодарского края; 350086 Краснодар, ул. 1 Мая, д. 167, Российская Федерация
- ¹⁴ ФГБОУ ВО “Кубанский государственный медицинский университет” Минздрава России; 350063 Краснодар, ул. им. М. Седина, д. 4, Российская Федерация
- ¹⁵ ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет Минздрава России; 197022 Санкт-Петербург, ул. Литовская, 2Е, Российская Федерация
- ¹⁶ ФГБУ “Российский научный центр радиологии и хирургических технологий имени академика А.М. Гранова” Минздрава России; 197758 Санкт-Петербург, пос. Песочный, ул. Ленинградская, д. 70, Российская Федерация
- ¹⁷ БУЗ Воронежской области “Воронежский областной научно-клинический онкологический центр”; 394036 Воронеж, ул. Вайцеховского, д. 4, Российская Федерация
- ¹⁸ ФИЦ “Институт цитологии и генетики Сибирского отделения РАН”; 630090 Новосибирск, просп. Академика Лаврентьева, д. 10, Российская Федерация

- ¹⁹ ФГБОУ ВО “Новосибирский государственный медицинский университет” Минздрава России; 630091 Новосибирск, Красный проспект, д. 52, Российская Федерация
- ²⁰ 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
- ²¹ ФГАОУ ВО Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет); 119991 Москва, ул. Трубецкая, д. 8, стр. 2, Российская Федерация
- ²² Казанская государственная медицинская академия – филиал ФГАОУ ДПО “Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования” Минздрава России; 420012 Казань, ул. Бутлерова, д. 36, Российская Федерация
- ²³ Медико-санитарная часть Казанского федерального университета; 420061 Казань, ул. Николая Ершова, 2, Российская Федерация
- ²⁴ Институт фундаментальной медицины и биологии Казанского (Приволжского) федерального университета; 420008 Казань, ул. Кремлевская, 18, Российская Федерация

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>. Scopus Author ID 6507536162

Аллахвердиева Гонча Фаридовна – доктор мед. наук, врач ультразвуковой диагностики Клинического онкологического госпиталя “Лапино-2” Группы компаний “Мать и дитя”, Лапино, Московская обл. <https://orcid.org/0000-0001-5910-5892>

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 диагностики, врач-рентгенолог отделения лучевой диагностики ФГБУ “НМИЦ онкологии им. Н.Н. Петрова” Минздрава России; профессор НК и ОЦ “Лучевая диагностика и ядерная медицина” медицинского факультета ФГБОУ ВО СПбГУ, Санкт-Петербург. <https://orcid.org/0000-0002-0940-6491>

Ветшева Наталья Николаевна – доктор мед. наук, профессор кафедры ультразвуковой диагностики ФГАОУ ДПО РМАНПО Минздрава России, Москва. <http://orcid.org/0000-0002-9017-9432>

Возгомент Ольга Викторовна – доктор мед. наук, профессор кафедры лучевой диагностики детского возраста ФГАОУ ДПО РМАНПО Минздрава России; ведущий научный сотрудник отдела лучевой диагностики ФГБУ НМИЦ “Центральный научно-исследовательский институт стоматологии и челюстно-лицевой хирургии” Минздрава России, Москва. <https://orcid.org/0000-0002-2421-9918>

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 (Пироговский Университет), Москва. <https://orcid.org/0000-0002-6171-6796>

Заболотская Наталия Владленовна – доктор мед. наук, профессор кафедры ультразвуковой диагностики ФГАОУ ДПО РМАНПО Минздрава России, Москва. <https://orcid.org/0000-0003-3109-2772>

Катрич Алексей Николаевич – доктор мед. наук, заведующий отделением ультразвуковой диагностики ГБУЗ “Научно-исследовательский институт – Краевая клиническая больница №1 им. проф. С.В. Очаповского” Минздрава Краснодарского края; доцент кафедры хирургии № 1 ФГБОУ ВО “Кубанский государственный медицинский университет” Минздрава России, Краснодар. <https://orcid.org/0000-0003-1508-203X>

Костромина Екатерина Викторовна – канд. мед. наук, старший научный сотрудник научного отделения диагностической и интервенционной радиологии, врач ультразвуковой диагностики, врач-рентгенолог отделения лучевой диагностики ФГБУ “НМИЦ онкологии им. Н.Н. Петрова” Минздрава России; доцент кафедры лучевой диагностики и биомедицинской визуализации ФГБОУ ВО СПбГПМУ Минздрава России; доцент кафедры радиологии, хирургии, онкологии ФГБУ “РНЦРХТ им. акад. А.М. Гранова” Минздрава России, Санкт-Петербург. <https://orcid.org/0000-0002-4245-687X>

Лепэдату Павел Иванович – канд. мед. наук, врач отделения ультразвуковой диагностики, доцент кафедры последипломного образования врачей Департамента профессионального образования ФГБУ “НМИЦ онкологии имени Н.Н. Блохина” Минздрава России, Москва. <https://orcid.org/0000-0001-7846-1788>. Scopus Author ID P6507607271

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

Панкова Екатерина Александровна – врач ультразвуковой диагностики БУЗ Воронежской области “Воронежский областной научно-клинический онкологический центр”, Воронеж. <https://orcid.org/0009-0008-2552-7593>

Рябиков Андрей Николаевич – доктор мед. наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории этиопатогенеза и клиники внутренних заболеваний ФИЦ “Институт цитологии и генетики Сибирского отделения РАН”; профессор кафедры терапии, гематологии и трансфузиологии ФПК ФГБОУ ВО “Новосибирский государственный медицинский университет” Минздрава России, Новосибирск. <https://orcid.org/0000-0001-9868-855X>

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 (пироговский Университет), Москва. <https://orcid.org/0000-0002-1188-8872>

Синюкова Галина Тимофеевна – доктор мед. наук, профессор, главный научный консультант отделения ультразвуковой диагностики, профессор кафедры последипломного образования врачей Департамента профессионального образования ФГБУ “НМИЦ онкологии им. Н.Н. Блохина” Минздрава России, Москва. <https://orcid.org/0000-0002-5697-9268>. Scopus Author ID P57189470240.

Сыч Юлия Петровна – канд. мед. наук, доцент кафедры эндокринологии Института клинической медицины им. Н.В. Склифосовского ФГАОУ “Первый МГМУ имени И.М. Сеченова Минздрава России” (Сеченовский Университет), Москва. <https://orcid.org/0000-0002-7000-0095>

Хамзина Фарида Тимершиевна – канд. мед. наук, доцент кафедры ультразвуковой диагностики Казанской государственной медицинской академии – филиал ФГАОУ ДПО РМАНПО Минздрава России; врач ультразвуковой диагностики отделения ультразвуковой диагностики медико-санитарной части Казанского федерального университета; доцент кафедры профилактической медицины института фундаментальной медицины и биологии Казанского (Приволжского) федерального университета, Казань. <https://orcid.org/0000-0002-6053-1466>

Контактная информация*: Фисенко Елена Полиектовна – e-mail: e.fissenko@mail.ru

Оценка состояния зон лимфооттока является важной задачей ультразвукового исследования (УЗИ) органов и тканей, вовлеченных в разнообразные патологические процессы. Для изучения с помощью УЗИ более доступны поверхностно расположенные лимфатические узлы (ЛУ). Выявленные многочисленные изменения ЛУ достаточно часто вызывают затруднения при их интерпретации. Предложенная классификация позволяет провести градацию выявленных ультразвуковых критериев изменения поверхностных ЛУ на группы для дальнейшего формирования системы стратификации риска злокачественных поражений ЛУ.

Цель исследования: провести градацию ультразвуковых критериев лимфатических узлов по уровням их отклонения от неизмененных, теряющих доброкачественные признаки, до приобретающих признаки злокачественности и сформировать классификацию изменений поверхностно расположенных лимфатических узлов по данным УЗИ.

Результаты. Классификация включает 6 уровней: нормальные/неизмененные ЛУ; вероятно, доброкачественные изменения ЛУ; сомнительный/неопределенный характер изменений ЛУ; подозрительный характер изменений ЛУ; высокоподозрительный характер изменений ЛУ; морфологически подтвержденный злокачественный характер изменений ЛУ.

Закключение. Представленная российская классификация стратификации риска злокачественности поверхностных ЛУ позволит более качественно оценивать поверхностные лимфатические узлы в ходе выполнения УЗИ, выделяя отдельные типы изменений их ультразвуковой структуры, и проводить отбор подозрительных ЛУ для выполнения биопсии.

Ключевые слова: ультразвуковое исследование; лимфатические узлы; Node-RADS

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии возможных конфликтов интересов.

Финансирование. Исследование проведено без спонсорской поддержки.

Цитирование: Фисенко Е.П., Аллахвердиева Г.Ф., Буланов М.Н., Бусько Е.А., Ветшева Н.Н., Возгомент О.В., Гажонова В.Е., Данзанова Т.Ю., Заболотская Н.В., Катрич А.Н., Костромина Е.В., Лепэдату П.И., Надточий А.Г., Панкова Е.А., Рябиков А.Н., Сенча А.Н., Синюкова Г.Т., Сыч Ю.П., Хамзина Ф.Т. Классификация изменений ультразвуковых признаков поверхностно расположенных лимфатических узлов. *Ультразвуковая и функциональная диагностика*. 2026; 32 (3): 102–120.

<https://doi.org/10.24835/1607-0771-455>

Поступила в редакцию: 25.07.2026.

Принята к печати: 06.08.2026.

Опубликована online: 16.09.2026.

Документ утвержден на заседании Исполнительного комитета Российской ассоциации специалистов ультразвуковой диагностики в медицине (РАСУДМ)

ВВЕДЕНИЕ

Оценка состояния зон лимфооттока является важным этапом ультразвукового исследования (УЗИ) органов и тканей, вовлеченных в разнообразные патологические процессы. Лимфатические узлы (ЛУ) предназначены для препятствия распространению инфекционных и онкологических процессов. Выступая в качестве биологических фильтров, они очищают проходящую через них лимфу от пораженных органов и тканей. Именно поэтому оценка состояния ЛУ имеет важное клиническое значение, особенно в онкологической практике, так как является критерием стадирования онкопроцесса, необходимым компонентом разработки стратегии лечения пациента, в частности объема оперативного вмешательства. Важны не только первичная оценка, но и динамическое наблюдение в рамках ответа на проводимую консервативную терапию. Роль ультразвуковой (УЗ) диагностики в выявлении изменений ЛУ, особенно поверхностно расположенных, в этом аспекте сложно переоценить, что уже многократно подчеркивалось в Российских клинических рекомендациях по диагностике и лечению лимфопролиферативных и воспалительных заболеваний, злокачественных поражений органов малого таза, ротоглотки, кожи и др. [1–5].

Разработана Стандартизация протокола УЗИ поверхностных ЛУ [6]. Задача современного УЗИ поверхностных ЛУ не сводится только к обнаружению самого ЛУ, но требует проведения его оценки по определенному ряду критериев и при возможности выполнения дифференциальной диагностики изменений, которые привели к тем или иным изменениям его структуры для оценки необходимости проведения биопсии. Сложность заключается в том, что в разных анатомических областях ЛУ даже в норме имеют несколько от-

личающиеся характеристики, более того, один и тот же критерий в одной зоне может указывать на доброкачественные процессы, а в другой – на злокачественные.

Все поверхностные ЛУ по направлению оттока лимфы можно разделить условно на 3 большие группы [7]:

- ЛУ головы и шеи;
- ЛУ грудной клетки и верхних конечностей;
- ЛУ нижних конечностей и паховых областей.

Для каждой области предполагается своя методика УЗИ зон лимфооттока. При этом размеры и структура ЛУ в норме и при патологических изменениях могут отличаться: нормальный признак в одной группе может представляться подозрительной в другой. Именно разнообразие УЗ-картины ЛУ как в норме, так и при различных патологических процессах достаточно часто вызывает затруднение исследователей при интерпретации полученных изображений. Требуется классификация, позволяющая разделить выявленные УЗ-критерии на группы для их систематизации и дальнейшего формирования системы стратификации риска злокачественных поражений поверхностных ЛУ.

Лучевые диагностические классификации -RADS (Reporting and Archiving Data System), позволяющие провести стратификацию признаков злокачественности узловых образований тех или иных органов, хорошо зарекомендовали себя на практике и активно используются всеми мировыми медицинскими сообществами, в том числе и в России. В основе всех этих классификаций лежат поиск образований, их оценка по определенному набору критериев, соответственно, унификация терминологии; стратификация выявленных признаков недоброкачественности/злокачественности по категориям. Основной же за-

дачей является помощь врачам в отборе изучаемых объектов для выполнения биопсии и отработка алгоритмов дальнейшего ведения пациента при междисциплинарном взаимодействии. В УЗ-диагностике широкое распространение получили классификации по стратификации УЗ-критериев новообразований молочной (BI-RADS), щитовидной (TI-RADS) желез, яичников (O-RADS) и др. [8–10]. В онкологической практике поиск новообразований всегда сопровождается изучением зон регионарного лимфооттока.

Известный вариант классификации Node-RADS по стандартизированной оценке ЛУ на основе результатов компьютерной и магнитно-резонансной томографии [11] не представляется возможным использовать при УЗИ, так как данное исследование имеет свои особенности по формированию направления плоскостей сканирования, по измерению выявленных объектов, по формированию и интерпретации УЗ-структуры и др. В обязательном порядке требуется сопоставление возраста, клинической картины состояния пациента, его анамнеза (в первую очередь онкоанамнеза), сопоставление анамнеза заболевания с УЗ-картиной выявленных ЛУ.

К настоящему времени в мировой практике предложены классификации оценки результатов УЗИ поверхностно расположенных ЛУ по отдельным анатомическим зонам на основе различных УЗ-критериев, характеризующих состояние неизменных и метастатически пораженных ЛУ [12–16], наиболее полно представленных в опубликованном консенсусном мнении группы Международного анализа опухолей

вувльвы VITA [17]. Количество предлагаемых категорий в представленных классификациях различное: от 3 до 6.

Настоящая предлагаемая классификация содержит 6 уровней/градаций состояния поверхностных ЛУ:

- нормальные/неизмененные ЛУ;
- вероятно, доброкачественный характер изменений ЛУ;
- сомнительный/неопределенный характер изменений ЛУ;
- подозрительные ЛУ;
- высокоподозрительные ЛУ;
- ЛУ с морфологически подтвержденным злокачественным характером поражения, требующие динамического наблюдения в ходе лечебных мероприятий.

КЛАССИФИКАЦИЯ ИЗМЕНЕНИЙ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ПРИЗНАКОВ ПОВЕРХНОСТНО РАСПОЛОЖЕННЫХ ЛИМФАТИЧЕСКИХ УЗЛОВ

Категория ЛУ1

Нормальные/неизмененные
поверхностные ЛУ

Имеют все УЗ-критерии, характерные для неизмененного ЛУ [18, 19] – ЛУ1 (рис. 1).

1. Количество в одной анатомической зоне/уровне – единичные.
2. Размеры ЛУ в пределах нормальных показателей (в соответствии с его анатомической принадлежностью).



Рис. 1. Нормальная ультразвуковая картина ЛУ (обозначены стрелками) с сохраненной дифференцировкой структур: правильная форма, ровные и четкие контуры. а – шейный; б – подмышечный; в – паховый.

Fig. 1. Normal US appearance of LNs (indicated by arrows) with preserved structural differentiation: regular shape, smooth and well defined margins. а – cervical; б – axillary; в – inguinal.

Голова и шея [20–24]

Информативным следует считать оценку размера, измеренного по короткой оси, который зависит от локализации ЛУ:

- в области головы (лицевые, околоушные, затылочные, др.) $\leq 0,5$ см;
- в области шеи ЛУ принято описывать по уровням (см. рис. 1) [25, 26]:
 - ЛУ I, III–VI(VII) уровней – $< 0,6$ см;
 - ЛУ II уровня – $< 0,8$ см.

Нормальное соотношение толщины гипоехогенной периферической зоны к центральной гиперэхогенной составляет 1:2.

Подмышечные области [12, 27, 28]

Информативным следует считать оценку толщины коры ЛУ (измерение проводится с одной стороны, ближней к датчику).

Нормальная толщина коры $\leq 0,3$ см.

Под- и надключичные ЛУ

Их визуализация возможна высокочастотными датчиками.

Они должны иметь полный набор неизмененного ЛУ.

Размер по короткой оси в норме $\leq 0,5$ см [29, 30].

Паховые области [19, 31–33]

Информативными следует считать оценку следующих параметров:

- размер по короткой оси в норме $< 1,5$ см;
- толщина коры в норме $\leq 0,3$ см.

3. Форма: правильная овальная (плоская, овоидная).

4. Соотношение L/S ≥ 2 .

5. Границы четкие.

6. Контур ровные, слабоволнистые.

7. Дифференцировка составных частей ЛУ сохранена, четко прослеживается.

8. Структура не изменена.

9. Кора равномерной толщины (в соответствии с нормами анатомических областей) и эхогенности.

10. Сосудистый рисунок ЛУ обычный (а-, гиповаскулярный).

11. Тип кровотока – воротный.

Категория ЛУ2

Вероятно, доброкачественные изменения ЛУ (рис. 2–4) у пациентов с жалобами, характерными для острого воспалительного процесса и без онкоанамнеза

Добавляются критерии, отличные от категории 1 – ЛУ2:

- количество – **различное** (в одной анатомической зоне/уровне);
- размеры **различные**;
- форма правильная овальная (плоская, овоидная), **округлая**;
- границы четкие;
- контуры ровные/слабоволнистые/**дольчатые**;
- дифференцировка составных частей ЛУ сохранена или **не определяется в В-режиме**, но в режиме ЦДК/ЭДК сочетается с визуализацией единичного сосуда в воротах – с сохранением воротного (хилусного/хиллярного) кровотока;
- кора не утолщена или **утолщена равномерно/неравномерно**, ее эхогенность **неравномерно понижена**;

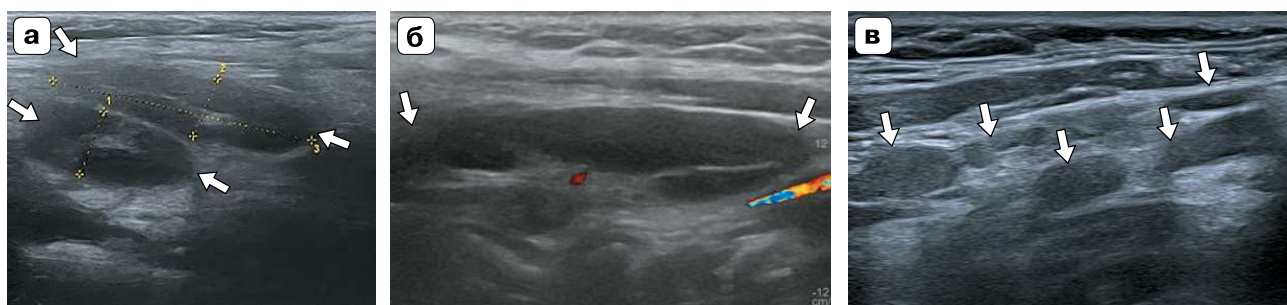


Рис. 2. Реактивные изменения в ЛУ (обозначены стрелками) при вирусной инфекции. **а, б** – ЛУ овальной формы, с увеличением толщины коркового слоя, гиповаскулярные (**в**). Множественные лежащие цепочкой гипоехогенные ЛУ различной величины и формы (овальные и округлые).

Fig. 2. Reactive LN changes (indicated by arrows) in viral infection. **a, б** — ovoid LNs with increased cortical thickness, hypovascular (**в**). Multiple hypoechoic LNs arranged in a chain, varying in size and shape (ovoid and round).

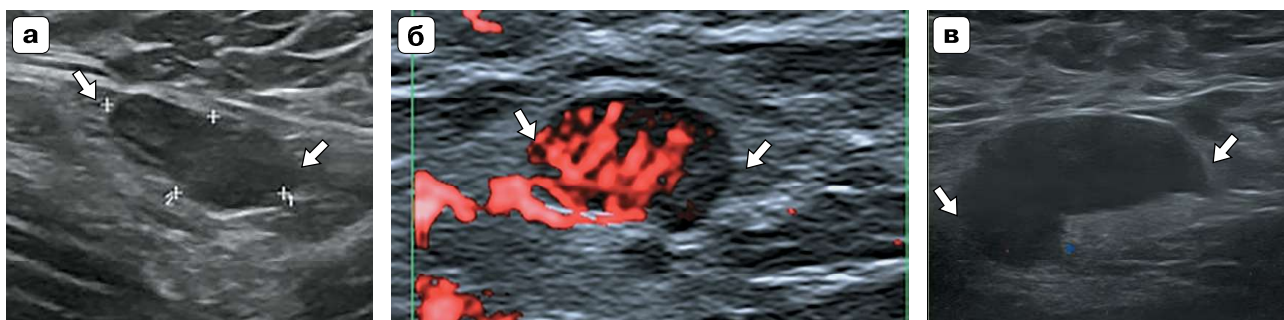


Рис. 3. Реактивные изменения в ЛУ (обозначены стрелками) при бактериальной инфекции. **а** – ЛУ практически весь гипоехогенный; **б** – ЛУ гиперваскуляризирован (ЭДК). Тип кровотока воротный; **в** – кора равномерно утолщена, эхогенность ее значительно снижена. В режиме ЦДК ЛУ гиповаскулярный. Тип кровотока воротный.

Fig. 3. Reactive changes in LNs (indicated by arrows) in bacterial infection. **а** – LN is almost entirely hypoechoic; **б** – increased vascularization of LN (power Doppler mode). Hilar blood flow pattern; **в** – cortex is uniformly thickened, with markedly hypoechoic. Hypovascularization of LN in Color Doppler. Hilar blood flow pattern.

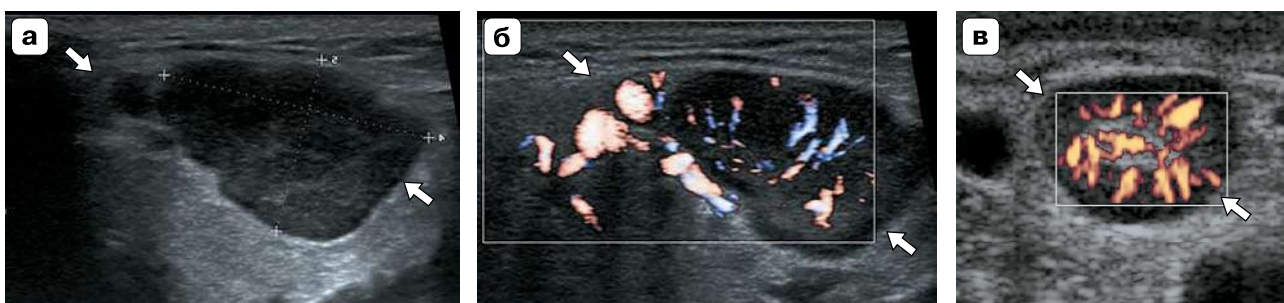


Рис. 4. Острый лимфаденит шейных ЛУ (обозначены стрелками). **а, б** – дифференцировка составных частей ЛУ не определяется. Эхогенность неравномерно понижена; **б** – ЛУ гиперваскуляризирован (режим ЦДК). Тип кровотока воротный; **в** – дифференцировка ЛУ сохранена; неравномерно утолщена кора. ЛУ гиперваскуляризирован (режим ЭДК). Тип кровотока воротный.

Fig. 4. Acute lymphadenitis of cervical LNs (indicated by arrows). **а, б** – absence of structural differentiation of LN. Inhomogeneous hypoechogenicity; **б** – increased vascularization of LN (Color Doppler). Hilar blood flow pattern; **в** – LN structural differentiation is preserved; cortex is irregularly thickened. Increased vascularization of LN (power Doppler). Hilar blood flow pattern.

- структура не изменена или изменена с **гипоэхогенными включениями**;
- васкуляризация ЛУ различная: ЛУ а-, гипо- или **гиперваскулярный**;
- тип кровотока: воротный (хилусный, хиларный).

Ожидается нормализация УЗ-картины ЛУ после прекращения отрицательного воздействия. Короткие сроки динамического наблюдения определяет клиницист. При динамическом наблюдении при нормализации УЗ-картины возможен перевод в ЛУ в уровень 1, при сохранении или отрицательной динамике – перевод в более высокие уровни.

Категория ЛУ3

Сомнительный/неопределенный характер изменений ЛУ (рис. 5–7) у пациентов с онко-анамнезом, имеющих жалобы, характерные для острого воспалительного процесса, или у пациентов без жалоб, характерных для острого воспалительного процесса

Ультразвуковые критерии 2-го уровня с учетом жалоб и анамнеза – ЛУ3.

Короткие сроки динамического наблюдения определяет клиницист. При динамическом наблюдении в случае нормализации УЗ-картины возможен перевод в ЛУ1, при сохранении или отрицательной динамике – перевод в более высокие уровни.

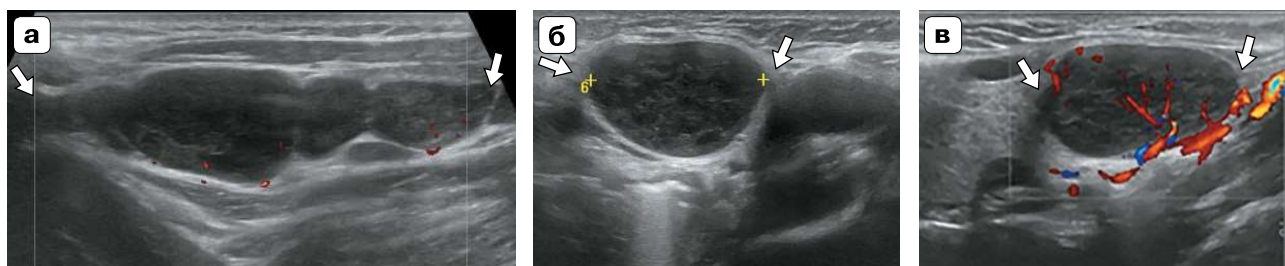


Рис. 5. Реактивные изменения в ЛН (обозначены стрелками) – гистиоцитоз. **а** – выраженное неравномерное снижение эхогенности ЛН, дифференцировка нарушена; **б** – ЛН гиповаскулярный (режим ЦДК). **в** – тип кровотока воротный (режим ЭДК).

Fig. 5. Reactive changes of LNs (indicated by arrows) – histiocytosis. **a** – inhomogeneous marked hypoechogenicity of LN, impaired differentiation; **б** – LN is hypovascular (color Doppler). Hilar blood flow pattern (power Doppler).

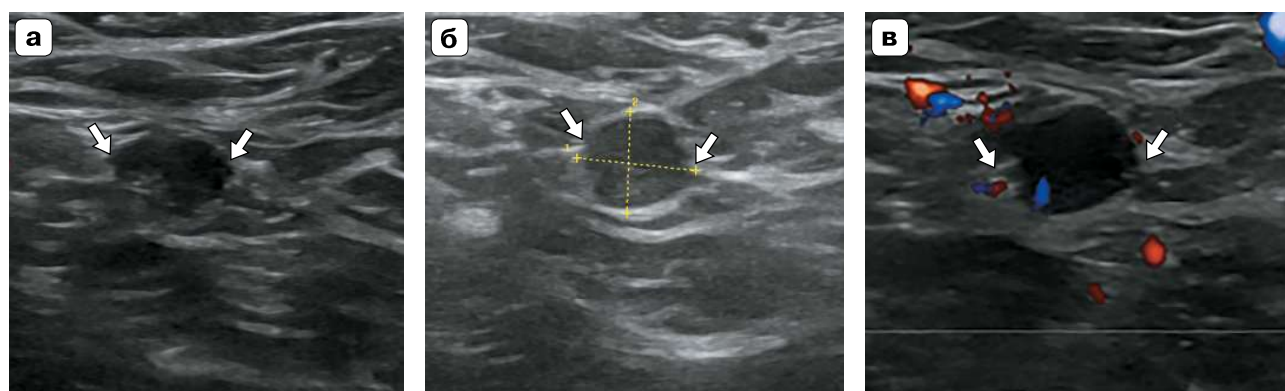


Рис. 6. Реактивные изменения в ЛН (обозначены стрелками) при болезни Кастлмана (Castleman). **а, б** – ЛН округлой формы, дифференцировка нарушена, выраженное снижение эхогенности; **в** – ЛН гиповаскулярный (режим ЦДК). Тип кровотока воротный.

Fig. 6. Reactive changes in LNs (indicated by arrows) in Castleman disease. **а, б** – round shaped LNs, impaired differentiation, marked hypoechogenicity; **в** – LN is hypovascular (color Doppler). Hilar blood flow pattern.

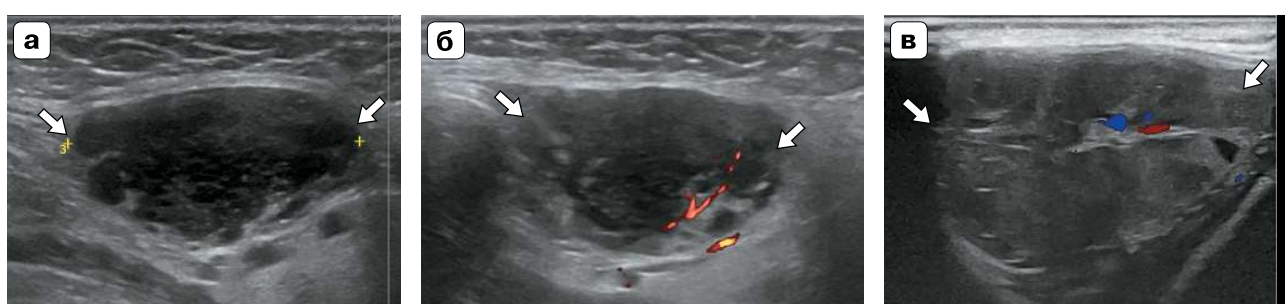


Рис. 7. Хронический лимфаденит. **а, б, в** – ЛН правильной формы. Дифференцировка составных частей ЛН плохо прослеживается. Эхогенность ЛН неравномерно снижена; **б, в** – ЛН гиповаскуляризованы с воротным типом кровотока (**б** – режим ЭДК, **в** – режим ЦДК).

Fig. 7. Chronic lymphadenitis. **а, б, в** – LNs of regular shape. Differentiation of LN structure is unclear. LN echogenicity is irregularly reduced. **б, в** – LNs are hypovascularized with hilar flow pattern (**б** – power Doppler, **в** – color Doppler).

Категория ЛУ4

Подозрительный характер изменений ЛУ (рис. 8, 9):

- количество – различное (единичные, множественные, в том числе лежащие “пакетами” без тенденции к слиянию), может быть многозональность поражения;
- размеры различные;
- форма овальная/овоидная, округлая;
- границы четкие;
- контуры (не)ровные, дольчатые;
- дифференцировка не прослеживается в В-режиме и в режиме ЦДК/ЭДК в воротах ЛУ сосу́ды не определяются;
- кора утолщена равномерно или неравномерно, неравномерно пониженной эхогенности;
- эхогенность ЛУ в целом снижена (при отсутствии дифференцировки);
- структура неоднородная, с гипоехогенными включениями, “сетчатая/ретикулярная”;

- васкуляризация различная: ЛУ а-, гипо- или гиперваскулярный;
- тип кровотока: **любой**.

Подозрение на лимфопролиферативный или метастатический характер поражения ЛУ [10, 12, 19, 33–45].

Предполагается морфологическая оценка ЛУ (вид биопсии выбирает клиницист).

Категория ЛУ5

Высокоподозрительный характер изменений ЛУ

ЛУ имеют вид метастатического поражения (рис. 10):

- количество – различное (единичные, множественные, в т.ч. спаянные в конгломераты);
- размеры различные;
- форма овальная/овоидная, округлая, **неправильная**;
- границы (не)четкие;

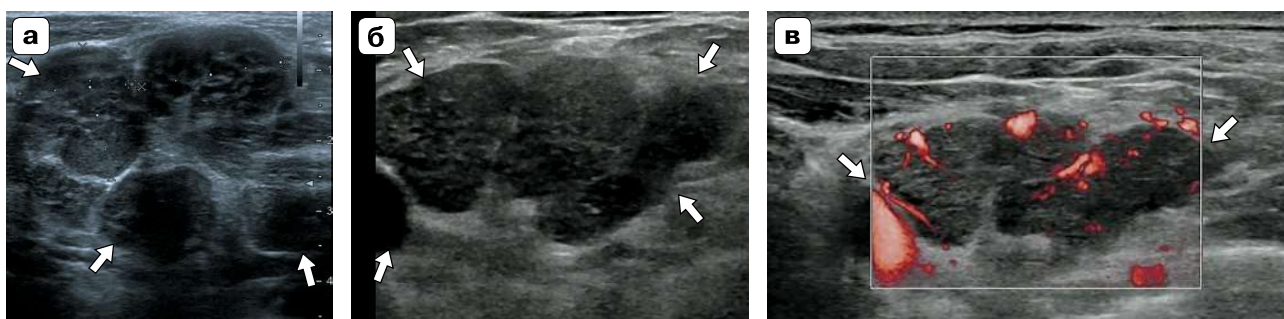


Рис. 8. Изменение ультразвуковой картины ЛУ (обозначены стрелками) при лимфопролиферативных заболеваниях: мультинодулярность поражения; ЛУ собраны в “пакеты”; форма и размеры различные, “сетчатая” структура, умеренная периферическая васкуляризация.

Fig. 8. Alterations in the US pattern of LNs (indicated by arrows) in lymphoproliferative disorders: multinodular involvement; LNs clustered into “packs”; variable shape and size, “reticular” structure, moderate peripheral vascularization.



Рис. 9. Схожая ультразвуковая картина ЛУ (обозначены стрелками) при лимфопролиферативных заболеваниях (а, б) и метастатическом поражении (в): увеличение размера по короткой оси, утолщение коры.

Fig. 9. Similar US patterns of LNs (indicated by arrows) in lymphoproliferative disorders (а, б) and metastatic involvement (в): enlargement along the short axis, cortical thickening.



Рис. 10. Метастатическое поражение ЛУ (обозначены стрелками). Во всех ЛУ отсутствует дифференцировка составных частей. **а** – неправильная форма; неровные, угловатые контуры; значительное снижение эхогенности. ЛУ аваскулярный (режим ЦДК); **б** – неправильная округлая форма, бугристые контуры, анэхогенные и точечные гиперэхогенные включения в структуре ЛУ. Эхогенность ЛУ в целом повышена; **в** – овоидная форма, повышенная эхогенность, ан- и гиперэхогенные включения в структуре ЛУ.

Fig. 10. Metastatic LNs (indicated by arrows). All LNs show loss of differentiation. **а** – irregular shape; irregular, angular margins; marked reduction in echogenicity. LN is avascular (color Doppler); **б** – irregular round shape, irregular margins, anechoic and punctate hyperechoic foci within the LN structure. Overall LN echogenicity is increased; **в** – ovoid shape, increased echogenicity, anechoic and hyperechoic foci in the LN structure.

- контуры (не)ровные, бугристые, угловатые/лучистые;
- дифференцировка составных частей ЛУ не прослеживается в В-режиме и в режиме ЦДК/ЭДК в воротах ЛУ сосуды не определяются;
- структура изменена, неоднородная с анэхогенными, гиперэхогенными включениями, кальцинатами;
- эхогенность ЛУ в целом снижена, повышена или изоэхогенна окружающим тканям (при отсутствии дифференцировки);
- структура неоднородная, с ан-, гипо-, гиперэхогенными точечными включениями, в том числе кальцинатами;
- васкуляризация различная: ЛУ а-, гипо- или гипervasкулярный;
- тип кровотока: любой.

Причина изменений ЛУ по данным УЗИ более характерна для метастатического поражения ЛУ.

Предполагается морфологическая оценка ЛУ (вид биопсии выбирает клиницист).

Категория ЛУ6

Морфологически подтвержден злокачественный характер изменений ЛУ (тактику ведения пациента определяет клиницист).

Любая УЗ-картина со стороны ЛУ (ЛУ2–5) при доказанном злокачественном характере поражения.

Динамическое наблюдение на фоне лечебных мероприятий [46, 47].

Сроки динамического наблюдения на фоне лечебных мероприятий определяет клиницист.

Изменения УЗ-картины ЛУ в ходе проводимых лечебных мероприятий могут носить как положительный, так и отрицательный характер, что необходимо зафиксировать для правильной оценки проводимой терапии [48–55]. При этом категория не меняется.

- Положительная динамика со стороны пораженных ЛУ (рис. 11):
 - отсутствие или уменьшение количества ранее визуализируемых ЛУ;
 - уменьшение размеров ЛУ;
 - изменение формы ЛУ (уменьшение размера по короткой оси);
 - изменение структуры ЛУ (повышение эхогенности, восстановление обычной структуры, появление зон некроза в виде жидкостных участков);
 - изменение структуры конгломерата ЛУ (исчезновение конгломерата или его “распад” на отдельные ЛУ);
 - уменьшение васкуляризации ЛУ.
- Отрицательная динамика со стороны пораженных ЛУ (рис. 12):
 - увеличение количества пораженных ЛУ или появление новых;
 - увеличение размеров ЛУ;
 - изменение формы (приобретают округлую/неправильную форму);
 - изменение контуров ЛУ (нечеткость, бугристость, угловатость);

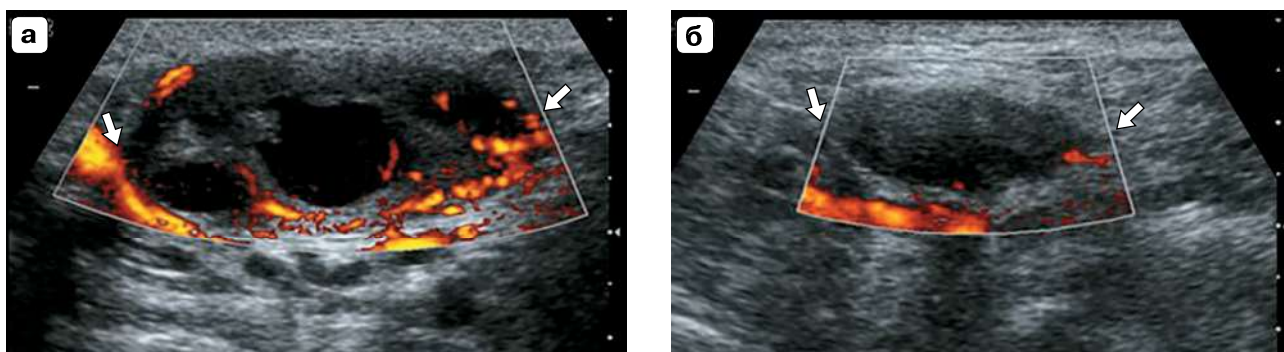


Рис. 11. Динамическое ультразвуковое наблюдение за шейным ЛУ (обозначены стрелками). **а** – метастатически измененный ЛУ после первого курса химиотерапии. Эхогенность значительно снижена, дифференцировка нарушена. Смешанный тип кровотока. В структуре ЛУ определяется жидкостное включение. ЛУ умеренно васкуляризован (режим ЭДК); **б** – после окончания лечения – положительная динамика. ЛУ уменьшился в размерах. Эхогенность стала выше. Жидкостные включения не определяются. Уменьшилась васкуляризация – единичные сосудистые локусы (режим ЭДК).

Fig. 11. Dynamic US follow up of a cervical LN (indicated by arrows). **a** – metastatic LN after the first course of chemotherapy. Echogenicity is markedly reduced, differentiation is impaired. Mixed flow pattern. A fluid inclusion is detected within the LN. The LN is moderately vascularized (power Doppler); **b** – positive dynamics after completion of treatment. The LN has decreased in size. Echogenicity has increased. No fluid inclusions are detected. Vascularization has decreased – only a few vascular loci are present (power Doppler).

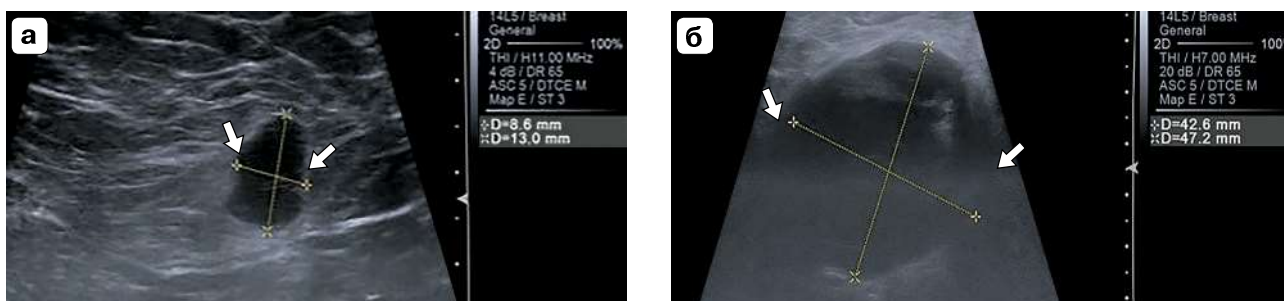


Рис. 12. Динамическое ультразвуковое наблюдение за подмышечным ЛУ (обозначены стрелками). **а** – метастаз меланомы. Размеры 8,6 × 13,0 мм. Овоидная форма, неровные контуры, значительно сниженная эхогенность, дифференцировка отсутствует; **б** – на фоне неэффективной химиотерапии отрицательная динамика со стороны ЛУ – увеличение размеров до 42,6 × 47,2 мм.

Fig. 12. Dynamic US follow up of an axillary LN (indicated by arrows). **a** – melanoma metastasis. Size: 8.6 × 13.0 mm. Ovoid shape, irregular margins, markedly reduced echogenicity, loss of differentiation; **b** – negative dynamics in the LN under ineffective chemotherapy – increase in size to 42.6 × 47.2 mm.

- изменение структуры ЛУ (снижение эхогенности, появление выраженной неоднородности);
- слияние ЛУ между собой с формированием многоузлового конгломерата;
- усиление васкуляризации;
- формирование периферического или смешанного типа кровотока.

Выполнены статистические расчеты согласованности оценок экспертов по предложенной классификации [56] при помощи критерия согласованности каппа Флейсмана с использованием он-лайн каппа-калькулятора. Доля пол-

ных совпадений оценок экспертов составила 60,19%; Free-marginal kappa = 0,50; 95% ДИ [0,41; 0,60]; Fixed-marginal kappa = 0,49; 95% ДИ [0,45; 0,52]. Результаты анализа продемонстрировали хорошую согласованность оценки экспертов.

Классификация ЛУ является динамической системой. В ходе практического применения, появления новых УЗ-методик и новых УЗ-критериев описания ЛУ возможно внесение определенных уточнений и дополнений в представленный первый вариант классификации (см. таблицу).

Таблица. Классификация лимфатических узлов (ЛУ)

Table. LN classification

ЛУ	Состояние ЛУ	Область исследования	УЗ-критерии	Действия
1	Нормальные/ неизмененные ЛУ	Независимо от локализации, состояния и анамнеза пациента, в том числе онкоанамнеза, все признаки неизмененного ЛУ	Размеры N (по областям) Форма правильная Контуры четкие, ровные Дифференцировка ЛУ сохранена Васкуляризация обычная Тип кровотока: воротный	Не наблюдать
2	Вероятно, доброкачественные изменения ЛУ Ожидается нормализация УЗ-картины ЛУ после прекращения отрицательного воздействия	У пациентов: с жалобами, характерными для острого воспалительного процесса и без онкоанамнеза	Отдельные УЗ-критерии ЛУ1 + вариант атипичной нормы Количество и размеры различные Форма может быть округлая Контуры могут быть дольчатые Дифференцировка может не определяться в В-режиме Кора может быть утолщена Структура (не) изменена Васкуляризация различная Тип кровотока воротный	Сроки наблюдения определяет лечащий врач
3	Сомнительный/ неопределенный характер изменений ЛУ	У пациентов: с онкоанамнезом, имеющих жалобы, характерные для острого воспаления; без онкоанамнеза, без жалоб, характерных для острого воспаления	УЗ-критерии ЛУ2	Короткие сроки наблюдения. Сроки наблюдения определяет лечащий врач
4	Подозрительный характер изменений ЛУ	Независимо от локализации, состояния и анамнеза пациента, в том числе онкоанамнеза	Количество различное, в том числе “пакеты” Размеры различные Форма округлая, овальная Границы четкие Дифференцировка сохранена или отсутствует Структура неоднородная, может быть сетчатая Васкуляризация и тип кровотока различные	Биопсия. Вид биопсии определяет лечащий врач
5	Высоко- подозрительный характер изменений ЛУ	Независимо от локализации, состояния и анамнеза пациента, в том числе онкоанамнеза	Количество различное, в том числе “конгломераты” Форма шаровидная, неправильная Контуры бугристые, лучистые Дифференцировка отсутствует Эхогенность различная: с включениями: ан-, гиперэхогенными, в том числе с кальцинатами Васкуляризация различная Тип кровотока периферический или смешанный, хаотичный	Биопсия. Вид биопсии определяет лечащий врач
6	Морфологически подтвержден злокачественный характер изменений ЛУ		УЗ-картина ЛУ может быть любая (ЛУ2–5)	Динамическая оценка ЛУ на фоне лечения

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представленная классификация изменений ультразвуковых признаков поверхностно расположенных лимфатических узлов позволит более качественно оценивать поверхностные лимфатические узлы в ходе выполнения УЗИ, выделяя отдельные типы изменений их ультразвуковой структуры, и проводить отбор подозрительных лимфатических узлов для выполнения биопсии.

Участие авторов

Фисенко Е.П. – написание текста, общее редактирование статьи.

Аллахвердиева Г.Ф. – подбор материала.

Буланов М.Н. – подбор материала.

Бусько Е.А. – подбор материала.

Ветшева Н.Н. – написание текста, редактирование текста статьи.

Возгомент О.В. – подбор материала.

Гажонова В.Е. – подбор материала.

Данзанова Т.Ю. – написание текста, редактирование текста статьи.

Заболотская Н.В. – подбор материала.

Катрич А.Н. – подбор материала.

Костромина Е.В. – подбор материала.

Лепэдату П.И. – подбор материала.

Надточий А.Г. – подбор материала.

Панкова Е.А. – подбор материала.

Рябиков А.Н. – подбор материала.

Сенча А.Н. – написание текста, подбор материала.

Синюкова Г.Т. – подбор материала.

Сыч Ю.П. – подбор материала.

Хамзина Ф.Т. – подбор материала.

Authors' participation

Fisenko E.P. – writing, general editing.

Allahverdieva G.F. – material selection.

Bulanov M.N. – material selection.

Busko E.A. – material selection.

Vetsheva N.N. – writing, editing.

Vozgoment O.V. – material selection.

Gagonova V.E. – material selection.

Danzanova T.Yu. – writing, editing.

Zabolotskaya N.V. – material selection.

Katrich A.N. – material selection.

Kostromina E.V. – material selection.

Lepedatu P.I. – material selection.

Nadtochiy A.G. – material selection.

Pankova E.A. – material selection.

Ryabikov A.N. – material selection.

Sencha A.N. – writing, material selection.

Sinyukova G.T. – material selection.

Sych Yu.P. – material selection.

Khamzina F.T. – selection of materials.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ [REFERENCES]

1. Клинические рекомендации. Острые лимфобластные лейкозы. Год утверждения 2025. https://cr.minzdrav.gov.ru/view-cr/496_2
Clinical guidelines. Acute lymphoblastic leukemia. Year of approval 2025. https://cr.minzdrav.gov.ru/view-cr/496_2 (In Russian)
2. Клинические рекомендации. Паратонзиллярный абсцесс. Год утверждения 2024. https://cr.minzdrav.gov.ru/view-cr/664_2
Clinical Guidelines. Peritonsillar abscess. Year of approval 2024. https://cr.minzdrav.gov.ru/view-cr/664_2 (In Russian)
3. Клинические рекомендации. Рак шейки матки. Год утверждения 2025. https://cr.minzdrav.gov.ru/view-cr/537_3
Clinical guidelines. Cervical cancer. Year of approval 2025. https://cr.minzdrav.gov.ru/view-cr/537_3 (In Russian)
4. Клинические рекомендации. Рак ротоглотки. Год утверждения 2024. https://cr.minzdrav.gov.ru/view-cr/4_2
Clinical guidelines. Oropharyngeal cancer. Year of approval 2024. https://cr.minzdrav.gov.ru/view-cr/4_2 (In Russian)
5. Клинические рекомендации. Меланома кожи и слизистых оболочек. Год утверждения 2023. https://cr.minzdrav.gov.ru/view-cr/546_3
Clinical guidelines. Melanoma of the skin and mucous membranes. Year of approval 2023. https://cr.minzdrav.gov.ru/view-cr/546_3 (In Russian)
6. Фисенко Е.П., Аллахвердиева Г.Ф., Буланов М.Н., Бусько Е.А., Ветшева Н.Н., Возгомент О.В., Гажонова 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>
Fisenko E.P., Allahverdieva G.F., Bulanov M.N. et al. Standardization of the protocol of superficial lymph node ultrasound. Consensus of experts of the Russian association of specialists of ultrasound in medicine (RASUDM). *Ultrasound & Functional Diagnostics*. 2024; 4: 115–131. (In Russ.) <https://doi.org/10.24835/1607-0771-294> (In Russian)
7. Давыдова Л.А., Чайка Л.Д. Анатомия лимфатической системы. Учебно-методическое пособие. Минск: БГМУ, 2013. 48 с.
Davydova L.A., Chaika L.D. Anatomy of the lymphatic system. Study guide. Minsk: Belorussian State Medical University, 2013. 48 p. (In Russian)

8. Фисенко Е.П., Постнова Н.А. Ветшева Н.Н., Батухтина Е.В. Применение классификации BI-RADS при ультразвуковой мультипараметрической оценке образований молочной железы. М., 2023, Фирма СТРОМ, 125 с.
Fisenko E.P., Postnova N.A. Vetsheva N.N., Batukhtina E.V. Application of the BI-RADS classification in ultrasound multiparametric assessment of breast formations. Moscow: STROM, 2023. 125 p. (In Russian)
9. Катрич А.Н., Фисенко Е.П., Ветшева Н.Н. Применение классификации TI-RADS при ультразвуковой мультипараметрической оценке узлов щитовидной железы. М.: СТРОМ, 2023. 86 с.
Katrish A. N., Fisenko E. P., Vetsheva N. N. Application of the TI-RADS classification in ultrasound multiparametric assessment of thyroid nodules. M.: STROM, 2023. 86 p. (In Russian)
10. Гажонова В.Е. Новая система стандарта ультразвуковых исследований яичниковых образований для прогнозирования риска злокачественности опухоли. *Акушерство и гинекология*. 2020; 10: 28–40. <https://dx.doi.org/10.18565/aig.2020.10.28-40>
Gazhonova V.E. A new standard system for ultrasound examination of ovarian formations to predict the risk of tumor malignancy. *Obstetrics and Gynecology*. 2020; 10: 28–40. <https://dx.doi.org/10.18565/aig.2020.10.28-40> (In Russian)
11. Elsholtz F.H.J., Asbach P., Haas M. et al. Introducing the Node Reporting and Data System 1.0 (Node-RADS): a concept for standardized assessment of lymph nodes in cancer. *Eur. Radiol.* 2021; 31 (8): 6116–6124. <https://doi.org/10.1007/s00330-020-07572-4>
12. Bedi D.G., Krishnamurthy R., Krishnamurthy S. et al. Cortical morphologic features of axillary lymph nodes as a predictor of metastasis in breast cancer: in vitro sonographic study. *Am. J. Roentgenol.* 2008; 191 (3): 646–652. <https://doi.org/10.2214/AJR.07.2460>
13. Ryu K.H., Lee K.H., Ryu J. et al. Cervical Lymph Node Imaging Reporting and Data System for Ultrasound of Cervical Lymphadenopathy: A Pilot Study. *Am. J. Roentgenol.* 2016; 206 (6): 1286–1291. <https://doi.org/10.2214/AJR.15.15381>
14. Zhang M., Ahn R.W., Hayes J.C. et al. Axillary Lymphadenopathy in the COVID-19 Era: What the Radiologist Needs to Know. *Radiographics*. 2022; 42 (7): 1897–1911. <https://doi.org/10.1148/rg.220045>
15. Alamdaran S.A., Randian A., Rasoulia B. et al. Correlation of Sonographic Classification of Neck Adenopathy (A-RADS) and Malignancy. *Iran J. Otorhinolaryngol.* 2023; 35 (126): 39–47. <https://doi.org/10.22038/IJORL.2022.67255.3299>
16. Аллаhverдиева Г.Ф., Данзанова Т.Ю., Мудунов А.М., Буланов М.Н., Шолохов В.Н., Синюкова Г.Т., Гажонова В.Е., Зубарева Е.А., Бердников С.Н., Лепэдату П.И., Гудилина Е.А., Дронова Е.Л., Бацев А.Ф. Ультразвуковая оценка состояния периферических лимфатических узлов (обзор литературы). Ультразвуковая классификация NODE-RADS (US). *Онкологический журнал: лучевая диагностика, лучевая терапия*. 2023; 6 (4): 42–52. <https://doi.org/10.37174/2587-7593-2023-6-4-42-52>
Allahverdieva G.F., Danzanova T.Yu., Mudunov A.M. et al. Ultrasound Assessment of the Condition of Peripheral Lymph Nodes (Literature Review). Ultrasound Classification Node-RADS (US). *Journal of Oncology: Diagnostic Radiology and Radiotherapy*. 2023; 6 (4): 42–52. <https://doi.org/10.37174/2587-7593-2023-6-4-42-52> (In Russian)
17. Fischerova D., Garganese G., Reina H. et al. Terms, definitions and measurements to describe sonographic features of lymph nodes: consensus opinion from the Vulvar International Tumor Analysis (VITA) group. *Ultrasound Obstet. Gynecol.* 2021; 57 (6): 861–879. <https://doi.org/10.1002/uog.23617>
18. Заболотская Н.В. Ультразвуковая диагностика заболеваний лимфатической системы. В кн.: Практическое руководство по ультразвуковой диагностике. Общая ультразвуковая диагностика. Изд. 3-е / Под ред. В.В. Митькова. М.: ВИДАР-М, 2019: 557–590.
Zabolotskaya N.V. Ultrasound diagnostics of diseases of the lymphatic system. In: Practical guide to ultrasound diagnostics. General ultrasound diagnostics. 3rd ed / Ed. V.V. Mitkov. Moscow: VIDAR-M, 2019: 557–590. (In Russian)
19. Сенча А.Н. Лимфатические узлы. Ультразвуковое исследование. NODE-RADS. В кн.: Ультразвуковое исследование поверхностно-расположенных органов. Атлас / Под общей ред. А.Н. Сенча. М.: МЕДпресс-информ, 2026: 257–298.
Sencha A.N. Lymph nodes. Ultrasound examination. NODE-RADS. In: Ultrasound examination of superficially located organs. Atlas. Under the general editorship of A.N., Sencha. Moscow: MEDpress-inform, 2026: 257–298 (In Russian)
20. Клинические рекомендации. Дифференцированный рак щитовидной железы. Год утверждения 2024. https://cr.minzdrav.gov.ru/view-cr/329_2
Clinical Guidelines. Differentiated thyroid cancer. Year of approval 2024. https://cr.minzdrav.gov.ru/view-cr/329_2 (In Russian)
21. Бэскин Г.Д. ст., Дюик Д.С., Левин Р.Э. Ультразвуковое исследование и картирование лимфатических узлов шеи. В кн.: Ультразвуковое исследование щитовидной железы. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2018: 181–213.
Baskin G.D.-sr., Dwik D.S., Levin R.E. Ultrasound examination and mapping of the lymph nodes of the neck. In: Ultrasound examination of the thyroid gland. Moscow: GEOTAR-Media, 2018: 181–213. (In Russian)
22. Ahuja A.T., Ying M. Sonographic evaluation of cervical lymph nodes. *Am. J. Roentgenol.* 2005; 184 (5): 1691–1699. <https://doi.org/10.2214/ajr.184.5.01841691>
23. Vassallo P., Wernecke K., Roos N., Peters P.E. Differentiation of benign from malignant superfi-

- cial lymphadenopathy: the role of high-resolution US. *Radiology*. 1992; 183 (1): 215–220. <https://doi.org/10.1148/radiology.183.1.1549675>
24. Нормальная ультразвуковая анатомия внутренних органов и поверхностно расположенных структур: Практическое руководство / Под ред. В.А. Сандрикова, Е.П. Фисенко. М.: СТРОМ, 2012. 192 с.
Normal ultrasound anatomy of internal organs and superficial structures: Practical guide. Eds by V.A. Sandrikov, E.P. Fisenko. Moscow: STROM, 2012. 192 p. (In Russian)
25. Robbins K.T., Shaha A.R., Medina J.E. et al.; Committee for Neck Dissection Classification, American Head and Neck Society. Consensus statement on the classification and terminology of neck dissection. *Arch. Otolaryngol. Head Neck Surg*. 2008; 134 (5): 536–538. <https://doi.org/10.1001/archotol.134.5.536>
26. Durante C., Hegedüs L., Czarniecka A. et al. 2023 European Thyroid Association Clinical Practice Guidelines for thyroid nodule management. *Eur. Thyroid J*. 2023; 12 (5): e230067. <https://doi.org/10.1530/ETJ-23-0067>
27. Mainiero M.B., Cinelli C.M., Koelliker S.L. et al. Axillary ultrasound and fine-needle aspiration in the preoperative evaluation of the breast cancer patient: an algorithm based on tumor size and lymph node appearance. *Am. J. Roentgenol*. 2010; 195 (5): 1261–1267. <https://doi.org/10.2214/AJR.10.44>
28. Гажонова В.Е. Ультразвуковая диагностика и мультимодальный подход в маммологии. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2025. 400 с.
Gazhonova V.E. Ultrasound diagnostics and multimodal approach in mammology. Moscow: GEOTAR-Media, 2025. 400 p. (In Russian)
29. Tsunodo-Shimizu H., Saida Y. Ultrasonographic visibility of supraclavicular lymph nodes in normal subjects. *J. Ultrasound Med*. 1997; 16 (7): 481–483. <https://doi.org/10.7863/jum.1997.16.7.481>
30. Fultz P.J., Harrow A.R., Elvey S.P. et al. Sonographically guided biopsy of supraclavicular lymph nodes: a simple alternative to lung biopsy and other more invasive procedures. *Am. J. Roentgenol*. 2003; 180 (5): 1403–1409. <https://doi.org/10.2214/ajr.180.5.1801403>
31. Фисенко Е.П., Панкова Е.А., Шинакова К.А., Сокольская А.А., Ветшева Е.Ф. Особенности ультразвуковой картины неизмененных паховых лимфатических узлов. *REJR*. 2025; 15 (1): 167–176. <https://doi.org/10.21569/2222-7415-2025-15-1-167-176>
Fisenko E.P., Pankova E.A., Shinakova K.A. et al. Features of ultrasonic picture of unchanged inguinal lymph nodes. *REJR*. 2025; 15 (1): 167–176. <https://doi.org/10.21569/2222-7415-2025-15-1-167-176> (In Russian)
32. Mäkelä P.J., Leminen A., Kääriäinen M., Lehtovirta P. Pretreatment sonographic evaluation of inguinal lymph nodes in patients with vulvar malignancy. *J. Ultrasound Med*. 1993; 12 (5): 255–258. <https://doi.org/10.7863/jum.1993.12.5.255>
33. Krishna R.P., Sistla S., Smile R., Krishnan R. Sonography: An Underutilized Diagnostic Tool in the Assessment of Metastatic Groin Nodes. *Clin. Ultrasound*. 2008; 36: 212–217. <https://doi.org/10.1002/jcu.20420>
34. Ahuja A.T., Ying M., Ho S.Y. et al. Ultrasound of malignant cervical lymph nodes. *Cancer Imaging*. 2008; 8 (1): 48–56. <https://doi.org/10.1102/1470-7330.2008.0006>
35. Esen G. Ultrasound of superficial lymph nodes. *Eur. J. Radiol*. 2006; 58 (3): 345–359. <https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2005.12.039>
36. Аллахвердян Г.С., Чекалова М.А. Возможности ультразвукового исследования в диагностике патологии поверхностных лимфатических узлов. *Ультразвуковая и функциональная диагностика*. 2011 (1): 77–84.
Allahverdyan G.S., Chekalova M.A. Ultrasound Diagnostics in Superficial Lymph Nodes Pathology. *Ultrasound & Functional Diagnostics*. 2011 (1): 77–84. (In Russian)
37. Gupta A., Rahman K., Shahid M. et al. Sonographic assessment of cervical lymphadenopathy: role of high-resolution and color Doppler imaging. *Head Neck*. 2011; 33 (3): 297–302. <https://doi.org/10.1002/hed.21448>
38. Xing Z., Qiu Y., Yang Q. et al. Thyroid cancer neck lymph nodes metastasis: Meta-analysis of US and CT diagnosis. *Eur. J. Radiol*. 2020; 129: 109103. <https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2020.109103>
39. Савельева Н.А. Ультразвуковая диагностика злокачественного поражения периферических лимфатических узлов. *Практическая медицина*. 2014; 3: 135–138.
Savelyeva N.A. Ultrasound diagnostics of malignant lesions of peripheral lymph nodes. *Practical Medicine*. 2014; 3: 135–138. (In Russian)
40. Заболотская Н.В. Ультразвуковое исследование в маммологии. М.: Стром, 2019. 208 с.
Zabolotskaya N.V. Ultrasound examination in mammology. Moscow: Strom, 2019. 208 p. (In Russian)
41. Chung H.L., Le-Petross H.T., Leung J.W.T. Imaging Updates to Breast Cancer Lymph Node Management. *Radiographics*. 2021; 41 (5): 1283–1299. <https://doi.org/10.1148/rg.2021210053>
42. Bialek E.J., Jakubowski W., Szczepanik A.B. et al. Superficial lymph nodes involved by lymphoma in modern gray-scale ultrasound imaging. *Pol. J. Radiol*. 2007; 72 (4): 30–34. <https://inis.iaea.org/records/et6z7-bnv74>
43. Ковалева Е.В., Данзанова Т.Ю., Синюкова Г.Т., Лепэдату П.И., Гудилина Е.А., Колядина И.В., Зейналова П.А., Семенова А.А. Мультипараметрическая ультразвуковая диагностика измененных лимфатических узлов при первично-множественных злокачественных опухолях, включающих рак молочной железы и лимфому. *Злокачественные опухоли*. 2018; 8 (4): 37–44. <https://doi.org/10.18027/2224-5057-2018-8-4-37-44>
Kovaleva E.V., Danzanova T.Yu., Sinyukova G.T. et al. Multiparametric ultrasound diagnostics of

- altered lymph nodes in primary multiple malignant tumors, including breast cancer and lymphoma. *Malignant Tumors*. 2018; 8 (4): 37–44. <https://doi.org/10.18027/2224-5057-2018-8-4-37-44> (In Russian)
44. Капустин В.В., Кабин, Ю.В. Косташ О.В. Ультразвуковая визуализация поверхностно расположенных лимфатических узлов. Дифференциальная диагностика в онкологической практике: Руководство для врачей. М.: ООО “Фирма СТРОМ”, 2024. 180 с.
Kapustin V.V., Kabin, Yu.V., Kostash O.V. Ultrasound visualization of superficial lymph nodes. Differential diagnostics in oncological practice: Guide for doctors. Moscow: ООО Firma STROM, 2024. 180 p. (In Russian)
45. Колядина И.В., Данзанова Т.Ю., Хохлова С.В. Трофимова О.П., Ковалева Е.В., Родионов В.В., Поддубная И.В. Современный взгляд на вопросы диагностики и верификации поражения аксиллярных лимфатических узлов при раннем раке молочной железы. *Современная онкология*. 2020; 22 (1): 46–52. <https://doi.org/10.26442/18151434.2020.1.200018>
Kolyadina IV, Danzanova TY, Khokhlova SV, Trofimova OP, Kovaleva EV, Rodionov VV, Poddubnaya IV. Modern view on the issues of diagnosis and verification of axillary lymph nodes involvement in early breast cancer. *Journal of Modern Oncology*. 2020; 22 (1): 46–52. (In Russian)
46. Клинические рекомендации. Рак молочной железы. 2023. https://cr.minzdrav.gov.ru/view-cr/379_4
Guidelines. Breast cancer. 2023. https://cr.minzdrav.gov.ru/view-cr/379_4 (In Russian)
47. Клинические рекомендации. Лимфома Ходжкина. 2024. https://cr.minzdrav.gov.ru/view-cr/139_2
Clinical Guidelines. Hodgkin's lymphoma. 2024. https://cr.minzdrav.gov.ru/view-cr/139_2 (In Russian)
48. Стандарты УЗИ, РКТ, МРТ, ОФЭКТ, ПЭТ/КТ и АГ исследований в онкологии / Под ред. Б.И. Долгушина и И.Е. Тюрина. М.: 2024, 9-е доп. изд. 304 с. ISBN 978-5-4253-0770-5
Standards of ultrasound, CT, MRI, SPECT, PET/CT and AG studies in oncology / Eds by B.I. Dolgushin and I.E. Tyurin. Moscow: 2024, 9th Suppl. ed. 304 p. ISBN 978-5-4253-0770-5 (In Russian)
49. Ковалева Е.В., Данзанова Т.Ю., Синюкова Г.Т., Лепэдату П.И., Гудилина Е.А. Современное состояние диагностики и оценки эффективности лечения лимфом с поражением периферических лимфатических узлов. *Ультразвуковая и функциональная диагностика*. 2019; 4: 70–90. <https://doi.org/10.24835/1607-0771-2019-4-70-90>
Kovaleva E.V., Danzanova T.Yu., Sinyukova G.T., Lepedatu P.I., Gudilina E.A. Current state of diagnostics and evaluation of the effectiveness of treatment of lymphomas with damage to peripheral lymph nodes. *Ultrasound and Functional Diagnostics*. 2019; 4: 70–90. <https://doi.org/10.24835/1607-0771-2019-4-70-90> (In Russian)
50. You S., Kang D.K., Jung Y.S. et al. Evaluation of lymph node status after neoadjuvant chemotherapy in breast cancer patients: comparison of diagnostic performance of ultrasound, MRI and 18F-FDG PET/CT. *Br. J. Radiol*. 2015; 88 (1052): 20150143. <https://doi.org/10.1259/bjr.20150143>
51. Ha S.M., Cha J.H., Kim H.H. et al. Diagnostic performance of breast ultrasonography and MRI in the prediction of lymph node status after neoadjuvant chemotherapy for breast cancer. *Acta Radiol*. 2017; 58 (10): 1198–1205. <https://doi.org/10.1177/0284185117690421>
52. Ковалева Е.В., Гудилина Е.А., Данзанова Т.Ю., Синюкова Г.Т., Аллахвердиева Г.Ф., Лепэдату П.И. Оценка эффективности лечения лимфомы с поражением периферических лимфатических узлов с использованием ультразвукового исследования с контрастным усилением. *Онкологический журнал: лучевая диагностика, лучевая терапия*. 2020; 3 (3): 35–43. <https://doi.org/10.37174/2587-7593-2020-3-3-35-43>
Kovaleva E.V., Gudilina E.A., Danzanova T.Yu. et al. Evaluation of the effectiveness of treatment of lymphoma with damage to peripheral lymph nodes using ultrasound with contrast enhancement. *Journal of Oncology: Diagnostic Radiology and Radiotherapy*. 2020; 3 (3): 35–43. <https://doi.org/10.37174/2587-7593-2020-3-3-35-43> (In Russian)
53. Dialani V., Dogan B., Dodelzon K. et al. Axillary Imaging Following a New Invasive Breast Cancer Diagnosis-A Radiologist's Dilemma. *J. Breast Imaging*. 2021; 3 (6): 645–658. <https://doi.org/10.1093/jbi/wbab082>
54. Li Z., Tong Y., Chen X., Shen K. Accuracy of ultrasonographic changes during neoadjuvant chemotherapy to predict axillary lymph node response in clinical node-positive breast cancer patients. *Front. Oncol*. 2022; 12: 845823. <https://doi.org/10.3389/fonc.2022.845823>
55. Zhou T., Yang M., Wang M. et al. Prediction of axillary lymph node pathological complete response to neoadjuvant therapy using nomogram and machine learning methods. *Front. Oncol*. 2022; 12: 1046039. <https://doi.org/10.3389/fonc.2022.1046039>
56. Сыч Ю.П., Фисенко Е.П., Катрич А.Н., Буланов М.Н. Оценка межэкспертной согласованности мнений врачей ультразвуковой диагностики при использовании Российской классификации ультразвуковых характеристик лимфатических узлов LN-RADS. *Медицинская визуализация*. 2026; 30 (1): 61–67. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-1569>
Sychev Yu.P., Fisenko E.P., Katrich A.N., Bulanov M.N. Assessment of inter-expert agreement among ultrasound diagnostic physicians using the Russian classification of lymphatic nodules ultrasound characteristics LN-RADS. *Medical Visualization*. 2026; 30 (1): 61–67. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-1569> (In Russian)

Classification of ultrasound features of superficially located lymph nodes

E.P. Fisenko^{1*}, G.F. Allahverdieva², M.N. Bulanov^{3, 4}, E.A. Busko^{5, 6}, N.N. Vetsheva⁷, O.V. Vozgoment^{7, 8}, V.E. Gagonova^{9, 10}, T.Yu. Danzanova^{11, 12}, N.V. Zabolotskaya⁷, A.N. Katrich^{13, 14}, E.V. Kostromina^{5, 15, 16}, P.I. Lepedatu¹¹, A.G. Nadtochiy⁸, E.A. Pankova¹⁷, A.N. Ryabikov^{18, 19}, A.N. Sencha^{20, 12}, G.T. Sinyukova¹¹, Y.P. Sych²¹, F.T. Khamzina^{22, 23, 24}

- ¹ Petrovsky Russian Research Center of Surgery; 2, Abrikosovsky lane, Moscow 119991, Russian Federation
- ² Clinical Oncology Hospital "Lapino-2" of the Mother and Child Group of Companies; 111 1st Uspenskoe shosse, Lapino Village, Odintsovo Dst., Moscow Region, Russian Federation
- ³ Regional Clinical Hospital; 21, Sudogodskoye shosse, Vladimir 600023, Russian Federation
- ⁴ Yaroslav-the-Wise Novgorod State University; 41, Bolshaya St.-Petersburgskaya str., Veliky Novgorod 173003, Russian Federation
- ⁵ N.N. Petrov National Medical Research Center of Oncology; 68, Leningradskaya str., Pesochny, Saint-Petersburg 197758, Russian Federation
- ⁶ Saint-Petersburg University; 7/9, University quay, Saint-Petersburg 199034, Russian Federation
- ⁷ 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
- ⁸ Central Research Institute of Dentistry and Maxillofacial Surgery of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation; 16, Timur Frunze str., Moscow 119021, Russian Federation
- ⁹ Central State Medical Academy of the Presidential Administration of the Russian Federation; 19-1A, Marshal Timoshenko str., Moscow 121359, Russian Federation
- ¹⁰ United Clinical Hospital of the Presidential Administration of the Russian Federation; 15, Marshal Timoshenko str., Moscow 121359, Russian Federation
- ¹¹ 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
- ¹² Pirogov Russian National Research Medical University (Pirogov University); 1, Ostrivtynanova str., Moscow 117997, Russian Federation
- ¹³ Scientific Research Institute – Ochapovsky Regional Clinical Hospital No. 1; 167, 1 Maya str., Krasnodar 350086, Russian Federation
- ¹⁴ Kuban State Medical University of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation; 4, M. Sedina str., Krasnodar 350063, Russian Federation
- ¹⁵ St. Petersburg State Pediatric Medical University of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation; 197022, Saint-Petersburg, Litovskaya str., 2E, Russian Federation
- ¹⁶ A.M. Granov Russian Scientific Center of Radiology and Surgical Technologies of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation; 70, Leningradskaya str., Pesochny, Saint-Petersburg 197758, Russian Federation
- ¹⁷ Voronezh Regional Scientific and Clinical Oncology Center; 4, Vaitsehovskiy str., Voronezh 394036, Russian Federation
- ¹⁸ Institute of Cytology and Genetics, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences; 10, Academician Lavrentiev Avenue, Novosibirsk 630090, Russian Federation
- ¹⁹ Novosibirsk State Medical University of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation; 52, Krasny prospekt, Novosibirsk 630091, Russian Federation
- ²⁰ 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, Akademika Oparina str., Moscow 117997, Russian Federation
- ²¹ I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University); 8, bld. 2, Trubetskaya str., Moscow 119991, Russian Federation
- ²² Kazan State Medical Academy – Branch of Russian Medical Academy of Continuous Professional Education of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation; 36, Butlerov str., Kazan 420012, Russian Federation
- ²³ Medical and Sanitary Unit of Kazan Federal University; 2, Nikolay Yershov str., Kazan 420061, Russian Federation
- ²⁴ Institute of Fundamental Medicine and Biology, Kazan (Volga Region) Federal University; 18, Kremlevskaya str., Kazan 420008, 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>. Scopus Author ID 6507536162

Goncha F. Allahverdieva – M.D., Doct. of Sci. (Med.), Clinical Oncology Hospital “Lapino-2” of the Mother and Child Group of Companies, Lapino, Moscow Region. <https://orcid.org/0000-0001-5910-5892>

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 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>

Olga V. Vozgoment – M.D., Doct. of Sci. (Med.), Professor of Russian Medical Academy of Continuous Professional Education of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation; Leading Researcher, Department of Radiation Diagnostics Central Research Institute of Dentistry and Maxillofacial Surgery of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Moscow. <https://orcid.org/0000-0002-2421-9918>

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 (Pirogov 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>

Aleksey N. Katrich – MD, Doct. of Sci. (Med.), Head of the Ultrasound Diagnostics Department, The First Regional Clinical Hospital named after S.V. Ochapovsky; Associate Professor, Surgery Department, Kuban State Medical University, Krasnodar. <https://orcid.org/0000-0003-1508-203X>

Ekaterina V. Kostromina – M.D., Cand. of Sci. (Med.), Senior Researcher at the scientific department of diagnostic and interventional radiology, ultrasound diagnostician, radiologist at the radiation diagnostics department of the N.N. Petrov National Medical Research Center of Oncology of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation; Associate Professor, Department of Radiation Diagnostics and Biomedical Imaging, St. Petersburg State Pediatric Medical University of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation; Associate Professor of the Department of Radiology, Surgery, Oncology of the A.M. Granov Russian Scientific Center of Radiology and Surgical Technologies of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, St-Petersburg. <https://orcid.org/0000-0002-4245-687X>

Pavel I. Lepedatu – MD, PhD (Med.), Doctor of the ultrasound diagnostics department, associate professor of the department of postgraduate education of doctors of the Department of professional education, N.N. Blokhin National Medical Research Center of Oncology of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Moscow. <https://orcid.org/0000-0001-7846-1788>. Scopus Author ID P6507607271

Andrey G. Nadtochiy – MD, Doct. of Sci. (Med.), Professor, Central Research Institute of Dentistry and Maxillofacial Surgery of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Moscow. <https://orcid.org/0000-0002-3268-0982>

Ekaterina A. Pankova – MD, Doctor of the Department of Ultrasound Diagnostics, Voronezh Regional Scientific and Clinical Oncology Center, Voronezh. <https://orcid.org/0009-0008-2552-7593>

Andrei N. Ryabikov – MD, Doct. of Sci. (Med.), Professor, Chief Researcher, Federal Research Center “Institute of Cytology and Genetics of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences”; Professor of Novosibirsk State Medical University of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Novosibirsk. <https://orcid.org/0000-0001-9868-855X>

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 (Pirogov University), Moscow. <https://orcid.org/0000-0002-1188-8872>

Galina T. Sinyukova – MD, Doct. of Sci. (Med.), Professor, Chief Scientific Consultant of the Ultrasound Diagnostics Department, Professor of the Department of Postgraduate Education of Physicians of the Department of Professional Education, N.N. Blokhin National Medical Research Center of Oncology of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Moscow. <https://orcid.org/0000-0002-5697-9268>. Scopus Author ID P57189470240

Yulia P. Sych – MD, PhD (Med.), Associated Professor, Department of Endocrinology 1, Institute of Clinical Medicine, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow. <http://orcid.org/0000-0002-7000-0095>

Farida T. Khamzina – MD, PhD (Med.), Associate Professor of the Department of Ultrasound Diagnostics, Kazan State Medical Academy – Branch of Russian Medical Academy of Continuous Professional Education of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation; Doctor of ultrasound Diagnostics, Department of Ultrasound Diagnostics, Medical and Sanitary Unit of Kazan Federal University; Associate Professor, Department of Preventive Medicine, Institute of Fundamental Medicine and Biology, Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan. <https://orcid.org/0000-0002-6053-1466>

Correspondence* to Dr Elena P. Fisenko – e-mail: e.fissenko@mail.ru

Assessment of lymphatic drainage areas is a critical task in ultrasound (US) examination of organs and tissues involved in various pathological processes. Superficially located lymph nodes (LNs) are more accessible for US evaluation. The numerous LN changes identified in ultrasound often are challenging for interpretation. The proposed classification provides grading of the detected ultrasound features in superficial LNs into groups, facilitating a risk stratification system for LN malignancy.

Objective. To stratify LN ultrasound features according to the degree of deviation from the normal pattern – from loss of benign features to appearance of signs of malignancy – and to establish a classification of changes in superficially located LN based on US findings.

Results. The classification comprises six levels: normal/unchanged LNs; probably benign LN changes; indeterminate/uncertain LN changes; suspicious LN changes; highly suspicious LN changes; morphologically confirmed malignant LN.

Conclusion. The presented Russian classification for risk stratification of malignancy in superficial LNs will enable a more accurate US assessment of superficial lymph nodes, allowing identification of distinct types of ultrasound structure and selection of suspicious lymph nodes for biopsy.

Keywords: ultrasound; lymph nodes; Node RADS

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

Financing. This study had no sponsorship.

Citation: Fisenko E.P., Allahverdieva G.F., Bulanov M.N., Busko E.A., Vetsheva N.N., Vozgoment O.V., Gagonova V.E., Danzanova T.Yu., Zabolotskaya N.V., Katrich A.N., Kostromina E.V., Lepedatu P.I., Nadtochiy A.G., Pankova E.A., Ryabikov A.N., Sencha A.N., Sinyukova G.T., Sych Y.P., Khamzina F.T. Classification of ultrasound features of superficially located lymph nodes. *Ultrasound and Functional Diagnostics*. 2026; 32 (3): 102–120. <https://doi.org/10.24835/1607-0771-455> (In Russian)

Received: 25.07.2026.

Accepted for publication: 06.08.2026.

Published online: 16.09.2026.