

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

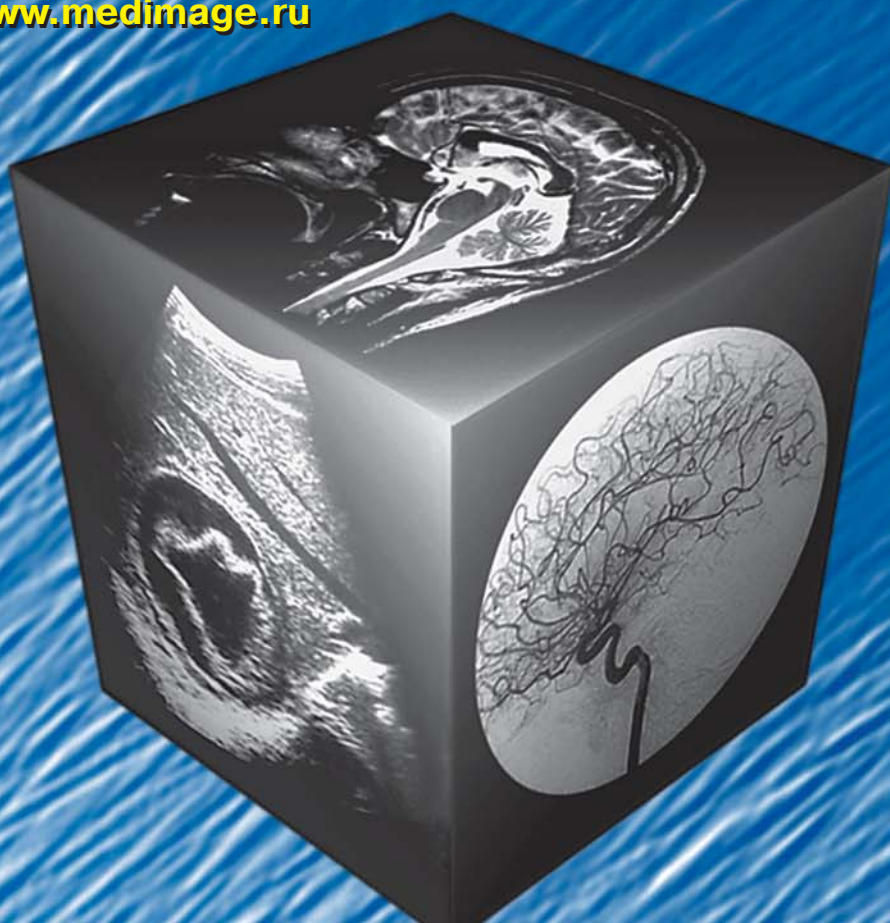
МЕДИЦИНСКАЯ ВИЗУАЛИЗАЦИЯ

Medical Visualization

Том 29 №3
Vol 29 N3

2025

www.vidar.ru
www.medvis.vidar.ru
www.medimage.ru



- Speckle-tracking-эхокардиография в оценке разных процедур абляции при деформации левого предсердия
- Почему не существует стандартного протокола КТ-исследования желудка?
- КТ-перфузия в оценке эмболизации ангиолипом почек
- Мнение экспертов по терминологии, используемой в лучевой диагностике при раке предстательной железы
- Искусственный интеллект в оценке сердца плода
- Радиомика в диагностике рака шейки матки

ВИДАР-М

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

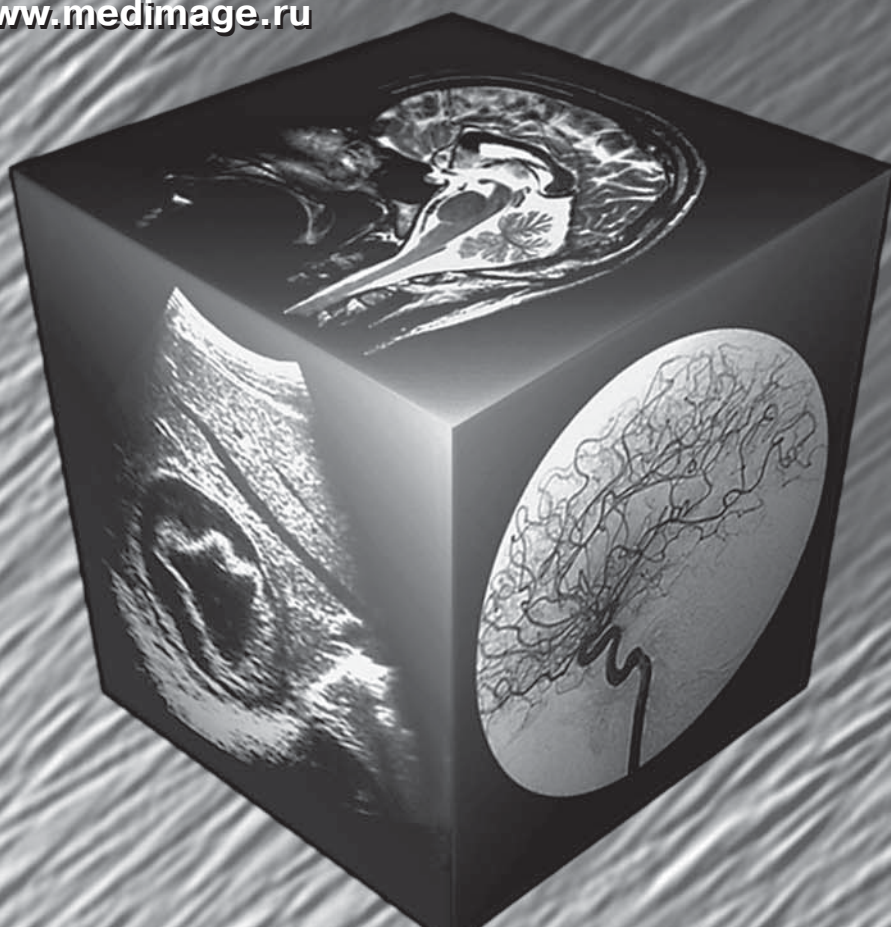
МЕДИЦИНСКАЯ ВИЗУАЛИЗАЦИЯ

Medical Visualization

Том 29 №3
Vol 29 N3

2025

www.vidar.ru
www.medvis.vidar.ru
www.medimage.ru



- Speckle-tracking-эхокардиография в оценке разных процедур абляции при деформации левого предсердия
- Почему не существует стандартного протокола КТ-исследования желудка?
- КТ-перфузия в оценке эмболизации ангиолипом почек
- Мнение экспертов по терминологии, используемой в лучевой диагностике при раке предстательной железы
- Искусственный интеллект в оценке сердца плода
- Радиомика в диагностике рака шейки матки

ВИДАР-М

МЕДИЦИНСКАЯ ВИЗУАЛИЗАЦИЯ



Medical Visualization
Meditinskaya vizualizatsiya

2025 Том 29 №3

Научно-практический журнал. Основан в 1997 г.
Выходит 4 раза в год

Официальный
печатный орган

Российского общества рентгенологов и радиологов (129344, Москва, ул. Верхоянская, д. 18, корп. 2)
Общества специалистов по лучевой диагностике (119435, Москва, ул. Большая Пироговская, д. 6)
Московского регионального отделения Российского общества рентгенологов
и радиологов (125040, Москва, ул. Расковой, д. 16/26, стр. 1)

Издатель

ООО "Видар-М" (109028, Москва, а/я 16)

Главные редакторы

Ревишвили Амиран Шотаевич – академик РАН, доктор мед. наук, профессор, директор ФГБУ "Национальный медицинский исследовательский центр хирургии им. А.В. Вишневского" Минздрава России, Москва, Российская Федерация. <https://orcid.org/0000-0003-1791-9163>. Scopus Author ID: 7003940753

Нуднов Николай Васильевич – доктор мед. наук, профессор, заслуженный врач Российской Федерации, заместитель директора по научной работе ФГБУ "Российский научный центр рентгенодиагностики" Минздрава России, Москва, Российская Федерация. <https://orcid.org/0000-0001-5994-0468>. Scopus Author ID: 7004927053

Заместитель главного редактора

Громов Александр Игоревич – доктор мед. наук, профессор, руководитель группы лучевых методов диагностики и лечения НИИ урологии и интервенционной радиологии им. Н.А. Лопаткина – филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России, Москва, Российская Федерация. <https://orcid.org/0000000290149022>. Scopus Author ID: 7102053957

Научные консультанты

Каприн Андрей Дмитриевич – академик РАН и РАО, доктор мед. наук, профессор, генеральный директор ФГБУ "Национальный медицинский исследовательский центр радиологии" Минздрава России, Москва, Российская Федерация. <https://orcid.org/0000-0001-8784-8415>

Пронин Игорь Николаевич – академик РАН, доктор мед. наук, профессор, заместитель директора по научной работе ФГАУ "Национальный медицинский исследовательский центр нейрохирургии им. акад. Н.Н. Бурденко" Минздрава России, Москва, Российская Федерация. Scopus Author ID: 7006011755

Зав. редакцией

Сафонова Татьяна Дмитриевна – канд. мед. наук. E-mail: safonova.td@mail.ru

Редакционная коллегия

Анфиногенова Нина Джоновна – доктор мед. наук, ведущий научный сотрудник отделения популяционной кардиологии НИИ кардиологии Томского НИМЦ, Томск, Российская Федерация. <https://orcid.org/0000-0003-1106-0730>. Scopus Author ID 15755135700

Араблинский Андрей Владимирович – доктор мед. наук, профессор, профессор кафедры лучевой диагностики и лучевой терапии Института клинической медицины им. Н.В. Склифосовского ФГАОУ ВО "Первый МГМУ имени И.М. Сеченова" Минздрава России (Сеченовский Университет), Москва, Российская Федерация. <https://orcid.org/0000-0003-0854-3598>. Scopus Author ID 55446175400

Ахадов Толибджон Абдуллаевич – доктор мед. наук, профессор, руководитель отдела лучевой диагностики ГБУЗ города Москвы "Научно-исследовательский институт неотложной детской хирургии и травматологии Департамента здравоохранения города Москвы", Москва, Российская Федерация. <https://orcid.org/0000000308543598>. Scopus Author ID 6701867282

Ахметов Ермек Абибуллаевич – доктор мед. наук, доцент, доцент кафедры онкологии и визуальной диагностики Казахстано-Российского медицинского университета, Алматы, Республика Казахстан.

Борсуков Алексей Васильевич – доктор мед. наук, профессор, директор Проблемной научно-исследовательской лаборатории "Диагностические исследования и малоинвазивные технологии" ФГБОУ ВО "Смоленский государственный медицинский университет" Минздрава России, Смоленск, Российская Федерация. <https://orcid.org/0000000340477252>. Scopus Author ID 7801311680

Васильев Юрий Александрович – канд. мед. наук, директор ГБУЗ "Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения города Москвы", Москва, Российская Федерация.

Вишнякова Марина Валентиновна – доктор мед. наук, заведующая отделением лучевой диагностики ГБУЗ МО "Московский областной научно-исследовательский клинический институт им. М.Ф. Владимирского", Москва, Российская Федерация. <http://orcid.org/0000-0003-3838-636X>. Scopus Author ID: 6603209206

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

Груздев Иван Сергеевич – канд. мед. наук, научный сотрудник отделения рентгеновских и магнитно-резонансных методов исследования ФГБУ “Национальный медицинский исследовательский центр хирургии им. А.В. Вишневского” Минздрава России, Москва, Российская Федерация. <https://orcid.org/0000-0003-0781-9898>. Scopus Author ID: 57209689128.

Гус Александр Иосифович – доктор мед. наук, профессор, главный научный сотрудник ФГБУ “Национальный медицинский исследовательский центр акушерства, гинекологии и перинатологии имени академика В.И. Кулакова” Минздрава России, Москва, Российская Федерация. Scopus Author ID 6508263197

Даутов Таирхан Бекполатович – доктор мед. наук, директор Клинико-академического департамента радиологии и ядерной медицины Университетского медицинского центра, Нур-Султан, Республика Казахстан. <http://orcid.org/0000-0002-5267-0108>. Scopus Author ID 5583681900

Джураева Нигора Мухсумовна – доктор мед. наук, старший научный сотрудник отделения МР- и КТ-диагностики ГУ “Республиканский специализированный научно-практический медицинский центр хирургии имени академика В. Вахидова”, Ташкент, Республика Узбекистан. <https://orcid.org/0000-0002-2232-8264>

Долгушин Борис Иванович – академик РАН, доктор мед. наук, профессор, директор НИИ клинической и экспериментальной радиологии ФГБУ “Национальный медицинский исследовательский центр онкологии им. Н.Н. Блохина” Минздрава России; профессор кафедры рентгенологии и радиологии ФГБОУ НПО РМАНПО Минздрава России, Москва, Российская Федерация. Президент Национального общества интервенционных онкорadiологов. <https://orcid.org/0000-0001-7185-7165>. Scopus Author ID: 6604000392

Захарова Наталья Евгеньевна – доктор мед. наук, профессор РАН, профессор Национального медицинского исследовательского центра нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко, профессор кафедры нейрохирургии с курсами нейронаук НМИЦ нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко, Москва, Российская Федерация. <https://orcid.org/0000-0002-0516-3613>. Scopus Author ID: 36616114800

Икрамов Адхам Ильхамович – доктор мед. наук, профессор, заведующий кафедрой медицинской радиологии Центра развития профессиональной квалификации медицинских работников при Минздраве Республики Узбекистан, Ташкент, Республика Узбекистан. Scopus Author ID: 6603001286

Казакова Лариса Васильевна – доктор мед. наук, заведующая отделением ультразвуковой диагностики отдела лучевой диагностики ФБУЗ “Приволжский окружной медицинский центр” ФМБА России, Нижний Новгород, Российская Федерация

Кондратьев Евгений Валерьевич – канд. мед. наук, заведующий отделом рентгеновских и магнитно-резонансных методов исследования ФГБУ “Национальный медицинский исследовательский центр хирургии им. А.В. Вишневского” Минздрава России, Москва, Российская Федерация. <https://orcid.org/0000-0001-7070-3391>. Scopus Author ID: 55865664400

Корженкова Галина Петровна – доктор мед. наук, профессор кафедры рентгенологии и радиологии РМАНПО; старший научный сотрудник ФГБУ “НМИЦ онкологии им. Н.Н. Блохина” Минздрава России, Москва, Российская Федерация

Котляров Петр Михайлович – доктор мед. наук, профессор, руководитель научно-исследовательского отдела новых технологий и семиотики лучевой диагностики заболеваний органов и систем ФГБУ “Российский научный центр рентгенодиагностики” Минздрава России, Москва, Российская Федерация. <https://orcid.org/0000000319409175>. Scopus Author ID: 7003497625

Лукьянченко Александр Борисович – доктор мед. наук, профессор, ведущий научный сотрудник ФГБУ “НМИЦ онкологии имени Н.Н. Блохина” Минздрава России, Москва, Российская Федерация. <https://orcid.org/0000-0002-7021-6419>. Scopus Author ID 6507563458

Мазо Михаил Львович – канд. мед. наук, старший научный сотрудник НЦОРО Московский научно-исследовательский онкологический институт им. П.А. Герцена – филиал ФГБУ “Национальный медицинский исследовательский центр радиологии” Минздрава России, Москва, Российская Федерация. <https://orcid.org/0000-0002-1313-6420>. Scopus Author ID 25623348800

Мищенко Андрей Владимирович – доктор мед. наук, профессор, профессор ФГБОУ ВО “Санкт-Петербургский государственный университет”, Научно-клинический и образовательный центр “Лучевая диагностика и ядерная медицина”; ведущий научный сотрудник ФГБУ “Национальный медицинский исследовательский центр онкологии им. Н.Н. Петрова” Минздрава России, Санкт-Петербург, Российская Федерация. Scopus Author ID: 55791087500

Петрайкин Алексей Владимирович – канд. мед. наук, доцент, ведущий научный сотрудник отдела инновационных технологий ГБУЗ “Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения города Москвы”, Москва, Российская Федерация. <https://orcid.org/0000000316944682>. Scopus Author ID: 7801330975

Прокопенко Сергей Павлович – канд. мед. наук, доцент, заведующий отделением МНИОИ им. П.А.Герцена – филиал ФГБУ “НМИЦ радиологии” Минздрава России, Москва, Российская Федерация. <http://orcid.org/0000-0002-0369-5755>. Scopus Author ID: 7004120546

Рахимжанова Раушан Ибжановна – доктор мед. наук, профессор, почетная заведующая кафедрой радиологии имени академика Ж.Х. Хамзабаева НАО “Медицинский университет Астана”, Нур-Султан, Республика Казахстан. <https://orcid.org/0000-0002-3490-6324>. Scopus Author ID: 55776205100

Ростовцев Михаил Владиславович – доктор мед. наук, заведующий отделом лучевой диагностики ГБУЗ “Городская клиническая больница имени М.Е. Жадкевича Департамента здравоохранения города Москвы”, Москва, Российская Федерация. <https://orcid.org/0000-0002-5032-4164>

Рубцова Наталья Алефтиновна – доктор мед. наук, доцент, заведующая отделом лучевой диагностики ФГБУ “Московский научно-исследовательский онкологический институт им. П.А. Герцена” – филиал ФГБУ “Национальный медицинский исследовательский центр радиологии” Минздрава России, Москва, Российская Федерация. Scopus Author ID: 15844343600

Сафонов Дмитрий Владимирович – доктор мед. наук, профессор, заведующий кафедрой лучевой диагностики ФДПО “Приволжский исследовательский медицинский университет” Минздрава России, Нижний Новгород, Российская Федерация. Scopus Author ID 55647448500

Синицын Валентин Евгеньевич – доктор мед. наук, профессор, руководитель отдела лучевой диагностики факультета фундаментальной медицины МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, Российская Федерация. <https://orcid.org/0000-0002-5649-2193>. Scopus Author ID: 7102735724

Степанова Юлия Александровна – доктор мед. наук, Ученый секретарь ФГБУ “Национальный медицинский исследовательский центр хирургии им. А.В. Вишневского” Минздрава России, Москва, Российская Федерация. <http://orcid.org/0000-0002-2348-4963>. Scopus Author ID 57194482656

Тарачкова Елена Владимировна – канд. мед. наук, ассистент кафедры рентгенологии и радиологии ФГБОУ ДПО “Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования” Минздрава России, Москва, Российская Федерация. Scopus Author ID 56321456200

Трофимова Татьяна Николаевна – доктор мед. наук, профессор, профессор кафедры рентгенологии и радиационной медицины ФГБОУ ВО “СанктПетербургский государственный университет”, СанктПетербург, Российская Федерация. <http://orcid.org/0000-0003-4871-2341>. Scopus Author ID: 7006098439

Троян Владимир Николаевич – доктор мед. наук, профессор, начальник Центра лучевой диагностики, главный рентгенолог ФГБУ “Главный военный клинический госпиталь им. акад. Н.Н. Бурденко” Министерства обороны Российской Федерации, Москва, Российская Федерация. <https://orcid.org/0000-0002-8008-9660>

Туманова Ульяна Николаевна – доктор мед. наук, ведущий научный сотрудник, врач-рентгенолог ФГБУ “Национальный медицинский исследовательский центр акушерства, гинекологии и перинатологии имени академика В.И. Кулакова” Минздрава России, Москва, Российская Федерация. <http://orcid.org/0000-0002-0924-6555>. Scopus Author ID: 55352350200

Усов Владимир Юрьевич – доктор мед. наук, профессор, старший научный сотрудник НИИ кардиологии ФГБНУ “Томский национальный исследовательский центр Российской академии наук”; доцент ФГАОУ “Национальный исследовательский Томский политехнический университет”, НОЦ им. Н.М. Кижнера, Томск, Российская Федерация. <https://orcid.org/0000-0002-7352-6068>. Scopus Author ID: 16937595600

Федорук Алексей Михайлович – доктор мед. наук, профессор, заведующий отделом гепатологии и малоинвазивной хирургии ГУ “Минский научно-практический центр хирургии, трансплантологии и гематологии”, Минск, Республика Беларусь. Scopus Author ID 56531839500

Фисенко Елена Полиектовна – доктор мед. наук, главный научный сотрудник ФГБНУ “Российский научный центр хирургии имени академика Б.В. Петровского”, Москва, Российская Федерация. <https://orcid.org/0000-0003-4503-950X>. Scopus Author ID 6507536162

Хомутова Елена Юрьевна – доктор мед. наук, заведующая кафедрой лучевой диагностики ФГБОУ ВО “Омский государственный медицинский университет” Минздрава России, Омск, Российская Федерация. Scopus Author ID 57189104536

Хохлов Александр Леонидович – академик РАН, доктор мед. наук, профессор, заведующий кафедрой клинической фармакологии и этики применения лекарств ЮНЕСКО ФГБОУ ВО “Ярославский государственный медицинский университет” Минздрава России, Ярославль, Российская Федерация. <http://orcid.org/0000-0002-0032-0341>. Scopus Author ID: 7201745706

Хромов-Борисов Никита Николаевич – канд. биол. наук, старший научный сотрудник ФГБУ “Национальный медицинский исследовательский центр им. В.А. Алмазова” Минздрава России, Санкт-Петербург, Российская Федерация. <http://orcid.org/0000-0001-6435-7218>. Scopus Author ID 7003518614

Шейх Жанна Владимировна – доктор мед. наук, профессор, заведующая кафедрой лучевой диагностики и медицинской визуализации факультета непрерывного медицинского образования медицинского института Российского университета дружбы народов имени Патриса Лумумбы; профессор кафедры рентгенологии и радиологии ФГБОУ ДПО “Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования” Минздрава России; профессор кафедры лучевой диагностики Медико-биологического университета инноваций и непрерывного образования, ФГБУ “Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна” ФМБА России, Москва, Российская Федерация. <https://orcid.org/0000-0003-1334-6652>. Scopus Author ID 57285215600

Юдин Андрей Леонидович – доктор мед. наук, профессор, заведующий кафедрой лучевой диагностики и терапии медико-биологического факультета ФГБОУ ВО “Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова” Минздрава России, Москва, Российская Федерация. <http://orcid.org/0000-0002-0310-0889>. Scopus Author ID 7102669707

Nicholas C. Gourtsoyannis – иностранный член РАН, доктор мед. наук, профессор, директор Европейской школы радиологии, Афины, Греция. Scopus Author ID: 24369117700

Rienmüller Rainer – иностранный член РАН, доктор мед. наук, профессор, профессор отделения общей радиологии Медицинского университета Грац, Австрия. <https://orcid.org/0000-0002-6068-5027>. Scopus Author ID 7003654650

Yang Qin – доктор мед. наук, руководитель группы функционально-реконструктивной хирургии пищевода и желудка ГКБ №1 при Медицинском университете Фуцзянь, г.Фуцжоу, Китайская Народная Республика.

Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ № ФС-77-21017 от 12.05.05 г.

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

Журнал включен в библиографическую и реферативную базу данных **Scopus**.

Адрес для корреспонденции

117997 Москва, ул. Большая Серпуховская, д. 27. НМИЦ хирургии им. А.В. Вишневского (Ревитшвили Амиран Шотаевич)

E-mail: nudnov@gncrr.ru Тел.: +7-495-334-29-60 (Нуднов Николай Васильевич)

<https://medvis.vidar.ru/jour/index>

ООО “Видар-М” 109028, Москва, а/я 16. Контакты: (495) 768-04-34, (495) 589-86-60, <http://www.vidar.ru>

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

Материалы этого издания не могут воспроизводиться ни в какой форме без письменного разрешения.

Редактирование Т.И. Луковская
Художники О.А. Рыченкова, А.И. Морозова
Верстка Ю.А. Кушель

“МЕДИЦИНСКАЯ ВИЗУАЛИЗАЦИЯ”

© ООО “Видар”, 2025.

Все права сохраняются.

Формат 60 × 90 1/8. Печ. л. 18. Тираж 1500 экз. Свободная цена.
Отпечатано в типографии Onebook.ru (ООО “СамПолиграфист”), www.onebook.ru
Подписано в печать 17.09.2025 г.

MEDICAL VISUALIZATION

Медицинская визуализация
Meditinskaya vizualizatsiya

2025 V. 29 N3



Quarterly Scientific and Practical Journal
Est. 1997

Official press organ of the

Russian Society of Roentgenologists and Radiologists (18-2, Verkhoyanskaya str., 129344, Moscow, Russian Federation)

Society of specialists in X-ray diagnostics (6, Bo'shaya Pirogovskaya str., 119435, Moscow, Russian Federation)

Moscow regional department of of the Russian Society of Roentgenologists and Radiologists

(16/26, bld.1, Raskovoi str., 125040, Moscow, Russian Federation)

Is published by **Vidar-M Ltd.** (p/b 16, 109028, Moscow, Russian Federation)

Editors-in-Chief

Amiran Sh. Revishvili – Academician of the Russian Academy of Science, Dr. of Sci. (Med.), Professor, Director of A.V. Vishnevsky National Medical Research Center of Surgery, Moscow, Russian Federation. <https://orcid.org/0000-0003-1791-9163>. Scopus Author ID: 7003940753

Nikolay V. Nudnov – Doct. of Sci. (Med.), Professor, Honored Doctor of the Russian Federation, Deputy Director for Science and Research at the Russian Research Center of Radiology, Moscow, Russian Federation. Email: nudnov@rncrr.ru. <https://orcid.org/0000-0001-5994-0468>. Scopus Author ID: 7004927053

Publishing Editor

Alexander I. Gromov – Doct. of Sci. (Med.), Professor, Head of the group of radiation methods of diagnosis and treatment N. Lopatkin Scientific Research Institute of Urology and Interventional Radiology - branch of the National Medical Research Radiological Centre of the Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation. Email: gai8@mail.ru. <https://orcid.org/0000-0002-9014-9022>. Scopus Author ID: 7102053957

Scientific consultants

Andrey D. Kaprin – Academician of the Russian Academy of Sciences, Academician of Russian Academy of Education, Doct. of Sci. (Med.), Professor, Honored Doctor of the Russian Federation, General Director of “National Medical Radiological Research Center” of the Ministry of Health of the Russian Federation. <https://orcid.org/0000-0001-8784-8415>

Igor N. Pronin – Academician of the Russian Academy of Sciences, Doct. of Sci. (Med.), Professor, Deputy Director for the scientific work of the N.N. Burdenko National Medical Research Center of Neurosurgery, Moscow, Russian Federation. Scopus Author ID: 7006011755

Chief of office

Tatyana D. Safonova – Cand. of Sci. (Med.). E-mail: safonova.td@mail.ru

Editorial board

Nina J. Anfinogenova – Doct. of Sci. (Med.), leading researcher at the Department of Population Cardiology, Research Institute of Cardiology, Tomsk National Research Medical Center, Tomsk, Russian Federation. <https://orcid.org/0000-0003-1106-0730>. Scopus Author ID 15755135700

Andrey V. Arablinskiy – Doct. of Sci. (Med.), Professor, Professor at the Department of Radiologic Diagnosis and Therapy of N.V. Sklifosovskiy Institute of Clinical Medicine, Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, Russian Federation. <https://orcid.org/0000-0003-0854-3598>. Scopus Author ID 55446175400

Tolibdzhon A. Akhadov – Doct. of Sci. (Med.), Professor, Head of the Department of Diagnostic Radiology, Clinical and Research Institute of Emergency Pediatric Surgery and Trauma Moscow, Russian Federation. <https://orcid.org/0000-0002-3235-8854>

Yermek A. Akhmetov – Doct. of Sci. (Med.), Associate Professor at the Department of Oncology and Imaging Kazakh-Russian Medical University, Almaty, Republic of Kazakhstan.

Alexey V. Borsukov – Doct. of Sci. (Med.), Professor, Director of Problem Research Laboratory “Diagnostic Researches and Mini-invasive Technologies”, Smolensk State Medical University, Smolensk, Russian Federation. <https://orcid.org/0000-0003-4047-7252>. Scopus Author ID 7801311680

Yuri A. Vasiliev – Cand. of Sci. (Med.), Director of Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of the Moscow Health Care Department, Moscow, Russian Federation.

Marina V. Vishnyakova – Doct. of Sci. (Med.), head of radiology department of Moscow Regional Clinical and Research Institute named after M.F. Vladimirov (MONIKI), Moscow, Russian Federation. <http://orcid.org/0000-0003-3838-636X> Scopus Author ID: 6603209206

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

Ivan S. Gruzdev – Cand. of Sci. (Med.), Researcher of the X-ray and Magnetic Resonance Department, A.V. Vishnevsky National Medical Research Centre of Surgery, Moscow, Russian Federation. <https://orcid.org/0000-0003-0781-9898> Scopus Author ID: 57209689128

Alexander I. Gus – Doct. of Sci. (Med.), Professor, principal researcher of Research Center for Obstetrics, Gynecology and Perinatology of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation. Scopus Author ID 6508263197

Tairkhan B. Dautov – Doct. of Sci. (Med.), Professor, Director of the Clinical and Academic Department of Radiology and Nuclear Medicine, University Medical Center. Nur-Sultan, Republic of Kazakhstan. <http://orcid.org/0000-0002-5267-0108> Scopus Author ID 55836811900

Nigora M. Djuraeva – Doct. of Sci. (Med.), Senior Researcher at the Department of MRI and CT Diagnosis of Republican Specialized Scientific and Practical Medical Center for Surgery named after Academician V. Vakhidov Tashkent, Uzbekistan. <https://orcid.org/0000-0002-2232-8264>

Boris I. Dolgushin – Academician of the Russian Academy of Sciences, Doct. of Sci. (Med.), Professor; Director of the Research Institute of Clinical and Experimental Radiology, National Medical Research Center of Oncology named after N.N. Blokhin; Professor at the Department of Radiology, Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Moscow, Russian Federation; President of the National Society of Interventional Oncoradiologists. <https://orcid.org/0000-0001-7185-7165> Scopus Author ID: 6604000392

Natalia E. Zakharova – Doct. of Sci. (Med.), professor of Russian Academy of Sciences, professor of N.N. Burdenko National Medical Research Center of Neurosurgery, Moscow, Russian Federation. <https://orcid.org/0000-0002-0516-3613> Scopus Author ID: 36616114800

Adkham I. Ikramov – Doct. of Sci. (Med.), Professor, Head of the Department of Medical Radiology, Center for the Development of Professional Qualifications of Medical Workers of the Ministry of Health of the Republic of Uzbekistan, Tashkent, Republic of Uzbekistan. Scopus Author ID: 6603001286

Larisa V. Kazakova – Doct. of Sci. (Med.), Head of Ultrasonic Diagnostics at the Department of Radiological Diagnostics in Privolzhsky District Medical Center, Nizhny Novgorod, Russian Federation

Evgeny V. Kondratyev – Cand. of Sci. (Med.), Head of the X-ray and Magnetic Resonance Department, A.V. Vishnevsky National Medical Research Centre of Surgery, Moscow, Russian Federation. <https://orcid.org/0000-0001-7070-3391> Scopus Author ID: 55865664400

Galina P. Korzhenkova – Doct. of Sci. (Med.), Professor of the Department of Radiology; radiologist of N.N. Blokhin Medical Research Center of Oncology of the Ministry of Health of Russian Federation (N.N. Blokhin NMRCO), Moscow, Russian Federation

Peter M. Kotlyarov – Doct. of Sci. (Med.), Professor, Head of the Research Department for New Technologies and Semiotics of Diagnostic Radiology in Diseases and Body Systems, Russian Research Center for X-Ray and Radiology, Moscow, Russian Federation. <https://orcid.org/0000-0003-1940-9175> Scopus Author ID: 7003497625

Alexander B. Lukianchenko – Doct. of Sci. (Med.), Professor, leading researcher of N.N. Blokhin National Medical Research Center of Oncology of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation. <https://orcid.org/0000-0002-7021-6419> Scopus Author ID 6507563458

Mikhail L. Mazo – Cand. of Sci. (Med.), senior researcher of P. Hertsen Moscow Oncology Research Institute – branch of the National Medical Research Center of Radiology, Moscow, Russian Federation. <https://orcid.org/0000-0002-1313-6420> Scopus Author ID 25623348800

Andrey V. Mishchenko – Doct. of Sci. (Med.), Professor, Professor of St. Petersburg State University, Research, Clinical and Educational Center “Diagnostic Radiology and Nuclear Medicine”; leading researcher of N.N. Petrov National Medicine Research Center of Oncology, St. Petersburg, Russian Federation. Scopus Author ID: 55791087500

Alexey V. Petraikin – Cand. of Sci. (Med.), Associate Professor, leading researcher at the Department of Innovative Technologies, Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies, Moscow, Russian Federation. <https://orcid.org/0000-0003-1694-4682> Scopus Author ID: 7801330975

Sergey P. Prokopenko – Cand. of Sci. (Med.), Associate Professor, Head of the Department, P. Hertsen Moscow Oncology Research Institute – branch of the National Medical Research Center of Radiology (Moscow, Russian Federation). <http://orcid.org/0000-0002-0369-5755> Scopus Author ID: 7004120546

Raushan I. Rakhimzhanova – Doct. of Sci. (Med.), Professor, Honorary Head of the Zh.Kh. Khamzabaev Department of Radiology, Astana Medical University, Nur-Sultan, Republic of Kazakhstan. <https://orcid.org/0000-0002-3490-6324> Scopus Author ID: 55776205100

Mikhail V. Rostovtsev – Doct. of Sci. (Med.), Head of Radiology department Zhadkevich City Clinical Hospital, Moscow, Russian Federation. <https://orcid.org/0000-0002-5032-4164>

Natalia A. Rubtsova – Doct. of Sci. (Med.), Associate Professor, Head of the Department of Diagnostic Radiology, P.A. Herzen Moscow Research Oncology Institute – branch of “National Medical Research Center of Radiology” of the Ministry of Healthcare of Russia, Moscow, Russian Federation. Scopus Author ID: 15844343600

Dmitry V. Safonov – Doct. of Sci. (Med.), Professor, Chairman of the Department of Diagnostic Radiology, Privolzhsky Research Medical University, Nizhny Novgorod, Russian Federation. Scopus Author ID 55647448500

Valentin E. Sinitsyn – Doct. of Sci. (Med.), Professor, Head of the Department of Diagnostic Radiology of the Medical Research and Education Center, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation. <https://orcid.org/0000-0002-5649-2193> Scopus Author ID: 7102735724

Yulia A. Stepanova – Doct. of Sci. (Med.), Academic Secretary of A.V. Vishnevsky National Medical Research Center of Surgery, Moscow, Russian Federation. <http://orcid.org/0000-0002-2348-4963> Scopus Author ID 57194482656

Elena V. Tarachkova – Cand. of Sci. (Med.) Assistant Professor Chair of Radiology, Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation. Scopus Author ID 56321456200

Tat'yana N. Trofimova – Doct. of Sci. (Med.), Professor, Professor at the Department of Radiology and Radiation Medicine, Pavlov First State Medical University of St. Petersburg, St. Petersburg, Russian Federation. <http://orcid.org/0000-0003-4871-2341> Scopus Author ID: 7006098439

Vladimir N. Troyan – Doct. of Sci. (Med.), Professor, Head of the Center for Diagnostic Radiology, Chief Radiologist Main military clinical hospital named after academician N.N. Burdenko, Moscow, Russian Federation. <https://orcid.org/0000-0002-8008-9660>

Uliana N. Tumanova – Doct. of Sci. (Med.), radiologist, leading researcher of the 2nd pathology department of National Medical Research Center for Obstetrics, Gynecology and Perinatology named after Academician V.I. Kulakov, Moscow, Russian Federation. <http://orcid.org/0000-0002-0924-6555>. Scopus Author ID: 55352350200

Vladimir Yu. Usov – Doct. of Sci. (Med.), Professor, senior researcher, Tomsk National Research Medical Center of the Russian Academy of Sciences, Research Institute of Cardiology; Associate Professor, National Research Tomsk Polytechnic University, Kizhner Research Center, Tomsk, Russian Federation. <https://orcid.org/0000-0002-7352-6068>. Scopus Author ID: 16937595600

Aleksey M. Fedoruk – Doct. of Sci. (Med.), Professor, Head of the Department of Hepatology and Minimally Invasive Surgery, Minsk Scientific and Practical Center for Surgery, Transplantology and Hematology, Minsk, Republic of Belarus. Scopus Author ID 56531839500

Elena P. Fisenko – Doct. of Sci. (Med.), Petrovsky National Research Centre of Surgery (Moscow, Russian Federation), principal researcher, Moscow, Russian Federation. <https://orcid.org/0000-0003-4503-950X>. Scopus Author ID 6507536162

Elena Yu. Khomutova – Doct. of Sci. (Med.), Chairman of the Department of Diagnostic Radiology, Omsk State Medical University, Omsk, Russian Federation. Scopus Author ID 57189104536

Aleksandr L. Khokhlov – Academician of the Russian Academy of Sciences, Doct. of Sci. (Med.), Professor, Chairman of the UNESCO Department of Clinical Pharmacology and Ethics of Medicines, Yaroslavl State Medical University, Yaroslavl, Russian Federation. <http://orcid.org/0000-0002-0032-0341>. Scopus Author ID: 7201745706

Nikita N. Khromov-Borisov – Cand. of Sci. (Biol.), senior researcher, V.A. Almazov National Medical Research Center, St. Petersburg, Russian Federation. <http://orcid.org/0000-0001-6435-7218>. Scopus Author ID 7003518614

Zhanna V. Sheikh – Doct. of Sci. (Med.), Professor, Head of the Department of Radiology and Medical Imaging, Faculty of Continuing Medical Education, Medical Institute, Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba; Professor at the Department of Radiology, Russian Medical Academy of Continuing Professional Education; Professor at the Department of Diagnostic Radiology, Russian State Research Center – Burnasyan Federal Medical Biophysical Center (Moscow, Russian Federation), Medical and Biological University of Innovation and Continuing Education, Moscow, Russian Federation. <https://orcid.org/0000-0003-1334-6652>. Scopus Author ID 57285215600

Andrey L. Yudin – Doct. of Sci. (Med.), Professor, Chairman of the Department of Diagnostic Radiology and Therapy, Medicine and Biology Division, N.I. Pirogov Russian national research medical university, Moscow, Russian Federation. <http://orcid.org/0000-0002-0310-0889>. Scopus Author ID 7102669707

Nicholas C. Gourtsoyiannis – International Member of the Russian Academy of Sciences, M.D., Ph.D., Professor, Director of European School of Radiology, Athens, Greece. Scopus Author ID: 24369117700

Rainer Riemüller – International Member of the Russian Academy of Sciences, M.D., Ph.D., Professor, Professor at the Radiology Department, Medical University of Graz, Graz, Austria. <https://orcid.org/0000-0002-6068-5027>. Scopus Author ID 7003654650

Yang Qin – Ph.D., Head of the Group of Functional Reconstructive Surgery of the Esophagus and Stomach City Clinical Hospital No. 1, Fujian Medical University Fuzhou, China.

Reg. № ПИ № ФС-77-21017, 12.05.05.

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 Journal is included in the **Scopus** bibliographic and abstract database.

For inquiries relating to the publication, please contact:

27, Bol'shaya Serpukhovskaya str., 117997, Moscow, Russian Federation.

A.V. Vishnevsky National Medical Research Center of Surgery (Amiran Sh. Revishvili)

E-mail: nudnov@rncrr.ru Phone: +7-495-334-29-60 (Nikolay V. Nudnov)

<https://medvis.vidar.ru/jour/index>

Vidar Ltd. p/b 16, 109028, Moscow, Russian Federation Phone: +7-495-768-04-34, +7-495-589-86-60, <http://www.vidar.ru>

You can subscribe to the journal at any post office (Rospechat catalogue, section “Public Health. Medicine”) and in the publishing house “Vidar-M” Ltd.

No part of this copyrighted work may be reproduced, modified or distributed, without the prior written permission

Editing T.I. Lukovskaya
Designer O.A. Rychenkova, A.I. Morosova
Prepress Yu.A. Kushel
“MEDICAL VISUALIZATION”
© Vidar Ltd., 2025
All rights reserved

Format 60 × 90 1/8. 18 printer's sheet. Circulation: 1500 ex. Free price.
Printed at Onebook.ru (OOO “SamPoligrafist”), www.onebook.ru
Signed for printing: 17.09.2025



Содержание

Сердце и сосуды

- 10 Сравнительный анализ деформации левого предсердия с применением технологии speckle-tracking-эхокардиографии у пациентов после катетерной, торакоскопической и гибридной процедур абляции**
Кадырова М., Ялова Е.В., Ярош М.В.,
Стребкова Е.Д., Ревитшвили А.Ш.

Брюшная полость и забрюшинное пространство

- 24 Особенности КТ-визуализации заболеваний желудка и подготовки его к исследованиям: почему не существует стандартного протокола сканирования? Обзор литературы**
Оконская Д.Е., [Кармазановский Г.Г.] Ковалев А.Д.,
Преснякова В.С., Кондратьев Е.В., Груздев И.С.,
Ростовцев М.В., Гурина В.И., Хамидов М.М.,
Козлов В.А., Ручкин Д.В.
- 36 Ангиомиолипомы почек. Возможности применения КТ-перфузии в оценке лечебного эффекта эмболизации ангиомиолипом почек. Обзор литературы и клинические наблюдения**
Лунева Т.Ю., Лужанский Д.С., Волконская Н.Б.,
Пакус С.М., Абоян И.А., Капустин В.В.

Малый таз

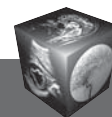
- 51 Итоги заседания Совета экспертов по терминологии, использующейся в лучевой диагностике заболеваний предстательной железы, в рамках Конгресса Российского общества рентгенологов и радиологов 08.11.2024**
Громов А.И., Мищенко А.В., Сеницын В.Е.,
Амосов А.В., Ахвердиева Г.И., Капустин В.В.,
Куплевацкий В.И., Митькова М.Д., Рубцова Н.А.

Мягкие ткани

- 58 Ультразвуковое исследование высокого разрешения в поздний период динамического наблюдения после фотодинамической терапии базально-клеточного рака кожи головы и шеи**
Хоружая С.С., Васильев А.Ю., Семин В.Е.,
Нечаев В.А.

Технологии лучевой диагностики

- 67 Алгоритм искусственного интеллекта в оценке сердца плода. Первые этапы разработки НМИЦ АГП имени академика В.И. Кулакова**
Бокерия Е.Л., Яннаева Н.Е., Сенча А.Н.,
Костюков К.В., Прялухин И.А., Голошубов П.А.,
Джабиев А.В., Потапова А.А., Передвикина А.В.,
Коротченко О.Е., Машинец Н.В., Ляпунов А.К.
- 80 Применение ROC-анализа для оценки результатов работы систем поддержки принятия врачебных решений на примере цифровых маммографических изображений**
Хрустачева М.Ю., Васильев Ю.А., Памова А.П.,
Арзамасов К.М.
- 91 Применение радиомикки в диагностике рака шейки матки: систематический обзор**
Солодкий В.А., Нуднов Н.В., Султанова П.Н.,
Аксенова С.П., Борисов А.А., Шахвалиева Э.С.-А.,
Карелидзе Д.Г., Иванников М.Е., Маковецкая А.И.,
Семенова С.Р.
- 107 Влияние изменения опухолевого объема и уровня поглощения фтордезоксиглюкозы на длительность периода выживаемости без прогрессирования у пациентов с лимфомами**
Алексеев С.А., Троян В.Н., Рукавицын О.А.



Contents

Heart and vessels

- 10 Comparative analysis of left atrium deformity using speckle-tracking echocardiography technology in patients after catheter, thoracoscopic, and hybrid ablation procedures**

Madina Kadyrova, Evgeniya V. Yalova, Mark V. Yarosh,
Elizaveta D. Strebkova, Amiran Sh. Revishvili

Abdomen and retroperitoneum

- 24 Aspects of CT visualization of gastric abnormalities and preparation for the examination of the stomach: why there is no standard imaging protocol? (Review of the literature)**

Diana E. Okonskaya, Grigory G. Karmazanovsky,
Alexander D. Kovalev, Victoria S. Presniakova,
Evgeny V. Kondratyev, Ivan S. Gruzdev,
Mikhail V. Rostovtsev, Vera I. Gurina,
Magomed M. Khamidov, Valentin A. Kozlov,
Dmitry V. Ruchkin

- 36 Renal angiomyolipomas. Possibilities of CT perfusion implementation for assessment of therapeutic effect of renal angiomyolipomas embolization. A review of literature and clinical observations**

Tatiana Yu. Luneva, Daniil S. Luzhanskiy,
Natalya B. Volkonskaya, Sergey M. Pakus,
Igor A. Aboyan, Vladimir V. Kapustin

Small pelvis

- 51 Results of the Session of the Experts Panel on Radiological Diagnostical Terminology Used in Prostate Diseases within the Framework of the Russian Society of Roentgenologists and Radiologists Congress of the 08.11.2024**

Alexander I. Gromov, Andrey V. Mishchenko,
Valentin E. Sinitsyn, Alexander V. Amosov, Gulya I.
Akhverdiev, Vladimir V. Kapustin, Vladimir I. Kuplevatsky,
Mina D. Mitkova, Natalia A. Rubtsova

Soft tissue

- 58 High-resolution ultrasound in the late period of dynamic follow-up after photodynamic therapy for basal cell carcinoma of the head and neck skin**

Svetlana S. Khoruzhaya, Aleksandr Yu. Vasil'yev,
Vladimir E. Semin, Valentin A. Nechayev

Radiological technologies

- 67 Artificial intelligence in evaluating the fetal heart. The first stages of development of the Moscow Kulakov National Medical Research Center for Obstetrics, Gynecology and Perinatology**

Ekaterina L. Bokerija, Natalia E. Yannaeva,
Aleksandr N. Sencha, Kirill V. Kostyukov,
Ivan A. Prialukhin, Petr A. Goloshubov, Alan V. Djabiev,
Alyona A. Potapova, Anastasiia V. Peredvigina,
Olga E. Korotchenko, Natalia V. Mashinets,
Alexandr K. Lyapunov

- 80 ROC analysis for clinical decision support systems (CDSS) results in digital mammography images**

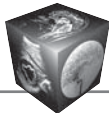
Margarita Yu. Khrustacheva, Yuri A. Vasiliev,
Anastasia P. Pamova, Kirill M. Arzamasov

- 91 Application of radiomics in the diagnosis of cervical cancer: systematic review**

Vladimir A. Solodkiy, Nikolay V. Nudnov,
Peri N. Sultanova, Svetlana P. Aksenova,
Aleksandr A. Borisov, Elina S.-A. Shakhvalieva,
David G. Karelidze, Mikhail E. Ivannikov,
Alena I. Makoveckaya, Sofya R. Semenova

- 107 The effect of changes in tumor volume and the level of FDG absorption on the duration of progression-free survival in patients with lymphomas**

Sergey A. Alekseev, Vladimir N. Troyan,
Oleg A. Rukavitsyn



Сравнительный анализ деформации левого предсердия с применением технологии speckle-tracking-эхокардиографии у пациентов после катетерной, торакоскопической и гибридной процедур абляции

© Кадырова М.¹, Ялова Е.В.^{1*}, Ярош М.В.¹, Стребкова Е.Д.¹, Ревিশвили А.Ш.^{1, 2}

¹ ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр хирургии им. А.В. Вишневского» Минздрава России; 117997 Москва, ул. Большая Серпуховская, д. 27, Российская Федерация

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

Цель исследования: провести всесторонний сравнительный анализ динамики изменения показателей деформации левого предсердия по данным speckle-tracking-эхокардиографии у пациентов с непароксизмальными формами фибрилляции предсердий, перенесших процедуры катетерной, торакоскопической и гибридной абляции в отдаленном периоде наблюдения.

Материал и методы. В исследование было включено 268 пациентов с персистирующей и длительно персистирующей формами ФП. Пациенты были псевдорандомизированы в 3 группы исследования в зависимости от метода лечения: 1-я – катетерная абляция (n = 80), 2-я – торакоскопическая абляция (n = 126), 3-я – гибридная абляция (n = 62). Анализ динамики изменения деформации левого предсердия выполнялся у всех пациентов, включенных в исследование, с применением технологии speckle-tracking-эхокардиографии до и через 3, 6, 12 и 24 мес после процедур абляции. Первичной конечной точкой исследования считали сохранение устойчивого синусового ритма по результатам суточного мониторингирования ЭКГ в течение трехлетнего периода наблюдения.

Результаты. В группе гибридного лечения фибрилляции предсердий отмечалось выраженное улучшение резервуарной функции левого предсердия в течение двухлетнего периода наблюдения. Показатели деформации левого предсердия в конduitную и сократительную фазы были выше в группе катетерной абляции в сравнении с изолированной торакоскопической абляцией и гибридным лечением аритмии. Общая эффективность всех процедур абляции составила 81,2% при среднем периоде наблюдения 27,8 ± 12,4 мес, наилучшие результаты сохранения устойчивого синусового ритма были зарегистрированы в группе гибридной абляции и составили 95,0%.

Заключение. Параметры деформации левого предсердия, полученные с использованием технологии speckle-tracking-эхокардиографии, отражают функциональное состояние предсердия после процедур как эндо-, так и эпикардиальных абляций и в будущем могут применяться для прогнозирования эффективности представленных процедур абляций. Гибридная абляция демонстрирует лучшие отдаленные результаты по восстановлению резервуарной функции левого предсердия и профилактике возврата предсердных тахикардий у пациентов с непароксизмальными формами фибрилляции предсердий.

Ключевые слова: фибрилляция предсердий; катетерная абляция; торакоскопическая абляция; гибридная абляция; speckle-tracking; деформация левого предсердия; эхокардиография

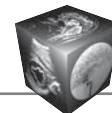
Авторы подтверждают отсутствие конфликтов интересов.

Для цитирования: Кадырова М., Ялова Е.В., Ярош М.В., Стребкова Е.Д., Ревিশвили А.Ш. Сравнительный анализ деформации левого предсердия с применением технологии speckle-tracking-эхокардиографии у пациентов после катетерной, торакоскопической и гибридной процедур абляции. *Медицинская визуализация*. 2025; 29 (3): 10–23. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-1591>

Поступила в редакцию: 06.08.2025.

Принята к печати: 20.08.2025.

Опубликована online: 17.09.2025.



Comparative analysis of left atrium deformity using “speckle-tracking” echocardiography technology in patients after catheter, thoracoscopic, and hybrid ablation procedures

© Madina Kadyrova¹, Evgeniya V. Yalova^{1*}, Mark V. Yarosh¹,
Elizaveta D. Strebkova¹, Amiran Sh. Revishvili^{1, 2}

¹ A.V. Vishnevsky National Medical Research Center of Surgery of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation; 27, Bol'shaya Serpukhovskaya str., Moscow 117997, 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

Aim: to perform a comprehensive comparative analysis of the dynamics of changes in the parameters of left atrial deformity according to “speckle-tracking” echocardiography in patients with nonparoxysmal forms of atrial fibrillation who underwent catheter, thoracoscopic and hybrid ablation procedures in the long-term follow-up period.

Material and methods. The study included 268 patients with persistent and long-term persistent forms of AF. The patients were pseudorandomized into three study groups depending on the treatment method: 1) catheter ablation (n = 80), 2) thoracoscopic ablation (n = 126), 3) hybrid ablation (n = 62). The dynamics of changes in left atrial deformity was analyzed in all patients included in the study using “speckle-tracking” echocardiography technology before and 3, 6, 12, and 24 months after ablation procedures. The primary endpoint of the study was considered to be the maintenance of a stable sinus rhythm as a result of daily monitoring of the electrocardiogram during a three-year follow-up period.

Results. In the hybrid atrial fibrillation treatment group, there was a marked improvement in the reservoir function of the left atrium during the two-year follow-up period. The rates of left atrial deformity in the conduction and contractile phases were higher in the catheter ablation group compared with isolated thoracoscopic ablation and hybrid treatment of arrhythmia. The overall effectiveness of all ablation procedures was 81.2% with an average follow-up period of 27.8 ± 12.4 months, and the best results of maintaining a stable sinus rhythm were recorded in the hybrid ablation group and amounted to 95.0%.

Conclusion. The parameters of the left atrium deformity obtained using the “speckle-tracking” echocardiography technology reflect the functional state of the atrium after both endo- and epicardial ablation procedures and can be used in the future to predict the effectiveness of the presented ablation procedures. Hybrid ablation demonstrates the best long-term results in restoring the reservoir function of the left atrium and preventing the return of atrial tachyarrhythmias in patients with nonparoxysmal forms of atrial fibrillation.

Keywords: atrial fibrillation; catheter ablation; thoracoscopic ablation; hybrid ablation; speckle-tracking; left atrial deformation; echocardiography

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

For citation: Kadyrova M., Yalova E.V., Yarosh M.V., Strebkova E.D., Revishvili A.Sh. Comparative analysis of left atrium deformity using speckle-tracking echocardiography technology in patients after catheter, thoracoscopic, and hybrid ablation procedures. *Medical Visualization*. 2025; 29 (3): 10–23. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-1591>

Received: 06.08.2025.

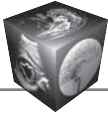
Accepted for publication: 20.08.2025.

Published online: 17.09.2025.

Введение

Фибрилляция предсердий (ФП) является самой распространенной предсердной тахикардией. Распространенность ФП продолжает неуклонно расти, что делает ее серьезной проблемой для системы здравоохранения. ФП ассоциирована с высокими рисками развития тромбоэмболического инсульта, сердечной недостаточности, увеличением частоты смертности и снижением качества жизни пациентов [1].

Современные стратегии лечения ФП направлены на контроль ритма и профилактику развития системных тромбоэмболий [2]. Устойчивые персистирующие формы ФП представляют особый интерес при поиске новых наиболее эффективных стратегий лечения. Согласно Европейским клиническим рекомендациям 2024, в отношении персистирующих форм ФП можно рассмотреть: торакоскопическую абляцию (ТА) и гибридное лечение (абляция, ГА) с вероятностью более высокой ча-



стоты успеха удержания и сохранения синусового ритма [3]. Несмотря на ряд исследований преимущества ТА, первой линией лечения ФП сохраняются методы катетерной абляции (КА) с применением современных технологий и систем картирования [3, 4].

Катетерная абляция стала широко распространенным методом лечения ФП, особенно у пациентов с симптоматической формой заболевания, устойчивой к медикаментозной терапии. КА предполагает радиочастотную абляцию или криоабляцию участков сердечной ткани, ответственных за поддержание аритмии, как правило, в области легочных вен [4, 5]. Несмотря на высокую эффективность КА у пациентов с пароксизмальной ФП, ее эффективность снижается у пациентов с длительно существующей персистирующей ФП и дилатированным левым предсердием (ЛП) [6, 7].

Хирургическая абляция, включая эпикардальную ТА, является альтернативным подходом к лечению ФП, который может быть более эффективным у пациентов с сопутствующей патологией сердца или неэффективностью КА [8]. ТА может быть выполнена как изолированно, так и в сочетании с другими кардиохирургическими процедурами, такими как аортокоронарное шунтирование или протезирование клапанов сердца. Однако ТА является более инвазивной процедурой, чем КА, и связана с более высоким риском осложнений [9].

В последние годы все большее внимание привлекает ГА, сочетающая в себе преимущества КА и ТА. ГА предполагает выполнение эпикардальной абляции хирургическим путем с последующей эндокардиальной абляцией с использованием катетерных технологий. Считается, что такой подход позволяет более полно воздействовать на аритмогенный субстрат в предсердиях и улучшить результаты лечения ФП [10].

Оценка эффективности различных методов абляции традиционно основывается на клинических и электрокардиографических критериях. Однако в последние годы возрастающий интерес вызывает использование технологии speckle-tracking-эхокардиографии (STE) – метода визуализации, позволяющего количественно оценить деформационные характеристики ЛП, включая резервуарную, кондуктивную и сократительную функции. В отличие от других методик, в частности тканевого доплера, speckle-tracking-эхокардиография предлагает угло-независимый подход, нивелируя эффект “привязки”. Это позволяет более точно оценить истинную деформацию сердечной мышцы. В ряде работ описано, что снижение параметров деформации ассоциировано с фиброзом предсердия и может служить прогностическим маркером рецидива ФП.

При этом вопрос о дифференциальной динамике показателей деформации после различных типов абляции остается открытым.

Цель исследования: оценка динамики деформации ЛП с применением методов speckle-tracking-эхокардиографии у пациентов, перенесших катетерное, торакоскопическое или гибридное лечение персистирующих и длительно персистирующих форм ФП.

Материал и методы

Дизайн исследования: проспективное одноцентровое нерандомизированное исследование, проведенное в 2022–2023 гг. на базе ФГБУ “НМИЦ хирургии им. А.В. Вишневского”. Протокол исследования был одобрен локальным этическим комитетом, все пациенты подписывали добровольное информированное согласие.

В исследование было включено 268 пациентов с персистирующей и длительно персистирующей формами ФП. Диагноз ФП выставлялся на основании современных рекомендаций и критериев, принятых международными медицинскими сообществами [3].

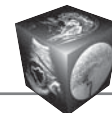
Диагностическим подтверждением клинической ФП считали задокументированную запись ФП на ЭКГ продолжительностью более 30 с.

Критерии включения: 1) пациенты с симптоматической персистирующей и длительно персистирующей формами ФП, рефрактерной к медикаментозной терапии; 2) EHRA III–IV

Критерии не включения: 1) гемодинамически значимый атеросклероз коронарных артерий; 2) врожденные и приобретенные пороки сердца; 3) ОНМК давностью не более 6 мес; 4) сердечная недостаточность со сниженной ФВ ЛЖ $<40\%$; 5) декомпенсированный сахарный диабет; 6) высокие риски кровотечения; 7) легочная гипертензия; 8) хроническая болезнь почек (скорость клубочковой фильтрации менее $60 \text{ мл/мин/1,73 м}^2$); 9) ранее перенесенные операции на органах грудной клетки или лучевая терапия.

Всем пациентам до включения в исследование был проведен комплекс инструментальных методов обследования, включавший: 1) компьютерную томографию легочных вен с контрастированием; 2) электрокардиографию в 12 отведениях; 3) суточное мониторирование ЭКГ по Холтеру; 4) трансторакальную эхокардиографию с включением метода speckle-tracking-эхокардиографии (STE).

Распределение по группам исследования было выполнено на основании используемого метода абляции. В группу КА было включено 80 пациентов, в группу ТА – 126 пациентов, в группу ГА – 62 пациента.



Протокол трансторакальной эхокардиографии

Трансторакальная эхокардиография (ТТ ЭхоКГ) выполнялась на аппарате PHILIPS CVX (Philips Healthcare, Нидерланды) с использованием датчика x5-1. Переднезадний диаметр ЛП измеряли в парастернальной проекции по длинной оси сердца в конце систолы. Площадь ЛП рассчитывалась из апикальной проекции в четырех- и двухкамерной проекции, но также с обязательной оценкой объема. Для достоверного измерения объема ЛП получали три основных показателя: 1) максимальный объем ЛП ($V_{\max}$) сразу перед открытием митрального клапана; 2) минимальный объем ЛП ($V_{\min}$) после закрытия митрального клапана и 3) объем предпредсердных сокращений (V_{preA}), измеренный в начале зубца Р на ЭКГ.

Также выполняли измерение активных показателей функционального состояния ЛП: 1) объем резервуара ЛП ($V_{\max} - V_{\min}$); 2) объем кондуита ЛП (общий ударный объем ЛЖ – резервуарный объем ЛП); 3) объем пассивного опорожнения ЛП ($V_{\max} - V_{\text{preA}}$); 4) сократительный объем ЛП ($V_{\text{preA}} - V_{\min}$). Согласно американским и европейским клиническим рекомендациям, по данным двухмерной эхокардиографии нормой считается LAVI не более 34 мл/м².

Протокол двухмерной speckle-tracking-эхокардиографии

Для анализа деформации ЛП использовали четырехкамерную проекцию, оценку оптимальных кадров подбирал специалист в режиме off-line. После отбора оптимальных записей программа автоматически генерировала область интересов, которую подвергали коррекции и сегментации вручную в соответствии с анатомией ЛП. После коррекции области интереса программа автоматически рассчитывала параметры деформации во всех фазах сердечного цикла. Так как у всех пациентов на момент оценки показателей деформации ЛП регистрировали устойчивую ФП, учитывали значения в резервуарную и конduitную фазы. Средняя частота изображения – 51,9 ± 8 кадров в секунду.

Зону интереса для speckle-tracking-анализа располагали от эндокардиальной поверхности с одной стороны фиброзного кольца митрального клапана, трассируя эндокардиальную поверхность ЛП до другой части фиброзного кольца митрального клапана, экстраполируя ее между устьями ушка ЛП и устьями легочных вен. При этом зону интереса располагали без захвата перикарда. Толщина зоны интереса при трассировке ЛП составляла не более 3 мм. После окончания трасси-

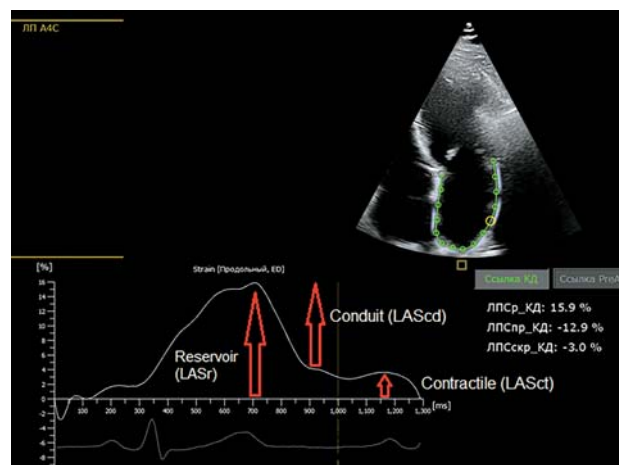


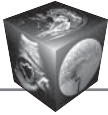
Рис. 1. Измерение показателей деформации ЛП в три фазы (резервуарную, конduitную и сократительную). На изображении представлен результат анализа функции ЛП с помощью speckle-tracking-эхокардиографии в апикальной четырехкамерной позиции. В верхней части визуализируется изображение ЛП с контуром, выделенным для идентификации движения миокарда. Нижняя часть содержит график деформации миокарда ЛП во времени, демонстрирующий три основные фазы: резервуарную, конduitную и сократительную.

Fig. 1. Measurement of LA strain parameters in three phases (reservoir, conduit, and contractile). The image shows the result of left atrial (LA) function analysis using speckle-tracking echocardiography in the apical four-chamber view. The upper part shows the LA image with a contour highlighted to identify myocardial motion. The lower part contains a graph of LA myocardial strain over time, demonstrating three main phases: reservoir, conduit, and contractile.

ровки зона интереса повторяла движение соответствующей ткани предсердий. Если этого не наблюдалось, то выполняли дополнительную корректировку контура зоны интереса. При невозможности выполнить оптимальную корректировку изменяли кадр.

У всех пациентов за нулевую точку отсчета принимали комплекс QRS, так как на момент исследования до операции по ЭКГ у всех пациентов, включенных в исследование, регистрировалась устойчивая ФП.

Все исследования выполнялись одним опытным специалистом. Для оценки использовались апикальные проекции. Глобальную продольную деформацию ЛП анализировали для каждой фазы: резервуарной (LASr), конduitной (LAScd) и сократительной (LASct) (рис. 1). ТТ ЭхоКГ и speckle-tracking-анализ проводили на дооперационном этапе, на следующий день после операции, а также через 3, 6, 12 и 24 мес после оперативного вмешательства.



Протоколы процедур абляции

Торакоскопическая абляция выполнялась по схеме “Box lesion” с одномоментной ампутацией ушка ЛП в условиях кардиохирургической операционной. Более детальные этапы ТА ФП изложены в предыдущих работах [11, 12].

Катетерные абляции проводились под комбинированной анестезией в условиях рентгеноперационной. У всех пациентам выполнялась антральная изоляция устьев легочных вен с применением систем высокоплотного картирования. Дополнительные линии абляции выполнялись по решению оператора. Все операции проводились одним опытным хирургом.

Гибридное (этапное) лечение ФП включало в себя два этапа. Первым этапом выполнялась ТА по схеме “Box lesion” с одномоментной ампутацией ушка ЛП. Вторым этапом (вне зависимости от срыва ритма ФП) через 3 мес после первого этапа проводилось высокоплотное картирование, во время которого выполняли построение вольтажной и активационной карт ЛП. При необходимости производились дополнительные абляции – линии на крыше, митральном перешейке либо абляции очагов предсердной тахикардии. При выявлении остаточной активности в легочных венах проводилась их доизоляция. При наличии типичного трепетания предсердий выполнялась абляция кавотрикуспидального перешейка.

Первичная конечная точка исследования

Эффективность ТА ФП оценивалась через 3, 6, 12 мес и далее ежегодно по данным суточного холтеровского мониторирования ЭКГ.

Процедура считалась успешной при отсутствии любой предсердной тахикардии (ФП, атипичное трепетание предсердий и наджелудочковой тахикардии) продолжительностью более 30 с. Показанием к выполнению дополнительных КА после ТА являлась устойчивая аритмия, “нагрузка” ФП (AF “burden”) продолжительностью более 30 с при бессимптомном течении не считалась показанием к выполнению КА, пациентам проводилась коррекция антиаритмической терапии.

Запись ЭКГ рекомендовалось выполнять при любом симптоматическом учащенном неритмичном сердцебиении. Из исследования исключался “слепой” период в течение первых 3 мес после операции.

Статистический анализ

Статистический анализ и визуализация полученных данных проводились с использованием среды для статистических вычислений R 4.4.0

(R Foundation for Statistical Computing, Вена, Австрия).

Описательные статистики представлены в виде абсолютных и относительных для качественных переменных и среднего (стандартное отклонение) и медианы (1-й и 3-й квартили) в зависимости от нормальности распределения – для количественных. Соответствие выборочного распределения количественных переменных нормальному распределению проводилось с использованием теста Шапиро–Уилка, кроме того, производилась оценка коэффициента асимметрии (в качестве критического значения использовали абсолютное значение коэффициента $>1,96$) и визуальная оценка с использованием гистограмм и графиков квантиль-квантиль.

Для сравнения групп в отношении количественных показателей использовались однофакторный дисперсионный анализ (с t-тестом Уэлча в качестве post hoc метода) и тест Краскела–Уоллиса (с тестом Данна в качестве post hoc метода), в отношении качественных – тест χ^2 Пирсона и точный тест Фишера (при минимальном ожидаемом числе наблюдений в ячейках таблицы сопряженности менее 5). При проведении множественных попарных сравнений использовалась поправка Холма.

Для оценки оптимального порога для количественных переменных использовалась J-статистика Юдена. Для анализа выживаемости использовали метод Каплана–Мейера, лог-ранговый тест и однофакторные модели пропорциональных рисков Хокса.

При проведении многофакторного анализа в модель в качестве предикторов включались переменные, для которых p-значение в однофакторном анализе было меньше 0,1, кроме того, из отобранных предикторов осуществлялся дальнейший пошаговый отбор с исключением на основании информационного критерия Акаике (AIC). Для оценки мультиколлинеарности предикторов использовался фактор инфляции дисперсии (VIF).

Результаты исследования

Всего было обследовано 268 пациентов, из которых 126 пациентам была выполнена ТА, 80 пациентам – КА и 62 пациента получили гибридный метод. Клинические данные пациентов представлены в табл. 1.

Статистически значимых отличий по основным клиническим характеристикам между пациентами до проведения абляции в трех группах исследования не было получено (табл. 2).



При проведении сравнительной характеристики эхокардиографических параметров была выявлена статистически значимая разница у некоторых показателей (табл. 3). У пациентов группы ГА наблюдалась закономерность возникновения большего переднезаднего размера ЛП – 44 мм (41; 49 мм) по сравнению с результатами КА 40 мм (38; 44 мм), $p = 0,003$ и ТА 42 мм (39; 47 мм), $p = 0,073$. Хотя сравнение между показателями ТА и КА по этому показателю было статистически незначимым ($p = 0,073$), наименьший медианный переднезадний размер ЛП отмечался

в группе КА (40 мм) по сравнению с ТА (42 мм) и ГА (44 мм). Это может свидетельствовать о менее выраженном линейном ремоделировании ЛП у пациентов группы КА (рис. 2).

Также в группе ГА были статистически значимо выше показатели максимального объема – 84,8 (71; 100,3) мл и минимального объема – 57 (42,8; 67,3) мл по сравнению с группой ТА – 73,7 (59,7; 93) мл и 40,3 (31; 58) мл ($p = 0,051$ и $0,002$ соответственно) и КА 60 (51,1; 87) мл и 35 (27,3; 49,8) мл ($p = 0,002$ и $<0,001$ соответственно) (см. рис. 2).

Таблица 1. Клиническая характеристика пациентов ($n = 268$)

Table 1. Clinical characteristics of patients ($n = 268$)

Показатель Indicator		
Пол (муж.) / Gender (male)	n (%)	179 (66.8%)
Возраст, годы / Age, years	Me (IQR)	62 (54; 68)
Форма ФП / Form of FP: персистирующая / persistent длительно персистирующая / long-term persistent	n (%)	120 (44.8%) 148 (55.2%)
Анамнез ФП, годы / History of AF, years	Me (IQR)	4 (2; 9)
EHRA по Wynn (баллов) / EHRA по Wynn (points): III IV	n (%)	219 (81.7%) 49 (18.3%)
ОНМК/ТИА / ASC/TIA	n (%)	12 (4.5%)
Сахарный диабет / Diabetes Mellitus	n (%)	28 (10.5%)
Гипертоническая болезнь/ Hypertension	n (%)	189 (70.5%)
ХСН / CHF: II–III ФК по NYHA / II–III FC according to NYHA	n (%)	182 (68.0%)
Предшествующие КА / Previous KA	n (%)	41 (15.3%)
Антиаритмическая терапия / Antiarrhythmic therapy: IC II III IV	n (%)	246 (91.8%) 40 (14.9%) 116 (43.3%) 110 (41.0%) 6 (2.2%)
Антикоагулянтная терапия / Anticoagulant therapy: апиксабан / apixaban ривароксабан / rivaroxaban дабигатран / dabigatran варфарин / warfarin	n (%)	268 (100.0%) 122 (45.5%) 42 (15.7%) 92 (34.3%) 12 (4.5%)
CHA ₂ DS ₂ -VASc, баллы/points	Me (IQR)	2 (2; 3)
HAS-BLED, баллы/points	Me (IQR)	1 (1; 1)

Примечание. Здесь и в табл. 2: ФП – фибрилляция предсердий; ОНМК – острое нарушение мозгового кровообращения; ТИА – транзиторная ишемическая атака; КА – катетерная абляция; ФК – функциональный класс; ХСН – хроническая сердечная недостаточность.

Note. Here and in table 2: AF – atrial fibrillation; ASC – acute cerebrovascular accident; TIA – transient ischemic attack; CA – catheter ablation; FC – functional class; CHF – chronic heart failure.

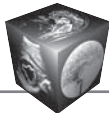


Таблица 2. Сравнительная клиническая характеристика пациентов в группах гибридной (этапной), торакоскопической и катетерной абляции

Table 2. Comparative clinical characteristics of patients in the group of hybrid (staged) ablation, thoracoscopic ablation and catheter ablation

Характеристика Characteristic	KA KA n = 80	TA TA n = 126	ГА GA n = 62	p-value
Пол (муж.) / Gender (male)	n (%)	73 (57.9%)	36 (58.1%)	0.101
Возраст, годы / Age, years	Me (IQR)	63 (56; 69)	57 (51; 63)	0.094
Форма ФП / Form of FP: персистирующая / persistent длительно персистирующая / long-term persistent	n (%)	58 (46%) 68 (54%)	28 (45.2%) 34 (54.8%)	0.926
Анамнез ФП, годы / History of AF, years	Me (IQR)	5 (3; 10)	5 (3; 9)	0.086
ОНМК/ТИА / ASC/TIA	n (%)	10 (7.9%)	0 (0%)	0.224
Сахарный диабет / Diabetes Mellitus	n (%)	18 (14.3%)	6 (9.7%)	0.305
Гипертоническая болезнь / Hypertension	n (%)	103 (81.7%)	42 (67.7%)	0.126
Антиаритмическая терапия / Antiarrhythmic therapy: IC	n (%)	118 (93.7%)	56 (90.3%)	0.577
II		24 (19%)	12 (19.4%)	0.097
III		58 (46%)	18 (29%)	0.165
IV		46 (36.5%)	28 (45.2%)	0.499
Антикоагулянтная терапия / Anticoagulant therapy: апиксабан / apixaban		6 (4.8%)	0 (0%)	0.315
ривароксабан / rivaroxaban		116 (92.1%)	30 (96.8%)	0.767
дабигатран / dabigatran		50 (39.7%)	14 (45.2%)	0.231
варфарин / warfarin		12 (9.5%)	5 (16.1%)	0.290
Предшествующие КА / Previous KA	n (%)	46 (36.5%)	10 (32.3%)	0.844
CHA ₂ DS ₂ -VASC, баллы/points	Me (IQR)	8 (6.3%)	1 (3.2%)	0.719
HAS-BLED, баллы/points	Me (IQR)	39 (31%)	–	<0.001*
		3 (2; 4)	2 (1; 3)	0.231
		1 (1; 1)	0 (0; 1)	0.391



Таблица 3. Сравнительная характеристика показателей, полученных при эхокардиографическом исследовании у пациентов разных групп

Table 3. Comparative characteristics of the indicators obtained during echocardiographic examination in patients of different groups

Характеристика Characteristic		КА KA n = 80	ТА TA n = 126	ГА GA n = 62	p-value
КДО, мл / EDV, ml КСО, мл / ESV, ml КДР, мм / EDd mm КСР, мм / ESd, mm ФВ ЛЖ, % / LVEF, %	Me (IQR))	116.5 (102; 138)	123 (103.5; 148.5)	121 (106; 157)	0.389
	Me (IQR)	42 (35.5; 48.5)	45 (39; 57.5)	50.5 (43.3; 62)	0.071
	Me (IQR)	52 (49.3; 53.8)	52 (50; 56)	51 (49; 56.3)	0.543
	Me (IQR)	33 (31; 35)	34 (32; 37)	34.5 (31; 37.3)	0.083
	mean $\pm$ SD	64.2 ($\pm$ 5.3)	62.1 ($\pm$ 6.4)	59.6 ($\pm$ 6.4)	0.078
Переднезадний размер ЛП, мм Anterior-posterior size of the LA, mm	Me (IQR)	40 (38; 44)	42 (39; 47)	44 (41; 49)	0.084
Объем ЛП, мл / Volume of LA, ml: максимальный / maximum минимальный / minimum	Me (IQR)	60 (51.1; 87) 35 (27.3; 49.8)	73.7 (59.7; 93) 40.3 (31; 58)	84.8 (71; 100.3) 57 (42.8; 67.3)	0.003* <0.001*
	ФВ ЛП / LA EF, %	41.7 (40.6; 52.7)	45.3 (42.1; 57.9)	32.8 (28.7; 38.3)	0.065
ИОЛП / LAVI, мл/м ² Е-волна / E-wave А-волна / A-wave e' a' E/e'	Me (IQR)	39.8 (32.0; 49.1)	38.2 (29.8; 51.9)	34.8 (31.4; 38.8)	0.069
	Me (IQR)	68 (55; 82)	60.9 (46.3; 73)	66.7 (52.4; 81)	0.074
	Me (IQR)	54 (49.5; 60.5)	56 (48; 66)	44 (39.3; 53.3)	0.015*
	Me (IQR)	12.6 (9.8; 15)	10.2 (7.2; 13.6)	12.5 (9; 14.6)	0.007*
	Me (IQR)	7.6 (5.9; 10)	7.8 (6; 9.7)	5 (3.9; 7.4)	0.065
	Me (IQR)	6 (4.2; 6.5)	6 (4.5; 8)	6 (4.2; 7.1)	0.065

Примечание. * – статистически значимая разница между группами ($p < 0.05$). КДО – конечный диастолический объем; КСО – конечный систолический объем; КСР – конечный систолический размер; КДР – конечный диастолический размер; ФВ ЛП – фракция выброса левого предсердия; ФВ ЛЖ – фракция выброса левого желудочка; ЛП – левое предсердие; ФВ ЛП – фракция выброса левого предсердия.

Note. * – statistically significant difference between groups ($p < 0.05$). EDV – end-diastolic volume; ESV – end-systolic volume; ESD – end-systolic dimension; EDD – end-diastolic dimension; LVEF – left ventricular ejection fraction; LA EF – left atrial ejection fraction.

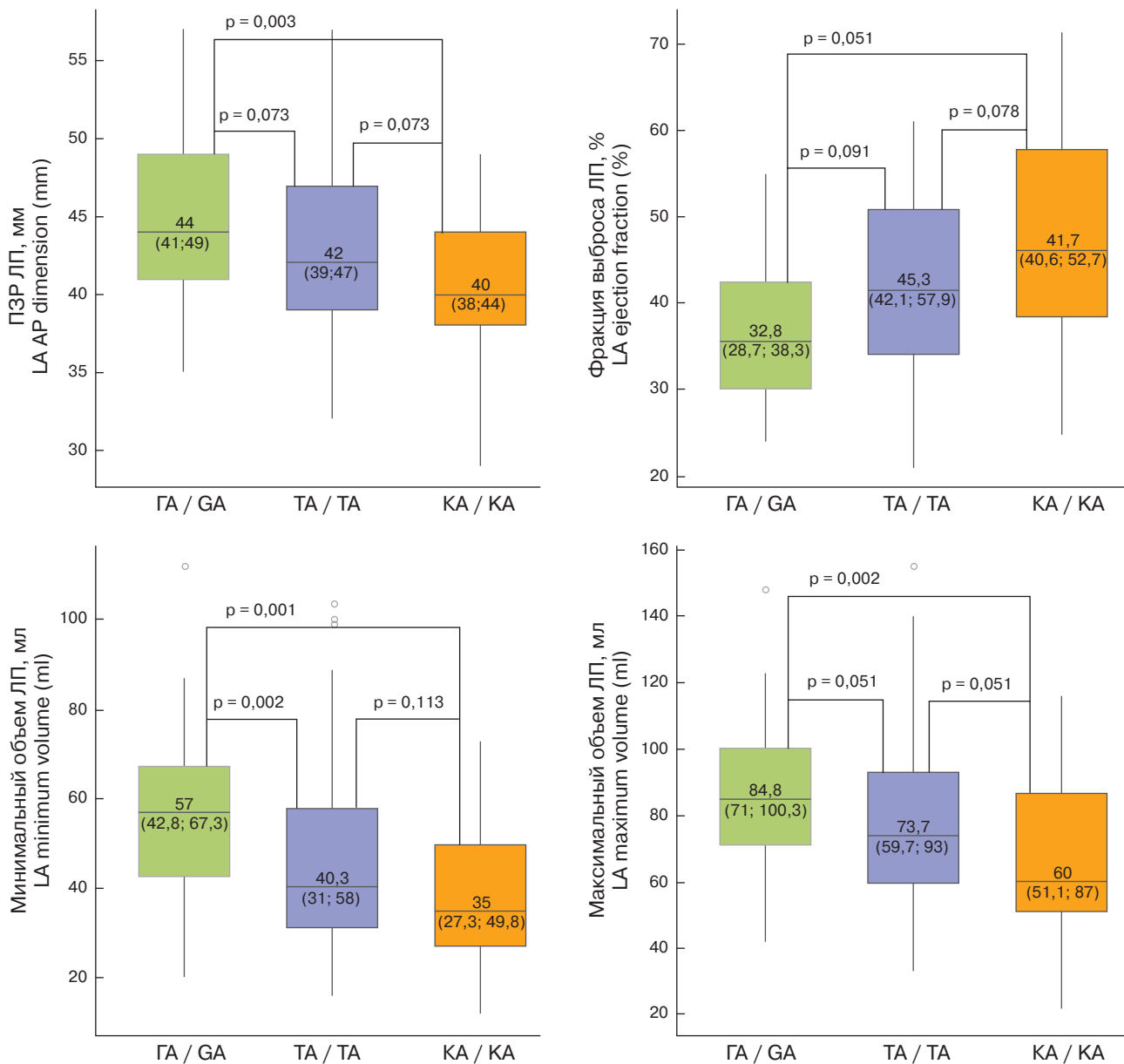
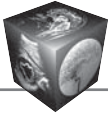


Рис. 2. Показатели переднезаднего размера (ПЗР) ЛП, максимального и минимального объемов ЛП, ФВ ЛП по данным трансторакальной эхокардиографии в группах исследования.

Fig. 2. Indicators of the anterior-posterior size of the left atrium, maximum and minimum volumes of the left atrium, LVEF according to transthoracic echocardiography data in the study groups. *Explanation:* AP – anterior-posterior dimension; LA – left atrium; EF LA – left atrial ejection fraction.

Фракция выброса, или опустошения, ЛП (ФВ ЛП) рассчитывалась на основании данных максимального и минимального объемов ЛП и составила в группе КА 41,7 (40,6; 52,7)%, в группе ТА 45,3 (42,1; 57,9)% и группе ГА 32,8 (28,7; 38,3)% при $p = 0,065$. Статистически достоверных различий между группами по данным ФВ ЛП также не получено (см. рис. 2). Также статистически значимых различий не выявлено для параметра индек-

са объема ЛП (ИОЛП), который составил в группе КА 39,8 мм (32,0; 49,1), в группах ТА и ГА 38,2 мм (29,8; 51,9 мм) и 34,8 мм (31,4; 38,8 мм) соответственно (см. табл. 3).

Статистически значимой разницы в показателях левого желудочка (КДО, КСО, КДР, КСР, ФВ ЛЖ) в различных группах выявлено не было (см. табл. 3). Сравнивая группы пациентов по показателям диастолической функции левого желудочка, мы выя-



вили, что статистически значимо меньшие значения показателя e' выявлены в группе ТА – 10,2 (7,2; 13,6) по сравнению с пациентами, которым была проведена КА $e'=12,6$ (9,8; 15,0) и ГА $e'=12,5$ (9; 14,6) ($p = 0,007$). В табл. 4–6 представлена динамика изменения показателей деформации ЛП в группах КА, ТА и ГА соответственно.

Сравнительный анализ показал, что до проведения абляции резервуарная деформация ЛП была ниже в группе ГА – 13,9 (9,2; 20,8) по сравнению с результатами КА – 18,8 (12,9; 30,6) и ТА – 19,1 (10,2; 26,3), при представлении групповых

показателей значимых отличий установлено не было ($p = 0,191$).

Несмотря на то что до абляции у пациентов группы ГА отмечалась наименьшая деформация ЛП в резервуарную фазу, через 24 мес после процедуры наблюдалось наибольшее улучшение этого показателя, достигшего значения 25,8 (6,1; 27,3). Это может свидетельствовать о постепенном восстановлении механики предсердия у данной группы пациентов в долгосрочном периоде.

После абляции кондуктная функция предсердия заметно увеличивается, особенно в группе КА.

Таблица 4. Динамика изменения показателей деформации левого предсердия по данным speckle-tracking-эхокардиографии в группе катетерной абляции в течение двухлетнего периода наблюдения

Table 4. Dynamics of changes in left atrial deformation parameters according to speckle tracking echocardiography data in the catheter ablation group during a two-year observation period

Показатель Indicator	До операции Before surgery	После операции After surgery	Через 3 мес After 3 months	Через 6 мес After 6 months	Через 12 мес After 12 months	Через 24 мес After 24 months	p- value
Резервуарная фаза Reservoir phase	18.8 (12.9; 30.6)	13.9 (7.5; 19.4)	28.3 (27.4; 28.4)	24.3 (14.7; 27.4)	24.8 (15.1; 28.2)	23.9 (13.9; 26.7)	0.528
Кондуктная фаза Conduit phase	-6.8 (-11.2; -5.7)	-5.3 (-9.9; -2.3)	-8.9 (-10.6; -8.6)	-9.1 (-11.6; -8.7)	-9.4 (-12.4; -8.2)	-9.5 (-12.8; -8.0)	0.048
Контрактивная фаза* Contractile phase*	–	-8.4 (-14.5; -7.1)	-13.3 (-14.3; -10.1)	-14.2 (-15.8; -10.7)	-14.1 (-16.1; -11.2)	-12.1 (-14.9; -10.4)	0.126

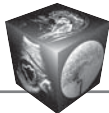
Примечание. Здесь и в табл. 5, 6: * – для пациентов с устойчивым синусовым ритмом.

Note. Here and in table 5, 6: * – for patients with stable sinus rhythm.

Таблица 5. Динамика изменения показателей деформации левого предсердия по данным speckle-tracking-эхокардиографии в группе торакоскопической абляции в течение двухлетнего периода наблюдения

Table 5. Dynamics of changes in left atrial deformation parameters according to speckle-tracking echocardiography data in the thoracoscopic ablation group during a two-year observation period

Показатель Indicator	До операции Before surgery	После операции After surgery	Через 3 мес After 3 months	Через 6 мес After 6 months	Через 12 мес After 12 months	Через 24 мес After 24 months	p- value
Резервуарная фаза Reservoir phase	19.1 (10.2; 26.3)	13 (7.6; 21.2)	16.1 (8.6; 22.3)	17.2 (13.4; 24)	15.4 (13.3; 20.7)	16.7 (13.1; 22.7)	0.104
Кондуктная фаза Conduit phase	-3.1 (-7.0; -0.8)	-3.8 (-7.5; -0.9)	-4.6 (-8.1; -2.3)	-6.6 (-8.9; -3.9)	-5.2 (-8.1; -3.3)	-6.1 (-8.6; -3.6)	0.498
Контрактивная фаза* Contractile phase*	–	-10.1 (-15.2; -5.3)	-10.8 (-15.0; -6.4)	-11.1 (-14.9; -7)	-12.2 (-14.1; -8.1)	-12.5 (-14.4; -8.4)	0.564

**Таблица 6.** Динамика изменения показателей деформации левого предсердия по данным speckle-tracking-эхокардиографии в группе гибридного лечения в течение двухлетнего периода наблюдения**Table 6.** Dynamics of changes in left atrial deformation indices according to speckle-tracking echocardiography data in the hybrid treatment group during a two-year observation period

Показатель Indicator	До операции Before surgery	После операции After surgery	Через 3 мес After 3 months	Через 6 мес After 6 months	Через 12 мес After 12 months	Через 24 мес After 24 months	p- value
Резервуарная фаза Reservoir phase	19.1 (10.2; 26.3)	13 (7.6; 21.2)	16.1 (8.6; 22.3)	17.2 (13.4; 24)	15.4 (13.3; 20.7)	16.7 (13.1; 22.7)	0.104
Конduitная фаза Conduit phase	-3.1 (-7.0; -0.8)	-3.8 (-7.5; -0.9)	-4.6 (-8.1; -2.3)	-6.6 (-8.9; -3.9)	-5.2 (-8.1; -3.3)	-6.1 (-8.6; -3.6)	0.498
Контрактивная фаза* Contractile phase*	–	-10.1 (-15.2; -5.3)	-10.8 (-15.0; -6.4)	-11.1 (-14.9; -7)	-12.2 (-14.1; -8.1)	-12.5 (-14.4; -8.4)	0.564

Таблица 7. Оценка эффективности различных методов фибрилляции предсердий в различные периоды времени**Table 7.** Evaluation of the effectiveness of different methods of atrial fibrillation at different time periods

Время, мес Time, months	Все пациенты All patients (n = 268)	ГА GA (n = 62)	ТА TA (n = 126)	КА KA (n = 80)
3	97.5% [95.3; 99.7]	100% [100; 100]	100% [100; 100]	96% [92.7; 99.5]
6	90.9% [86.9; 95]	95% [88.5; 100]	90.3% [80.5; 100]	89.7% [84.5; 95.2]
12	83.8% [78.8; 89.1]	95% [88.5; 100]	74.2% [60.3; 91.3]	82.5% [76.2; 89.4]
24	81.2% [75.9; 86.9]	95% [88.5; 100]	71% [56.7; 88.9]	79.4% [72.6; 86.8]
36	81.2% [75.9; 86.9]	95% [88.5; 100]	71% [56.7; 88.9]	79.4% [72.6; 86.8]

Это может указывать на то, что в этой группе определяются наиболее благоприятные условия для восстановления нормальной предсердной гемодинамики.

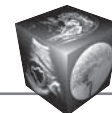
В отдаленном периоде наблюдения восстановление сократительной функции ЛП более выражено в группе КА, чем после ТА или ГА, что может свидетельствовать о наиболее выраженном восстановлении сократительной функции ЛП в долгосрочной перспективе.

Общая эффективность абляции составила 81,2% при среднем периоде наблюдения 27,8 мес ($\pm 12,4$ мес). За два года наблюдения наилучшие результаты в виде свободы от тахикардий были зафиксированы в группе ГА (95,0%), в то время как в группах ТА и КА этот показатель составил 71,0 и 79,4% соответственно (табл. 7).

Обсуждение

Результаты нашего исследования демонстрируют, что ГА обеспечивает наиболее высокую эффективность в лечении непароксизмальной ФП по сравнению с КА и ТА. Эти данные согласуются с результатами ряда исследований, подчеркивающих преимущества гибридного подхода, особенно у пациентов с длительно существующей персистирующей ФП и увеличенным ЛП [10, 13].

В то время как КА является широко распространенным методом лечения ФП, ее эффективность снижается у пациентов с более сложными формами заболевания, такими как длительно существующая персистирующая ФП [6]. ТА, хотя и может быть более эффективной в достижении свободы от аритмии у этой группы пациентов, сопряжена с более высоким риском осложнений



и более длительным периодом восстановления [9, 14].

Метаанализ, включающий в себя 6 рандомизированных контролируемых исследований, показал, что КА была связана с более частыми рецидивами предсердных аритмий по сравнению с ТА, но была связана с меньшим количеством общих серьезных неблагоприятных событий [8]. В анализе подгрупп КА была связана с увеличением рецидивов ФП при рефрактерной пароксизмальной ФП по сравнению с ТА, но не при персистирующей ФП.

В известном исследовании 2021 г. CASA-AF авторы не нашли никаких доказательств, позволяющих предположить, что результаты ТА в отдельности превосходят результаты КА в достижении свободы от предсердной аритмии после одной процедуры без антиаритмических препаратов [15]. Более того, ТА была связана с более длительным пребыванием в больнице, меньшим улучшением качества жизни и более высокими расходами на здравоохранение, чем КА.

Однако ГА, сочетающая в себе преимущества обоих подходов, позволяет достичь более полной абляции аритмогенного субстрата в предсердиях [10]. Хирургический компонент ГА обеспечивает доступ к эпикардиальным структурам, недоступным для КА, таким как ганглионарные сплетения и эпикардиальные волокна, в то время как катетерный компонент позволяет выполнить прицельную абляцию эндокардиальных зон интереса и верифицировать блокаду легочных вен [16].

В исследовании С. Yu и соавт. (2024) авторы изучали эффективность биатриальной ГА и КА у пациентов с непароксизмальными формами ФП и увеличенным ЛП и получили результаты, подтверждающие большую эффективность ГА, чем КА, у пациентов данной группы [6].

В исследовании CEASE-AF сравнивали результаты ГА по сравнению с КА, в том числе повторной, у пациентов с персистирующей и длительно персистирующей ФП. Первичная эффективность составила 71,6% в ГА против 39,2% в КА, без значительного увеличения риска процедуры [17].

В исследовании H.R. Khan у всех пациентов после абляции отмечалось уменьшение объемных показателей ЛП, однако в группе с сохранением синусового ритма произошло улучшение показателей функции ЛП во всех трех фазах, при этом сократительная деформация ЛП через 3 мес была наиболее важным фактором, определяющим рецидив ФП после абляции [7]. Это подчеркивает важность оценки функции ЛП как предиктора успеха абляции и как маркера ремоделирования предсердий после процедуры.

В работе, исследующей функцию ЛП после ТА у пациентов с пароксизмальной формой ФП, авторы отметили улучшение показателей деформации ЛП [18].

Ряд исследований продемонстрировал, что пиковая деформация ЛП является независимым предиктором фиброза ЛП [19–21]. В исследовании с участием 1025 пациентов было показано, что снижение пиковой деформации ниже 12,5% являлось предиктором рецидива ФП с чувствительностью 80% и специфичностью 87% [22]. В другом исследовании авторы продемонстрировали, что высокие показатели деформации и скорости деформации ЛП после процедуры КА являются прогностически благоприятными факторами поддержания синусового ритма после операции [23].

Полученные результаты позволяют предположить, что ГА может быть оптимальным методом лечения для пациентов с непароксизмальной ФП, особенно при наличии факторов, снижающих эффективность КА, таких как длительно существующая персистирующая ФП, увеличение ЛП и выраженный фиброз предсердий.

Заключение

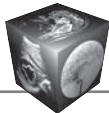
Прогрессивное улучшение резервуарной функции ЛП после процедуры гибридного лечения ФП и тенденция к изменению показателей кондуктивной и контрактильной функций ЛП после процедур катетерной абляции по результатам speckle-tracking-эхокардиографии свидетельствуют о различных влияниях на функциональное состояние миокарда ЛП в зависимости от применяемого метода абляции.

Исходя из представленных результатов исследования следует отметить, что анализ деформации ЛП может являться информативным методом для оценки функционального состояния предсердий после абляции, позволяющим объективно сравнивать эффективность различных лечебных подходов. Однако необходимы последующие исследования для подтверждения этих результатов и определения оптимальной стратегии применения гибридной абляции в клинической практике исключительно в отношении непароксизмальных форм ФП.

Участие авторов

Кадырова М. – концепция и дизайн исследования, проведение исследования, ответственность за целостность всех частей статьи.

Ялова Е.В. – проведение исследования, сбор и обработка данных, обзор публикаций по теме статьи, написание текста, анализ и интерпретация полученных данных.



Ярош М.В. – сбор и обработка данных, обзор публикаций по теме статьи, участие в научном дизайне.

Стребкова Е.Д. – концепция и дизайн исследования, обзор публикаций по теме статьи, написание текста, анализ и интерпретация полученных данных, ответственность за целостность всех частей статьи.

Ревишвили А.Ш. – утверждение окончательного варианта статьи, участие в научном дизайне.

Authors' participation

Kadyrova M. – concept and design of the study, conducting research, responsibility for the integrity of all parts of the article.

Yalova E.V. – conducting research, collection and analysis of data, review of publications, writing text, analysis and interpretation of the obtained data.

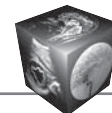
Yarosh M.V. – collection and analysis of data, review of publications, participation in scientific design.

Strebkova E.D. – concept and design of the study, review of publications, writing text, analysis and interpretation of the obtained data, responsibility for the integrity of all parts of the article.

Revishvili A.Sh. – approval of the final version of the article, participation in scientific design.

Список литературы [References]

1. Chugh S.S., Havmoeller R., Narayanan K. et al. Worldwide epidemiology of atrial fibrillation: a Global Burden of Disease 2010 Study. *Circulation*. 2014; 129 (8): 837–847. <http://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.113.005119>
2. Аракелян М.Г., Бокерия Л.А., Васильева Е.Ю., Голицын С.П., Голухова Е.З., Горев М.В., Давтян К.В., Драпкина О.М., Кропачева Е.С., Кучинская Е.А., Лайович Л.Ю., Миронов Н.Ю., Мишина И.Е., Панченко Е.П., Ревишвили А.Ш., Рзаев Ф.Г., Татарский Б.А., Уцумева М.Д., Шахматова О.О., Шлевков Н.Б., Шпектор А.В., Андреев Д.А., Артюхина Е.А., Барбараш О.Л., Галявич А.С., Дупляков Д.В., Зенин С.А., Лебедев Д.С., Михайлов Е.Н., Новикова Н.А., Попов С.В., Филатов А.Г., Шляхто Е.В., Шубик Ю.В. Фибрилляция и трепетание предсердий. Клинические рекомендации 2020. *Российский кардиологический журнал*. 2021; 26 (7): 4594. <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2021-4594>
Arakelyan M.G., Bockeria L.A., Vasilieva E.Yu. et al. 2020 Clinical guidelines for Atrial fibrillation and atrial flutter. *Russian Journal of Cardiology*. 2021; 26 (7): 4594. <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2021-4594> (In Russian)
3. Van Gelder I.C., Rienstra M., Bunting K.V. et al.; ESC Scientific Document Group. 2024 ESC Guidelines for the management of atrial fibrillation developed in collaboration with the European Association for Cardio-Thoracic Surgery (EACTS). *Eur. Heart J.* 2024; 45 (36): 3314–3414. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehae176>
4. Lafuente-Lafuente C., Mouly S., Long s-Tejero M.A. et al. Antiarrhythmic drugs for maintaining sinus rhythm after cardioversion of atrial fibrillation: a systematic review of randomized controlled trials. *Arch. Intern. Med.* 2006; 166 (7): 719–728. <https://doi.org/10.1001/archinte.166.7.719>
5. Calkins H., Hindricks G., Cappato R. et al. 2017 HRS/EHRA/ECAS/APHRS/SOLAECE expert consensus statement on catheter and surgical ablation of atrial fibrillation. *Heart Rhythm*. 2017; 14 (10): e275–e444. <https://doi.org/10.1016/j.hrthm.2017.05.012>
6. Yu C., Li H., Zeng Z. et al. Hybrid Biatrial Ablation Versus Catheter Ablation for Patients With Nonparoxysmal Atrial Fibrillation and Enlarged Left Atrium. *Innovations (Phila)*. 2024; 19 (5): 511–519. <https://doi.org/10.1177/15569845241275161>
7. Khan H.R., Yakupoglu H.Y., Kralj-Hans I. et al.; CASA AF Investigators. Left Atrial Function Predicts Atrial Arrhythmia Recurrence Following Ablation of Long-Standing Persistent Atrial Fibrillation. *Circ. Cardiovasc. Imaging*. 2023; 16 (6): e015352. <https://doi.org/10.1161/CIRCIMAGING.123.015352>
8. Rattanawong P., Kanitsoraphan C., Kewcharoen J. et al. Surgical versus catheter ablation in atrial fibrillation: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *J. Cardiovasc. Electrophysiol.* 2022; 33 (10): 2152–2163. <https://doi.org/10.1111/jce.15617>
9. Kim H.J., Kim J.S., Kim T.S. Epicardial thoracoscopic ablation versus endocardial catheter ablation for management of atrial fibrillation: a systematic review and meta-analysis. *Interact. Cardiovasc. Thorac. Surg.* 2016; 22 (6): 729–737. <https://doi.org/10.1093/icvts/ivw027>
10. van der Heijden C.A.J., Webernd rfer V., Vroomen M. et al. Hybrid Ablation Versus Repeated Catheter Ablation in Persistent Atrial Fibrillation: A Randomized Controlled Trial. *JACC Clin. Electrophysiol.* 2023; 9 (7, Pt 2): 1013–1023. <https://doi.org/10.1016/j.jacep.2022.12.011>
11. Ревишвили А.Ш., Стребкова Е.Д., Артюхина Е.А., Малышенко Е.С., Новиков М.А., Кадырова М. Эффективность торакоскопического лечения непароксизмальных форм фибрилляции предсердий. *Вестник аритмологии*. 2023; 30 (3): 23–31. <https://doi.org/10.35336/VA-1160>
Revishvili A.Sh., Strebkova E.D., Artyukhina E.A. et al. The effectiveness of thoracoscopic treatment of non-paroxysmal atrial fibrillation. *Journal of Arrhythmology*. 2023; 30 (3): 23–31. <https://doi.org/10.35336/VA-1160> (In Russian)
12. Стребкова Е.Д., Ревишвили А.Ш., Малышенко Е.С., Артюхина Е.А., Попов В.А., Новиков М.А., Ялова Е.В., Бондурко К.Э., Кармазановский Г.Г., Кадырова М. Отдаленные результаты торакоскопического лечения фибрилляции предсердий. *Вестник аритмологии*. 2023; 30 (2): 59–69. <https://doi.org/10.35336/VA-2023-2-08>
Strebkova E.D., Revishvili A.Sh., Malishenko E.S. et al. Long-term outcomes of thoracoscopic ablation for atrial fibrillation. *Journal of Arrhythmology*. 2023; 30 (2): 59–69. <https://doi.org/10.35336/VA-2023-2-08> (In Russian)
13. Yi S., Liu X., Wang W. et al. Thoracoscopic surgical ablation or catheter ablation for patients with atrial fibrillation? A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Interact. Cardiovasc. Thorac. Surg.* 2020; 31 (6): 763–773. <https://doi.org/10.1093/icvts/ivaa203>
14. Wang T.K.M., Liao Y.B., Wang M.T.M., Martin A. Catheter vs thoracoscopic ablation for atrial fibrillation: Meta-analysis of randomized trials. *J. Arrhythm.* 2020; 36 (4): 789–793. <https://doi.org/10.1002/joa3.12394>
15. Haldar S., Khan H.R., Boyalla V. et al. Thoracoscopic surgical ablation versus catheter ablation as first-line



- treatment for long-standing persistent atrial fibrillation: the CASA-AF RCT. *Southampton (UK): NIHR J. Library.* 2021; 8 (18). <https://doi.org/10.3310/eme08180>. PMID: 34726873
16. Baudo M., Petrucci R.D., D'Alonzo M. et al. Rhythm outcomes of minimally-invasive off-pump surgical versus catheter ablation in atrial fibrillation: A meta-analysis of reconstructed time-to-event data. *Int. J. Cardiol.* 2023; 376: 62–75. <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2023.02.008>
 17. Doll N., Weimar T., Kosior D.A. et al. Efficacy and safety of hybrid epicardial and endocardial ablation versus endocardial ablation in patients with persistent and longstanding persistent atrial fibrillation: a randomised, controlled trial. *EClinicalMedicine.* 2023; 61: 102052. <https://doi.org/10.1016/j.eclim.2023.102052>
 18. La Meir M., Gelsomino S., Luc F. et al. Improvement of left atrial function and left atrial reverse remodeling after minimally invasive radiofrequency ablation evaluated by 2-dimensional speckle tracking echocardiography. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2013; 146 (1): 72–77. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2012.05.068>
 19. Makino N., Nishino M., Lee Y. et al. Left Atrial Appendage Morphology Determined by Computed Tomography Can Predict High Risk Patient for Embolism with Atrial Fibrillation. *J. Arrhythm.* 2011; 27. PJ3_081. https://doi.org/10.4020/jhrs.27.PJ3_081
 20. Lee Y., Park H.C., Lee Y., Kim S.G. Comparison of Morphologic Features and Flow Velocity of the Left Atrial Appendage Among Patients With Atrial Fibrillation Alone, Transient Ischemic Attack, and Cardioembolic Stroke. *Am. J. Cardiol.* 2017; 119 (10): 1596–1604. <https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2017.02.016>
 21. Siebermair J., Suksaranjit P., McGann C.J. et al. Atrial fibrosis in non-atrial fibrillation individuals and prediction of atrial fibrillation by use of late gadolinium enhancement magnetic resonance imaging. *J. Cardiovasc. Electrophysiol.* 2019; 30 (4): 550–556. <https://doi.org/10.1111/jce.13846>
 22. Fonseca A.C., Alves P., In cio N. et al. Patients With Undetermined Stroke Have Increased Atrial Fibrosis: A Cardiac Magnetic Resonance Imaging Study. *Stroke.* 2018; 49 (3): 734–737. <https://doi.org/10.1161/STROKEAHA.117.019641>
 23. Schneider C., Malisius R., Krause K. et al. Strain rate imaging for functional quantification of the left atrium: atrial deformation predicts the maintenance of sinus rhythm after catheter ablation of atrial fibrillation. *Eur. Heart J.* 2008; 29 (11): 1397–1409. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehn168>

Для корреспонденции*: Ялова Евгения Владиславовна – e-mail: zhenya-yalovaa@yandex.ru

Кадырова Мадина – канд. мед. наук, заведующая отделением ультразвуковой диагностики ФГБУ “Национальный медицинский исследовательский центр хирургии им. А.В. Вишневского” Минздрава России, Москва. <https://orcid.org/0000-0001-8231-6866>

Ялова Евгения Владиславовна – младший научный сотрудник отделения ультразвуковой диагностики ФГБУ “Национальный медицинский исследовательский центр хирургии им. А.В. Вишневского” Минздрава России, Москва. <https://orcid.org/0000-0002-9409-5164>

Ярош Марк Вадимович – ординатор 2-го года отделения ультразвуковой диагностики ФГБУ “Национальный медицинский исследовательский центр хирургии им. А.В. Вишневского” Минздрава России, Москва. <https://orcid.org/0009-0005-7502-268X>

Стребкова Елизавета Дмитриевна – канд. мед. наук, научный сотрудник отделения аритмологии ФГБУ “Национальный медицинский исследовательский центр хирургии им. А.В. Вишневского” Минздрава России, Москва. <https://orcid.org/0000-0001-5837-7255>

Ревишвили Амиран Шотаевич – академик РАН, доктор мед. наук, профессор, генеральный директор ФГБУ “Национальный медицинский исследовательский центр хирургии им. А.В. Вишневского” Минздрава России; заведующий кафедрой ангиологии, сердечно-сосудистой, эндоваскулярной хирургии и аритмологии имени академика А.В. Покровского ФГБОУ ДПО “Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования” Минздрава России, Москва. <https://orcid.org/0000-0003-1791-9163>

Contact*: Evgeniya V. Yalova – e-mail: zhenya-yalovaa@yandex.ru

Madina Kadyrova – Cand. of Sci. (Med.), Head of the Ultrasound Diagnostics Department, A.V. Vishnevsky National Medical Research Center of Surgery of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Moscow. <https://orcid.org/0000-0001-8231-6866>

Evgeniya V. Yalova – Junior Researcher, Ultrasound Diagnostics Department, A.V. Vishnevsky National Medical Research Center of Surgery of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Moscow. <https://orcid.org/0000-0002-9409-5164>

Mark V. Yarosh – resident 2 years at the Ultrasound Diagnostics Department, A.V. Vishnevsky National Medical Research Center of Surgery of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Moscow. <https://orcid.org/0009-0005-7502-268X>

Elizaveta D. Strebkova – Cand. of Sci. (Med.), Researcher at the Department of Electrophysiological and Endovascular Image-guided Methods of Diagnosis and Treatment of Arrhythmias, A.V. Vishnevsky National Medical Research Center of Surgery of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Moscow. <https://orcid.org/0000-0001-5837-7255>

Amiran Sh. Revishvili – Academician of the Russian Academy of Sciences, Doct. of Sci. (Med.), Professor, General Director of the Federal State Budgetary Educational Institution A.V. Vishnevsky National Medical Research Center of Surgery of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation; Head of the Department of Angiology, Cardiovascular, Endovascular Surgery and Arrhythmology named after Academician A.V. Pokrovsky, Russian Medical Academy of Continuous Professional Education of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Moscow. <https://orcid.org/0000-0003-1791-9163>



ISSN 1607-0763 (Print); ISSN 2408-9516 (Online)
<https://doi.org/10.24835/1607-0763-1518>

Особенности КТ-визуализации заболеваний желудка и подготовки его к исследованиям: почему не существует стандартного протокола сканирования? Обзор литературы

© Оконская Д.Е.^{1*}, Кармазановский Г.Г.^{1,2}, Ковалев А.Д.³, Преснякова В.С.⁴,
Кондратьев Е.В.¹, Груздев И.С.¹, Ростовцев М.В.^{1,5,6}, Гурина В.И.¹,
Хамидов М.М.¹, Козлов В.А.¹, Ручкин Д.В.¹

¹ ФГБУ “Национальный медицинский исследовательский центр хирургии им. А.В. Вишневского” Минздрава России; 117997 Москва, ул. Большая Серпуховская, д. 27, Российская Федерация

² ФГАОУ ВО Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова Минздрава России; 117997 Москва, ул. Островитянова, д. 1, Российская Федерация

³ ФГБУ “Национальный медицинский исследовательский центр эндокринологии” Минздрава России; 117292 Москва, ул. Дмитрия Ульянова, д. 11, Российская Федерация

⁴ ФГБУ “Национальный медико-хирургический центр им. Н.И. Пирогова” Минздрава России; 105203 Москва, ул. Нижняя Первомайская, д. 70, Российская Федерация

⁵ ГБУЗ города Москвы “Городская клиническая больница имени М.Е. Жадкевича (ГКБ № 71) ДЗ города Москвы”; 121374 Москва, Можайское шоссе, д. 14, Российская Федерация

⁶ ФГБОУ ДПО “Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования” Минздрава России; 125993 Москва, ул. Баррикадная, д. 2/1, стр. 1, Российская Федерация

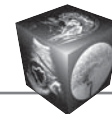
Цель исследования: анализ международных научных публикаций, обобщающий современные данные о методологических подходах к КТ-визуализации заболеваний желудка, включая аспекты подготовки пациентов, техники сканирования и применения контрастных средств в зависимости от клинической ситуации.

Материал и методы. Проведен поиск научной литературы и клинических рекомендаций в базах данных PubMed, Scopus и РИНЦ в период с 2019 по 2024 г., включая цитирование более ранних первичных источников, по ключевым словам: “СТ gastrography” (КТ-гастрография), “gastric cancer” (рак желудка), “right down decubitus” (положение лежа на правом боку); “oral contrast” (пероральное контрастирование), “gastrointestinal perforation” (перфорация желудочно-кишечного тракта), “gastrointestinal bleeding” (желудочно-кишечное кровотечение). Анализировали 235 статей, 60 из которых использовали для составления обзора. В обзор включены публикации, отражающие различные подходы к выполнению КТ желудка как в плановой, так и в экстренной медицинской помощи.

Результаты. Представленный обзор продемонстрировал преимущества мультиспиральной компьютерной томографии в диагностике заболеваний желудка в виде доступности, скорости и универсальности. Тем не менее отсутствует единый подход к подготовке пациентов, особенно в отношении выбора перорального контрастного препарата и его объема. Отмечена недостаточная определенность в показаниях к позитивному контрастированию. Приведены данные о повышении чувствительности МСКТ при раке желудка (дифференциация стадий T4a и T4b) при сканировании пациента в положении на правом боку. Также рассмотрены различия в протоколах внутривенного контрастирования при визуализации опухолей и экстренной абдоминальной патологии.

Заключение. Отсутствие стандартизации протоколов КТ желудка обусловлено как разнородностью клинических задач, так и недостижимым консенсусом среди специалистов. Индивидуализация подхода к исследованию в зависимости от диагностической цели повышает его информативность, снижает риск диагностических ошибок и способствует оказанию более быстрой и точной медицинской помощи при urgentных состояниях.

Ключевые слова: компьютерная томография; желудок; рак желудка; позиционирование; гастрография; пероральное контрастирование; перфорация желудка; желудочное кровотечение



Авторы подтверждают отсутствие конфликтов интересов.

Для цитирования: Оконская Д.Е., Кармазановский Г.Г., Ковалев А.Д., Преснякова В.С., Кондратьев Е.В., Груздев И.С., Ростовцев М.В., Гурина В.И., Хамидов М.М., Козлов В.А., Ручкин Д.В. Особенности КТ-визуализации заболеваний желудка и подготовки его к исследованиям: почему не существует стандартного протокола сканирования? Обзор литературы. *Медицинская визуализация*. 2025; 29 (3): 24–35.
<https://doi.org/10.24835/1607-0763-1518>

Поступила в редакцию: 27.11.2024.

Принята к печати: 03.04.2025.

Опубликована online: 06.06.2025.

Aspects of CT visualization of gastric abnormalities and preparation for the examination of the stomach: why there is no standard imaging protocol? (Review of the literature)

© Diana E. Okonskaya^{1*}, Grigory G. Karmazanovsky^{1, 2}, Alexander D. Kovalev³, Victoria S. Presniakova⁴, Evgeny V. Kondratyev¹, Ivan S. Gruzdev¹, Mikhail V. Rostovtsev^{1, 5, 6}, Vera I. Gurina¹, Magomed M. Khamidov¹, Valentin A. Kozlov¹, Dmitry V. Ruchkin¹

¹ A.V. Vishnevsky National Medical Research Center of Surgery of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation; 27, Bol'shaya Serpukhovskaya str., Moscow 117997, Russian Federation

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

³ National Medical Research Center of Endocrinology of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation; 11b, Dmitry Ulyanov str., Moscow 117292, Russian Federation

⁴ National Medical and Surgical Center named after N.I. Pirogov of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation; 70, Nizhnaya Pervomayskaya str., Moscow 105203, Russian Federation

⁵ M.E. Zhadkevich City Clinical Hospital (City Hospital No71) of Moscow Healthcare Department; 14, Mozhayskoye shosse, Moscow 121374, Russian Federation

⁶ Russian Medical Academy of Continuous Professional Education of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation; 2/1-1, Barrikadnaya str., Moscow 125993, Russian Federation

Aim: An analysis of international scientific publications summarizing current data on methodological approaches to CT imaging of stomach diseases, including aspects of patient preparation, scanning techniques, and the use of contrast media, depending on the clinical situation.

Materials and methods. A search was conducted for scientific literature and clinical recommendations in the PubMed, Scopus and RSCI databases from 2019 to 2024, including quoting earlier primary sources, using the keywords: "CT gastrography" (CT gastrography), "gastric cancer" (stomach cancer), "right down decubitus" (position lying on the right side); "oral contrast", "gastrointestinal perforation", "gastrointestinal bleeding". 235 articles were analyzed, 60 of which were used to compile the review. The review includes publications reflecting various approaches to performing CT scans of the stomach in both routine and emergency medical care.

Results. The presented review demonstrated the advantages of multispiral computed tomography in the diagnosis of stomach diseases in terms of accessibility, speed and versatility. However, there is no unified approach to patient preparation, especially regarding the choice of oral contrast agent and its volume. Insufficient certainty was noted in the indications for positive contrast. Data on increased sensitivity of MSCT in gastric cancer (differentiation of stages T4a and T4b) are presented when scanning the patient in the right-down decubitus position. Differences in intravenous contrast protocols for imaging tumors and emergency abdominal pathology are also considered.

Conclusion. The lack of standardization of gastric CT protocols is due to both the heterogeneity of clinical tasks and the lack of consensus among specialists. The individualization of the research approach, depending on the diagnostic purpose, increases its information content, reduces the risk of diagnostic errors and contributes to the provision of faster and more accurate medical care for urgent conditions.

Keywords: computed tomography; stomach; gastric cancer; positioning; gastrography; oral contrast agent; gastrointestinal perforation; gastrointestinal bleeding computed tomography; stomach; gastric cancer; positioning; gastrography; oral contrast agent; gastrointestinal perforation; gastrointestinal bleeding

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



For citation: Okonskaya D.E., Karmazanovsky G.G., Kovalev A.D., Presniakova V.S., Kondratyev E.V., Gruzdev I.S., Rostovtsev M.V., Gurina V.I., Khamidov M.M., Kozlov V.A., Ruchkin D.V. Aspects of CT visualization of gastric abnormalities and preparation for the examination of the stomach: why there is no standard imaging protocol? (Review of the literature). *Medical Visualization*. 2025; 29 (3): 24–35. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-1518>

Received: 27.11.2024.

Accepted for publication: 03.04.2025.

Published online: 06.06.2025.

Введение

Существует множество методов диагностики патологических состояний верхних отделов желудочно-кишечного тракта, однако каждый из них имеет свои ограничения. Так, гибкая эндоскопия и рентгеноскопия пищевода и желудка с бариевой взвесью позволяют оценить состояние и рельеф слизистой оболочки органа, ее контуры, моторно-эвакуаторную функцию, в то время как МСКТ позволяет оценить структуру и патологические изменения стенки органа, его топографо-анатомические взаимоотношения с окружающими структурами. Не секрет, что для получения наиболее прецизионных изображений и повышения диагностической ценности метода немаловажную роль играют соответствующая подготовка к исследованию, а также соблюдение протокола сканирования.

Тем не менее сегодня не существует конкретных алгоритмов подготовки к визуализации патологических состояний желудка, а данные мировой литературы содержат противоречивую информацию. На удивление, есть указания на использование бариевой взвеси для перорального контрастирования пищевода и желудка [1], тогда как другие авторы не считают необходимым использование перорального контрастирования вообще [2]. Также разнятся данные о достаточном объеме перорального контрастного вещества, оптимальном времени его введения, положении тела исследуемого, зависимости алгоритма подготовки от конкретной нозологии и т.д. Таким образом, назрела необходимость конкретизации и детализации протокола КТ-исследования в зависимости от поставленных клинических задач.

Цель исследования: подготовить литературный обзор на основании анализа данных мировой литературы, посвященный особенностям КТ-визуализации различных заболеваний желудка. Поиск научных публикаций и клинических рекомендаций проведен в информационно-аналитических системах PubMed, Scopus, РИНЦ. Ключевые слова: “CT gastrography” (КТ-гастрография), “gastric cancer” (рак желудка), “right down decubitus” (положение лежа на правом боку); “oral contrast” (пероральное контрастирование), “gastrointestinal perforation” (перфорация желудочно-кишечного тракта), “gastrointestinal bleeding” (желудочно-кишечное кровотечение).

Опухоли желудка

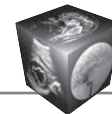
Инструментальная диагностика опухолей желудка направлена на определение стадии процесса согласно TNM-классификации, ее проксимальной и дистальной границ роста, а также оценку осложненного течения, как-то: кровотечение, декомпенсированный стеноз, распад опухоли, формирование внутренних свищей, кишечная непроходимость и т.д. С этой целью применяют такие методы, как МСКТ, эндосонография, МРТ и ПЭТ/КТ. Однако в современной практике МСКТ является рутинным методом диагностики и стадирования опухолей желудка, ассоциированных с ними осложнений [3]. Кроме того, данный метод позволяет отличить интрамуральные опухоли от объемного воздействия на стенку желудка извне.

Тем не менее точность предоперационного стадирования по сТ-критерию варьирует в зависимости от стадии заболевания. Так, по данным метаанализа B.S. Ungureanu и соавт., чувствительность МСКТ для T1 соответствует 52 (26,77)%, для T2 – 59 (40,76)%, для T3 – 63 (41,82)%, для T4 – 66 (46,81)%. Специфичность составила 94 (80,98)%, 80 (73,85)%, 81 (68,89)%, 96 (91,98)% соответственно [4].

Стадии T3 и T4a трудно различимы на КТ-изображениях. Более того, инфильтрация перигастральной клетчатки, ее воспалительная реакция или фиброз также могут привести к завышению стадии опухоли по Т-критерию, к примеру, вместо T2-стадии опухоль может трактоваться как T3 или даже T4 [5, 6].

Зачастую местнораспространенные опухоли желудка интимно прилежат к соседним органам по причине выраженной десмопластической воспалительной реакции, в результате могут быть расценены как T4b, тогда как опухоль может даже не распространяться на серозную оболочку. Так, частота истинной глубины инвазии pT4 на фоне десмоплазии составляет всего лишь 46% [7–10].

Таким образом, основными задачами МСКТ в диагностике опухолей желудка являются не столько определение Т-критерия, сколько оценка гематогенного и лимфогенного распространения опухолей, а кроме того, инвазии в соседние органы. Последний критерий особенно важен для оценки резектабельности местнораспространен-



ного рака желудка, а все три критерия TNM имеют значение при выборе лечебной тактики [3].

Несмотря на ограничения МСКТ, стоит отметить такие положительные аспекты, как высокая доступность, неинвазивность, быстрота выполнения, решение широкого спектра диагностических задач.

Подготовка к исследованию

Для достижения максимально возможной информативности и минимизации ошибок в оценке местной распространенности опухоли необходима должная подготовка пациента к исследованию, для чего следует учитывать анатомические и физиологические особенности желудка. Так, складчатость слизистой оболочки желудка при недостаточном расправлении его стенок может имитировать новообразования. Поэтому для достижения достаточного расправления складок также следует учитывать факторы, влияющие на эвакуаторную функцию желудка. Например, такие прокинетики, как метоклопрамид, эритромицин, тегасерод и домперидон, приводят к ускорению эвакуации, поэтому их рекомендуется исключать не менее чем за 48 ч до начала исследования. К замедлению эвакуации приводят опиаты (морфин, кодеин, оксикодон), а также спазмолитики: атропин, дицикломин, лоперамид и прометазин и т.д. [11]. В отдельных учреждениях для замедления перистальтики используют внутримышечные инъекции 20 мг гиосцина бутилбромид [12–15].

На эвакуаторную функцию желудка влияет также температура принимаемой жидкости, по данным W.M. Sun и соавт., холодные (4 °C) и горячие (55 °C) напитки способствовали более медленному опорожнению желудка в сравнении с контрольным напитком (37 °C) [16]. По данным K. Fujihira и соавт., частота сокращений желудка была ниже у употребивших холодную воду (2 °C), чем теплую (37 °C) и горячую (60 °C) [17].

За 8 ч до исследования исключают прием пищи, поэтому МСКТ чаще выполняют в утренние часы натощак с предшествующим ночным голоданием [13, 18].

Методики расправления желудка и протоколы сканирования

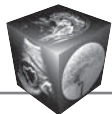
Повсеместно применяется расправление желудка простой водой непосредственно перед исследованием, аргументируется это тем, что достигается четкое представление о рельефе желудочной стенки, нивелируются артефакты от пристеночного воздуха [19]. Данные об оптимальном объеме воды разнятся, отдельные авторы рекомендуют прием 600 мл простой воды [14, 19], дру-

гие – 0,75–1 л негазированной питьевой воды комнатной температуры и непосредственно перед исследованием дополнительно прием еще 1 стакана (0,25 л) воды [20].

Y. Shen и соавт. рекомендуют следующие варианты подготовки и позиционирования больного. Для растяжения желудка пациент принимал внутрь 6 г “шипучих” гранул с 5–10 мл воды сразу перед началом сканирования. Затем пациента размещали в левую боковую позицию для перемещения содержимого желудка из его нижней трети в область дна; затем пациента сразу же переворачивали в левую заднюю косую позицию (30° от стола), для чего под спину укладывали подушку. Если при первом сканировании обнаруживали образование, располагавшееся в верхней трети желудка, использовали правую боковую позицию вместо левой боковой. Затем авторы выполняли двухфазное сканирование. Венозную фазу выполняли через 60 с после введения 140 мл неионного контрастного вещества (КВ) со скоростью 2,5–3 мл/с через периферический венозный катетер диаметром 18 G. Растяжение желудка повторно оценивали по топограмме, в случае его недостаточного расправления добавляли “шипучие” гранулы. Затем пациента перемещали в положение лежа на спине и выполняли равновесную фазу сканирования на 150 с от начала введения КВ. Венозную фазу использовали для оценки Т-статуса опухоли, равновесную фазу – для определения N-статуса [21].

A.D. Sandø и соавт. для расправления желудка применяли комбинацию воды и газа. Пациентам давали выпить 1 л воды вместе с шипучими гранулами. Затем выполняли сканирование с внутривенным контрастированием (йогексол, 350 мг йода/мл) со скоростью введения 4 мл/с, объем КВ рассчитывали исходя из массы тела обследуемого (120–180 мл). Сканирование выполняли на 45-й и 70–75-й секундах. Толщина среза варьировала от 1,5 до 3 мм, изображения реконструировали в аксиальной, коронарной и сагиттальной плоскостях [15].

Тем не менее существует рандомизированное исследование на 172 пациентах, разделенных на 2 группы, с расправлением желудка водой и без предварительного расправления (86 пациентов в каждой группе). Результаты демонстрируют отсутствие каких-либо преимуществ в предварительном растяжении желудка водой для оценки TN-статуса. Общая точность в Т-стадировании составила 45% (95% CI 35–56) в группе с применением расправления желудка и 55% (95% CI 44–65) в группе, где растяжение водой не применялось ($p = 0,29$). Не было статистической разницы в чув-



ствительности и специфичности в Т-стадировании и оценке распространения на серозную оболочку ($p > 0,41$). Общая точность в N-стадировании была одинакова в обеих группах (51% (95% CI 40–62)). Тем не менее в исследовании были некоторые ограничения, в частности, р-критерий был более 0,05, при реконструкции изображений применялись срезы толщиной 3–5 мм. Сами авторы также признают следующие ограничения исследования: во-первых, протоколы сканирования в группе с растяжением желудка включали только положение исследуемого лежа на спине безотносительно к локализации опухоли; при этом у большей части пациентов опухоль располагалась в антральном отделе и теле желудка. Во-вторых, не применяли виртуальную гастроскопию или мультипланарную реконструкцию. В-третьих, T1-стадию выявили у 1/3 исследуемых пациентов, наиболее предпочтительным методом стадирования которой является эндосонография. Кроме того, на эффективность диагностики могла повлиять осведомленность о локализации и стадии опухоли после предшествующей эндоскопии [2, 15].

Другие авторы признают расправление желудка эффективным в более точном разграничении образований и повышении специфичности исследования [22]. Так, по данным К. Камимуга и соавт., при приеме 400 мл воды специфичность исследования возрастает с 50 до 100%, а отрицательная прогностическая ценность – с 72 до 94% у пациентов с местнораспространенным раком желудка [23].

Позиционирование

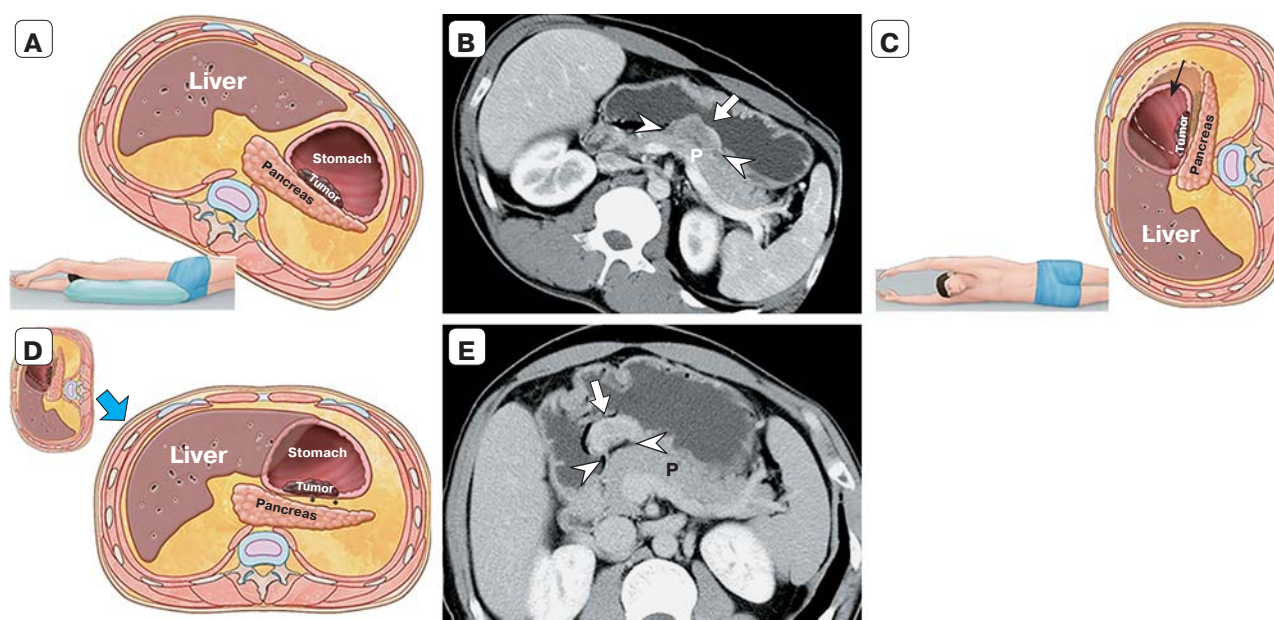
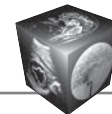
Различные варианты позиционирования пациента активно применяются при классическом рентгеноконтрастном исследовании пищевода и желудка, однако в рутинной практике при выполнении стандартной МСКТ пациент преимущественно находится в положении лежа на спине. Тем не менее маневры с перемещением больного можно использовать и при КТ-исследованиях [24], но ими зачастую пренебрегают. К примеру, S.H. Kim и соавт. еще с 2004 г. использовали заднюю левую косую позицию (30°) для достижения максимального расправления желудка и минимизации остаточной жидкости в его дистальных отделах [25]. Внедрение в практику различных вариантов позиционирования больного в сомнительных случаях может сыграть решающую роль в дифференциальной диагностике местнораспространенного рака желудка. Перемещение пациента позволяет оценить так называемый признак скольже-

ния. Оценка данного признака изначально была предложена в ультразвуковой диагностике, он подразумевает динамическое смещение опухоли в отношении прилежащего к ней органа в ответ на дыхательные движения или давление извне [26]. Для оценки специфичности данного симптома исследователи из Южной Кореи К. Jeon и соавт. провели ретроспективное исследование 728 больных раком желудка в период с января 2000 г. по декабрь 2019 г. [27]. В исследование включили пациентов с морфологически подтвержденными опухолями pT4a, pT4b, а также клинически подтвержденными опухолями cT4b, которым выполняли МСКТ-исследование по специальному протоколу с положением пациента в левой задней боковой косой позиции, а также в правой боковой позиции. У 564 (77,4%) пациентов диагностировали pT4a-стадию рака желудка, в то время как у 65 (8,9%) и 99 (13,6%) диагностировали pT4b- и cT4b-стадии соответственно. Когда сканирование дополняли в правой боковой позиции пациента, рецензенты отмечали статистически значимое повышение чувствительности в разделении T4b и T4a (повышение показателя AUC, $p < 0,001$), особенно для выявления инвазии в поджелудочную железу ($p < 0,050$) (см. рисунок) [27].

Определенные сложности диагностики связаны также с особенностями локализации опухолевого процесса в желудке. Существует так называемая слепая зона желудка (gastric bare area, GBA), в которую входят задняя стенка дна и субкардиальный отдел, не покрытые висцеральной брюшиной [28]. Опухоли данной локализации, так называемые проксимальные опухоли желудка, ассоциированы с более низкой выявляемостью на ранней стадии и, соответственно, с худшим прогнозом.

МСКТ-ангиография

Для планирования хирургических вмешательств на желудке важна предварительная оценка ангиоархитектоники, в частности, вариантной анатомии сосудов целиако-мезентериального бассейна и перигастральной дуги [29]. Так, A. Miyaki и соавт. перед проведением лапароскопически-ассистированной гастрэктомии выполняли МСКТ-ангиографию с MIP-реконструкцией для уточнения вариантной анатомии целиако-мезентериального бассейна по N. Michels [30], а также вариантной анатомии левой желудочной вены по B. Douglass [31]. Такая тактика позволила снизить интраоперационную кровопотерю, связанную со случайным повреждением левой желудочной вены



From: *J. Korean Soc. Radiol.* 2022; 83 (6): 1312–1326. <http://doi.org/10.3348/jksr.2021.0166> [27]

Рисунок. А, В. На иллюстрации (А) и соответствующем КТ-изображении (В) в левом заднем боковом косом положении изображена опухоль (стрелка) задней стенки тела желудка, которая тесно примыкает к телу поджелудочной железы. Жировая прослойка между опухолью и поджелудочной железой стерта (наконечники стрелок).

С. На иллюстрации С отображена способность желудка с опухолью, расположенных внутрибрюшинно, к свободному перемещению в правой боковой позиции, в то время как поджелудочная железа остается неподвижной вне зависимости от изменения положения тела пациента. В результате наблюдается “симптом скольжения” между опухолью желудка и телом поджелудочной железы.

Д, Е. Иллюстрация Д и соответствующее КТ-изображение (Е) в правой боковой позиции показывают, что между опухолью (стрелка) и поджелудочной железой (Р) появилась жировая прослойка (звездочки на Д и наконечники стрелок на Е). Это свидетельствует о том, что инвазия опухоли в поджелудочную железу отсутствует. Снимок в правой боковой позиции повернут на 90° по часовой стрелке, чтобы показать его в более привычном виде (толстая синяя стрелка на Д).

Figure. А, В. An illustration (А) and corresponding CT image (В) in the left posterior oblique position reveal a tumor (arrow) at the posterior wall of the gastric body is widely abutting to the pancreas body. The fat plane between the tumor and the pancreas is obliterated (arrowheads).

С. This illustration shows that the stomach and tumor, which are located in the peritoneal cavity, exhibit free movement in a right down decubitus position, whereas the pancreas is fixed as the pancreas is fixedly located at the retroperitoneum during the position change. Resultantly, there is a “sliding sign” (arrow) between the gastric tumor and the pancreas body.

Д, Е. An illustration (Д) and corresponding CT image (Е) in the right down decubitus position show that a fat plane (asterisks in Д and arrowheads in Е) newly appears between the tumor (arrow) and the pancreas (P), suggesting that the tumor does not invade the pancreas. The right down decubitus CT is rotated 90° degrees clockwise so as to show it in a familiar orientation (thick blue arrow in Д).



во время лимфодиссекции, а также спрогнозировать особенности лимфодиссекции при нетипичном отхождении артерий чревного ствола. Авторы выявили значимое снижение интраоперационной кровопотери после внедрения предоперационной МСКТ-ангиографии ($p = 0,0032$) [32].

Применение МСКТ-ангиографии в предоперационном периоде целесообразно для повышения точности хирургического вмешательства, тем самым обеспечивается его более высокая безопасность.

Экстренные состояния

Кровотечение. Место КТ в диагностическом алгоритме при желудочных кровотечениях (ЖК) до настоящего момента однозначно не определено [33], а “золотым стандартом” первичной диагностики ЖК является гибкая эндоскопия [33–36]. Согласно рекомендациям Американского колледжа радиологии 2017 г., при неварикозных кровотечениях из верхних отделов желудочно-кишечного тракта проведение КТ-ангиографии имеет смысл, если по результатам эндоскопии не удалось найти источник кровотечения или не удалось осуществить гемостаз [37]. В то же время существует ряд работ, предлагающих проводить КТ до эндоскопического исследования [33–42], особенно у пациентов с клинической картиной массивного кровотечения, когда проведение эндоскопии затруднительно. Отдельные исследователи рекомендуют применять КТ в качестве скринингового метода при подозрении на ЖК. По их мнению, данная тактика позволит выбрать наиболее эффективный вариант лечебного вмешательства: эндоскопический гемостаз, эмболизация сосудов желудка или же хирургическое вмешательство. В частности, КТ рассматривают в качестве дополнения к используемым стратификационным шкалам, например прогностической шкале Глазго–Блэтчфорда [39, 42].

Подход в подготовке к МСКТ кардинально отличается при диагностике острых заболеваний желудка, требующих экстренной помощи. В условиях ограниченного временного ресурса длительная подготовка пациента недопустима и не всегда необходима. В частности, при подозрении на продолжающееся внутрипросветное ЖК основной задачей является определение или уточнение его источника, который выявляется при помощи КТ-ангиографии. В таком случае исследование проводится без перорального контрастирования, так как присутствие позитивного контрастного вещества в просвете желудка скроет источник экстравазации контрастного вещества, а также не позволит оценить характеристики

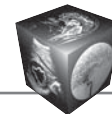
контрастирования стенок органа. Нейтральное пероральное контрастирование также не рекомендуется по причине задержки исследования и возможного разведения излившегося в просвет органа КВ водой и связанным с этим ограничением визуализации [43].

Тем не менее наличие массивных кровяных сгустков в просвете желудка провоцирует тошноту и рвоту, что может привести к бронхопульмональной аспирации. В таких случаях некоторые авторы рекомендуют введение эритромицина, который вызывает быстрое опорожнение желудка и предотвращает возможное развитие аспирационной пневмонии [37, 38].

Диагностическая ценность КТ зависит от интенсивности кровотечения. При низкой скорости кровотечения, а также при интермиттирующем его характере чувствительность метода снижается, но по современным данным КТ позволяет выявлять кровотечения со скоростью 0,1 мл/мин и ниже [41]. По данным J.R. Tse и соавт., больший объем экстравазации КВ коррелирует с большим объемом кровопотери, благодаря чему можно выявить пациентов с продолжающимся кровотечением, нуждающихся в гемостатической терапии и гемотрансфузии [41].

Выбор фаз сканирования остается открытым вопросом. Артериальная и венозная фазы позволяют выявлять источник экстравазации КВ. Кроме того, в артериальную фазу возможна оценка анатомии артериального русла (особенно при использовании проекции максимальной интенсивности или получении объемных изображений), что важно для последующего эндоваскулярного лечения [34, 36]. Венозная фаза наиболее информативна для кровотечений, вызванных распадом опухолей [44, 45], а также кровотечений из варикозно расширенных вен [38]. Нативное сканирование помогает отличить контрастный препарат в просвете желудка от другого гиперденсного материала (металлические клипсы, шовный материал, пищевые комки, инородные тела), что позволяет снизить частоту ложноположительных результатов [43].

В качестве примера протокола мультифазного сканирования при ЖК можно рассмотреть рекомендации консенсуса Общества абдоминальной радиологии от 2019 г. [46]. Пероральное контрастирование не одобрили 93% участников. Рекомендовано использовать высококонцентрированный контрастный препарат (350–375 мг йода/мл – 87% согласившихся), максимально возможную скорость его введения (4–5 мл/с – 93% согласившихся). Участники не достигли консенсуса по оптимальному объему КВ: 60% респондентов одо-



брили 100 мл в качестве минимального объема, тогда как 20% рекомендовали вводить 120 мл. Одобрены следующие фазы сканирования: нативная (100% респондентов проголосовали за выполнение нативной фазы, 80% – за выполнение низкодозового нативного сканирования), поздняя артериальная, венозная. Болюс-трекер рекомендовали устанавливать на брюшную аорту (93% согласившихся). Большинство респондентов (80%) достигли консенсуса в выполнении артериальной фазы на 10-й секунде после запуска триггера, тогда как 20% – сразу после достижения порогового значения болюса. Единого консенсуса достигли во времени выполнения второй фазы – на 70–90-й секунде после введения КВ (100% респондентов). За максимальную толщину срезов 1–3 мм проголосовали 93%.

Перфорация желудка. Перфорация желудка также является одной из самых распространенных причин так называемого острого живота и ассоциирована с высокой летальностью, достигающей 30–50% [47]. При типичной клинической картине, когда диагноз перфорации желудка не вызывает сомнений, рутинное применение МСКТ не обязательно. Однако в случае неспецифических проявлений, при подозрении на опухолевое поражение желудка и нестабильной гемодинамике МСКТ играет ведущую роль в дифференциальной диагностике [48].

Чувствительность КТ в выявлении внепросветного газа и перфорационного дефекта достаточно высока, варьирует от 82 до 90% [47].

Рекомендовано выполнение нативного исследования и с внутривенным контрастированием, со сканированием на 70–80-й секунде (портальная фаза) [49–53].

При тупой травме живота целесообразно также выполнение отсроченного сканирования (3–5-я минута) для исключения низкоинтенсивного кровотечения [54]. Также обязателен просмотр изображений в разных электронных окнах, в частности, “легочное окно” позволяет лучше идентифицировать внепросветный газ, а костное окно – инородные тела [54].

В литературных данных встречаются следующие рекомендации по сканированию пациентов с ЖК: толщина изображений 2 мм с применением нативной и венозной фаз сканирования (с внутривенным введением низкоосмолярного йодного контрастного препарата объемом 100 мл, с последующим сканированием на 70–80-й секунде) [50–53, 55]. При тупой травме живота также рекомендуют добавлять в протокол отсроченную фазу сканирования на 3–5-й минуте для исключения низкоинтенсивного кровотечения [56, 57].

Применение позитивного контрастирования

Применение перорального позитивного контрастирования остается спорным, так как оно может существенно замедлить время сканирования, скрыть инородные тела и плохо переносится больными [50, 52, 58]. Пероральное контрастирование обладает высокой специфичностью, однако и низкой чувствительностью (19–42%) [49, 53, 55, 57].

S. Pouli и соавт. избегают повсеместного применения перорального позитивного контрастирования, если факт перфорации полого органа не вызывает сомнений. Авторы считают целесообразным пероральное контрастирование при хорошем соматическом состоянии пациентов, что позволяет продлить исследование. Например, при подозрении на перфорацию кишки, особенно при нетипичной клинической картине. Также пероральное позитивное контрастирование возможно при подозрении на абсцесс, у оперированных онкологических больных и при недостаточной информативности нативного исследования [47].

Повсеместно позитивное контрастирование используют для исключения несостоятельности анастомозов [59], при подозрении на желудочно-кишечные свищи, межпетельные абсцессы и/или другие жидкостные скопления, КТ-колонографии, неспецифической абдоминальной боли, стадирования и динамическом наблюдении опухоли [1]. Позитивное пероральное контрастирование не рекомендуется для КТ-энтерографии, при подозрении на мезентериальную ишемию и/или внутрибрюшное/внутрипросветное кровотечение, КТ-ангиографии, острой тупой абдоминальной травме, высоком риске аспирационных осложнений, для исключения гепатопанкреатобилиарной и урогенитальной патологии [1]. Остается спорным применение позитивного контрастирования при таких патологиях, как острый нетравматический абдоминальный болевой синдром, аппендицит, острая тонкокишечная непроходимость, болезнь Крона в фазе обострения, проникающая травма живота [60].

Заключение

Отсутствие стандартного протокола подготовки и сканирования при КТ-визуализации желудка связано как с отсутствием консенсуса среди специалистов, так и с принципиальной невозможностью стандартизации исследований, преследующих разные цели. Широкий спектр возможностей МСКТ диктует необходимость индивидуального подхода к каждому больному. Понимание конкретных задач этого исследования в диагностике различных заболеваний желудка способствует повы-



шению информативности метода, позволяет избежать диагностических ошибок и ускорить оказание помощи пациентам с экстренной патологией.

Участие авторов

Оконская Д.Е. – сбор и анализ данных, подготовка и редактирование текста, обзор публикаций по теме статьи.

Кармазановский Г.Г. – концепция и дизайн исследования, научное редактирование.

Ковалев А.Д. – сбор и анализ данных, написание текста, обзор публикаций по теме статьи.

Преснякова В.С. – сбор и анализ данных, написание текста, обзор публикаций по теме статьи.

Кондратьев Е.В. – подготовка и научное редактирование текста.

Груздев И.С. – подготовка и научное редактирование текста.

Ростовцев М.В. – подготовка и научное редактирование текста.

Гурина В.И. – подготовка и научное редактирование текста.

Хамидов М.М. – написание текста.

Козлов В.А. – написание текста.

Ручкин Д.В. – подготовка и научное редактирование текста.

Authors' participation

Okonskaya D.E. – data collection and analysis, text preparation and editing, review of publications on the topic of the article.

Karmazanovsky G.G. – study concept and design, scientific editing.

Kovalev A.D. – data collection and analysis, text writing, review of publications on the topic of the article.

Presniakova V.S. – data collection and analysis, text writing, review of publications on the topic of the article.

Kondratyev E.V. – text preparation and scientific editing.

Gruzdev I.S. – text preparation and scientific editing.

Rostovtsev M.V. – text preparation and scientific editing.

Gurina V.I. – text preparation and scientific editing.

Khamidov M.M. – text writing.

Kozlov V.A. – text writing.

Ruchkin D.V. – text preparation and scientific editing.

Список литературы [References]

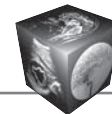
1. Pickhardt P.J. Positive Oral Contrast Material for Abdominal CT: Current Clinical Indications and Areas of Controversy. *Am. J. Roentgenol.* 2020; 215 (1): 69–78. <http://doi.org/10.2214/AJR.19.21989>
2. Lee Y.H., Chan W.H., Lai Y.C. et al. Gastric hydrodistension CT versus CT without gastric distension in preoperative TN staging of gastric carcinoma: analysis of single-center cancer registry. *Sci. Rep.* 2022; 12: 11321. <http://doi.org/10.1038/s41598-022-15619-3>
3. Ajani J.A., D'Amico T.A., Bentrem D.J. et al. Gastric Cancer, Version 2.2022, NCCN Clinical Practice Guidelines in Oncology. *J. Natl. Compr. Canc. Netw.* 2022; 20 (2): 167–192. <http://doi.org/10.6004/jnccn.2022.0008>
4. Ungureanu B.S., Sacerdotianu V.M., Turcu-Stiolica A. et al. Endoscopic Ultrasound vs. Computed Tomography for Gastric Cancer Staging: A Network Meta-Analysis. *Diagnostics (Basel).* 2021; 11 (1): 134. <http://doi.org/10.3390/diagnostics11010134>
5. Lee I.J., Lee J.M., Kim S.H. et al. Diagnostic performance of 64-channel multidetector CT in the evaluation of gastric cancer: differentiation of mucosal cancer (T1a) from submucosal involvement (T1b and T2). *Radiology.* 2010; 255 (3): 805–814. <http://doi.org/10.1148/radiol.10091313>
6. Kim A.Y., Kim H.J., Ha H.K. Gastric cancer by multidetector row CT: preoperative staging. *Abdom. Imaging.* 2005; 30 (4): 465–472. <http://doi.org/10.1007/s00261-004-0273-5>
7. Molina J.C., Al-Hinai A., Gosseling-Tardif A. et al. Multivisceral Resection for Locally Advanced Gastric and Gastroesophageal Junction Cancers-11-Year Experience at a High-Volume North American Center. *J. Gastrointest. Surg.* 2019; 23 (1): 43–50. <http://doi.org/10.1007/s11605-018-3746-5>
8. Power D.G., Schattner M.A., Gerdes H. et al. Endoscopic Ultrasound Can Improve the Selection for Laparoscopy in Patients with Localized Gastric Cancer. *J. Am. Coll. Surg.* 2009; 208 (2): 173–178. <http://doi.org/10.1016/j.jamcollsurg.2008.10.022>
9. Pacelli F., Cusumano G., Rosa F. et al.; Italian Research Group for Gastric Cancer ft. Multivisceral Resection for Locally Advanced Gastric Cancer: An Italian Multicenter Observational Study. *JAMA Surg.* 2013; 148 (4): 353–360. <http://doi.org/10.1001/2013.jamasurg.309>
10. Ozer I., Bostanci E.B., Orug T. et al. Surgical outcomes and survival after multiorgan resection for locally advanced gastric cancer. *Am. J. Surg.* 2009; 198 (1): 25–30. <http://doi.org/10.1016/j.amjsurg.2008.06.031>
11. Banks K.P., Syed K., Parekh M., McWhorter N. Gastric Emptying Scan. 2023 Apr 13. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing, 2023. PMID: 30285398
12. Kim J.H. Stomach Duodenum Virtual Gastrography. In: Hamm, B., Ros, P.R. (eds) Abdominal Imaging (pp.345-356). Springer, Berlin, Heidelberg, 2013. http://doi.org/10.1007/978-3-642-13327-5_14
13. Tsurumaru D., Nishimuta Y., Muraki T. et al. CT gastrography “wall-carving technique” of gastric cancer: impact of contrast enhancement based on layer depth. *Jpn. J. Radiol.* 2019; 37 (8): 597–604. <http://doi.org/10.1007/s11604-019-00845-z>
14. Kumano S., Okada M., Shimono T. et al. T-staging of gastric cancer of air-filling multidetector-row CT: comparison with hydro-multidetector-row CT. *Eur. J. Radiol.* 2012; 81 (11): 2953–2960. <http://doi.org/10.1016/j.ejrad.2011.12.039>
15. Sandø A.D., Fougner R., Grønbech J.E., Bringeland E.A. The value of restaging CT following neoadjuvant chemotherapy for resectable gastric cancer. A population-based study. *Wld J. Surg. Oncol.* 2021; 19 (1): 212. <http://doi.org/10.1186/s12957-021-02313-3>
16. Sun W.M., Houghton L.A., Read N.W. et al. Effect of meal temperature on gastric emptying of liquids in man. *Gut.* 1988; 29 (3): 302–305. <http://doi.org/10.1136/gut.29.3.302>
17. Fujihira K., Hamada Y., Yanaoka T. et al. The effects of water temperature on gastric motility and energy intake in healthy young men. *Eur. J. Nutr.* 2020; 59: 103–109. <https://doi.org/10.1007/s00394-018-1888-6>



18. Kim H.J., Kim A.Y., Lee J.H. et al. Positioning during CT gastrography in patients with gastric cancer: the effect on gastric distension and lesion conspicuity. *Korean J. Radiol.* 2009; 10 (3): 252–259. <http://doi.org/10.3348/kjr.2009.10.3.252>
19. Shimizu K., Ito K., Matsunaga N. et al. Diagnosis of gastric cancer with MDCT using the water-filling method and multiplanar reconstruction: CT-histologic correlation. *Am. J. Roentgenol.* 2005; 185 (5): 1152–1158. <http://doi.org/10.2214/AJR.04.0651>
20. Дмитриева А.Н. Алгоритм исследования пациентов с патологией верхних отделов желудочно-кишечного тракта с помощью мультиспиральной компьютерной томографии. *Acta Medica Eurasica.* 2021; 1: 18–32. <http://doi.org/10.47026/2413-4864-2021-1-18-32>
Dmitrieva A.N. Algorithm for examining patients with pathology of the upper gastrointestinal tract using multiplanar computed tomography. *Acta Medica Eurasica.* 2021; 1: 18–32. <https://doi.org/10.47026/2413-4864-2021-1-18-32> (In Russian)
21. Shen Y., Kang H.K., Jeong Y.Y. et al. Evaluation of early gastric cancer at multidetector CT with multiplanar reformation and virtual endoscopy. *Radiographics.* 2011; 31 (1): 189–199. <http://doi.org/10.1148/rg.311105502>
22. Амелина И.Д., Шевкунов Л.Н., Карачун А.М., Михнин А.Е., Нестеров Д.В. Диагностика и т-стадирование рака желудка: сравнение стандартной компьютерной томографии и компьютерно-томографической пневмогастрографии. *Вестник Российской военно-медицинской академии.* 2021; 23 (2): 99–106. <http://doi.org/10.17816/brmma70384>
Amelina I.D., Shevkunov L.N., Karachun A.M. et al. Diagnosis and t-staging of gastric cancer: comparison of standard computed tomography and computed-tomographic pneumogastrography *Bulletin of the Russian Military Medical Academy.* 2021; 23 (2): 99–106. <http://doi.org/10.17816/brmma70384> (In Russian)
23. Kamimura K., Nagamachi S., Wakamatsu H. et al. Role of gastric distention with additional water in differentiating locally advanced gastric carcinomas from physiological uptake in the stomach on 18F-fluoro-2-deoxy-D-glucose PET. *Nucl. Med. Commun.* 2009; 30 (6): 431–439. <http://doi.org/10.1097/MNM.0b013e3283299a2f>
24. Силантьева Н.К., Агабабян Т.А., Скоропад В.Ю., Гришина О.Г. Задачи компьютерной томографии при обследовании больных раком желудка в онкорadiологической клинике. *Сибирский онкологический журнал.* 2015; 1 (5): 5–13.
Silanteva N.K., Agababian T.A., Skoropad V.Yu., Grishina O.G. The role of computed tomography in patients with gastric cancer in radio-oncological hospital. *Siberian Journal of Oncology.* 2015; 1 (5): 5–13. (In Russian)
25. Kim S.H., Lee J.M., Han J.K. et al. Effect of adjusted positioning on gastric distention and fluid distribution during CT gastrography. *Am. J. Roentgenol.* 2005; 185 (5): 1180–1184. <http://doi.org/10.2214/AJR.04.1812>
26. Lim J.H., Ko Y.T., Lee D.H. Sonographic sliding sign in localization of right upper quadrant mass. *J. Ultrasound Med.* 1990; 9: 455–459. <http://doi.org/10.7863/jum.1990.9.8.455>
27. Jeon K., Kim S.H., Yoo J., Kim S.W. Added Value of the Sliding Sign on Right Down Decubitus CT for Determining Adjacent Organ Invasion in Patients with Advanced Gastric Cancer. *J. Korean Soc. Radiol.* 2022; 83 (6): 1312–1326. <http://doi.org/10.3348/jksr.2021.0166>
28. Tonelli P. I carcinomi gastrici dell' "area nuda". La loro definizione anatomico-chirurgica e la proposta di una gastrectomia totale en bloc [Gastric carcinomas of the "bare area". Their anatomico-surgical definition and proposal of an en bloc total gastrectomy]. *Ann. Ital. Chir.* 1999; 70 (3): 405–419. Discussion 419–420. (In Italian)
29. Захаренко А.А., Вовин К.Н., Беляев М.А., Трушин А.А., Купенская Т.В., Зайцев Д.А., Хамид А.Х., Палтышев И.А. Оптимизация хирургической тактики лечения больных раком желудка при вариантной анатомии целиакомезентериального бассейна. *Вопросы онкологии.* 2019; 65 (4): 537–545.
Zakharenko A.A., Vovin K.N., Belyaev M.A. et al. Optimization of surgical tactics for treating patients with gastric cancer in case of variant anatomy of the celiac-mesenteric basin. *Problems in Oncology.* 2019; 65 (4): 537–544. (In Russian)
30. Michels N.A. Blood Supply and Anatomy of the Upper Abdominal Organs. *Proc. R. Soc. Med.* 1956; 49 (9): 683.
31. Douglass B.E., Baggenstoss A.H., Hollinshead W.H. The anatomy of the portal vein and its tributaries. *Surg. Gynecol. Obstet.* 1950; 91 (5): 562–576.
32. Miyaki A., Imamura K., Kobayashi R. et al. Preoperative assessment of perigastric vascular anatomy by multidetector computed tomography angiogram for laparoscopy-assisted gastrectomy. *Langenbecks Arch. Surg.* 2012; 397 (6): 945–950. <http://doi.org/10.1007/s00423-012-0956-2>
33. Martino A., Di Serafino M., Amitrano L. et al. Role of multidetector computed tomography angiography in non-variceal upper gastrointestinal bleeding: A comprehensive review. *Wld J. Gastrointest. Endosc.* 2022; 14 (12): 739–747. <http://doi.org/10.4253/wjge.v14.i12.739>
34. Soto J.A., Park S.H., Fletcher J.G., Fidler J.L. Gastrointestinal hemorrhage: evaluation with MDCT. *Abdom. Imaging.* 2015; 40 (5): 993–1009. <http://doi.org/10.1007/s00261-015-0365-4>
35. Kim D., Kim J.H., Ko D.R. et al. Usefulness of contrast-enhanced multi-detector computed tomography in identifying upper gastrointestinal bleeding: A retrospective study of patients admitted to the emergency department. *PLoS One.* 2022; 17 (4): e0266622. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0266622>
36. Wells M.L., Hansel S.L., Bruining D.H. et al. CT for Evaluation of Acute Gastrointestinal Bleeding. *Radiographics.* 2018; 38 (4): 1089–1107. <http://doi.org/10.1148/rg.2018170138>
37. Expert Panels on Vascular Imaging and Gastrointestinal Imaging: Singh-Bhinder N., Kim D.H., Holly B.P. et al. ACR Appropriateness Criteria® Nonvariceal Upper Gastrointestinal Bleeding. *J. Am. Coll. Radiol.* 2017; 14 (5S): S177–S188. <http://doi.org/10.1016/j.jacr.2017.02.038>
38. Miyaoka Y., Amano Y., Ueno S. et al. Role of enhanced multi-detector-row computed tomography before urgent endoscopy in acute upper gastrointestinal bleeding. *J. Gastroenterol. Hepatol.* 2014; 29 (4): 716–722. <http://doi.org/10.1111/jgh.12447>
39. Lee H.A., Jung H.K., Kim T.O. et al. Clinical outcomes of acute upper gastrointestinal bleeding according to the risk indicated by Glasgow-Blatchford risk score-computed tomography score in the emergency room. *Korean J.*



- Intern. Med.* 2022; 37 (6): 1176–1185.
<http://doi.org/10.3904/kjim.2022.099>
40. Frattaroli F.M., Casciani E., Spoletini D. et al. Prospective study comparing multi-detector row CT and endoscopy in acute gastrointestinal bleeding. *Wld J. Surg.* 2009; 33 (10): 2209–2217.
<http://doi.org/10.1007/s00268-009-0156-6>
 41. Tse J.R., Shen J., Shah R. et al. Extravasation Volume at Computed Tomography Angiography Correlates With Bleeding Rate and Prognosis in Patients With Overt Gastrointestinal Bleeding. *Invest. Radiol.* 2021; 56 (6): 394–400. <http://doi.org/10.1097/RLI.0000000000000753>
 42. Jono F., Iida H., Fujita K. et al. Comparison of computed tomography findings with clinical risks factors for endoscopic therapy in upper gastrointestinal bleeding cases. *J. Clin. Biochem. Nutr.* 2019; 65 (2): 138–145.
<http://doi.org/10.3164/jcbn.18-115>
 43. Guglielmo F.F., Wells M.L., Bruining D.H. et al. Gastrointestinal Bleeding at CT Angiography and CT Enterography: Imaging Atlas and Glossary of Terms. *Radiographics.* 2021; 41 (6): 1632–1656.
<http://doi.org/10.1148/rg.2021210043>
 44. Scheffel H., Pfammatter T., Wildi S. et al. Acute gastrointestinal bleeding: detection of source and etiology with multi-detector-row CT. *Eur. Radiol.* 2007; 17 (6): 1555–1565. <http://doi.org/10.1007/s00330-006-0514-9>
 45. Gardiner G.A. Acute Massive Gastrointestinal Bleeding: Detection and Localization with Arterial Phase Multi-Detector Row Helical CT, Yearb. *Diagn. Radiol.* 2007; 2007: 268–272.
[https://doi.org/10.1016/s0098-1672\(08\)70179-6](https://doi.org/10.1016/s0098-1672(08)70179-6)
 46. Fidler J.L., Gunn M.L., Soto J.A. et al. Society of abdominal radiology gastrointestinal bleeding disease-focused panel consensus recommendations for CTA technical parameters in the evaluation of acute overt gastrointestinal bleeding. *Abdom. Radiol. (NY)*. 2019; 44 (9): 2957–2962.
<http://doi.org/10.1007/s00261-019-02131-y>
 47. Pouli S., Kozana A., Papakitsou I. et al. Gastrointestinal perforation: clinical and MDCT clues for identification of aetiology. *Insights. Imaging.* 2020; 11 (1): 31.
<http://doi.org/10.1186/s13244-019-0823-6>
 48. Chung K.T., Shelat V.G. Perforated peptic ulcer – an update. *Wld J. Gastrointest. Surg.* 2017; 9 (1): 1–12.
<http://doi.org/10.4240/wjgs.v9.i1.1>
 49. Del Gaizo A.J., Lall C., Allen B.C., Leyendecker J.R. From esophagus to rectum: a comprehensive review of alimentary tract perforations at computed tomography. *Abdom. Imaging.* 2014; 39 (4): 802–823.
<http://doi.org/10.1007/s00261-014-0110-4>
 50. Borofsky S., Taffel M., Khatri N. et al. The emergency room diagnosis of gastrointestinal tract perforation: the role of CT. *Emerg. Radiol.* 2015; 22 (3): 315–327.
<http://doi.org/10.1007/s10140-014-1283-4>
 51. Langell J.T., Mulvihill S.J. Gastrointestinal Perforation and the Acute Abdomen. *Med. Clin. N. Am.* 2008; 92 (3): 599–625. <http://doi.org/10.1016/j.mcna.2007.12.004>
 52. Kim H.C., Yang D.M., Kim S.W., Park S.J. Gastrointestinal tract perforation: evaluation of MDCT according to perforation site and elapsed time. *Eur. Radiol.* 2014; 24 (6): 1386–1393. <http://doi.org/10.1007/s00330-014-3115-z>
 53. Furukawa A., Sakoda M., Yamasaki M. et al. Gastrointestinal tract perforation: CT diagnosis of presence, site, and cause. *Abdom. Imaging.* 2005; 30 (5): 524–534.
<http://doi.org/10.1007/s00261-004-0289-x>
 54. Picone D., Rusignuolo R., Midiri F. et al. Imaging assessment of gastroduodenal perforations. *Semin Ultrasound CT MR.* 2016; 37 (1): 16–22.
<http://doi.org/10.1053/j.sult.2015.10.006>
 55. Faggian A., Berritto D., Iacobellis F. et al. Imaging Patients With Alimentary Tract Perforation: Literature Review. *Semin. Ultrasound CT MR.* 2016; 37 (1): 66–69.
<http://doi.org/10.1053/j.sult.2015.09.006>
 56. Saturnino P.P., Pinto A., Liguori C. et al. Role of Multi-detector Computed Tomography in the Diagnosis of Colorectal Perforations. *Semin. Ultrasound CT MR.* 2016; 37 (1): 49–53. <http://doi.org/10.1053/j.sult.2015.10.007>
 57. Maddu K.K., Mittal P., Arepalli C.D. et al. Colorectal emergencies and related complications: a comprehensive imaging review – noninfectious and noninflammatory emergencies of colon. *Am. J. Roentgenol.* 2014; 203 (6): 1217–1229. <http://doi.org/10.2214/AJR.13.12323>
 58. Paixão T.S., Leão R.V., de Souza Maciel Rocha Horvat N. et al. Abdominal manifestations of fishbone perforation: a pictorial essay. *Abdom. Radiol. (NY)*. 2017; 42 (4): 1087–1095. <http://doi.org/10.1007/s00261-016-0939-9>
 59. Холева А.А., Силантьева Н.К., Агабабян Т.А., Скоропад В.Ю., Соколов П.В., Иванов С.А. Роль КТ в диагностике несостоятельности швов анастомозов после операций у онкологических больных. *REJR.* 2020; 10 (4): 237–249. <http://doi.org/10.21569/2222-7415-2020-10-4-237-249>
Kholeva A.A., Silanteva N.K., Agababian T.A. et al. The role of CT in the diagnosis of anastomotic leakage in cancer surgery. *REJR.* 2020; 10 (4): 237–249. <http://doi.org/10.21569/2222-7415-2020-10-4-237-249> (In Russian)
 60. Winklhofer S., Lin W.C., Wang Z.J. et al. Comparison of Positive Oral Contrast Agents for Abdominopelvic CT. *Am. J. Roentgenol.* 2019; 212 (5): 1037–1043.
<http://doi.org/10.2214/AJR.18.20445>



Для корреспонденции*: Оконская Диана Евгеньевна – e-mail: cool_green_alien@mail.ru

Оконская Диана Евгеньевна – канд. мед. наук, научный сотрудник отделения реконструктивной хирургии пищевода и желудка ФГБУ “НМИЦ хирургии им. А.В. Вишневского” Минздрава России, Москва. <https://orcid.org/0000-0001-7460-4884>. E-mail: cool_green_alien@mail.ru

Кармазановский Григорий Григорьевич – академик РАН, доктор мед. наук, профессор, заведующий отделением рентгенологии и магнитно-резонансных исследований ФГБУ “НМИЦ хирургии им. А.В. Вишневского” Минздрава России; профессор кафедры лучевой диагностики и терапии медико-биологического факультета ФГАОУ ВО “РНИМУ им. Н.И. Пирогова” Минздрава России, Москва. <https://orcid.org/0000-0002-9357-0998>

Ковалев Александр Дмитриевич – врач-рентгенолог референс-центра лучевых методов диагностики отделения компьютерной и магнитно-резонансной томографии ФГБУ “НМИЦ эндокринологии” Минздрава России, Москва. <https://orcid.org/0009-0001-9944-0473>. E-mail: aledmikov@yandex.ru

Преснякова Виктория Сергеевна – клинический ординатор ФГБУ “НМХЦ им. Н.И. Пирогова”, Минздрава России, Москва. <https://orcid.org/0000-0001-5685-7327>. e-mail: viktoriapresniakova05@gmail.com

Кондратьев Евгений Валерьевич – канд. мед. наук, заведующий отделением рентгенологии и магнитно-резонансных исследований ФГБУ “НМИЦ хирургии им. А.В. Вишневского” Минздрава России, Москва. <https://orcid.org/0000-0001-7070-3391>. E-mail: evgenykondratiev@gmail.com

Груздев Иван Сергеевич – канд. мед. наук, научный сотрудник отдела лучевых методов диагностики и лечения ФГБУ “НМИЦ хирургии им. А.В. Вишневского” Минздрава России, Москва. <https://orcid.org/0000-0003-0781-9898>. E-mail: gruzdev_van@mail.ru

Ростовцев Михаил Владиславович – доктор мед. наук, старший научный сотрудник отделения лучевых методов диагностики ФГБУ “НМИЦ хирургии им. А.В. Вишневского” Минздрава России; профессор кафедры рентгенологии и радиологии ФГБОУ ДПО “Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования” Минздрава России; заведующий рентгенологическим отделением ГБУЗ “Городская клиническая больница имени М.Е. Жадкевича ДЗ города Москвы” Москва. <https://orcid.org/0000-0002-5032-4164>

Гурина Вера Ивановна – канд. мед. наук, научный сотрудник отдела лучевой диагностики ФГБУ “НМИЦ хирургии им. А.В. Вишневского” Минздрава России, Москва. <https://orcid.org/0000-0002-1015-3890>. E-mail: vera.gurina_msk@mail.ru

Хамидов Магомед Магомедович – аспирант отделения реконструктивной хирургии пищевода и желудка ФГБУ “НМИЦ хирургии им. А.В. Вишневского” Минздрава России, Москва. <https://orcid.org/0000-0003-0411-581X>. e-mail: khmadik@mail.ru

Козлов Валентин Александрович – канд. мед. наук, научный сотрудник отделения реконструктивной хирургии пищевода и желудка ФГБУ “НМИЦ хирургии им. А.В. Вишневского” Минздрава России, Москва. <https://orcid.org/0000-0002-4926-116X>. E-mail: kozipan@mail.ru

Ручкин Дмитрий Валерьевич – доктор мед. наук, заведующий отделением реконструктивной хирургии пищевода и желудка ФГБУ “НМИЦ хирургии им. А.В. Вишневского” Минздрава России, Москва. <https://orcid.org/0000-0001-9068-3922>. E-mail: ruchkindmitry@gmail.com

Contact*: Diana E. Okonskaya – e-mail: cool_green_alien@mail.ru

Diana E. Okonskaya – Cand. of Sci. (Med.), the researcher at the upper digestive tract reconstructive surgery department, A.V. Vishnevsky National Medical Research Center of Surgery, Moscow. <https://orcid.org/0000-0001-7460-4884>. E-mail: cool_green_alien@mail.ru

Grigory G. Karmazanovsky – Russian Academy of Sciences (RAS) Full Member, Doct. of Sci. (Med.), Professor, Head of the Diagnostic Radiology Department, A.V. Vishnevsky National Medical Research Center of Surgery; Professor of radiology department, Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow. <https://orcid.org/0000-0002-9357-0998>.

Alexander D. Kovalev – MD, the radiologist of radiology department, National Medical Research Centre for Endocrinology, Moscow. <https://orcid.org/0009-0001-9944-0473>

Victoria S. Presniakova – the medical resident at the National Medical and Surgical Center named after N.I. Pirogov of the Ministry of Health of the Russian Federation. <https://orcid.org/0000-0001-5685-7327>

Evgeny V. Kondratyev – Cand. of Sci. (Med.), the chief of radiology department, A.V. Vishnevsky National Medical Research Centre of Surgery, Moscow. <https://orcid.org/0000-0001-7070-3391>. E-mail: evgenykondratiev@gmail.com

Ivan S. Gruzdev – Cand. of Sci. (Med.), researcher of radiology department, A.V. Vishnevsky National Medical Research Centre of Surgery, Moscow. <https://orcid.org/0000-0003-0781-9898>. E-mail: gruzdev_van@mail.ru

Mikhail V. Rostovtsev – Doct. of Sci. (Med.), Senior Researcher, Department of Radiation Diagnostic Methods, A.V. Vishnevsky National Medical Research Center of Surgery; Professor of the Department of Radiology and Roentgenology, Russian Medical Academy of Continuing Professional Education; Head of the Radiology Department, M.E. Zhadkevich City Clinical hospital, Moscow. <https://orcid.org/0000-0002-5032-4164>

Vera I. Gurina – Cand. of Sci. (Med.), the researcher, X-ray diagnostics department, A.V. Vishnevsky National Medical Research Center of Surgery, Moscow. <https://orcid.org/0000-0002-1015-3890>. E-mail: vera.gurina_msk@mail.ru

Magomed M. Khamidov – PhD student at the upper digestive tract reconstructive surgery department, A.V. Vishnevsky National Medical Research Center of Surgery, Moscow. <https://orcid.org/0000-0003-0411-581X>. E-mail: khmadik@mail.ru

Valentin A. Kozlov – Cand. of Sci. (Med.), the researcher of the upper digestive tract reconstructive surgery department, A.V. Vishnevsky National Medical Research Center of Surgery, Moscow. <https://orcid.org/0000-0002-4926-116X>. E-mail: kozipan@mail.ru

Dmitry V. Ruchkin – Doct. of Sci. (Med.), the chief of the upper digestive tract reconstructive surgery department, A.V. Vishnevsky National Medical Research Center of Surgery, Moscow. <https://orcid.org/0000-0001-9068-3922>. E-mail: ruchkindmitry@gmail.com



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

<https://doi.org/10.24835/1607-0763-1529>

Ангиомиолипомы почек. Возможности применения КТ-перфузии в оценке лечебного эффекта эмболизации ангиомиолипом почек. Обзор литературы и клинические наблюдения

© Лунева Т.Ю.^{1*}, Лужанский Д.С.¹, Волконская Н.Б.¹,
Пакус С.М.¹, Абоян И.А.¹, Капустин В.В.²

¹ ГБУ Ростовской области «Клинико-диагностический центр «Здоровье» в г. Ростов-на-Дону»; 344011 Ростов-на-Дону, Доломановский пер., д. 70/3, Ростов-на-Дону, Российская Федерация

² ФГБУ «Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медико-биологический центр им. А.И. Бурназяна» Федерального медико-биологического агентства; 123098 Москва, ул. Маршала Новикова, д. 23, Российская Федерация

Цель исследования: провести анализ данных отечественной и зарубежной литературы по применению компьютерно-томографической перфузии (КТП) в диагностике заболеваний почек, в том числе у пациентов с доброкачественными и злокачественными новообразованиями почки; оценить перспективы применения данной методики для определения эффективности различных малоинвазивных вмешательств (криотерапия, различные виды термоабляции, артериальная эмболизация) лечения пациентов с опухолями почек, а также для динамического наблюдения за пациентами этих групп.

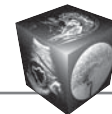
Материал и методы. Проведен поиск научных работ, опубликованных в электронных базах данных PubMed, Google Scholar, E-library, с использованием ключевых слов “angiomyolipoma”, “kidney”, “transarterial embolization of tumors”, “CT-perfusion of the kidneys”. В статье рассмотрены материалы 40 источников литературы за последние 10 лет, из них 25 статей за последние 5 лет, посвященных указанной тематике. Представлены собственные клинические наблюдения, демонстрирующие возможность применения КТП в оценке лечебного эффекта эмболизации ангиомиолипомы почки (пАМЛ).

Результаты. Проведенный обзор литературы показал, что КТП почек является неинвазивной методикой, позволяющей провести дифференциальную диагностику между доброкачественными опухолями (пАМЛ с низким содержанием жира и онкоцитомой), а также со злокачественными образованиями почек, выявить особенности различных гистологических вариантов почечно-клеточного рака (ПКР). Кроме того, имеются работы, посвященные применению КТП в оценке эффективности таких малоинвазивных методик, как криоабляция, трансартериальная эмболизация (ТАЭ) (при лечении ПКР и пАМЛ соответственно), а также таргетной терапии ПКР. По предварительным результатам наших клинических наблюдений основные показатели КТП позволили детализировать структуру пАМЛ (до и после ТАЭ), особенности кровотока ее микроциркуляторного русла и выявить рецидив на основании прогрессирующего роста значений перфузии при одновременном уменьшении объема опухоли, что демонстрирует возможности использования КТП в качестве дополнительного мониторинга после оперативного лечения.

Заключение. Несмотря на наличие работ, посвященных анализу применения КТП в качестве методики оценки ангиогенеза опухолей почек, остается много пробелов по использованию ее как клинического потенциала в оценке раннего и последующего лечебного мониторинга при хирургическом лечении опухолей почек. На сегодняшний день не существует единого и тщательно валидированного метода визуализации эмболизированных опухолей. Отсутствуют работы по изучению возможностей КТП в оценке лечебного эффекта эмболизации пАМЛ. Результаты собственных клинических наблюдений позволяют предположить, что КТП может быть использована в качестве дополнительной методики мониторинга пАМЛ после оперативного лечения в виде ТАЭ и выявления рецидивов заболевания за счет оценки опухолевого неопластического ангиогенеза.

Ключевые слова: ангиомиолипома; КТ-перфузия почек; трансартериальная эмболизация опухолей

Авторы подтверждают отсутствие конфликтов интересов.



Для цитирования: Лунева Т.Ю., Лужанский Д.С., Волконская Н.Б., Пакус С.М., Абоян И.А., Капустин В.В. Ангиомиолипомы почек. Возможности применения КТ-перфузии в оценке лечебного эффекта эмболизации ангиомиолипом почек. Обзор литературы и клинические наблюдения. *Медицинская визуализация*. 2025; 29 (3): 36–50. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-1529>

Поступила в редакцию: 24.01.2025. **Принята к печати:** 15.02.2025. **Опубликована online:** 30.05.2025.

Renal angiomyolipomas. Possibilities of CT perfusion implementation for assessment of therapeutic effect of renal angiomyolipomas embolization. A review of literature and clinical observations

© Tatiana Yu. Luneva^{1*}, Daniil S. Luzhanskiy¹, Natalya B. Volkonskaya¹,
Sergey M. Pakus¹, Igor A. Aboyan¹, Vladimir V. Kapustin²

¹ Clinical and diagnostic center “Health” in Rostov-on-Don; 70/3, Dolomanovsky lane, Rostov-on-Don 344011, Russian Federation

² State Scientific Center of the Russian Federation – Federal Medical Biophysical Center named after A.I. Burnazyan of the FMBA of Russia; 23, Marshal Novikov str., Moscow 123098, Russian Federation

Purpose of the study: to analyze the data of domestic and foreign literature on the use of computed tomographic perfusion (CTP) in the diagnosis of kidney diseases, including patients with benign and malignant kidney tumors. To evaluate the prospects of using this technique to determine the effectiveness of various minimally invasive interventions (cryotherapy, various types of thermoablation, arterial embolization) for the treatment of patients with renal tumors, as well as for follow-up of patients in these groups.

Material and methods. A search of scientific papers published in the electronic databases PubMed, Google Scholar, E-library using the key words “angiomyolipoma”, “kidney”, “transarterial embolization of tumors”, “CT-perfusion of the kidneys” was carried out. In the article the materials of 40 literature sources for the last 10 years, including 25 articles – for the last 5 years, devoted to the mentioned subject are considered. The authors present their own clinical cases demonstrating the CTP application usefulness to assess the therapeutic effect of renal angiomyolipomas (rAML) transarterial embolization (TAE).

Results. The conducted literature review showed that renal CTP is a noninvasive technique that allows differential diagnostics between benign tumors (low-fat rAML and oncocytoma), as well as with malignant renal neoplasms, to reveal features of different histological variants of renal cell cancer. In addition, there are works devoted to the application of CTP in the evaluation of the efficacy of minimally invasive techniques such as cryoablation, TAE (in the treatment of renal cell cancer (RCC) and rAML, respectively), as well as target therapy for RCC. According to the preliminary results of our clinical cases, the main CTP parameters allowed to detail the structure of rAML (before and after TAE), blood flow features of its microcirculatory level and to detect recurrence on the basis of progressive growth of perfusion values with simultaneous reduction of tumor volume, which demonstrates the possibilities of using CTP as an additional monitoring technic after surgical treatment.

Conclusion. Despite the availability of papers analyzing the use of CTP as a technique to assess renal tumor angiogenesis, many gaps remain in its use as a clinical potential in the evaluation of early and subsequent follow-up in the cases of renal tumors surgical treatment. To date, there is no evident and thoroughly validated imaging method for embolized tumors. There are no works on studying the possibilities of CTP in assessing the therapeutic effect of rAML embolization. The results of our own clinical cases allowed us to suggest that CTP can be used as an additional technique for monitoring rAML after surgical treatment such as TAE and detecting disease recurrence by assessing tumor neoangiogenesis.

Keywords: angiomyolipoma; CT-perfusion of the kidneys; transarterial embolization of tumor

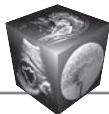
Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest. The study had no sponsorship.

For citation: Luneva T. Yu., Luzhanskiy D.S., Volkonskaya N.B., Pakus S.M., Aboyan I.A., Kapustin V.V. Renal angiomyolipomas. Possibilities of CT perfusion implementation for assessment of therapeutic effect of renal angiomyolipomas embolization. A review of literature and clinical observations. *Medical Visualization*. 2025; 29 (3): 36–50. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-1529>

Received: 24.01.2025.

Accepted for publication: 15.02.2025.

Published online: 30.05.2025.



Введение

Ангиомиолипома почки (пАМЛ) – доброкачественная опухоль почки, входящая в группу периваскулярных эпителиоидно-клеточных опухолей (ПЭКом) [1]. На долю пАМЛ приходится 0,3–5,0% всех новообразований почек [2, 3]. Это мезенхимальная опухоль, состоящая из периваскулярных эпителиоидных клеток, которые расположены радиально вокруг просвета сосудов. Образование представляет собой трехкомпонентную структуру, включающую в себя аномальные кровеносные сосуды, гладкомышечные клетки и зрелые адипоциты [4]. пАМЛ являются спорадическими в 80% случаев, но некоторые из них составляют часть аутосомно-доминантного наследственного заболевания (20%), tuberозного склероза Бурневилля [5]. пАМЛ, ассоциированные с комплексом tuberозного склероза, возникают в более молодом возрасте, чаще бывают двусторонними и многоочаговыми, с признаками быстрого роста. Спорадические пАМЛ возникают в возрасте от 50 до 60 лет, чаще встречаются у женщин, растут медленно, часто носят односторонний характер [6]. Соотношение женщин и мужчин составляет 2:1. [7]. Так, в работе О. Patrick и соавт. оценивали связь между скоростью роста, размером и факторами, влияющими на пациента. Большинство пАМЛ было обнаружено у участниц женского пола (80%) и протекало бессимптомно (91%). пАМЛ с комплексом tuberозного склероза (КТС) были подтверждены у 3,8% обследуемых и выявлены в более раннем возрасте. Средний размер спорадических пАМЛ составлял 1 см, тогда как при КТС был значительно больше и составлял до 5,5 см [8]. При заболевании Бурневилля наблюдалась мутация в комплексе TSC (*Tuberous Scelerosis Complex*), кодирующая гены гамартина (TSC1, 9q34) или туберина (TSC2, 16p13.3), приводящая к активации пути mTOR [9]. Иммуногистохимический анализ, как правило, дает положительные результаты в отношении экспрессии HMB-45, melan-A, актина, десмина и кальпонины [2].

Классификация АМЛ

Классификация пАМЛ основана на клинических, гистологических и рентгенологических признаках. пАМЛ по этиологии разделены на спорадические и наследственные. Гистологически спорадические пАМЛ классифицировали на доброкачественный трехкомпонентный тип и потенциально злокачественный эпителиоидный тип. Доброкачественный трехкомпонентный тип с использованием методов визуализации КТ и МРТ был далее разделен на 2 категории: с высоким содержанием жирового компонента и низким со-

держанием жирового компонента. Первый тип пАМЛ содержал достаточно жировой ткани и определялся на нативной компьютерной томограмме (≤ -10 HU). Второй тип пАМЛ был далее классифицирован на 3 подтипа, основываясь на количестве и распределении адипоцитов внутри опухоли и других особенностях визуализации: гиператтенуирующая АМЛ ($> +45$ HU); изоаттенуирующая АМЛ (от -10 до $+45$ HU); АМЛ с эпителиальными кистами. Рентгенологические особенности этого редкого подтипа не полностью описаны из-за отсутствия данных [10].

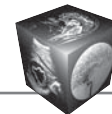
Клиническая симптоматика и стратегия лечения

Более 80% пАМЛ обнаруживались случайно при рентгенологических исследованиях органов брюшной полости [11]. Обнаружение солидной опухоли почки у взрослого человека, выявление жировой ткани с помощью КТ или МРТ позволяет уверенно диагностировать классическую пАМЛ [5]. АМЛ с низким содержанием жира может представлять диагностическую проблему, которая часто требует дифференцировки с почечно-клеточным раком (ПКР) [12]. У большинства пациентов пАМЛ были бессимптомными, примерно у 10% пациентов забрюшинное кровотечение и даже гиповолемический шок являлись начальными клиническими проявлениями [4].

пАМЛ – наиболее распространенное новообразование почек, связанное со спонтанным почечным кровотечением. На сегодняшний день план лечения пАМЛ основывается на размере опухоли, наличии или отсутствии разрыва аневризмы опухоли, сопутствующих факторах и клинических особенностях на момент обращения. Многочисленные исследования продемонстрировали, что частота симптомов и риск кровотечения прямо пропорциональны размеру опухоли, чем больше опухоль, тем выше риск кровотечения, но возникают споры относительно критериев размера для лечения пациентов с бессимптомным пАМЛ [13, 14].

Существует несколько вариантов лечения пАМЛ: активное наблюдение на основе регулярной визуализации, трансартериальная эмболизация (ТАЭ), которая может быть использована для деваскуляризации опухоли, что может свести к минимуму дальнейший риск кровотечения, хирургическое удаление, предпочтительно с помощью нефроносохраняющей хирургии, хотя при больших опухолях может потребоваться тотальная нефрэктомия и термическая абляция, которая используется реже.

Активное наблюдение является наиболее предпочтительным вариантом в 48% случаев, за кото-



рым следует хирургическое вмешательство в 31% и селективная ТАЭ в 17% случаев. ТАЭ уменьшала объем пАМЛ, но в 30% случаев требовала вторичного лечения. Хирургическое вмешательство (особенно нефроносохраняющая хирургия) на сегодня считается наиболее распространенным и эффективным методом лечения с точки зрения возможного развития рецидивов и необходимости повторных лечебных вмешательств. Термическая абляция используется для лечения пАМЛ значительно реже [7].

Как уже упоминалось, ведение большинства пациентов с пАМЛ подразумевает проведение активного наблюдения. Так, в работе Y. Grassano и соавт. оценивались исходы активного наблюдения у пациентов, находящихся на лечении по поводу спорадических пАМЛ размером более 4 см. Из 38 пациентов (срок наблюдения составил 5 лет) в 66% случаев лечения не потребовалось. Забрюшинное кровоизлияние было зарегистрировано у 8,5% от общего числа пациентов. Причинами прекращения активного наблюдения остальных пациентов с пАМЛ и переходом к оперативному лечению были болезненные ощущения (37%), желание пациента (19%), изменение рентгенологической картины опухоли (19%) и гематурия (6%) [6].

В начале хирургическое лечение рекомендовалось при пАМЛ размером более 4 см с тех пор, как J. Oesterling и соавт. предложили стратегию ведения пАМЛ, основанную на размере опухоли и симптомах. Сделанный ими анализ ретроспективных исследований показал, что размер опухоли более 4 см положительно коррелирует с разрывом пАМЛ [15]. Затем показания к хирургическому вмешательству расширились: пАМЛ с подозрительной злокачественностью, с наличием клинической симптоматики, размером образования более 4 см и у женщин детородного возраста [5]. Ряд авторов утверждают, что риск разрыва и кровотечения повышается при пАМЛ более 4 см и внутриопухолевой аневризме более 5 мм [16–18]. В последнее время появились единичные работы, где не прослеживается четкой взаимосвязи между размером пАМЛ и возникновением кровотечений, хотя авторы согласны с тем, что более крупные пАМЛ положительно коррелируют с повышенным риском кровотечения [19]. Тем не менее ограничение в 4 см, которое традиционно использовалось в качестве показания к активному лечению, возможно, придется пересмотреть. В недавних работах при спорадических пАМЛ авторы рекомендуют увеличить пороговый размер поражения от 4 до 6–8 см – в качестве минимального диаметра для профилактического хирургического вме-

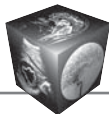
шательства [5, 11, 20]. В своей работе K. Lee и соавт. сообщили, что оптимальный размер пАМЛ, способствующий кровотечению при спорадической пАМЛ, составлял 7,35 см, где частота кровотечения при спорадической пАМЛ ≥ 4 см составила 23,6% и <4 см 4,8% соответственно [14]. Считается также, что внутриопухолевая мешотчатая аневризма является главным показателем к оперативному лечению [11]. Наблюдалась положительная корреляция между размером аневризмы и кровоизлиянием [5, 12, 21, 22]. В исследовании, проведенном K. Yamakado и соавт. [21], было обнаружено, что аневризма диаметром более 5 мм вызывает спонтанное кровотечение со 100% чувствительностью и 86% специфичностью, тогда как диаметр опухоли 4 см и более приводил к кровотечению со 100% чувствительностью и 38% специфичностью. Согласно современным литературным данным, основными кандидатами для хирургического лечения являются пациенты с ростом пАМЛ $>0,25$ см/год, внутриопухолевыми аневризмами >5 мм и наличием клинической симптоматики, а также беременные женщины и женщины детородного возраста, поскольку, по данным ряда авторов, рост и разрыв пАМЛ во время беременности может стать причиной массивных кровотечений и даже привести к летальному исходу [9, 23].

Существуют исследования, которые показывают, что средний темп роста составляет 0,19 см в год при спорадической пАМЛ и 1,25 см у пациентов с КТС [18]. Следовательно, врачам следует более активно подходить к лечению пАМЛ у пациентов с КТС.

Одним из основных методов рентгенохирургического лечения пАМЛ является селективная ТАЭ [24]. Она может использоваться в качестве профилактического лечения пАМЛ высокого риска, в качестве экстренного лечения пАМЛ с признаками кровоизлияния или как дополнительный метод лечения перед операцией с целью уменьшения интраоперационной кровопотери [25].

Возможность развития рецидивов заболевания после проведения ТАЭ, например из-за неполной эмболизации, обуславливает необходимость динамического наблюдения этой группы пациентов [22]. Общепринятые протоколы такого наблюдения с помощью рентгенологического исследования и УЗИ до настоящего времени не разработаны. Ряд исследователей предлагают проведение мониторинга в виде физикального обследования и стандартной КТ через 6, 12 мес после ТАЭ, а в дальнейшем – ежегодно [3, 15].

На сегодня оценка эффективности лечения производится в основном за счет характеристики



размеров образования в определенные временные интервалы без учета характера васкуляризации опухолевого узла с использованием таких высокочувствительных методик, как КТ-перфузия (КТП) [11, 26, 27]. А ведь именно опухолевый неоплазматический ангиогенез является одним из ключевых факторов как предоперационного роста пАМЛ, так и развития рецидивов заболевания. При этом сохранение мелких ветвей питающих артериальных сосудов, “пропущенных” при выполнении ТАЭ, приводит к неполной деваскуляризации опухолевого узла и, в свою очередь, к продолженному росту или рецидиву, а также в ряде случаев и к повторному кровотечению после выполнения вмешательства.

Метаанализ работ, посвященных выполнению ТАЭ при наличии пАМЛ, показал, что в качестве критерия эффективности эмболизации можно использовать уменьшение размера опухолевого узла [3]. В этих случаях речь идет о так называемом техническом успехе ТАЭ. Различные исследования показали уменьшение размера опухоли, используя разные сроки наблюдения. Так, F. Bardin и соавт. сообщили о снижении размера опухоли на 26,2% при среднем сроке наблюдения 20,5 мес [25], а С. Чап и соавт. – об уменьшении опухолей на 32,0% за 85,2 мес [26], что, на первый взгляд, может показаться гораздо менее эффективным по сравнению с хирургическим удалением. Однако следует помнить, что общий размер опухоли не всегда следует рассматривать как фактор риска для прогнозирования кровотечения после эмболизации, а хирургическое удаление остаточной опухоли также не всегда является обязательным [28]. Уменьшение размера зависит от ТАЭ и тесно коррелирует с исходным составом трехфазного компонента пАМЛ. Ангиомиогенные компоненты чувствительны к эмболизации. Чем больше доля ангиомиогенного компонента, тем больше уменьшение размера опухоли. При этом жировой компонент обычно минимально васкуляризован и устойчив к эмболизации, поэтому трудно ожидать уменьшения размера опухоли при чисто жировых пАМЛ или с содержанием минимального сосудистого компонента [11, 26]. Даже при незначительном уменьшении общих размеров образования технический успех считается достигнутым, когда снижается васкуляризация ангиомиоматозного узла опухоли. В течение нескольких дней сразу после процедуры может наблюдаться увеличение размера опухоли, которое, вероятно, вызвано отеком и воспалительной реакцией [29]. Более важно оценить наличие остаточной васкуляризации и аномальную сосудистую сеть, а не оце-

нивать общий размер опухоли в течение раннего послеоперационного периода. В этом случае может помочь КТП, которая дает общую оценку кровотока и тканевой перфузии.

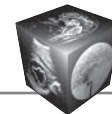
Роль КТП в оценке гемодинамики опухоли почки

Существуют немногочисленные работы ряда зарубежных и российских авторов по применению КТП в онкологии, а именно в дифференциальной диагностике злокачественных и доброкачественных образований. Так, в работах С. Chen и соавт. были сопоставлены следующие параметры перфузии: скорости кровотока (AF), проницаемости (CL) и объема кровотока (BV) при сравнении пАМЛ с низким содержанием жира и основных гистологических типов ПКР (папиллярного, хромофобного, светлоклеточного) [30, 31]. пАМЛ с низким содержанием жира и подтипы ПКР демонстрируют различные особенности перфузии, что позволяет проводить их дифференцировку с использованием указанных выше параметров.

В работе F. Mazzei и соавт. были проанализированы такие перфузионные параметры, как AF, CL, среднее время прохождения крови по сосудам (MTT), также значения плотности при стандартной многофазной КТ как для пораженного, так и для нормального коркового слоя почек между онкоцитомой и различными гистологическими вариантами ПКР. Значения CL и MTT были значительно ниже при злокачественных поражениях, чем в нормальном корковом слое почек ($p < 0,001$ и $p = 0,011$ соответственно); значения CL, MTT и AF также статистически различались между онкоцитомами и злокачественными поражениями. Точность, чувствительность и специфичность для прогнозирования ПКР составили 95,92, 100 и 66,7% соответственно при КТП, тогда как при стандартной многофазной КТ они составили 89,80, 93,35 и 50% соответственно [32].

В работе Н.А. Рубцовой и соавт. оценивались 4 показателя перфузии для образования и коркового слоя паренхимы почки: BV, AF, CL и MTT. По результатам проведенного статистического анализа перфузионные параметры BV, AF, CL коркового слоя почки были достоверно выше, чем в опухоли любого гистологического типа ($p < 0,05$). Статистически значимая разница выявлена между светлоклеточным, хромофобным и папиллярным типами рака почки в показателях BV и AF ($p < 0,05$), между доброкачественными и злокачественными образованиями – в показателе MTT [33].

Анализ доступных нам литературных данных показал, что работы, посвященные оценке эффек-



тивности лекарственного лечения образований почек при помощи КТП, немногочисленны.

Так, целью работы А. Fan и соавт. была оценка возможности применения КТП для выявления опухолевого ответа на таргетную терапию в сроки наблюдения менее 12 нед. В том числе оценивались ранние (на 8-й день) изменения перфузии в группах пациентов с первичными раками почки и метастазами. При метастатических поражениях отмечалось большее снижение AF по сравнению с первичными ПКР. Диаметр опухоли через неделю лечения практически не изменился, в то время как изменения перфузии в эти же сроки были заметны, особенно в случаях метастатического поражения [34].

В работе А. Vehabovic-Delic и соавт. показано, что AF и CL были значительно ниже после начала терапии, в то время как BV и объем опухоли остались неизменными [35].

Результаты этих двух исследований показали, что КТП позволяет оценить эффективность проводимой таргетной терапии раньше, чем используемые в настоящее время критерии оценки ответа при солидных опухолях в системе Response Evaluation Criteria in Solid Tumours (RECIST) v.1.1. без анализа васкуляризации.

Широкое применение в настоящее время аблятивных методик по лечению локализованного ПКР открывает возможности для применения КТП с целью контроля эффективности лечения, особенно в ранние сроки. В отличие от частичной нефрэктомии, при аблятивных методиках нет возможности гистологического исследования края резекции образования, что делает методику сильно зависящей от последующей визуализации [36]. Поэтому КТП, по-видимому, будет полезна для мониторинга применения аблятивных методик.

Так, в работе Е. Squillaci и соавт. проведен анализ и мониторинг криоаблированных опухолей почек у 15 пациентов с помощью основных показателей КТП. По мнению авторов, оценка тканевой перфузии и проницаемости опухоли позволила провести более глубокий анализ процесса ангиогенеза, который невозможно оценить по качественному или количественному анализу статических изображений с трехфазным контрастированием. При анализе результатов определялось снижение AF, BV, CI и повышение МТТ в участках деструкции опухолевой ткани по сравнению с данными до лечения. В данном исследовании была предпринята попытка прогнозирования клинического ответа на криотерапию (в том числе ранних рецидивов) вне зависимости от изменения объема опухолей [37].

Применение КТП в оценке неопухолевых заболеваний почек

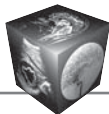
В экспериментальной работе Z. Zhang и соавт. была проведена оценка эффекта эмболизации наногелями почечной артерии кролика с помощью КТП, где отмечалось значительное уменьшение AF и BV в эмболизированной почке и, наоборот, увеличение данных показателей в контралатеральной почке [38].

КТП также нашла свое применение в диагностике обструктивной уропатии в исследованиях К.А. Александровой и соавт., посвященных оценке гемодинамических изменений в зависимости от степени дилатации чашечно-лоханочной системы (ЧЛС). У пациентов с уретеропиелозктазией отмечались заметные различия показателя кровотока AF в корковом и мозговом слое между почкой с камнем мочеточника и контралатеральной почкой (27 и 34% соответственно). Снижение показателей перфузии у пациентов с уретерокаликопиелозктазией на 55% в корковом и на 58% в мозговом слое более существенно по сравнению со снижением показателей перфузии пациентов с уретеропиелозктазией. Также рассматривался вопрос о возможности применении КТП в качестве предиктора определения тактики лечения больных с расширением ЧЛС (дренирование мочевых путей), вызванным конкрементами после проведения литотрипсии [39, 40].

Одним из направлений применения КТП являются сосудистые аномалии. В частности, согласно исследованию J. Zhong и соавт., обнаружена взаимосвязь между степенью компрессии левой почечной вены и изменениями перфузии левой почки у пациентов с синдромом “щелкунчика”, где исследовалась AF коркового слоя почки. Снижение данного показателя в пораженной почке может отражать потенциальную атрофию паренхимы и быть показанием к оперативному вмешательству [17].

При анализе литературных источников не обнаружено работ по возможности применения КТП в динамическом мониторинге пАМЛ после ТАЭ. В нашем исследовании представлены два клинических наблюдения с наличием у пациентов пАМЛ с целью определения возможности применения КТП в оценке лечебного эффекта ТАЭ сосудов опухоли.

В работе мы использовали КТП на этапах планирования и динамического наблюдения, а также для оценки лечебного эффекта после оперативного вмешательства. При этом оценивались абсолютные количественные показатели опухоли на получаемых перфузионных картах: артериальный кровоток (Arterial Flow, AF, мл/100 г/мин) – количе-



ство крови, протекающее по артериальным сосудам ткани в единицу времени, “эквивалентный” объем крови (Equivalent Blood Volume, BV, мл/100 г) – объем циркулирующей крови в пределах сосудистой сети в единице ткани, проницаемость сосудистой стенки (Clearance, CL, мл/100/мин) – общий переход контрастного препарата из плазмы в экстраваскулярное пространство.

Представляем два клинических наблюдения применения КТ-перфузии на этапах эмболизации пАМЛ. В обоих случаях протокол включал: проведение КТ-исследования на дооперационном этапе и выполнение “раннего” контроля эффективности ТАЭ на 5-й день после вмешательства и в

последующем через 3 и 6 мес. КТ-исследования представляли собой стандартную мультифазную КТ с болюсным контрастированием и дополнительным выполнением динамической КТП. Во время и после ТАЭ осуществлялась диагностическая ангиография почек с определением основных артерий, кровоснабжающих опухолевый узел, и оценкой индивидуальной ангиоархитектоники почки.

Клиническое наблюдение 1

Пациентка У., 52 года. Наблюдалась по поводу АМЛ правой почки в течение 5 лет. С 2022 г. отмечалось увеличение размеров образования по данным УЗИ и КТ.

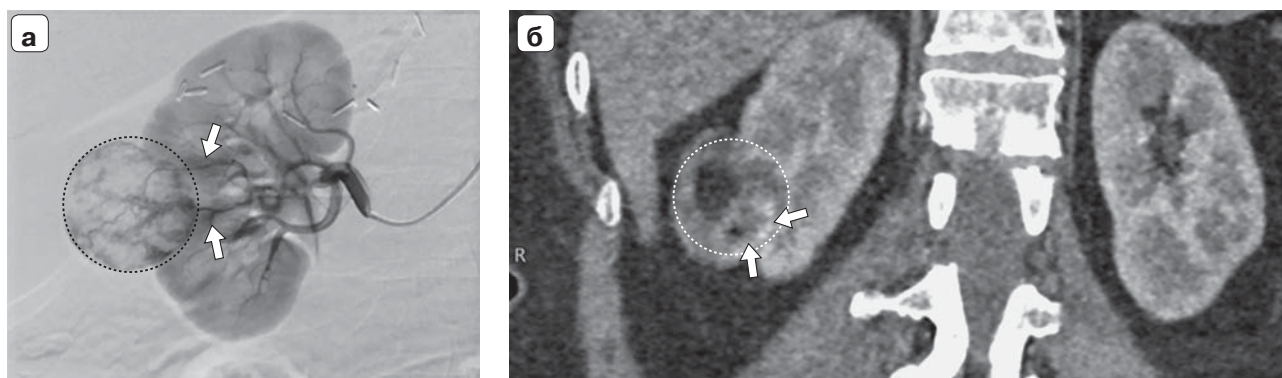


Рис. 1. Пациентка У., 52 года. Объем опухолевого узла 32,5 см³. Лучевая картина АМЛ правой почки до проведения трансартериальной эмболизации. **а** – диагностическая ангиография, визуализация основных ветвей патологической сети опухоли (стрелки); **б** – КТ-изображение в корональной плоскости в кортико-медуллярную (артериальную) фазу. Опухоль обведена пунктирной линией, на границе с неизменной почечной паренхимой определяются питающие сосуды (стрелки).

Fig. 1. Patient U., 52 years old, sex: female. The volume of the tumor node is 32.5 cm³. X-ray picture of the right kidney angiomyolipoma (AML) before transarterial embolization. **a** – diagnostic angiography, visualization of the main branches of the pathological tumor network (arrows); **b** – CT image in the coronal plane at the cortico-medullary (arterial) phase. The tumor is outlined with a dotted line, feeding vessels are visible on the border of unchanged renal parenchyma (arrows).

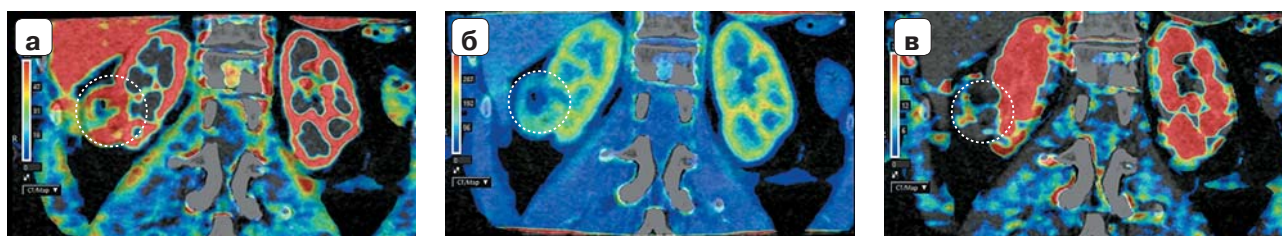
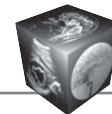


Рис. 2. Цветовые перфузионные карты этой же пациентки, опухоль обведена пунктирной линией. **а** – картирование объема кровотока (BV); **б** – картирование скорости артериального кровотока (AF); **в** – картирование проницаемости сосудистой стенки (CL).

Fig. 2. Color perfusion maps of the same patient, the tumor is outlined with a dotted line. **a** – blood flow volume mapping (BV); **б** – arterial blood flow velocity mapping (AF); **в** – vascular wall permeability (CL) mapping.



При стандартном КТ-исследовании на границе верхнего и нижнего сегментов паренхимы правой почки по латеральной поверхности определялась АМЛ объемом $32,5 \text{ см}^3$ с частично экстраренальным ростом, с плотностными показателями в нативную фазу сканирования от -67 HU до $+26 \text{ HU}$, с накоплением контрастного препарата до $+134 \text{ HU}$, преимущественно в структуре солидного компонента, характеризовавшегося положительными плотностными показателями.

Также была проведена КТП почек с построением перфузионных карт и вычислением абсолютных перфузионных показателей в зоне интереса. Они составили: $\text{BV} - 63,0 \pm 5,8 \text{ мл/100 г}$; $\text{AF} - 146 \pm 24,3 \text{ мл/100 г/мин}$ и $\text{CL} - 17,0 \pm 5,3 \text{ мл/100 г/мин}$ (рис. 1, 2).

При проведении “раннего” контроля эффективности ТАЭ (на 5-й день после вмешательства) определялось незначительное увеличение объема опухолевого узла за счет постоперационного отека паренхимы опухоли и снижение плотностных и перфузионных показателей (рис. 3, 4).

При контрольных КТ через 3 и 6 мес после ТАЭ у данной пациентки определялось дальнейшее уменьшение объема опухоли, снижение как денситометрических показателей опухоли, так и показателей КТП (табл. 1).

Таким образом, в этом случае был достигнут устойчивый лечебный эффект за счет полной деваскуляризации опухолевого узла.

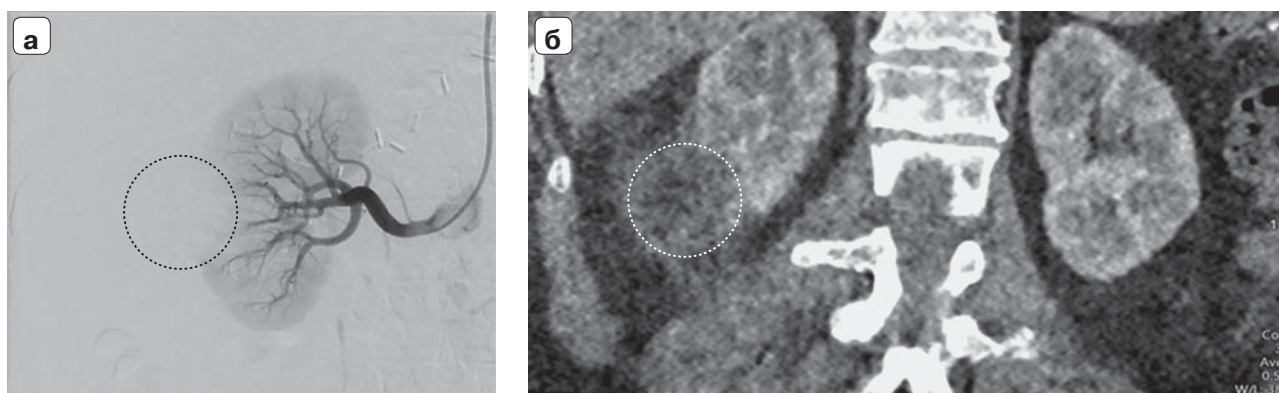


Рис. 3. Пациентка У., 52 года. Лучевая картина АМЛ правой почки на 5-й день после проведения трансартериальной эмболизации. **а** – контрольная ангиография, отсутствие визуализации ветвей патологической сети опухоли; **б** – КТ-изображение в корональной плоскости в кортико-медуллярную (артериальную) фазу. Опухоль обведена пунктирной линией, отсутствие питающих сосудов.

Fig. 3. Patient U., 52 years old, sex: female. X-ray picture of the right kidney angiomyolipoma (AML) on the 5th day after transarterial embolization. **a** – control angiography, no visualization of the tumor pathological network branches; **б** – CT-image in the coronal plane in the cortico-medullary (arterial) phase. The tumor is outlined with a dotted line; absence of feeding vessels.

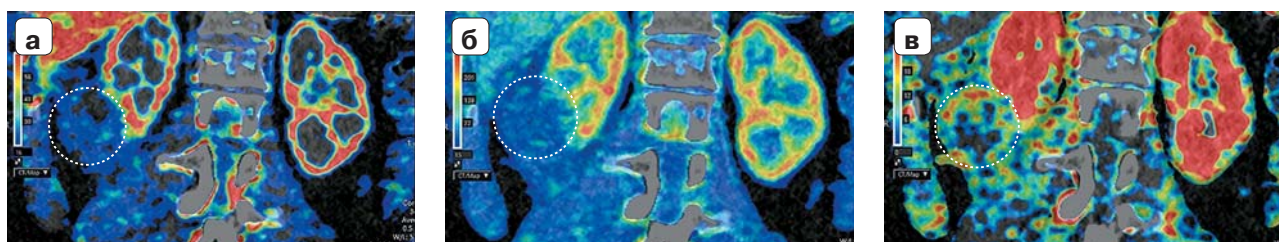


Рис. 4. Цветовые перфузионные карты этой же пациентки на 5-й день после проведения трансартериальной эмболизации, опухоль обведена пунктирной линией. **а** – картирование объема кровотока (BV); **б** – картирование скорости артериального кровотока (AF); **в** – картирование проницаемости сосудистой стенки (CL).

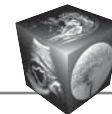
Fig. 4. Color perfusion maps of the same patient on the 5th day after transarterial embolization, the tumor is outlined with a dotted line. **a** – blood flow volume (BV) mapping; **б** – arterial blood flow velocity (AF) mapping; **в** – vascular wall permeability (CL) mapping.

**Таблица 1.** Показатели КТ-перфузии на этапах эмболизации (клиническое наблюдение № 1)**Table 1.** CT-perfusion parameters at embolization stages (Clinical observation No. 1)

Показатели Indices	До эмболизации Before embolization	5-й день после эмболизации On the 5th day after embolization	3 мес после эмболизации 3 months after embolization	6 мес после эмболизации 6 months after embolization
Объем опухолевого узла, см ³ Tumor node volume, cm ³	32.5	39.0	12.3	9.3
Стандартная мультифазная КТ с болюсным контрастированием в артериальную фазу (HU) Standard multiphase CT with bolus contrast enhancement, in arterial phase (HU)	+134	-20	-15	+12
BV, мл/100 г BV, ml/100 g	63.0 ± 5.8	25.2 ± 11.2	10.0 ± 4.3	5.5 ± 2.1
AF, мл/100 г/мин AF, ml/100 g/min	146.0 ± 24.3	76.8 ± 26.7	64.3 ± 25.4	38.0 ± 10.0
CL, мл/100 г/мин CL, ml/100 g/min	17.0 ± 5.3	12.1 ± 4.2	4.2 ± 2.0	4.0 ± 2.0

Таблица 2. Показатели КТ-перфузии на этапах эмболизации (клиническое наблюдение № 2)**Table 2.** CT perfusion parameters at embolization stages (Clinical observation No. 2)

Показатели Indices	До эмболизации Before embolization	5-й день после эмболизации On the 5th day after embolization	3 мес после эмболизации 3 months after embolization	6 мес после эмболизации 6 months after embolization
Объем опухолевого узла, см ³ Tumor node volume, cm ³	35.6	42.4	19.7	11.9
Стандартная мультифазная КТ с болюсным контрастированием в артериальную фазу (HU) Standard multiphase CT with bolus contrast enhancement, in arterial phase (HU)	+128.1	+22.0	+31.1	+40.3
BV, мл/100 г BV, ml/100 g	55.1 ± 4.1	32.5 ± 10.5	51.9 ± 5.7	63.9 ± 9.6
AF, мл/100 г/мин AF, ml/100 g/min	150.5 ± 12.6	50.7 ± 9.8	103.0 ± 14.3	143 ± 23.4
CL, мл/100 г/мин CL, ml/100 g/min	5.6 ± 1.2	1.8 ± 1.0	2.5 ± 1.7	11.6 ± 3.8



Клиническое наблюдение 2

Пациентка Н., 59 лет. С 2019 г. наблюдалась по поводу АМЛ левой почки объемом 17,9 см³. В 2023 г. обратилась с жалобами на болезненные ощущения в левой поясничной области. При стандартном СКТ-исследовании в нижнем сегменте паренхимы левой почки по задней поверхности определена АМЛ объемом 35,6 см³ (в динамике – увеличение объема) с экстраренальным ростом, с плотностными характеристиками в нативную фазу КТ до –57 HU, с дальнейшим повышением денситометрических показателей за счет накопления контрастного препарата до +128 HU преимущественно в солидном компоненте опухоли, соответствующем ангиомиоматозному компоненту.

Также осуществлена КТП почек с построением перфузионных карт и вычислением абсолютных перфузионных показателей: BV 55,1 ± 4,1 мл/100 г, AF 150,5 ± 12,6 мл/100 г/мин, CL 5,6 ± 1,2 мл/100 г/мин (рис. 5, 6).

В динамике на 5-й день после эмболизации отмечалось незначительное увеличение объема опухолевого узла за счет постоперационного отека паренхимы с одномоментным выраженным снижением перфузионных показателей.

Однако при детализации перфузионных карт было выявлено, что в периферических отделах опухоли по медиальному ее контуру визуализировалась тонкая линейная структура с повышенными перфузионными показателями относительно основной массы диваску-

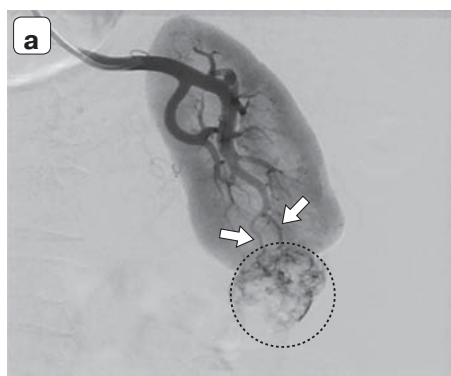


Рис. 5. Пациентка Н., 59 лет. Объем опухолевого узла 35,6 см³. Лучевая картина АМЛ левой почки до проведения трансартериальной эмболизации. **а** – диагностическая ангиография, визуализация основных ветвей патологической сети опухоли (стрелки), опухоль обведена пунктирной линией, на границе с неизменной почечной паренхимой определяются питающие сосуды (стрелки); **б** – 3D-реконструкция КТ-изображения области интереса с хорошо выраженной патологической сосудистой сетью в ангиомиоматозном компоненте.

Fig. 5. Patient N., 59 years old, sex: female. The volume of the tumor node is 35.6 cm³. X-ray picture of the left kidney angiomyolipoma before transarterial embolization. **a** – diagnostic angiography, visualization of the main branches of the pathological network of the tumor (arrows), the tumor is outlined with a dotted line; **б** – 3D reconstruction CT image of the area of interest with a well-defined pathological vascular network in the angiomyomatous component.

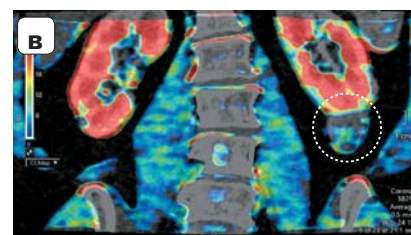
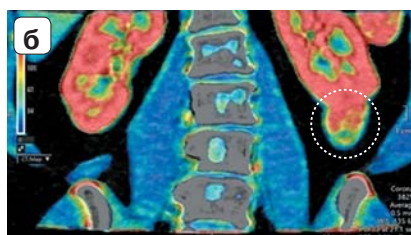
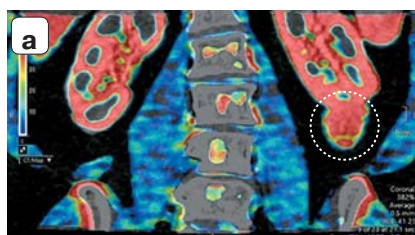


Рис. 6. Цветовые перфузионные карты этой же пациентки, опухоль обведена пунктирной линией. **а** – картирование объема кровотока (BV); **б** – картирование скорости артериального кровотока (AF); **в** – картирование проницаемости сосудистой стенки (CL). Опухоль обведена пунктирной линией.

Fig. 6. Color perfusion maps of the same patient, the tumor is outlined with a dotted line. **a** – blood flow volume (BV) mapping; **б** – arterial blood flow velocity (AF) mapping; **в** – vascular wall permeability (CL) mapping. The tumor is outlined with a dotted line.

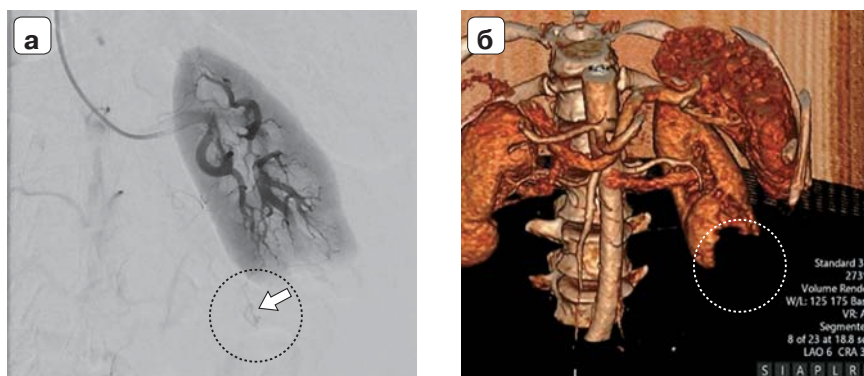
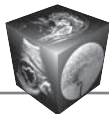


Рис. 7. Пациентка Н., 59 лет. Лучевая картина АМЛ левой почки на 5-й день после проведения трансартериальной эмболизации. **а** – контрольная ангиография, визуализирована мелкая “питающая” артерия по медиальному контуру опухоли без признаков эмболизации, опухоль обведена пунктирной линией, наличие остаточной артерии (стрелка); **б** – 3D-реконструкция КТ-изображения области интереса с наличием крупного дефекта уровня ПАМЛ.

Fig. 7. Patient N., 59 years old, sex: female. X-ray picture of the left kidney angiomyolipoma (AML) on the 5th day after transarterial embolization. **a** – control angiography, a small ‘feeding’ artery along the medial contour of the tumor without signs of embolization is visualized, the tumor is outlined with a dotted line, a residual artery (arrow) is visualized; **b** – 3D reconstruction of the CT-image of the area of interest with the presence of a large defect of the level of renal angiomyolipoma.

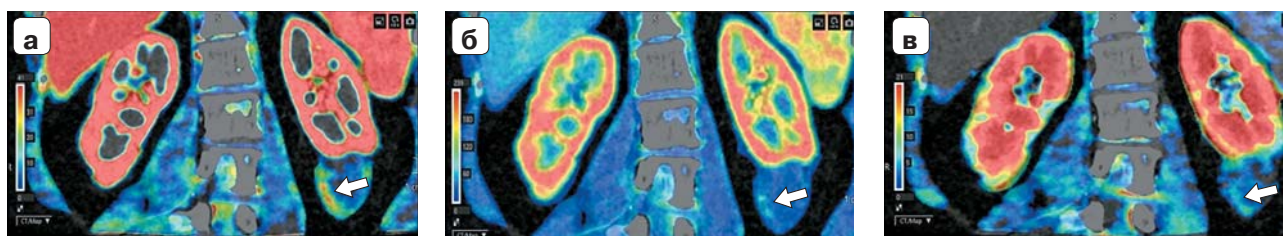


Рис. 8. Цветовые перфузионные карты этой же пациентки с резко сниженными показателями перфузии основной массы опухоли, с сохранением незначительно повышенных перфузионных показателей по медиальному контуру ПАМЛ (неполная эмболизация сосудов). **а** – картирование объема кровотока (BV); **б** – картирование скорости артериального кровотока (AF); **в** – картирование проницаемости сосудистой стенки (CL). Опухоль обведена пунктирной линией. Стрелками отмечена остаточная ветвь без признаков эмболизации.

Fig. 8. Color perfusion maps of the same patient with sharply reduced perfusion indices of the main tumor mass, with preservation of insignificantly increased perfusion indices along the medial contour of the renal angiomyolipoma (incomplete vessel embolization). **a** – blood flow volume (BV) mapping; **b** – arterial blood flow velocity (AF) mapping; **v** – vascular wall permeability (CL) mapping. The tumor is outlined with a dotted line. The arrows indicate a residual branch without signs of embolization.

ляризированной ПАМЛ, которая представляла собой мелкую остаточную ветвь патологической сосудистой сети опухоли без признаков эмболизации (рис. 7, 8).

Через 3 мес после эмболизации у данной пациентки определялось уменьшение объема опухоли с одновременным выраженным повышением показателей перфузии (относительно раннего постоперационного периода, 5-й день) за счет интенсивного развития коллатералей в ангиомиоматозном компоненте опухолевого узла.

Через 6 мес после эмболизации отмечалось дальнейшее снижение объема ПАМЛ (относительно первоначального объема до операции) на фоне продолжающегося повышения перфузионных показателей (относительно раннего постоперационного периода, 5-й день) (табл. 2).

Денситометрические показатели ПАМЛ (в области повышенной васкуляризации опухоли) при стандартной мультифазной КТ с болюсным контрастированием в артериальную фазу (НУ) в дооперационный период составляли от +115 НУ до +128 НУ, на 5-й день после ТАЭ снизились до +22 НУ, а через 3 и 6 мес, в отличие от возросших значений перфузии, оставались стабильными и составляли от +27 НУ до +40 НУ.

Обсуждение

На примере двух клинических наблюдений эмболизации ПАМЛ показана эффективность оценки лечебного эффекта как с помощью стандартной мультифазной КТ с болюсным контрастированием в артериальную фазу (НУ), так и с помощью допол-

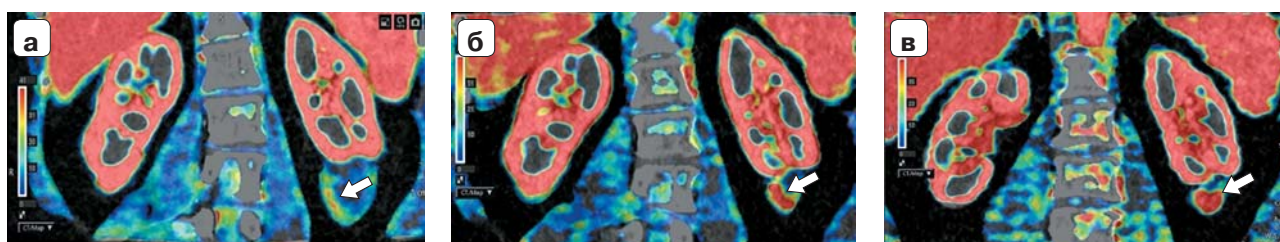
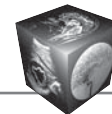


Рис. 9. Пациентка Н., 59 лет. Клиническое наблюдение № 2. Лучевая картина ангиомиолипомы левой почки на перфузионных картах в динамике после трансартериальной эмболизации сосудов опухоли. Картирование объема кровотока (BV). **а** – изображение пАМЛ на 5-й день после эмболизации с наличием мелкой “питающей” артерии по медиальному краю опухоли, без признаков эмболизации; **б** – изображение пАМЛ через 3 мес после эмболизации опухоли, уменьшение объема опухолевого узла; **в** – изображение пАМЛ через 6 мес после эмболизации опухоли, сохранение тенденции к уменьшению объема опухолевого узла с одновременным продолженным ростом всех перфузионных показателей. Стрелками отмечена остаточная ветвь без признаков эмболизации и патологическая сеть с признаками рецидива.

Fig. 9. Patient N., 59 years old, sex: female. Clinical case No. 2. X-ray picture of the left kidney angiomyolipoma on perfusion maps in dynamics after transarterial embolization of the tumor vessels. Blood flow volume (BV) mapping. **a** – image of renal angiomyolipoma on the 5th day after embolization, with the presence of a small ‘feeding’ artery along the medial edge of the tumor, without signs of embolization; **б** – image of renal angiomyolipoma 3 months after tumor embolization, reduction of the tumor node volume; **в** – image of renal angiomyolipoma 6 months after tumor embolization, preservation of the tendency to tumor node volume reduction with simultaneous continued growth of all perfusion parameters. The arrows indicate a residual branch without signs of embolization and a pathological network with signs of the disease recurrence.

нительного применения технологии КТП с построением перфузионных карт и вычислением перфузионных показателей в динамике.

В обоих наблюдениях пАМЛ представляли собой крупные образования (максимальным диаметром более 40 мм) с хорошо выраженным ангиомиоматозным компонентом. На 5-й день после эмболизации пАМЛ в обоих наблюдениях определялось увеличение объема опухолевого узла за счет постоперационного тканевого отека паренхимы опухоли с одновременным выраженным снижением всех перфузионных показателей: AF, BV и CL.

При дальнейшем динамическом наблюдении через 3 и 6 мес после эмболизации в первом наблюдении определялось дальнейшее уменьшение объема опухоли по данным стандартной мультифазной КТ с болюсным контрастированием в артериальную фазу (HU) и снижение перфузионных показателей, что было расценено как достижение полной деваскуляризации опухоли.

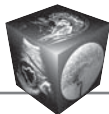
В клиническом наблюдении №2 применение КТП на 5-й день после оперативного вмешательства позволило выявить неполную деваскуляризацию пАМЛ за счет сохранения мелкой “питающей” веточки в периферических отделах опухолевого узла. При динамическом наблюдении через 3 и 6 мес после выполнения ТАЭ определялось выраженное уменьшение объема пАМЛ при одновременном увеличении значений всех показателей КТП, что было связано с развитием коллатералей в ангиомиоматозном компоненте опухоли и рас-

ценивалось как неполный лечебный эффект (рецидив) (рис. 9).

По имеющимся в литературе данным стандартное мультифазное КТ-исследование позволяет оценить лечебный эффект эмболизации пАМЛ в основном за счет изменения объема и денситометрических показателей опухолевого узла. В нашем клиническом наблюдении №2 выполнение КТП на 5-й день после ТАЭ позволило более точно оценить особенности васкуляризации опухоли и заподозрить неполную эмболизацию. В дальнейшем стандартная мультифазная КТ у данной пациентки не позволила четко судить о результативности ТАЭ (отмечалось лишь незначительное постконтрастное повышение денсивности опухоли) и только устойчивая динамика увеличения всех показателей КТП помогла правильно распознать рецидив заболевания.

Закключение

Проведенный анализ литературных источников показал, что в настоящее время накоплен определенный опыт применения КТП для оценки васкуляризации при неопухолевых заболеваниях почек, а также в первичной дифференциальной диагностике почечных новообразований и для оценки эффективности проводимого локального (резекция, термоабляция, артериальная эмболизация) и/или системного (например, таргетная терапия) лечения пациентов с различными опухолями почки.



В отношении малоинвазивных методик лечения пАМЛ (в частности, селективной ТАЭ) основным критерием “технического успеха” таких вмешательств в настоящее время, по данным литературы, считаются изменения размера/объема опухоли, определяемые при помощи стандартной мультифазной КТ или МРТ почек. Однако не всегда уменьшение объема опухоли свидетельствует о полном лечебном эффекте ТАЭ. К тому же, по мнению ряда исследователей, именно оценка характера и выраженности изменений перфузионных свойств опухолевых тканей позволяет получить ценные диагностические данные, например для выявления участков остаточной васкуляризации, особенно в раннем послеоперационном периоде. В таких случаях дополнительную информацию может дать применение КТП, которая в сочетании со стандартным мультифазным КТ-исследованием позволяет не только провести анализ изменений КТ-структуры пАМЛ, но также выполнить визуальную и количественную (за счет расчета ряда перфузионных параметров) оценку кровотока на уровне микроциркуляторного русла, в том числе в ангиомиоматозном компоненте опухоли, который собственно и является специфической “мишенью” при проведении ТАЭ.

В доступной нам литературе имеются лишь немногочисленные исследования, посвященные возможностям использования КТП в оценке лечебного эффекта криодеструкции при ПКР. Работы по изучению места и роли КТП при выполнении ТАЭ у пациентов с пАМЛ нами не найдены. Кроме того, вопросы эффективного применения различных методов медицинской визуализации (в том числе методики КТП), а также сроков наблюдения в мониторинге пациентов с опухолями почки после проведения малоинвазивных вмешательств (криодеструкция, радиочастотная абляция, ТАЭ) также недостаточно изучены.

При этом по данным проанализированной литературы и предварительным результатам проведенных нами КТ-исследований использование КТП (в сочетании со стандартной мультифазной КТ) при динамическом наблюдении в ряде случаев способствует ранней эффективной диагностике продолженного роста или развития рецидивных опухолей у таких пациентов. Оценка перфузионных свойств опухолевых тканей при помощи КТП, по-видимому, может рассматриваться в качестве перспективной методики КТ-оценки эффективности малоинвазивных технологий лечения опухолей почки, что требует дальнейшего изучения.

Участие авторов

Лунева Т.Ю. – концепция и дизайн исследования, сбор и обработка данных, анализ и интерпретация полученных данных, участие в научном дизайне, написание текста, утверждение окончательного варианта статьи.

Лужанский Д.С. – анализ и интерпретация полученных данных, обзор публикаций по теме статьи, участие в научном дизайне, утверждение окончательного варианта статьи.

Волконская Н.Б. – подготовка и редактирование текста, участие в научном дизайне, подготовка опубликованной работы, утверждение окончательного варианта статьи.

Пакус С.М. – подготовка и редактирование текста, участие в научном дизайне, подготовка опубликованной работы, утверждение окончательного варианта статьи.

Абоян И.А. – концепция и дизайн исследования, создание опубликованной работы, ответственность за целостность всех частей статьи, утверждения окончательного варианта статьи.

Капустин В.В. – концепция и дизайн исследования, обзор публикаций по теме статьи, написание текста, создание опубликованной работы, ответственность за целостность всех частей статьи, утверждения окончательного варианта статьи.

Authors' participation

Luneva T. Yu. – concept and design of the study, collection and analysis of data, analysis and interpretation of the obtained data, participation in scientific design, writing text, approval of the final version of the article.

Luzhanskiy D.S. – analysis and interpretation of the obtained data, review of publications, participation in scientific design, approval of the final version of the article.

Volkonskaya N.B. – text preparation and editing, participation in scientific design, preparation of the published work, approval of the final version of the article.

Pakus S.M. – text preparation and editing, participation in scientific design, preparation of the published work, approval of the final version of the article.

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

Kapustin V.V. – concept and design of the study, review of publications, writing text, creation of the published work, responsibility for the integrity of all parts of the article, approval of the final version of the article.

Список литературы [References]

1. Utpatel K., Calvisi D.F., Köhler G. et al. Complexity of PEComas: Diagnostic approach, molecular background, clinical management. *Pathologie*. 2019; 41 (Suppl. 1): 9–19. <http://doi.org/10.1007/s00292-019-0612-5>
2. Murad Gutiérrez V., Aponte Barrios WO., Romero Enciso J.A. Angiomyolipoma renal: nuevas perspectivas [Renal angiomyolipoma: New perspectives]. *Rev. Colomb. Urol*. 2016; 25 (1): 16–24. <http://doi.org/10.1016/j.uuroco.2015.12.009>
3. Lin L., Li X., Guan H. et al. Renal function, complications, and outcomes of a reduction in tumor size after transarterial



- embolization for renal angiomyolipomas: a meta-analysis. *J. Int. Med. Res.* 2019; 47: 1417–1428. <http://doi.org/10.1177/0300060519834447>
4. Flum A.S., Hamoui N., Said M.A. et al. Update on the Diagnosis and Management of Renal Angiomyolipoma. *J. Urol.* 2016; 195 (4, Pt 1): 834–846. <http://doi.org/10.1016/j.juro.2015.07.126>
 5. Grassano Y., Rollin P., Hermieu N. et al. Results of active surveillance for sporadic renal angiomyolipomas greater than 4 cm: A pledge for active surveillance. *Prog. Urol.* 2021; 31 (2): 99–104. <http://doi.org/10.1016/j.purol.2020.08.004>
 6. Fernández-Pello S., Hora M., Kuusk T. et al. Management of Sporadic Renal Angiomyolipomas: A Systematic Review of Available Evidence to Guide Recommendations from the European Association of Urology Renal Cell Carcinoma Guidelines Panel. *Eur. Urol. Oncol.* 2020; 3 (1): 57–72. <http://doi.org/10.1016/j.euo.2019.04.005>
 7. Wang S.F., Lo W.O. Benign Neoplasm of Kidney: Angiomyolipoma. *J. Med. Ultrasound.* 2018; 26 (3): 119–122. http://doi.org/10.4103/JMU.48_18
 8. Bhatt J.R., Richard P.O., Kim N.S. et al. Natural History of Renal Angiomyolipoma (AML): Most Patients with Large AMLs >4 cm Can Be Offered Active Surveillance as an Initial Management Strategy. *Eur. Urol.* 2016; 70 (1): 85–90. <http://doi.org/10.1016/j.eururo.2016.01.048>
 9. Restrepo J.C.Á., Millan D.A.C., Sabogal C.A.R. et al. New Trends and Evidence for the Management of Renal Angiomyolipoma: A Comprehensive Narrative Review of the Literature. *J. Kidney Cancer VHL.* 2022; 9 (1): 33–41. <http://doi.org/10.15586/jkcvhl.v9i1.177>
 10. Jinzaki M., Silverman S.G., Akita H. et al. Diagnosis of Renal Angiomyolipomas: Classic, Fat-Poor, and Epithelioid Types. *Semin. Ultrasound CT MR.* 2017; 38 (1): 37–46. <http://doi.org/10.1053/j.sult.2016.11.001>
 11. Murray T., Lee M. Are We Overtreating Renal Angiomyolipoma: A Review of the Literature and Assessment of Contemporary Management and Follow-Up Strategies *Cardiovasc. Intervent. Radiol.* 2018; 41 (4): 525–536. <http://doi.org/10.1007/s00270-017-1862-3>
 12. Jinzaki M., Silverman S.G., Akita H. et al. Renal angiomyolipoma: a radiological classification and update on recent developments in diagnosis and management. *Abdom. Imaging.* 2014; 39 (3): 588–604. <http://doi.org/10.1007/s00261-014-0083-3>
 13. Gandhi S., Pal B., Patel K. et al. Role of 64 slice multidetector computed tomography and angiography to establish relationship between tumor size, aneurysm formation and spontaneous rupture of renal angiomyolipomas: Single center experience. *Urol. Ann.* 2016; 8 (2): 173–177. <http://doi.org/10.4103/0974-7796.172213>
 14. Lee K., Tsai H., Kao Y. et al. Clinical behavior and management of three types of renal angiomyolipomas. *J. Formos Med. Assoc.* 2019; 118 (1, Pt 1): 162–169. <http://doi.org/10.1016/j.jfma.2018.02.012>
 15. Oesterling J., Fishman E., Goldman S., Marshall F. The management of renal angiomyolipoma. *J. Urol.* 1986; 135 (6): 1121–1124. [http://doi.org/10.1016/s0022-5347\(17\)46013-7](http://doi.org/10.1016/s0022-5347(17)46013-7)
 16. Murray T., Doyle F., Lee M. Transarterial Embolization of Angiomyolipoma: A Systematic Review. *J. Urol.* 2015; 194 (3): 635–639. <http://doi.org/10.1016/j.juro.2015.04.081>
 17. Zhong J., Yuan J., Chong V. et al. The clinical application of one-stop examination with 640-slice volume CT for Nutcracker syndrome. *PLoS One.* 2013; 8 (9): e74365. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0074365>
 18. McQueen S., Combes A., Benz D. Renal angiomyolipoma: Beyond size criteria for predicting rupture. *J. Med. Imaging Radiat. Oncol.* 2023; 67 (6): 619–624. <http://doi.org/10.1111/1754-9485.13547>
 19. Almazedi B., Stubbs C. Renal angiomyolipoma: from imaging to intervention. *Clin. Radiol.* 2024; 79 (1): 25–32. <http://doi.org/10.1016/j.crad.2023.09.028>
 20. Anis O., Rimon U., Ramon J. et al. Selective Arterial Embolization for Large or Symptomatic Renal Angiomyolipoma: 10 Years of Follow-up. *Urology.* 2020; 135: 82–87. <http://doi.org/10.1016/j.urology.2019>
 21. Yamakado K., Tanaka N., Nakagawa T. et al. Renal angiomyolipoma: relationships between tumor size, aneurysm formation, and rupture. *Radiology.* 2002; 225 (1): 78–82. <http://doi.org/10.1148/radiol.2251011477>
 22. Jung Y., Choi M.J., Kim B.M. et al. Transarterial Embolization for Sporadic Renal Angiomyolipoma: Patient Selection and Technical Considerations for Optimal Therapeutic Outcomes. *Taehan Yongsang Uihakhoe Chi.* 2022; 83 (3): 559–581. <http://doi.org/10.3348/jksr.2021.0120>
 23. Liu J., Meng T., Yang X. et al. Spontaneous rupture of renal angiomyolipoma in the third trimester. *Taiwan J. Obstet. Gynecol.* 2015; 54 (6): 788–790. <http://doi.org/10.1016/j.tjog.2015>
 24. Lenton J., Kessel D., Watkinson A.F. Embolization of renal angiomyolipoma: immediate complications and long-term outcomes. *Clin. Radiol.* 2008; 63 (8): 864–870. <http://doi.org/10.1016/j.crad.2008.02.005>
 25. Bardin F., Chevallier O., Bertaut A. et al. Selective arterial embolization of symptomatic and asymptomatic renal angiomyolipomas: a retrospective study of safety, outcomes and tumor size reduction. *Quant. Imaging Med. Surg.* 2017; 7 (1): 8–23. <http://doi.org/10.21037/qims.2017.01.02>
 26. Chan C., Yu S., Yip S., Lee P. The efficacy, safety and durability of selective renal arterial embolization in treating symptomatic and asymptomatic renal angiomyolipoma. *Urology.* 2011; 77 (3): 642–648. <http://doi.org/10.1016/j.urology.2010.08.040>
 27. Lin L., Wang C., Pei R. et al. Prophylactic selective arterial embolization for renal angiomyolipomas: efficacy and evaluation of predictive factors of significant shrinkage. *Int. Urol. Nephrol.* 2018; 50 (10): 1765–1770. <http://doi.org/10.1007/s11255-018-1953-3>
 28. Chick C.M., Tan B.S., Cheng C. et al. Long-term follow-up of the treatment of renal angiomyolipomas after selective arterial embolization with alcohol. *BJU Int.* 2010; 105 (3): 390–394. <http://doi.org/10.1111/j.1464-410X.2009.08813.x>
 29. Planché O., Correas J.M., Mader B. et al. Prophylactic embolization of renal angiomyolipomas: evaluation of therapeutic response using CT 3D volume calculation and density histograms. *J. Vasc. Interv. Radiol.* 2011; 22 (10): 1388–1395. <http://doi.org/10.1016/j.jvir.2011.05.016>
 30. Chen Y., Zhang J., Dai J. et al. Angiogenesis of renal cell carcinoma: perfusion CT findings. *Abdom. Imaging.* 2010; 35 (5): 622–628. <http://doi.org/10.1007/s00261-009-9565-0>
 31. Chen C., Kang Q., Xu B. et al. Fat poor angiomyolipoma differentiation from renal cell carcinoma at 320-slice dynamic volume CT perfusion. *PLoS One.* 2014; 9 (1): e85522. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0085522>
 32. Mazzei F.G., Mazzei M.A., Cioffi Squitieri N. et al. CT perfusion in the characterisation of renal lesions: an



- added value to multiphasic CT. *Biomed. Res. Int.* 2014; 2014: 135013. <http://doi.org/10.1155/2014/135013>
33. Ломоносова Е.В., Гольбиц А.Б., Рубцова Н.А., Алексеев Б.Я., Каприн А.Д. Перфузионная компьютерная томография в диагностике заболеваний почек (обзор литературы). *Медицинская визуализация.* 2023; 27 (2): 85–98. <http://doi.org/10.24835/1607-0763-1220> Lomonosova E.V., Golbits A.B., Rubtsova N.A. et al. Application of perfusion computed tomography in renal diseases (review of literature). *Medical Visualization.* 2023; 27 (2): 85–98. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-1220> (In Russian)
34. Fan A.C., Sundaram V., Kino A. et al. Early Changes in CT Perfusion Parameters: Primary Renal Carcinoma Versus Metastases After Treatment with Targeted Therapy. *Cancers (Basel).* 2019; 11 (5): 608. <http://doi.org/10.3390/cancers11050608>
35. Vehabovic-Delic A., Balic M., Rossmann C. et al. Volume Computed Tomography Perfusion Imaging: Evaluation of the Significance in Oncologic Follow-up of Metastasizing Renal Cell Carcinoma in the Early Period of Targeted Therapy – Preliminary Results. *J. Comput. Assist. Tomogr.* 2019; 43 (3): 493–498. <http://doi.org/10.1097/RCT.0000000000000848>
36. Nielsen T.K., Østraat Ø., Graumann O. et al. Computed Tomography Perfusion, Magnetic Resonance Imaging, and Histopathological Findings After Laparoscopic Renal Cryoablation: An In Vivo Pig Model. *Technol. Cancer Res. Treat.* 2017; 16 (4): 406–413. <http://doi.org/10.1177/1533034616657251>
37. Squillaci E., Manenti G., Cicciò C. et al. Perfusion-CT monitoring of cryo-ablated renal cells tumors. *J. Exp. Clin. Cancer Res.* 2009; 28 (1): 138. <http://doi.org/10.1186/1756-9966-28-138>
38. Zhang Z., Cen C., Qian K. et al. Assessment of the embolization effect of temperature-sensitive p (N-isopropylacrylamide-co-butyl methylacrylate) nanogels in the rabbit renal artery by CT perfusion and confirmed by macroscopic examination. *Sci. Rep.* 2021; 11 (1): 4826. <http://doi.org/10.1038/s41598-021-84372-w>
39. Александрова К.А., Серова Н.С., Руденко В.И., Газимиев М.А., Капанадзе Л.Б., Фиев Д.Н., Мискарян Т.И. Клиническое значение КТ-перфузии у пациентов с камнями мочеточника. *Урология.* 2019; 5: 38–43. <http://doi.org/10.18565/urology.2019.5.38-43> Aleksandrova K.A., Serova N.S., Rudenko V.I. et al. Clinical value of CT-perfusion in patients with ureteric stones. *Urologia.* 2019; 5: 38–43. <http://doi.org/10.18565/urology.2019.5.38-43> (In Russian)
40. Александрова К.А., Серова Н.С., Руденко В.И., Капанадзе Л.Б. Оценка перфузии почек у больных мочекаменной болезнью с помощью методов лучевой диагностики. *Российский электронный журнал лучевой диагностики.* 2018; 8 (4) 208–219. <http://doi.org/10.21569/2222-7415-2018-8-4-208-219> Aleksandrova K.A., Serova N.S., Rudenko V.I., Kapanadze L.B. Assessment of kidney perfusion in patients with urolithiasis using radiological methods. *REJR.* 2018; 8 (4) 208–219. <http://doi.org/10.21569/2222-7415-2018-8-4-208-219> (In Russian)

Для корреспонденции*: Лунева Татьяна Юрьевна – e-mail: Luta-06@mail.ru

Лунева Татьяна Юрьевна – врач-рентгенолог кабинета компьютерной томографии отделения рентгеновской диагностики КДЦ “Здоровье”, Ростов-на-Дону. <https://orcid.org/0009-0001-5980-8704>

Лужанский Даниил Сергеевич – врач по рентгенэндоваскулярным методам диагностики и лечения КДЦ “Здоровье”, Ростов-на-Дону. <https://orcid.org/0000-0002-0788-1256>

Волконская Наталья Бориславовна – заведующая отделением рентгеновской диагностики КДЦ “Здоровье”, Ростов-на-Дону. <https://orcid.org/0009-0003-6766-6253>

Пакус Сергей Михайлович – канд. мед. наук, заведующий отделением онкоурологии КДЦ “Здоровье”, Ростов-на-Дону. <https://orcid.org/0000-0001-6468-5983>

Абоян Игорь Артемович – доктор мед. наук, профессор, главный врач КДЦ “Здоровье”, Ростов-на-Дону. <https://orcid.org/0000-0002-2798-368X>

Капустин Владимир Викторович – доктор мед. наук, профессор кафедры лучевой диагностики с курсом радиологии Медико-биологического университета инноваций и непрерывного образования ФГБУ “Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медико-биологический центр им. А.И. Бурназяна”, Москва. <https://orcid.org/0000-0002-3771-1354>

Contact*: Tatiana Yu. Luneva – e-mail: Luta-06@mail.ru

Tatiana Yu. Luneva – Radiologist of the Computed Tomography Cabinet of the X-ray Diagnostics Department, Clinical and diagnostic center “Health”, Rostov-on-Don. <https://orcid.org/0009-0001-5980-8704>

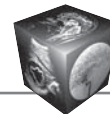
Daniil S. Luzhanskiy – doctor of X-ray endovascular diagnostic and treatment methods, Clinical and diagnostic center “Health”, Rostov-on-Don. <https://orcid.org/0000-0002-0788-1256>

Natalya B. Volkonskaya – Head of the X-ray Diagnostics Department, Clinical and diagnostic center “Health”, Rostov-on-Don. <https://orcid.org/0009-0003-6766-6253>

Sergey M. Pakus – Cand. of Sci. (Med.), Head of urologic oncology department, Clinical and diagnostic center “Health”, Rostov-on-Don. <https://orcid.org/0000-0001-6468-5983>

Igor A. Aboyan – Doct. of Sci. (Med.), Professor, Chief Physician, Clinical and diagnostic center “Health”, Rostov-on-Don. <https://orcid.org/0000-0002-2798-368X>

Vladimir V. Kapustin – Doct. of Sci. (Med.), Assistant Professor, Professor of diagnostic radiology and roentgenology at the Medical and Biological Innovations and Continuous Education University under the Federal State Budget-funded Institution State Scientific Center of Russian Federation – A.I. Burnazyan Federal Medical and Biophysical Center of the RFMB, Moscow. <https://orcid.org/0000-0002-3771-1354>

**Малый таз | Small pelvis**

ISSN 1607-0763 (Print); ISSN 2408-9516 (Online)
<https://doi.org/10.24835/1607-0763-1576>

Итоги заседания Совета экспертов по терминологии, используемой в лучевой диагностике заболеваний предстательной железы, в рамках Конгресса Российского общества рентгенологов и радиологов 08.11.2024

© **Громов А.И.^{1, 2*}, Мищенко А.В.^{3, 4}, Сеницын В.Е.⁵, Амосов А.В.⁶, Ахвердиева Г.И.⁷,
Капустин В.В.⁸, Куплевацкий В.И.^{9, 10}, Митькова М.Д.⁴, Рубцова Н.А.¹¹**

¹ “НИИ урологии и интервенционной радиологии им. Н.А. Лопаткина” – филиал ФГБУ “НМИЦ радиологии” Минздрава России; 105425 Москва, 3-я Парковая ул., 51, стр. 1, Российская Федерация

² ФГБОУ ВО “Российский университет медицины” Минздрава России; 127006 Москва, ул. Долгоруковская, 4, Российская Федерация

³ “Клиника имени профессора Ю.Н. Касаткина” ФГБОУ ДПО “Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования” Минздрава России; 125284 Москва, 2-й Боткинский проезд, 7, Российская Федерация

⁴ ФГБОУ ДПО “Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования” Минздрава России; 125993 Москва, ул. Баррикадная, 2/1, стр. 1, Российская Федерация

⁵ МНОЦ ФГБОУ ВО “Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова”; 119991 Москва, Ломоносовский проспект, 27, к. 10, Российская Федерация

⁶ ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет); 119048 Москва, ул. Трубецкая, д. 8, стр. 2, Российская Федерация

⁷ ФГБУ “Национальный медицинский исследовательский центр онкологии имени Н.Н. Блохина” Минздрава России; 115522 Москва, Каширское шоссе 23, Российская Федерация

⁸ ФГБУ “Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медико-биологический центр имени А.И. Бурназяна” ФМБА России; 123098 Москва, ул. Маршала Новикова, д. 23, Российская Федерация

⁹ СПб ГБУЗ “Введенская больница”; 191180 Санкт-Петербург, Лазаретный пер., 4, Российская Федерация

¹⁰ Центр лучевой диагностики ООО “ЛДЦ МИБС”; 191186 Санкт-Петербург, ул. Малая Конюшенная, 2, Российская Федерация

¹¹ МНИОИ им. П.А. Герцена – филиал ФГБУ “НМИЦ радиологии” Минздрава России; 125284 Москва, 2-й Боткинский проезд, д. 3, Российская Федерация

В статье представлены итоги заседания Совета экспертов, рассматривавших вопросы терминологии, используемой в лучевой диагностике заболеваний предстательной железы. По итогам обсуждения были приняты рекомендации. Предпочтительным термином для обозначения органа является “предстательная железа”. Недопустимым термином является “аденома предстательной железы”. Для характеристики тканей, окружающих предстательную железу, следует использовать термин “перипростатическое пространство”. Для характеристики распространения опухоли допустимо использовать термин “капсула” предстательной железы, в то время как использование термина “экстензия” считается нерекомендуемым. Для определения местоположения выявленных в предстательной железе изменений целесообразно использовать зональную анатомию, разработанную J.E. McNeal, и схему секторов, представленных в рекомендациях PI-RADS v2.1. Характеризуя выявленные патологические структуры в железе, целесообразно пользоваться терминами “очаг” и “участок” при наличии или отсутствии явных границ соответственно. Термин “узел” рекомендуется использовать только для характеристики очерченных образований транзиторной зоны, а термин “зона” – только в отношении анатомо-гистологических зон предстательной железы.

Ключевые слова: предстательная железа; лучевая диагностика; терминология



Авторы подтверждают отсутствие конфликтов интересов.

Для цитирования: Громов А.И., Мищенко А.В., Синицын В.Е., Амосов А.В., Ахвердиева Г.И., Капустин В.В., Куплевацкий В.И., Миткова М.Д., Рубцова Н.А. Итоги заседания Совета экспертов по терминологии, использующейся в лучевой диагностике заболеваний предстательной железы, в рамках Конгресса Российского общества рентгенологов и радиологов 08.11.2024. *Медицинская визуализация*. 2025; 29 (3): 51–57. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-1576>

Поступила в редакцию: 16.06.2025.

Принята к печати: 26.06.2025.

Опубликована online: 16.08.2025.

Results of the Session of the Experts Panel on Radiological Diagnostical Terminology Used in Prostate Diseases within the Framework of the Russian Society of Roentgenologists and Radiologists Congress of the 08.11.2024

© **Alexander I. Gromov^{1, 2*}, Andrey V. Mishchenko^{3, 4}, Valentin E. Sinitsyn⁵, Alexander V. Amosov⁶, Gulya I. Akhverdiev⁷, Vladimir V. Kapustin⁸, Vladimir I. Kuplevatsky^{9, 10}, Mina D. Mitkova⁴, Natalia A. Rubtsova¹¹**

¹ N. Lopatkin Scientific Research Institute of Urology and Interventional Radiology – branch of the National Medical Research Radiological Center of the Ministry of Health of Russian Federation; 51-1, 3rd Parkovaya str., Moscow 105425, Russian Federation

² The Russian University of Medicine of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation; 4, Dolgorukovskaya str., Moscow 127006, Russian Federation

³ “Professor Yu. N. Kasatkin Clinic”, Russian Medical Academy of Continuous Professional Education of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation; Moscow 125284, 7, 2nd Botkinsky proezd, Russian Federation

⁴ 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

⁵ Lomonosov Moscow State University; 27-10, Lomonosovsky prospekt, Moscow 119192, Russian Federation

⁶ I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University); 8, bld. 2, Trubetskaya str., Moscow 119991, Russian Federation

⁷ 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

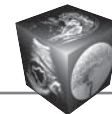
⁸ State Scientific Center of the Russian Federation – Federal Medical Biophysical Center named after A.I. Burnazyan of the FMBA of Russia; 23, Marshal Novikov str., Moscow 123098, Russian Federation

⁹ Vvedenskaya Bol'nitsa; 4, Lazaretny Lane, Saint Petersburg 191180, Russian Federation

¹⁰ Radiology Diagnostic Center LLC “LDC MIB”; 2, Malaya Konyushennaya str., Saint Petersburg 191186, Russian Federation

¹¹ P. Hertsen Moscow oncology research institute – Branch of National Medical Research Radiological Centre of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation; 3, 2nd Botkinsky proezd, Moscow 125284, Russian Federation

The article presents the results of the meeting of the expert council that considered the issues of terminology used in prostate diseases radiology diagnostic. Following the discussion, recommendations were adopted. The preferred term for the organ is “prostate gland”. The term “adenoma” of the prostate gland found to be unacceptable. The term “periprostic space” should be used to characterize the tissues surrounding the prostate gland. The term “capsule” of the prostate gland is acceptable to use to characterize the tumor spread, while the use of the term “extension” is considered not recommended. To determine the location of the changes detected in the prostate gland, it is advisable to use the zonal anatomy developed by J.E. McNeal and the sector scheme presented in the PI-RADS v2.1 recommendations. When characterizing the detected pathological structures in the gland, it is advisable to use the terms “focus” and “area”, in the presence or absence of clear boundaries, respectively. The term “node” is recommended to be used only to characterize the outlined transitory zone lesions, and the term “zone” is applicable only for the anatomical and histological zones of the prostate gland.



Keywords: prostate gland; radiological diagnostics; terminology

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

For citation: Gromov A.I., Mishchenko A.V., Sinitsyn V.E., Amosov A.V., Akhverdieva G.I., Kapustin V.V., Kuplevatsky V.I., Mitkova M.D., Rubtsova N.A. Results of the Session of the Experts Panel on Radiological Diagnostic Terminology Used in Prostate Diseases within the Framework of the Russian Society of Roentgenologists and Radiologists Congress of the 08.11.2024. *Medical Visualization*. 2025; 29 (3): 51–57. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-1576>

Received: 16.06.2025.

Accepted for publication: 26.06.2025.

Published online: 16.08.2025.

8 ноября 2024 г. в рамках Конгресса Российского общества рентгенологов и радиологов состоялся Круглый стол “Трудности перевода: терминология, используемая в протоколах МРТ-исследования предстательной железы” под председательством доктора мед. наук профессора А.И. Громова и доктора мед. наук А.В. Мищенко. Целью данного мероприятия было обсуждение терминологии, которая используется врачами при составлении протоколов лучевых исследований предстательной железы, и попытка ее стандартизации. В Круглом столе приняли участие:

Амосов Александр Валентинович, доктор мед. наук, профессор, профессор кафедры урологии ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), Москва;

Ахвердиева Гюля Ильгаровна, канд. мед. наук, старший научный сотрудник рентгенодиагностического отделения отдела лучевых методов диагностики опухолей НМИЦ онкологии им. Н.Н. Блохина, Москва;

Громов Александр Игоревич, доктор мед. наук, профессор, руководитель группы лучевых методов диагностики и лечения НИИ урологии и интервенционной радиологии им. Н.А. Лопаткина – филиал ФГБУ “НМИЦ радиологии” Минздрава России; профессор кафедры лучевой диагностики ФГБОУ ВО “Российский университет медицины” Минздрава России, Москва;

Капустин Владимир Викторович, доктор мед. наук, профессор кафедры лучевой диагностики с курсом радиологии Медико-биологического университета инноваций и непрерывного образования ФГБУ “Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медико-биологический центр им. А.И. Бурназяна” ФМБА России (МБУ ИНО ФГБУ “ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна” ФМБА России), Москва;

Куплевацкий Владимир Игоревич, заведующий отделением лучевой диагностики СПб ГБУЗ “Введенская больница”, врач-рентгенолог кабинета МРТ отделения магнитно-резонансной томографии центра лучевой диагностики ООО “ЛДЦ МИБС”, Санкт-Петербург;

Митькова Мина Даутовна, канд. мед. наук, доцент, доцент кафедры ультразвуковой диагностики ФГБОУ ДПО “Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования” Минздрава России, Москва;

Мищенко Андрей Владимирович, доктор мед. наук, главный врач клиники имени профессора Ю.Н. Касаткина, профессор кафедры рентгенологии и радиологии ФГБОУ ДПО РМАНПО Минздрава России, Москва;

Синицын Валентин Евгеньевич, доктор мед. наук, профессор, заведующий кафедрой лучевой диагностики и лучевой терапии факультета фундаментальной медицины, заведующий отделом лучевой диагностики Медицинского научно-образовательного центра ФГБОУ ВО “Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова”; президент РОПР, Москва;

Рубцова Наталья Алефтиновна, доктор мед. наук, заведующая отделом лучевой диагностики МНИОИ им. П.А. Герцена – филиал ФГБУ “НМИЦ радиологии” Минздрава России, Москва.

В процессе обсуждения эксперты исходили из устоявшихся общепринятых терминов [1–7], рекомендаций Международной анатомической терминологии (издание 2019 г.), ее перевода на русский язык терминологическим комитетом Научного общества анатомов, гистологов, эмбриологов под редакцией академика РАН, профессора Д.Б. Никитюка (2024 г.) [8], рекомендаций PI-RADS v2.1, 2019 [10–14]. Предварительно каждый из экспертов заранее подготовил резюме по каждому из восьми предложенных к обсуждению терминов. По каждому термину свою позицию излагал один из экспертов, остальные в формате дискуссии представляли свое мнение, уточнения или замечания. По итогу было проведено предметное голосование по каждому из представленных терминов в отношении их общей приемлемости употребления и конкретизации условий использования.

1. Термин “предстательная железа” является предпочтительным и рекомендуемым для использования в протоколах описания. Однако учитывая то, что слово “простата” имеет официальное при-



знание, включено в современные орфографические словари русского языка, а также представлено как основное в официальном переводе 2024 г. Международной анатомической терминологии (издание 2019 г.) [8], этот термин допустим и может быть использован в научных статьях и других текстах в качестве дополнительного термина, заменяющего термин “предстательная железа”.

2. Термин “аденома предстательной железы” по единому мнению экспертов недопустим к использованию в качестве характеристики гиперпластических изменений предстательной железы. В этих случаях должен использоваться термин “доброкачественная гиперплазия предстательной железы” (ДГПЖ), допускаются термины “гиперплазия”, “гиперпластические изменения”. При этом группа экспертов согласна с использованием термина “аденомэктомия”, как исторически общепринятого для названия конкретного вида оперативного вмешательства.

3. При описании характера изменений в окружающих предстательную железу клетчаточных пространствах следует использовать термин “перипростатическое пространство”. При этом термин “парапростатическое пространство” является самостоятельным и легитимным, который обозначает пространство между фасцией простаты/семенных пузырьков и фасцией леваторов (внутритазовой фасции).

4. Несмотря на то что морфологи отрицают наличие у предстательной железы капсулы, этот термин прочно вошел в речевой оборот, он представлен в Международной анатомической терминологии (издание 2019 г.) [8], используется при описании изменений в PI-RADS v2.1 [10, 11]. Поэтому использование этого термина для характеристики внекапсулярного распространения, инвазии “капсулы” допустимо. Целесообразно термин “капсула” заключать в кавычки.

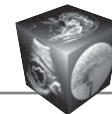
5. Термин “экстензия” является нерекомендуемым для использования при описании распространения опухоли за пределы предстательной железы. Для указания факта опухолевого поражения перипростатического пространства следует использовать термин “распространение в перипростатическое пространство”, допускается употреблять термин “инвазия в перипростатическое пространство”. Термин “инвазия” наиболее целесообразно использовать для характеристики опухолевого поражения соседних органов: в первую очередь, семенных пузырьков, а также мембранозного сфинктера, стенок мочевого пузыря и/или прямой кишки.

6. На сегодняшний день имеется некоторая терминологическая путаница в различных классификациях зонального строения предстательной железы. В связи с этим основной следует считать классификацию зонального строения органа, разработанную J.E. McNeal [9] и рекомендованную PI-RADS v2.1 [9–11]. Нецелесообразно пользоваться другими терминами, такими как центральная железа (Central gland), внутренняя железа, наружная железа, внутренняя часть, наружная часть. Для уменьшения случаев ошибочного обозначения транзитной зоны как центральной описывать последнюю (CZ) целесообразно только при необходимости отметить в ней изменения.

7. Для определения местоположения выявленных в предстательной железе изменений целесообразно использовать схему секторов, представленную в рекомендациях PI-RADS v2.1 [10–11]. Использование других систем координат, в том числе по условному циферблату, следует считать устаревшим и не рекомендованным к использованию.

8. Наиболее спорными, по мнению экспертов, являются многочисленные термины, характеризующие выявленные патологические структуры в железе, как в русском языке: фокус; поражение; очаг; образование; узел, так и в английском focus; lesion; mass; nodule. В этом контексте однозначное мнение эксперты высказали по поводу использования термина “зона”, который следует использовать только в отношении анатомо-гистологических зон предстательной железы (периферической, транзитной и центральной). В связи с очень широким значением термина “образование” пользоваться им для описания выявленных изменений нежелательно. Термин “узел” целесообразно применять для описания узлов гиперплазии транзитной зоны. В связи с сложностью понимания различия в терминах focus (фокус) и lesion (поражение), представленных в рекомендациях PI-RADS v2.1, целесообразно использовать единый термин – “очаг”. Толкование этих терминов представлено в таблице.

Мы надеемся, что следование данным рекомендациям улучшит ясность и правильность описаний результатов лучевых исследований предстательной железы (в первую очередь, УЗИ и МРТ) и приведет к более однозначной их трактовке и пониманию рентгенологами, урологами, хирургами, онкологами и врачами других специальностей, занимающихся этой проблемой.

**Таблица.** Термины, характеризующие патологические структуры предстательной железы**Table.** Terminology characterizing pathological structures in the prostate gland

Термин Term	Описание Description	Комментарий Commentary
Зона (Zone)	Отдел предстательной железы в соответствии с классификацией McNeal Prostate gland section according to the McNeal classification	Использовать только в отношении анатомо-гистологических зон предстательной железы (периферической, транзитной и центральной) Use in relation to the anatomical/histological zones of the prostate gland (peripheral, transitional, and central) only
Узел (Nodule)	Четко очерченное, в том числе инкапсулированное (тотально или частично) образование транзитной зоны A clearly defined, including encapsulated (totally or partially) formation of a transient zone	Использовать только для описания транзитной зоны Use to describe the transition zone only
Очаг (Focus, Lesion)	Локальное изменение с явными границами, отличающееся от окружающих тканей A site of localized changes with clear borders, that's different from the surrounding tissue	
Участок (Area)	Изменения структуры предстательной железы без четких границ Changes in the structure of the prostate gland without clear boundaries	

Участие авторов

Громов А.И., Мищенко А.В., Синицын В.Е., Амосов А.В., Ахвердиева Г.И., Капустин В.В., Куплевацкий В.И., Митькова М.Д., Рубцова Н.А. – концепция и программа проведения консенсуса экспертов, подготовка, создание опубликованной работы, утверждение окончательного варианта статьи.

Authors' participation

Gromov A.I., Mishchenko A.V., Sinitsyn V.E., Amosov A.V., Akhverdiev G.I., Kapustin V.V., Kuplevatsky V.I., Mitkova M.D., Rubtsova N.A. – concept and design of the conducting expert consensus, preparation and creation of the published work, approval of the final version of the article.

Список литературы

1. Энциклопедический словарь лучевой диагностики. Ответственный редактор: Коков Л.С., Линденбрaten Л.Д. М.: Радиология-Пресс, 2016. 1012 с.
2. Радиологическая терминология /англо-русский и русско-английский словари специальных терминов. Составители проф. Л.Д. Линденбрaten, проф. Н.И. Пилипенко. Москва-Харьков, 1999.
3. Российская ассоциация специалистов ультразвуковой диагностики в медицине. Терминологический словарь. М.: Медика, 2023.
4. Ахвердиева Г.И., Санай Э.Б., Панов В.О., Тюрин И.Е., Губский И.Л., Камолов Б.Ш., Хачатурян А.В. Роль мультипараметрической МРТ в выявлении и локализации раннего рака предстательной железы. *Онкоурология*. 2013; 9 (4): 25–36. <https://doi.org/10.17650/1726-9776-2013-9-4-25-36>
5. Абуладзе Л.Р., Говоров А.В., Синицын В.Е. Возможности магнитно-резонансной томографии в оценке эффективности фокального лечения рака предстательной железы. *Вестник рентгенологии и радиологии*. 2023; 104 (1): 90–100. <https://doi.org/10.20862/0042-4676-2023-104-1-90-100>
6. Кадрев А.В., Митькова М.Д., Амосов А.В., Буланов М.Н., Ветшева Н.Н., Громов А.И., Игнашин Н.С., Крупинов Н.С., Митина Л.А., Сорокин Н.И., Строкова Л.А., Хитрова А.Н., Швырев С.Л., Митьков В.В. Стандартизация протокола ультразвукового исследования предстательной железы у взрослых. Часть 2. Трансректальное ультразвуковое исследование предстательной железы. Консенсус экспертов Российской ассоциации специалистов ультразвуковой диагностики в медицине (РАСУДМ). *Ультразвуковая и функциональная диагностика*. 2023; 3: 9–23. <https://doi.org/10.24835/1607-0771-2023-3-9-23>
7. Дубицкий Д.Л., Мищенко А.В., Трофименко И.А. Магнитно-резонансная томография предстательной железы. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2021. 528 с. ISBN: 978-5-9704-5957-7
8. Terminologia Anatomica. 2nd ed., 2019. Международная анатомическая терминология, перевод 2024 Под. ред. Д.Б. Никитюка. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2024. 488 с.
9. McNeal J.E. The zonal anatomy of the prostate. *Prostate*. 1981; 2 (1): 35–49. <https://doi.org/10.1002/pros.2990020105>



10. Turkbey B., Rosenkrantz A.B., Haider M.A. et al. Prostate Imaging Reporting and Data System Version 2.1: 2019 Update of Prostate Imaging Reporting and Data System Version 2. *Eur. Urol.* 2019; 76 (3): 340–351. <https://doi.org/10.1016/j.eururo.2019.02.033>.
11. PI-RADS Prostate Imaging Reporting and Data System. 2019 Version 2.1. American College of Radiology 2019. <https://www.acr.org/-/media/ACR/Files/RADS/PI-RADS/PI-RADS-V2-1.pdf?la=en>.
12. Громов А.И., Капустин В.В. Практические подходы к использованию системы PI-RADS v2.1 при выполнении магнитно-резонансной томографии предстательной железы. *Медицинская визуализация.* 2019; 23 (3): 100–119. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-2019-3-107-125>
13. Рубцова Н.А., Мищенко А.В., Данилов В.В., Гулин Г.А., Алексеев Б.Я., Каприн А.Д. PI-RADS v2.1: движение на пути к ясности (комментарии к обновленной версии). *Онкоурология.* 2020; 16 (2): 15–28. <https://doi.org/10.17650/1726-9776-2020-16-2-15-28>
14. Громов А.И., Капустин В.В. Использование системы PI-RADS версии 2.1 при выполнении магнитно-резонансной томографии предстательной железы. Методическое пособие. М.: Стром, 2019. 43 с.
6. Kadrev A.V., Mitkova M.D., Amosov A.V. et al. Recommendations for prostate ultrasound in adults. Part II. Transrectal prostate ultrasound. An expert consensus statement from the Russian Association of Specialists in Ultrasound Diagnostics in Medicine (RASUDM). *Ultrasound & Functional Diagnostics.* 2023; 3: 9–23. <https://doi.org/10.24835/1607-0771-2023-3-9-23> (In Russian)
7. Dubitsky D.L., Mishchenko A.V., Trofimenko I.A. Magnetic resonance imaging of the prostate gland. Moscow: GEOTAR-Media, 2021. 528 p. (In Russian)
8. Terminologia Anatomica. 2nd ed., 2019. International anatomical terminology, translation 2024 Ed. by D.B. Nikityuk. M.: GEOTAR-Media, 2024. 488 p. (In Russian)
9. McNeal J.E. The zonal anatomy of the prostate. *Prostate.* 1981; 2 (1): 35–49. <https://doi.org/10.1002/pros.2990020105>
10. Turkbey B., Rosenkrantz A.B., Haider M.A. et al. Prostate Imaging Reporting and Data System Version 2.1: 2019 Update of Prostate Imaging Reporting and Data System Version 2. *Eur. Urol.* 2019; 76 (3): 340–351. <https://doi.org/10.1016/j.eururo.2019.02.033>.
11. PI-RADS Prostate Imaging Reporting and Data System. 2019 Version 2.1. American College of Radiology 2019. <https://www.acr.org/-/media/ACR/Files/RADS/PI-RADS/PI-RADS-V2-1.pdf?la=en>.
12. Gromov A.I., Kapustin V.V. Usage of PI-RADS v2.1 system for prostate MRI: a practical approach. *Medical Visualization.* 2019; 23 (3): 100–119. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-2019-3-107-125> (In Russian)
13. Rubtsova N.A., Mishchenko A.V., Danilov V.V. et al. PI-RADS v2.1: moving towards clarity (comments on the updated version). *Cancer Urology.* 2020; 16 (2): 15–28. <https://doi.org/10.17650/1726-9776-2020-16-2-15-28> (In Russian)
14. Gromov A.I., Kapustin V.V. Using the PI-RADS version 2.1 system when performing magnetic resonance imaging of the prostate gland. Methodological manual. Moscow: Strom, 2019. 43 p. (In Russian)

References

1. Encyclopedic dictionary of radiation diagnostics (english-russian) Editor-in-chief: Kokov L.S., Lindenbraten L.D. M.: Radiology-Press, 2016. 1012 p. (In Russian)
2. Radiological Terminology / English-Russian and Russian-English dictionaries of special terms. Authors: Prof. L.D. Lindenbraten, Prof. N.I. Pilipenko. Moscow-Kharkov, 1999. (In Russian)
3. Russian Association of Ultrasound Diagnostics in Medicine. Terminological Dictionary. Moscow: Medica, 2023. (In Russian)
4. Akhverdieva G.I., Sanai E.B., Panov V.O. et al. Role of multiparametric MRI in the detection and localization of early-stage prostate cancer. *Cancer Urology.* 2013; 9 (4): 25–36. <https://doi.org/10.17650/1726-9776-2013-9-4-25-36> (In Russian)
5. Abuladze L.R., Govorov A.V., Sinitsyn V.E. Magnetic Resonance Imaging Evaluation of Focal Therapy Efficacy

Для корреспонденции*: Громов Александр Игоревич – gai8@mail.ru

Громов Александр Игоревич – доктор мед. наук, профессор, руководитель группы лучевых методов диагностики и лечения НИИ урологии и интервенционной радиологии им. Н.А. Лопаткина – филиал ФГБУ “НМИЦ радиологии” Минздрава России; профессор кафедры лучевой диагностики ФГБОУ ВО “Российский университет медицины” Минздрава России. Москва. <https://orcid.org/0000-0002-9014-9022>

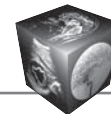
Мищенко Андрей Владимирович – доктор мед. наук, главный врач клиники имени профессора Ю.Н. Касаткина; профессор кафедры рентгенологии и радиологии ФГБОУ ДПО РМАНПО Минздрава России. Москва. Scopus ID: 55791087500

Синицын Валентин Евгеньевич – доктор мед. наук, профессор, руководитель отдела лучевой диагностики Университетской клиники и заведующий кафедрой лучевой диагностики и терапии факультета фундаментальной медицины МНОИ МГУ имени М.В. Ломоносова; Президент Российского Общества Рентгенологов и Радиологов, Москва. <https://orcid.org/ID 0000-0002-5649-2193>. Scopus ID 7102735724

Амосов Александр Валентинович – доктор мед. наук, профессор, профессор кафедры урологии ФГАУ ВО Первый МГМУ имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), Москва. <https://orcid.org/0000-0003-0676-4821>

Ахвердиева Поля Ильгаровна – канд. мед. наук, старший научный сотрудник рентгенодиагностического отделения отдела лучевых методов диагностики опухолей ФГБУ “НМИЦ онкологии имени Н.Н. Блохина” Минздрава России, Москва. <https://orcid.org/0000-0001-7381-0942>

Капустин Владимир Викторович – доктор мед. наук, профессор кафедры лучевой диагностики с курсом радиологии Медико-биологического университета инноваций и непрерывного образования ФГБУ “Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медико-биологический центр им. А.И. Бурназяна”, Москва. <https://orcid.org/0000-0002-3771-1354>



Куплевацкий Владимир Игоревич – врач высшей квалификационной категории по рентгенологии, заведующий отделением лучевой диагностики СПб ГБУЗ “Введенская больница”, врач-рентгенолог кабинета МРТ отделения магнитно-резонансной томографии центра лучевой диагностики ООО “ЛДЦ МИБС”, Санкт-Петербург. <https://orcid.org/0000-0001-9753-1913>

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

Рубцова Наталья Алефтиновна – доктор мед. наук, заведующая отделом лучевой диагностики МНИОИ им. П.А. Герцена – филиал ФГБУ “НМИЦ радиологии” Минздрава России, Москва. <https://orcid.org/0000-0001-8378-4338>

Contact*: Alexander I. Gromov – gai8@mail.ru

Alexander I. Gromov – Doct. of Sci. (Med.), Professor, Head of the Radiation Diagnostics and Treatment Group at the N.A. Lopatkina Research Institute of Urology and Interventional Radiology, a branch of the Federal State Budgetary Institution “National Medical Research Center for Radiology” of the Ministry of Health of Russia; professor of the Department of Radiological Diagnostics at the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Russian University of Medicine” of the Ministry of Health of Russia. Moscow. <https://orcid.org/0000-0002-9014-9022>

Andrey V. Mishchenko – Doct. of Sci. (Med.), Chief Physician at the Professor Y.N. Kasatkin Clinic; Professor at the Department of Radiology and Radiology at the Russian Medical Academy of Postgraduate Education (RMAPE) of the Russian Ministry of Health. Moscow. Scopus ID: 55791087500

Valentin E. Sinitsyn – Doct. of Sci. (Med.), Professor, Head of Radiology Department, University Hospital, Lomonosov Moscow State University, Moscow. <https://orcid.org/ID 0000-0002-5649-2193>. Scopus ID 7102735724

Alexander V. Amosov – Doct. of Sci. (Med.), Professor, Professor of the Department of Urology, First Moscow State Medical University named after I.M. Sechenov, Ministry of Health of Russia. Moscow. <https://orcid.org/0000-0003-0676-4821>

Gulya I. Akhverdieva – Cand. of Sci. (Med.), Senior Researcher, X-ray Diagnostics Department, Radiation Methods of Tumor Diagnosis Division, N.N. Blokhin National Medical Research Center for Oncology, Moscow. <https://orcid.org/0000-0001-7381-0942>

Vladimir V. Kapustin – Doct. of Sci. (Med.), Assistant Professor, Chair professor of diagnostic radiology and roentgenology at the Medical and Biological Innovations and Continuous Education University under the Federal State Budget-funded Institution State Scientific Center of Russian Federation – Federal Medical Biophysical Center named after A.I. Burnazyan of the FMBA of Russia, Moscow. <https://orcid.org/0000-0002-3771-1354>

Vladimir I. Kuplevatsky – Doctor of the highest qualification category in radiology, head of the radiology department at the “Vvedenskaya Bol’nitsa”, radiologist at the MRI department of the magnetic resonance imaging center at the LDTS MIBS LLC, St. Petersburg. <https://orcid.org/0000-0001-9753-1913>

Mina D. Mitkova – Cand. of Sci. (Med.), Associate Professor, Diagnostic Ultrasound Division, Russian Medical Academy of Continuous Professional Education. Moscow. <https://orcid.org/0000-0002-3870-6522>. Scopus ID: 57192940046

Natalia A. Rubtsova – Doct. of Sci. (Med.), Head of the Department of Radiation Diagnostics, P.A. Herzen Moscow Oncology Research Institute – branch of the Federal State Budgetary Institution “NMITs of Radiology” of the Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow. <https://orcid.org/0000-0001-8378-4338>



ISSN 1607-0763 (Print); ISSN 2408-9516 (Online)
<https://doi.org/10.24835/1607-0763-1539>

Ультразвуковое исследование высокого разрешения в поздний период динамического наблюдения после фотодинамической терапии базально-клеточного рака кожи головы и шеи

© Хоружая С.С.^{1*}, Васильев А.Ю.², Семин В.Е.¹, Нечаев В.А.¹

¹ ГБУЗ города Москвы "Городская клиническая больница имени С.С. Юдина" ДЗ города Москвы; 117152 Москва, Загородное шоссе, д. 18А, корп. 7, Российская Федерация

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

Цель исследования: определить возможности ультразвукового исследования высокого разрешения в оценке результатов проведенного лечения базально-клеточного рака кожи головы и шеи методом фотодинамической терапии в поздний период.

Материал и методы. Обследован 101 пациент (32 мужчины и 69 женщин, возраст от 40 до 93 лет) в поздний период (3–6–12 мес) после сеанса фотодинамической терапии. Всем пациентам выполнено ультразвуковое исследование высокого разрешения в зоне проведенного лечения на аппарате экспертного класса Philips Epic 7 высокочастотным линейным матричным датчиком eL18-4 с диапазоном сканирования 2–22 МГц и технологией визуализации микрокровотока Microflow Imaging.

Результаты. Впервые проведена оценка эффективности лечения и возможности исключения рецидива основного заболевания методом ультразвуковой диагностики после проводимой фотодинамической терапии базально-клеточного рака кожи головы и шеи в период формирования рубцовых изменений. Ультразвуковая картина в период 3–6–12 мес после проведения фотодинамической терапии имела различную семиотику изменений кожи и близлежащих мягких тканей в зависимости от степени формирования рубцовых изменений, носила индивидуальный характер и зависела от множества факторов.

Заключение. Ультразвуковая диагностика является эффективным неинвазивным, экономичным методом исследования, позволяющим в динамике оценить степень репаративных изменений кожи после проведенного лечения и исключить рецидив основного заболевания.

Ключевые слова: ультразвуковое исследование; фотодинамическая терапия; базально-клеточный рак кожи

Авторы подтверждают отсутствие конфликтов интересов.

Для цитирования: Хоружая С.С., Васильев А.Ю., Семин В.Е., Нечаев В.А. Ультразвуковое исследование высокого разрешения в поздний период динамического наблюдения после фотодинамической терапии базально-клеточного рака кожи головы и шеи. *Медицинская визуализация*. 2025; 29 (3): 58–66.

<https://doi.org/10.24835/1607-0763-1539>

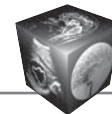
Поступила в редакцию: 28.02.2025. Принята к печати: 21.04.2025. Опубликовано online: 30.05.2025.

High-resolution ultrasound in the late period of dynamic follow-up after photodynamic therapy for basal cell carcinoma of the head and neck skin

© Svetlana S. Khoruzhaya^{1*}, Aleksandr Yu. Vasil'yev², Vladimir E. Semin¹, Valentin A. Nechayev¹

¹ Yudin Moscow City Clinical Hospital; 18A-7, Zagorodnoe shosse, Moscow 117152, 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



Purpose of the study. The objective of this study was to ascertain the potential of high-resolution ultrasound in evaluating the outcomes of photodynamic therapy for basal cell carcinoma of the head and neck in the late period.

Materials and methods. A total of 101 patients were examined in the late period (3–6–12 months) after photodynamic therapy (32 men and 69 women) with ages ranging from 40 to 93 years. All patients underwent a high-resolution ultrasound examination of the treated area using a Philips Epic 7 expert class device with a high-frequency linear matrix transducer (eL18-4) with a scanning range of 2–22 MHz and Microflow Imaging technology.

Results. The results of the study revealed that ultrasonic diagnostics can effectively evaluate the treatment's effectiveness and exclude the recurrence of the primary disease following photodynamic therapy for basal cell carcinoma of the head and neck during the period of scar changes formation. The ultrasound images obtained at 3, 6, and 12 months following photodynamic therapy revealed various changes in the skin and adjacent soft tissues, depending on the extent of scar formation. These changes exhibited unique characteristics and were influenced by numerous factors.

Conclusions. Ultrasound diagnostics has been proven to be a reliable, non-invasive, and cost-effective research method. It provides a means to assess the degree of reparative changes in the skin following treatment and to rule out the possibility of disease recurrence.

Keywords: ultrasound; photodynamic therapy; basal cell skin cancer

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

For citation: Khoruzhaya S.S., Vasil'yev A.Yu., Semin V.E., Nechayev V.A. High-resolution ultrasound in the late period of dynamic follow-up after photodynamic therapy for basal cell carcinoma of the head and neck skin. *Medical Visualization*. 2025; 29 (3): 58–66. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-1539>

Received: 28.02.2025.

Accepted for publication: 21.04.2025.

Published online: 30.05.2025.

Введение

Базально-клеточный рак кожи (БКРК) составляет около 80% всех случаев немеланомных опухолей кожи практически во всех странах мира, включая Россию [1]. Выявлена тенденция к постоянно-му росту заболеваемости, особенно для пациентов в возрасте старше 50 лет. Прогнозируется, что в течение следующих 10 лет заболеваемость БКРК увеличится до 30% у мужчин и 25% у женщин. Одним из основных этиологических факторов является воздействие ультрафиолетового излучения, при этом наиболее распространенной локализацией является область головы и шеи [2–4]. БКРК чаще всего проявляется в виде медленно растущего образования кожи с перламутровым блеском и ветвящимися сосудами, видимыми на поверхности опухоли при клиническом или дерматоскопическом осмотре. БКРК редко метастазирует (до 1% случаев), являясь преимущественно опухолью с местнодеструктивным ростом. Современная тактика выбора лечения БКРК предусматривает использования хирургических, лучевых, лекарственных методов и их комбинации. Альтернативным подходом к лечению является фотодинамическая терапия (ФДТ), применяемая при поверхностных и узловых формах, рецидивных опухолях. Однако крайне важно тщательно контролировать кожные изменения после проведенного лечения с целью динамического наблюдения и исключения рецидива. Учитывая широкую доступность, неионизирующий характер, ультразвуковое исследование (УЗИ) кожи является эффективным неинвазивным методом, помогаю-

щим оценить в динамике лечебный эффект от проводимой процедуры [5, 6].

Цель исследования: ультразвуковое динамическое наблюдение поздних изменений кожи в оценке результатов проведенного лечения базально-клеточного рака кожи головы и шеи методом ФДТ.

Материал и методы

При динамическом контроле в поздний период (3–6–12 мес) после проведения ФДТ обследован 101 пациент. В зависимости от пола и возраста пациенты распределились следующим образом: 32 мужчины и 69 женщин в возрасте от 40 до 93 лет. Для оценки кожных изменений всем пациентам выполнялось УЗИ высокого разрешения на аппарате экспертного класса Philips Epic 7 высокочастотным линейным матричным датчиком eL18-4 с диапазоном сканирования 2–22 МГц и технологией визуализации микрокровотока Microflow Imaging (MFI). Статистическая обработка данных проводилась с использованием программы StatTech v. 4.2.7 (разработчик – ООО “Статтех”, Россия). Количественные показатели оценивались на предмет соответствия нормальному распределению с помощью критерия Колмогорова–Смирнова. В случае распределения показателей, отличном от нормального, количественные данные описывались с помощью медианы (Me) и нижнего и верхнего квартилей (Q1–Q3). С помощью критерия Краскела–Уоллиса выполнялось сравнение трех и более групп по количественному показателю. Различия считались статистически значимыми при $p < 0,05$.



Результаты исследования

Кожные изменения, визуализируемые методом ультразвуковой диагностики, в поздний период после сеанса ФДТ характеризовались отсутствием образования, определяемого при первичном исследовании. На стадии формирования рубца при УЗИ кожные изменения лоцировались в виде гипэхогенных участков с различными эхоструктурой в В-режиме и распределением сосудов в режиме MFI. В 3 случаях за период наблюдения отмечалось полное восстановление структуры кожи в зоне лечения.

При УЗИ зоны воздействия в В-режиме оценивались горизонтальные и вертикальные размеры рубцовых изменений (табл. 1).

Так, горизонтальные размеры рубцовых изменений находились в пределах от 3,0 до 36,0 (Me 19,0) мм без учета пациентов с восстановленной структурой кожи в зоне воздействия ($n = 3$). Вертикальные размеры изменений определялись в горизонте от 9,0 до 6,0 (Me 2,1) мм, у одного пациента 11,0 мм.

Таблица 1. Количественные характеристики изменений кожи в позднем периоде после ФДТ

Table 1. Quantitative characteristics of skin changes in the late period following PDT

Показатели Variable	Горизонтальные размеры, мм Horizontal dimensions, mm	Вертикальные размеры, мм Vertical dimensions, mm
n	98	98
Min	3.0	0.9
Max	36.0	11.0
Q1–Q3	15.0–24.0	1.8–3.0
Me	19.0	2.1

Таблица 2. Результаты корреляционного анализа взаимосвязи горизонтальных размеров рубцовых изменений при УЗИ и размеров светового пятна при ФДТ

Table 2. Results of correlation analysis of the relationship between the horizontal size of scar changes during ultrasound and the size of the light spot during PDT

Показатель Variable	Характеристика корреляционной связи Correlation characteristics		
	ρ	теснота связи по шкале Чеддока strength of the association assessed using Chaddock scale	p
Размеры рубцовых изменений, УЗИ, мм Размеры светового пятна, ФДТ, мм Horizontal dimensions of scarring changes, ultrasound, mm Dimensions of the light spot, PDT, mm	0.385	Умеренная Moderate	<0.001*

* – различия показателей статистически значимы ($p < 0,05$) / differences are statistically significant ($p < 0.05$).

При корреляционном анализе установлена умеренная прямая связь между горизонтальными размерами рубцовых изменений кожи в поздний период, определяемых при УЗИ, и горизонтальными размерами светового пятна при проведении ФДТ (табл. 2).

При увеличении горизонтальных размеров, определяемых при УЗИ, в поздний период после сеанса ФДТ на 1 мм следует ожидать увеличения размеров светового пятна при ФДТ на 0,303 мм. Полученная модель объясняет 16,6% наблюдаемой дисперсии размера светового пятна при ФДТ (рис. 1).

Следует отметить, что при анализе толщина рубцовых изменений в поздний период после ФДТ не зависела от толщины первичных размеров опухоли и сроков динамического контроля.

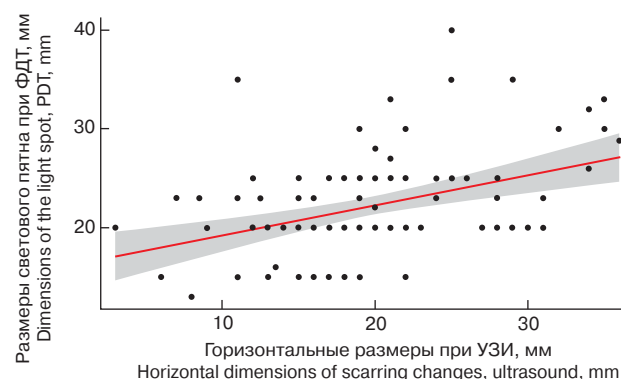
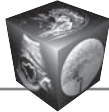


Рис. 1. График регрессионной функции, характеризующий зависимость размеров светового пятна при ФДТ (мм) и горизонтальных размеров рубцовых изменений при УЗИ (мм).

Fig. 1. Regression line characterizing the dependence of Dimensions of the light spot, PDT (mm) from Horizontal dimensions of scarring changes, ultrasound (mm).



При позднем динамическом контроле, исходя из полученных данных, при сопоставлении толщины и васкуляризации при MFI рубцовых изменений были установлены статистически значимые раз-

личия ($p < 0,001$) (используемый метод: критерий Краскела–Уоллиса) (табл. 3, рис. 2).

Таким образом, сосудистый рисунок рубцовых изменений достоверно значимо зависел от их толщины.

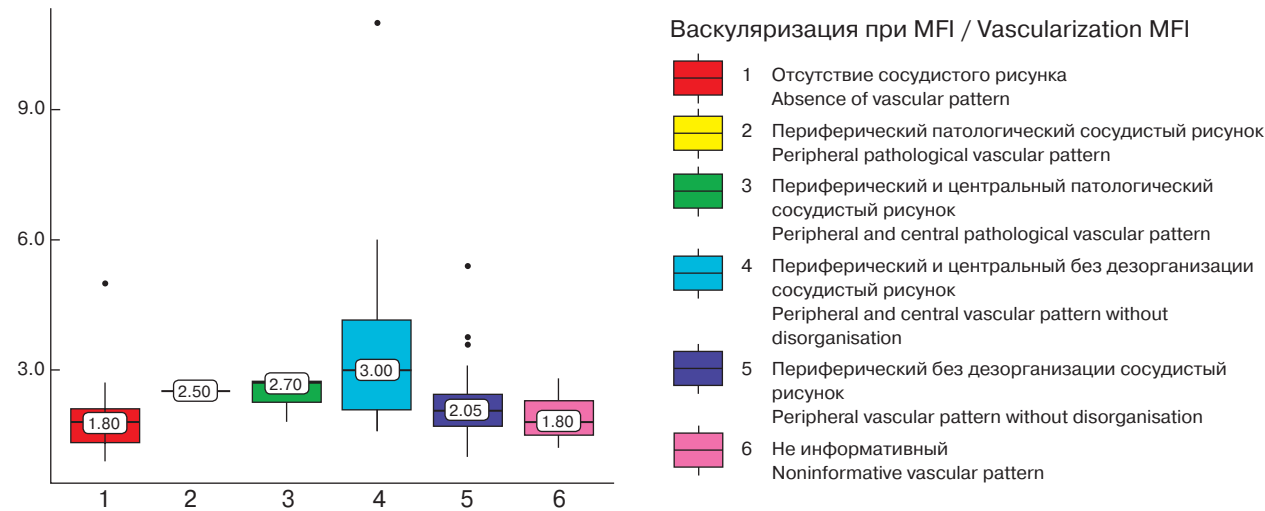


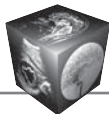
Рис. 2. Анализ толщины рубцовых изменений в зависимости от васкуляризации при MFI.
Fig. 2. Analysis of the thickness of scarring changes depending on vascularisation in MFI.

Таблица 3. Анализ васкуляризации в зависимости от толщины рубцовых изменений при УЗИ в поздний период после ФДТ

Table 3. Analysis of vascularisation depending on the thickness of scar changes on ultrasound in the late period after PDT

Показатель Variable	Категории Categories	Толщина рубцовых изменений Thickness of scarring changes			p
		Me	Q1–Q3	n	
Васкуляризация при MFI Vascularization MFI	Отсутствие сосудистого рисунка Absence of vascular pattern	1.80	1.32–2.10	25	$<0,001^*$ p центральный и периферический без дезорганизации – отсутствие сосудистого рисунка p central and peripheral without disorganisation – absence of vascular pattern $<0,001$ p периферический без дезорганизации – центральный и периферический без дезорганизации p peripheral vascular pattern without disorganisation – peripheral and central vascular pattern without disorganisation $= 0,014$
	Периферический патологический сосудистый рисунок Peripheral pathological vascular pattern	2.50	2.50–2.50	1	
	Периферический и центральный патологический сосудистый рисунок Peripheral and central pathological vascular pattern	2.70	2.25–2.75	3	
	Периферический и центральный сосудистый рисунок без дезорганизации Peripheral and central vascular pattern without disorganisation	3.00	2.08–4.15	42	
	Периферический сосудистый рисунок без дезорганизации Peripheral vascular pattern without disorganisation	2.05	1.70–2.45	27	
	Неинформативный Noninformative vascular pattern	0	0	3	

* – различия показателей статистически значимы ($p < 0,05$) / differences are statistically significant ($p < 0.05$).



В поздний период после проведения ФДТ ультразвуковая картина имела следующие особенности. В 20,8% случаев в В-режиме зона рубцовых изменений визуализировалась в виде гипоехогенного отграниченного не дифференцируемого на слои участка в области дермы, в отдельных случаях гиподермы. Зона интереса представлена гетерогенной структурой без четких ровных контуров с параллельно расположенными к поверхности кожи линейными гипо-, анэхогенными включениями. Прилежащие мягкие ткани неоднородной структуры, умеренно повышенной эхогенности. В режиме MFI в области рубцовой ткани определялся периферический сосудистый рисунок без признаков дезорганизации (рис. 3).

В первый месяц динамического наблюдения на начальной стадии формирования рубца изменения кожи в области лечения визуализировались в виде гипоехогенных неоднородных участков с отсутствием или периферическим сосудистым рисунком при MFI (13,9% случаев).

На активном этапе формирования рубцовой ткани в 41,6% случаев ультразвуковая картина кожных изменений в области лечения определялась в виде гипоехогенного неоднородного или однородного участка с периферическим и центральным сосудистым рисунком без дезорганизации (рис. 4).

В заключительный период формирования рубца в 16,8% случаев изменения были представлены

гипоехогенными однородными зонами с отсутствием васкуляризации или единичными сосудами по периферии при MFI (рис. 5).

В 2,9% случаев в поздний период после проведения ФДТ определялось восстановление дифференцировки кожи на слои в зоне лечения (рис. 6).

На границе с рубцом в 4% случаев были выявлены признаки продолженного роста БКРК, при этом все пациенты имели множественные очаги (рис. 7).

Ультразвуковая картина изменений кожи отражала видимые косметические характеристики, а именно: в стадии активного формирования рубца при УЗИ в режиме MFI в зоне интереса лоцировался активный центральный и периферический сосудистый рисунок без признаков дезорганизации, что на коже проявлялось гиперемией, а толщина рубца коррелировала с видимыми гипертрофическими изменениями. При УЗИ на стадии дальнейшей регенерации отмечалось снижение васкуляризации, уменьшение толщины рубцовых изменений, что визуально характеризовалось уменьшением гиперемии, осветлением рубца и уменьшением гипертрофии. Длительность формирования рубца зависела от множества факторов, среди которых размер опухоли, параметры проводимой ФДТ, индивидуальные особенности пациента, течение посттерапевтического периода, в связи с чем сроки завершения регенеративных изменений не имели четких временных пара-

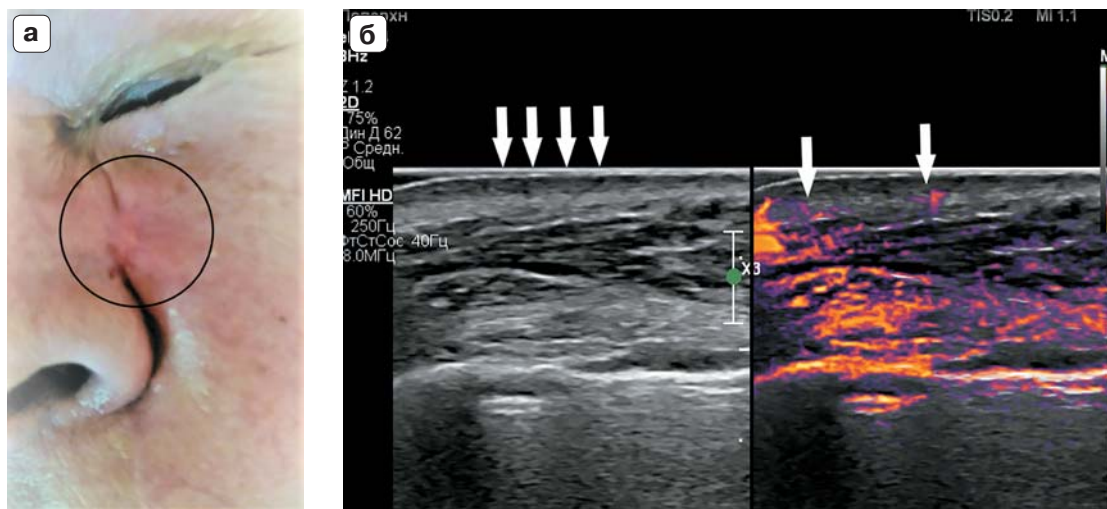


Рис. 3. Динамический контроль изменений кожи через 3 мес после проведения ФДТ. **а** – фото; **б** – сканограмма изменений кожи в В- и MFI-HD режимах. Ультразвуковые признаки гипоехогенного неоднородного участка со слаженной дифференцировкой на слои и единичными сосудами по периферии в проекции дермы.

Fig. 3. Dynamic control of skin changes 3 months after PDT. **a** – photo; **b** – a scan of skin changes in B- and MFI-HD modes. Ultrasound image of a hypoechoic heterogeneous area with smooth differentiation into layers and single vessels along the periphery in the projection of the dermis.

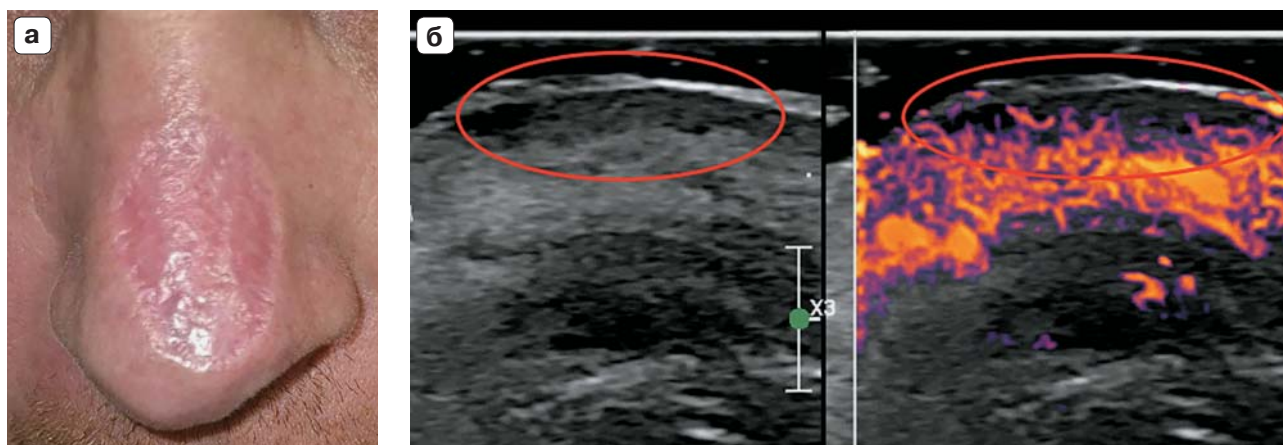
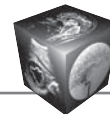


Рис. 4. Динамический контроль изменений кожи через 3,5 мес после проведения ФДТ. **а** – фото; **б** – сканограмма изменений кожи в В- и MFI-HD режимах. Ультразвуковые признаки гипоехогенного неоднородного участка со сглаженной дифференцировкой на слои и с центральным и периферическим сосудистым рисунком без дезорганизации при MFI.

Fig. 4. Dynamic control of skin changes 3.5 months after PDT. **a** – photo; **b** – a scan of skin changes in B- and MFI-HD modes. Ultrasound image of a hypoechoic heterogeneous area with smooth differentiation into layers and with a central and peripheral vascular pattern without disorganization in MFI.

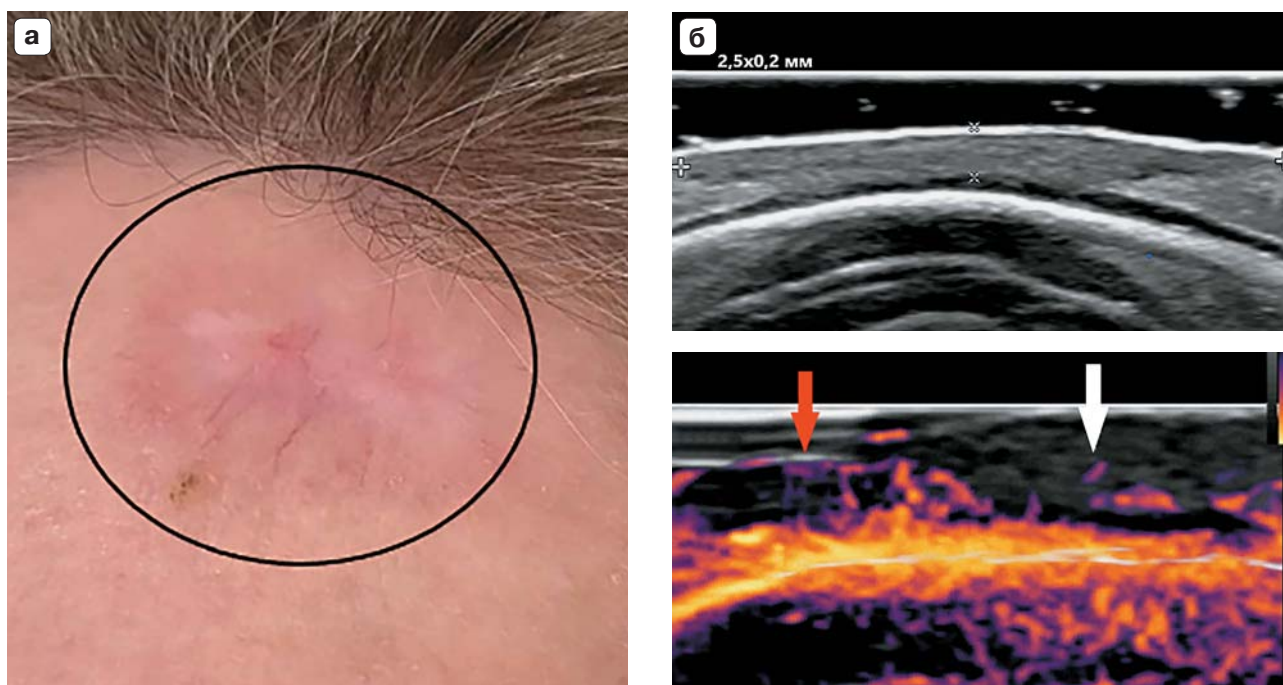


Рис. 5. Динамический контроль изменений кожи через 7 мес после проведения ФДТ. **а** – фото; **б** – сканограмма изменений кожи в В- и MFI-HD режимах. Ультразвуковые признаки гипоехогенного однородного, распространяющегося на всю толщину мягких тканей участка без дифференцировки на слои, с единичными сосудами по периферии. Белая стрелка – единичные сосуды по периферии рубца, красная стрелка – кровоток на границе с рубцом в неизменной дерме и подкожно-жировом слое.

Fig. 5. Dynamic control of skin changes 7 months after PDT. **a** – photo; **b** – a scan of skin changes in B- and MFI-HD modes. Ultrasound image of a hypoechoic homogeneous area extending over the entire thickness of soft tissues, without differentiation into layers, with single vessels along the periphery. The white arrow shows single vessels along the periphery of the scar. The red arrow indicates the blood flow at the border with the scar in the unchanged dermis and subcutaneous fat layer.

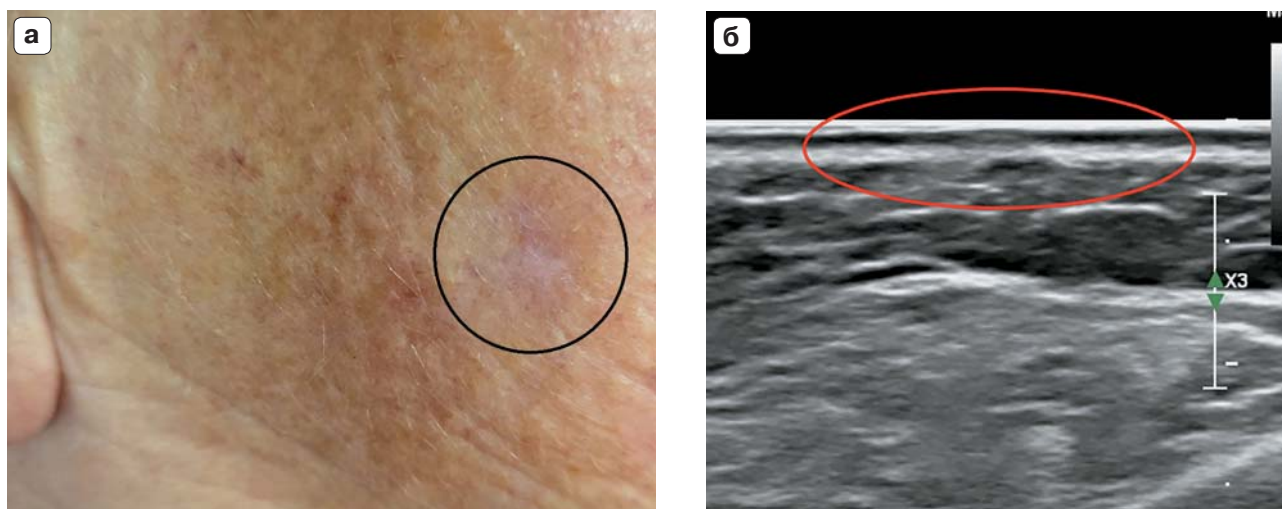


Рис. 6. Динамический контроль через 11 мес после проведения ФДТ в В-режиме. **а** – фото; **б** – сканограмма участка кожи в зоне лечения. Ультразвуковая картина кожи без очаговых изменений.

Fig. 6. Dynamic monitoring 11 months after PDT in B-mode. **a** – photo; **б** – a scan of the skin area in the treated area. Ultrasound image of the skin with no focal changes.

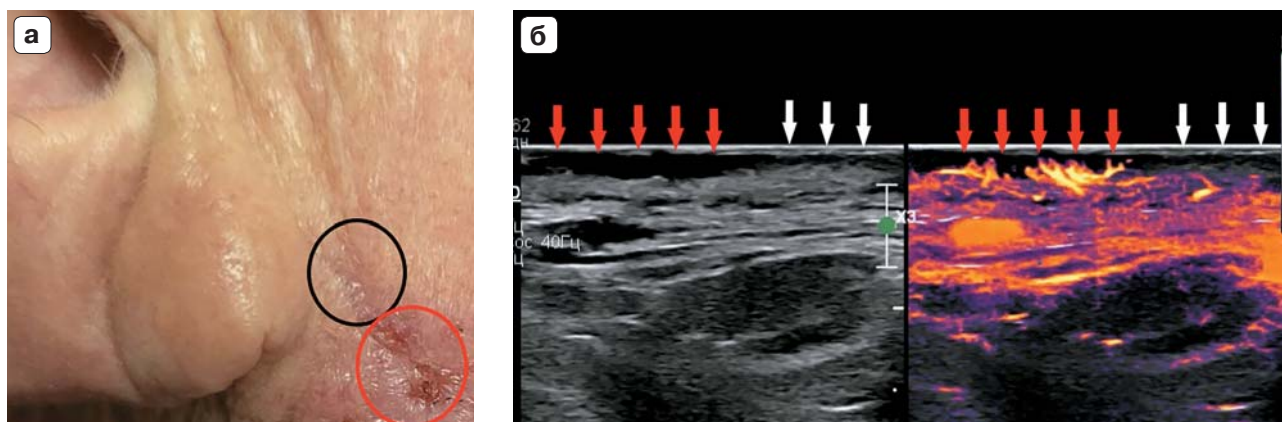


Рис. 7. Динамический контроль изменения кожи через 5 мес после проведения ФДТ. **а** – фото. Красный круг – продолженный рост опухоли в области рубца, черный круг – неизменный рубец; **б** – сканограмма изменений кожи в В- и MFI-HD режимах. ультразвуковые признаки гипэхогенного однородного образования с распространением на сосочковый и сетчатый слои дермы, с патологическим сосудистым рисунком (продолженный рост). Красные стрелки – продолженный рост, белые стрелки – неизменный рубец.

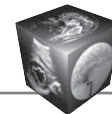
Fig. 7. Dynamic control of skin changes 5 months after PDT. **a** – photo; The red circle represents the continued growth of the tumor in the scar area. The black circle is an unchanged scar; **б** – a scan of skin changes in B- and MFI-HD modes. Ultrasound image of a hypoechoic homogeneous formation with a spread to the papillary and reticular layers of the dermis, with a pathological vascular pattern (continued tumor growth). The red arrows indicate continued growth. The white arrows are an unchanged scar.

метров. Таким образом, метод УЗИ высокого разрешения позволяет уточнить стадию регенерации и исключить патологические изменения.

Обсуждение

УЗИ высокого разрешения в поздний период после проведенного лечения БКРК методом ФДТ позволяет не только оценить эффективность терапии, но и исключить рецидив заболевания. При

анализе источников литературы зарубежных и российских авторов сведений об оценке позднего периода после проведенного лечения БКРК методом ФДТ с помощью УЗИ нам не встретилось. Имеются единичные публикации С.К. Эстера и соавт. (2020) о возможностях УЗИ и флуоресцентной диагностики во время проведения и в ранний период после ФДТ для прогнозирования терапевтического ответа [7]. Опубликовано большое



количество работ с описанием ультразвуковой семиотики различных заболеваний кожи, включая БКРК [8–10]. Однако ультразвуковая картина изменений кожи в области проводимого лечения БКРК методом ФДТ через 3–6–12 мес не изучалась. В связи с вышеизложенным нам показалось интересным с помощью УЗИ оценить эффективность лечения и исключить рецидив основного заболевания после проводимой ФДТ. По данным мировой литературы, с развитием новых технологий широкое применение получил высоко- и сверхвысокочастотный ультразвук, позволяющий детализировать структуру кожи в норме и при различных заболеваниях. Для оценки слоев кожи необходимы линейные датчики с частотой 15 МГц и выше. Высокочастотный ультразвук обычно рассматривается при использовании датчика с частотой 20–30 МГц с проникновением в ткани на расстояние около 10 мм, что полезно для оценки дермы и подкожной клетчатки. Сверхвысокочастотный ультразвук предполагает применение датчиков с частотами 48 и 70 МГц и глубиной проникновения около 3 и 4 мм, что позволяет лучше интерпретировать изображения эпидермиса и дермы [11]. Сверхвысокочастотные датчики применяются для определения стандартных параметров в В-режиме, а именно глубины, расположения по отношению к слоям кожи, контуров, структуры, экзогенности очагов. При динамическом контроле для дифференцировки стадии формирования рубцовых изменений, выявления рецидивов после ФДТ, помимо ключевых параметров оценки, необходим обязательный анализ васкуляризации. Для получения данной информации при применении сверхвысокочастотных датчиков в основном используется дополнительная медицинская аппаратура с возможностью лазерной доплеровской визуализации и определения скоростных показателей, перфузии и концентрации кровотока в исследуемой области [12, 13]. В нашем наблюдении был применен датчик с диапазоном сканирования 2–22 МГц, поддерживающий технологию визуализации микрокровотока, для оценки основных параметров внутрикожных изменений и микроваскуляризации, что дает возможность одномоментного анализа результатов, а также экономии времени на исследование без потери его информативности.

Заключение

Ультразвуковое исследование высокого разрешения кожи в поздний период после проведения ФДТ БКРК позволяет уточнить стадию регенерации, экоструктуру, особенности сосудистого рисунка внутрикожных изменений и исключить реци-

див основного заболевания. Таким образом, ультразвуковая диагностика является эффективным, неинвазивным и экономичным методом исследования, позволяющим в динамике оценить лечебный эффект от проводимой процедуры.

Участие авторов

Хоружая С.С. – проведение исследования, анализ и интерпретация полученных данных, написание текста.

Васильев А.Ю. – концепция и дизайн исследования, подготовка и редактирование текста, утверждение окончательного варианта статьи.

Семин В.Е. – участие в научном дизайне, подготовка и редактирование текста.

Нечаев В.А. – участие в научном дизайне, подготовка и редактирование текста.

Authors' participation

Khoruzhaya S.S. –conducting research, analysis and interpretation of the obtained data, writing text.

Vasil'yev A.Yu. – concept and design of the study, text preparation and editing, approval of the final version of the article.

Semin V.E. – participation in scientific design, text preparation and editing.

Nechayev V.A. – participation in scientific design, text preparation and editing.

Список литературы [References]

1. Цебоева М.Б., Царуева М.С., Цхурбаева А.Н. Случай базальноклеточного рака кожи: ранний дебют, несвоевременная диагностика. *Клиническая дерматология и венерология*. 2020; 19 (2): 162–165. <https://doi.org/10.17116/klinderma202019021162>
Tseboeva M.B., Tsarueva M.S., Tskhurbaeva A.N. Case of basal cell skin cancer: early debut, untimely diagnosis. *Russian Journal of Clinical Dermatology and Venereology = Klinicheskaya Dermatologiya i Venerologiya*. 2020; 19(2): 162–165. <https://doi.org/10.17116/klinderma202019021162> (In Russian)
2. Peris K., Fargnoli M.C., Kaufmann R. et al.; EADO[®]A, EDF[®]B, ESTRO[®]C, UEMS[®]D and EADV[®]E. European consensus-based interdisciplinary guideline for diagnosis and treatment of basal cell carcinoma-update 2023. *Eur. J. Cancer*. 2023; 192:113254. <https://doi.org/10.1016/j.ejca.2023.113254>
3. Schmultz C.D., Blitzblau R., Aasi S.Z. et al. Basal Cell Skin Cancer, Version 2.2024, NCCN Clinical Practice Guidelines in Oncology. *J. Natl. Compr. Canc. Netw*. 2023; 21 (11): 1181–1203. <https://doi.org/10.6004/jnccn.2023.0056>
4. Каприн А.Д., Старинский В.В., Петрова Г.В. и др. Злокачественные новообразования в России в 2018 году (заболеваемость и смертность). М.: МНИОИ им. П.А. Герцена – филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России, 2019. 250 с.
Kaprin A.D., Starinskij V.V., Petrova G.V. et al. Malignant neoplasms in Russia in 2018 (morbidity and mortality). М.: P. Hertsen Moscow Oncology Research Institute – Branch of National Medical Research Radiological Centre of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, 2019. 250 p. (In Russian)



5. Каприн А.Д., Старинский В.В., Шахзадова А.О. Состояние онкологической помощи населению России в 2019 году. М.: МНИОИ им. П.А. Герцена – филиал ФГБУ “НМИЦ радиологии” Минздрава России, 2020. 239 с.
Kaprin A.D., Starinskij V.V., Shaxzadova A.O. The state of oncological care for the population of Russia in 2019. M.: P. Hertsen Moscow Oncology Research Institute – Branch of National Medical Research Radiological Centre of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, 2020. 239 p. (In Russian)
6. Каприн А.Д., Старинский В.В., Шахзадова А.О., Лисичникова И.В. Злокачественные новообразования в России в 2022 году (заболеваемость и смертность). М.: МНИОИ им. П.А. Герцена – филиал ФГБУ “НМИЦ радиологии” Минздрава России. 2023. 252 с.
Kaprin A.D., Starinskij V.V., Shaxzadova A.O., Lisichnikova I.V. Malignant neoplasms in Russia in 2022 (morbidity and mortality). M.: P. Hertsen Moscow Oncology Research Institute – Branch of National Medical Research Radiological Centre of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, 2023. 252 p. (In Russian)
7. Hester S.C., Kuriakose M., Nguyen C.D., Mallidi S. Role of Ultrasound and Photoacoustic Imaging in Photodynamic Therapy for Cancer. *Photochem. Photobiol.* 2020. 96 (2): 260–279. <https://doi.org/10.1111/php.13217>
8. Hernandez-Ibanez C., Blazquez-Sanchez N., Aguilar-Bernier M. et al. Usefulness of High-Frequency Ultrasound in the Classification of Histologic Subtypes of Primary Basal Cell Carcinoma. *Actas Dermosifiliogr.* 2017. 108 (1): 42–51. <https://doi.org/10.1016/j.ad.2016.08.002>
9. Khlebnikova A.N., Molochkov V.A., Selezneva E.V. et al. Ultrasonographic features of superficial and nodular basal cell carcinoma. *Med. Ultrason.* 2018. 20 (4): 475–479. <https://doi.org/10.11152/mu-1633>
10. Marzuka A.G., Book S.E. Basal cell carcinoma: pathogenesis, epidemiology, clinical features, diagnosis, histopathology, and management. *Yale J. Biol Med.* 2015; 88 (2): 167–179. eCollection 2015 Jun. PMID: 26029015
11. Argalia G., Reginelli A., Molinelli E. et al. High-Frequency and Ultra-High-Frequency Ultrasound in Dermatologic Diseases and Aesthetic Medicine. *Medicina.* 2025; 61 (2): 220. <https://doi.org/10.3390/medicina61020220>
12. Борсуков А.В., Венидиктова Д.Ю., Ковалев А.А. Возможности применения высокочастотного ультразвукового исследования в диагностике заболеваний кожи. *Медицинский алфавит.* 2018; 2 (31): 5–8.
Borsukov A.V., Venidiktova D.Yu., Kovalyov A.A. Possibilities of high-frequent ultrasound diagnostics in skin diseases diagnosis. *Medical alphabet.* 2018; 2 (31): 5–8. (In Russian)
13. Борсуков А.В., Горбатенко О.А., Венидиктова Д.Ю., Тагиль А.О., Борсуков С.А., Круглова А.А., Курченкова В.С., Ахмедова А.Р. Возможности комбинированного использования ультразвукового исследования кожи и мягких тканей и лазерной доплеровской визуализации в диагностике и мониторинге гематом у пациентов с COVID-19. *Медицинская сестра.* 2022; 24 (5): 44–49. <https://doi.org/10.29296/25879979-2022-05-08>
Borsukov A.V., Gorbatenko O.A., Venidiktova D.Yu. et al. Possibilities of combined use of the skin and soft tissues ultrasound and laser doppler visualization in hematoma diagnosis and monitoring in patients with COVID-19. *Meditsinskaya sestra = The Nurse.* 2022; 24 (5): 44–49. <https://doi.org/10.29296/25879979-2022-05-08> (In Russian)

Для корреспонденции*: Хоружая Светлана Сергеевна – e-mail: svetzhor@yandex.ru

Хоружая Светлана Сергеевна – врач ультразвуковой диагностики, заведующая отделением ультразвуковой диагностики №3 ГБУЗ “ГКБ имени С.С. Юдина ДЗ города Москвы”, Москва. <https://orcid.org/0009-0006-0807-8250>

Васильев Александр Юрьевич – член-корр. РАН, доктор мед. наук, профессор кафедры радиологии, радиотерапии, радиационной гигиены и радиационной безопасности имени академиков А.С. Павлова и Ф.Г. Кроткова ФГБОУ ДПО “Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования” Минздрава России, Москва. <https://orcid.org/0000-0002-0635-4438>

Семин Владимир Евгеньевич – врач-онколог, заведующий кабинетом флуоресцентной диагностики и фотодинамической терапии ГБУЗ “ГКБ имени С.С. Юдина ДЗ города Москвы”, Москва. <https://orcid.org/0009-0004-9923-5113>

Нечаев Валентин Александрович – канд. мед. наук, врач-рентгенолог, заведующий центром комплексной диагностики ГБУЗ “ГКБ имени С.С. Юдина ДЗ города Москвы”, Москва. <https://orcid.org/0000-0002-6716-5593>

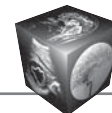
Contact*: Svetlana S. Khoruzhaya – e-mail: svetzhor@yandex.ru

Svetlana S. Khoruzhaya – ultrasonic diagnostician, Head of Ultrasound Diagnostics Department No. 3, Yudin Moscow City Clinical Hospital, Moscow. <https://orcid.org/0009-0006-0807-8250>

Alexander Yu. Vasil'yev – Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Doct. of (Sci.) Med., Professor of the Department of Radiology, Radiotherapy, Radiation Hygiene and Radiation Safety named after Academicians A.S. Pavlov and F.G. Krotkov, Federal State Budgetary Educational Institution of Further Professional Education “Russian Medical Academy of Postgraduate Education” of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Moscow, Russia. <https://orcid.org/0000-0002-0635-4438>

Vladimir E. Semin – Oncologist, Head of the fluorescent diagnostics and photodynamic therapy office, Yudin Moscow City Clinical Hospital, Moscow. <https://orcid.org/0009-0004-9923-5113>

Valentin A. Nechaev – MD, Radiologist, Head of the Center for Complex Diagnostics, Yudin Moscow City Clinical Hospital, Moscow. <https://orcid.org/0000-0002-6716-5593>



Алгоритм искусственного интеллекта в оценке сердца плода. Первые этапы разработки НМИЦ АГП имени академика В.И. Кулакова

© Бокерия Е.Л.^{1, 2}, Яннаева Н.Е.^{1, 6*}, Сенча А.Н.^{1, 3}, Костюков К.В.¹,
Прялухин И.А.^{1, 4, 5}, Голошубов П.А.¹, Джабиев А.В.¹, Потапова А.А.¹,
Передвигина А.В.¹, Коротченко О.Е.¹, Машинец Н.В.¹, Ляпунов А.К.¹

¹ 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

² 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

³ ФГАОУ ВО Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова Минздрава России; 117997 Москва, ул. Островитянова, д. 1, Российская Федерация

⁴ ФГБУ “Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна” Федерального медико-биологического агентства России; 123098 Москва, ул. Маршала Новикова, д. 23, Российская Федерация

⁵ СПб ГБУЗ “Городской перинатальный центр №1”; 193312 Санкт-Петербург, пр. Солидарности, д. 6, Российская Федерация

⁶ ФГБОУ ВО “Рязанский государственный медицинский университет имени академика И.П. Павлова” Минздрава России; 390026 Рязань, ул. Высоковольная, д. 9, Российская Федерация

Патология сердечно-сосудистой системы плода – это наиболее распространенный вид врожденных пороков развития, находится на втором месте среди причин младенческой смертности и составляет 47% всех причин смерти от пороков развития. Общепринятый минимальный расчетный показатель частоты врожденных пороков сердца (ВПС) – 8 случаев на 1 тыс. живорожденных (5–9 из 1000 новорожденных).

Оценка сердца плода является сложной задачей, главным образом из-за небольшого размера сердца, произвольных движений плода, неудобного положения плода.

Дифференциальная диагностика нормального сердца плода и сердца с ВПС, требующим кардиохирургической помощи после рождения, является важной, а иногда критически необходимой целью ультразвукового исследования плода.

Цель исследования: создание системы поддержки принятия врачебных решений путем формирования алгоритма осмотра сердца плода с помощью искусственного интеллекта, результатом которого должен стать один из вариантов медицинского заключения: “норма” – правильное строение сердца – ВПС нет; “не норма” – неправильное строение сердца – нельзя исключить наличие ВПС, рекомендована расширенная эхокардиография плода в кратчайшие сроки.

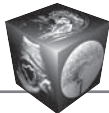
Материал и методы. Исследование проводилось на сроке беременности 18–21 нед. Каждое исследование на одного пациента содержало видеофайлы пяти стандартных проекций сердца. Каждый срез представлен не менее чем 25 кадрами. Верификация была выполнена путем подтверждения/изменения диагноза врачом-экспертом, а также подтверждением диагноза после рождения.

Результаты. В результате выполнения работ задача определения зон грудной клетки и сердца плода решена с точностью 98%, задача классификации среза сердца на кадре – с точностью 82%, задача определения патологии на срезах сердца – с точностью 77%.

Заключение. Результаты показали, что алгоритм искусственного интеллекта может повысить точность ультразвукового диагностики сердца плода и имеет хорошую прикладную ценность. Ожидается, что методы искусственного интеллекта внесут вклад в стандартизацию и оптимизацию эхокардиографии плода, повысят процент пренатальной диагностики ВПС и тем самым приведут к снижению младенческой смертности и детской инвалидизации.

Ключевые слова: плод человека; врожденные пороки сердца; искусственный интеллект; ультразвуковая пренатальная диагностика; свёрточная нейронная сеть; глубокое обучение; ультразвуковое исследование плода; пренатальная диагностика

Авторы подтверждают отсутствие конфликтов интересов.



Для цитирования: Бокерия Е.Л., Яннаева Н.Е., Сенча А.Н., Костюков К.В., Прялухин И.А., Голошубов П.А., Джабиев А.В., Потапова А.А., Передвигина А.В., Коротченко О.Е., Машинец Н.В., Ляпунов А.К. Алгоритм искусственного интеллекта в оценке сердца плода. Первые этапы разработки НМИЦ АГП имени академика В.И. Кулакова. *Медицинская визуализация*. 2025; 29 (3): 67–79. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-1484>

Поступила в редакцию: 16.06.2024. **Принята к печати:** 09.06.2025. **Опубликована online:** 09.06.2025.

Artificial intelligence in evaluating the fetal heart. The first stages of development of the Moscow Kulakov National Medical Research Center for Obstetrics, Gynecology and Perinatology

© Ekaterina L. Bokerija^{1,2}, Natalia E. Yannaeva^{1, 6*}, Aleksandr N. Sencha^{1, 3},
Kirill V. Kostyukov¹, Ivan A. Prialukhin^{1, 4, 5}, Petr A. Goloshubov¹, Alan V. Djabiev¹,
Alyona A. Potapova¹, Anastasiia V. Peredvigina¹, Olga E. Korotchenko¹,
Natalia V. Mashinets¹, Alexandr K. Lyapunov¹

¹ 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 street, Moscow 117997, Russian Federation

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

³ Pirogov Russian National Research Medical University; 1, Ostrivtynanova str., Moscow 117997, Russian Federation

⁴ The A.I. Burnazyan Federal Medical Biophysical Center of the Federal Medical and Biological Agency of Russia; 23, Marshal Novikov str., Moscow 123098, Russian Federation

⁵ City Perinatal Center No. 1; 6, Solidarnosty prosp., Saint-Petersburg 193312, Russian Federation

⁶ Ryazan State Medical University named after academician I.P. Pavlov; 19, Vysokovolt'naya str., Ryazan 390026, Russian Federation

Pathology of the fetal cardiovascular system is the most common type of congenital malformations and is in second place among the causes of infant mortality and accounts for 47% of all causes of death from malformations.

The effectiveness and result of cardiac surgery largely depend on the earliest diagnosis of heart disease, on the readiness of medical staff to provide medical care to a newborn with CHD and on the ability to arrange timely transportation of a newborn to a cardiac surgery center as soon as possible.

Fetal heart assessment is a difficult task, mainly due to the small size of the heart, involuntary fetal movements, and lack of experience in fetal echocardiography by some ultrasound specialists

The objective of our study is to create a medical decision support system by forming an algorithm for examining the fetal heart using AI. The result of which should be one of the medical opinion options: "normal" – correct heart structure – no congenital heart disease; "not normal" – abnormal heart structure – the presence of congenital heart disease cannot be ruled out, extended fetal echocardiography is recommended as soon as possible.

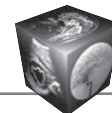
One of the tasks of our work was: the formation of an algorithm for examining the fetal heart using AI, the result of which should be one of the options for a medical conclusion: "norm" – correct heart structure – there is no CHD; "not norm" – incorrect heart structure – the presence of CHD cannot be excluded, extended fetal echocardiography is recommended as soon as possible.

Research methodology. The study was conducted at the gestation period of 18–21 weeks. Each study per patient contained video files of five standard projections of the heart. Each slice is represented by at least 25 frames. Verification was performed by confirming/changing the diagnosis by an expert doctor, as well as confirming the diagnosis after birth.

As a result of the work, the task of determining the zones of the chest and heart of the fetus was solved with an accuracy of 98%; the task of classifying the slice of the heart on the frame was solved with an accuracy of 82%, the task of determining pathology on the slices of the heart was solved with an accuracy of 77%.

Conclusions. The results showed that the artificial intelligence algorithm can improve the accuracy of ultrasound diagnosis of the fetal heart and has good applied value. It is expected that artificial intelligence methods will contribute to the standardization and optimization of fetal echocardiography, increase the percentage of prenatal diagnosis of CHD, and thereby lead to a decrease in infant mortality and childhood disability.

Keywords: fetus; congenital heart defects; artificial intelligence; ultrasound diagnostics; artificial intelligence; convolution neural network; deep learning; fetal ultrasound; prenatal diagnosis



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

For citation: Bokeria E.L., Yannaeva N.E., Sencha A.N., Kostukov K.V., Prialukhin I.A., Goloshubov P.A., Djabiev A.V., Potapova A.A., Peredvigina A.V., Korotchenko O.E., Mashinec N.V., Lypunov A.K. Artificial intelligence in evaluating the fetal heart. The first stages of development of the Moscow Kulakov National Medical Research Center for Obstetrics, Gynecology and Perinatology. *Medical Visualization*. 2025; 29 (3): 67–79. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-1484>

Received: 16.06.2024.

Accepted for publication: 09.06.2025.

Published online: 09.06.2025.

Введение

Патология сердечно-сосудистой системы плода – это наиболее распространенный вид врожденных пороков развития, находится на втором месте среди причин младенческой смертности и составляет 47% всех причин смерти от пороков развития [1].

Общепринятый минимальный расчетный показатель частоты врожденных пороков сердца (ВПС) – 8 случаев на 1000 живорожденных (5–9 из 1000 новорожденных) [2–4].

В Российской Федерации ежегодно рождаются около 20 000 детей с ВПС. При этом 25% всех ВПС являются критическими, то есть требуют хирургической коррекции в первые дни жизни [2]. 18% живорожденных детей с ВПС умирают в течение первого года [2, 5].

Объем и качество медицинской помощи новорожденным с ВПС зависят от своевременной диагностики ВПС. Ранняя пренатальная диагностика пороков сердца у плода, которые поддаются хирургической коррекции, снижает уровень инвалидизации и смертности в перинатальном периоде. Поэтому дифференциальная диагностика нормального сердца плода и сердца с ВПС, требующим кардиохирургической помощи после рождения, является важной, а иногда критически необходимой целью ультразвукового исследования (УЗИ) плода.

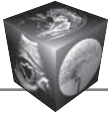
Для пренатальной диагностики ВПС, согласно рекомендациям ISUOG Practice Guidelines (2023), используется 5 стандартных проекций сердца [6]. В нашей стране обязательными срезами для оценки сердца являются: четырехкамерный срез и срез через 3 сосуда и трахею и еще 2 дополнительных среза: срез через выносящий тракт левого желудочка и срез через выносящий тракт правого желудочка [7].

При выведении четырехкамерного среза сердца возможна диагностика >50% серьезных пороков сердца у плода, при добавление срезов через выходные тракты и среза через 3 сосуда и трахею чувствительность диагностики ВПС увеличивается до 90% [8–12]. На практике частота пренатально диагностируемых ВПС составляет 30% [12]. И даже там, где проводилось экспертное УЗИ плода, специфичность также неоптимальна и составляет всего 40–50% [11–13].

Оценка сердца плода человека требует экспертных знаний и многолетнего обучения специалиста [14]. Выведение и интерпретация стандартных плоскостей сердца плода во время УЗИ в скрининговые сроки беременности является сложной задачей главным образом из-за небольшого размера сердца, произвольных движений плода, артефактов изображения, таких как затенение от позвоночника и ребер плода, и, в некоторых случаях, из-за отсутствия опыта в области эхокардиографии плода у специалистов пренатальной диагностики [15–17]. Стандартное исследование плода включает в себя тысячи кадров изображений, охватывающих несколько структур за одну “развертку” видео, и диагностических кадров, представляющих интерес для исключения порока сердца, может быть лишь несколько и поэтому их легко пропустить [18]. Автоматическая обработка изображений может предоставить необходимые инструменты, которые помогут специалистам.

Технологии искусственного интеллекта (ИИ) в медицине используют алгоритмы и программное обеспечение для аппроксимации человеческих знаний при анализе сложных медицинских данных [19]. Глубокое обучение – это отрасль машинного обучения, в которой используются сверхточные нейронные сети (CNN), которые обеспечивают масштабируемый подход к классификации изображений и распознаванию объектов [20]. Алгоритмы глубокого обучения превосходно справляются с распознаванием изображений, позволяет быстро сканировать и анализировать визуальную информацию, что помогает ускорить и упростить процесс диагностики.

Развитие ИИ в УЗИ в акушерстве – это динамично-развивающееся направление. УЗИ плода представляет сложную задачу для технологий ИИ, поскольку ставит ряд уникальных задач, которые могут влиять на интеллектуальное обнаружение анатомических структур и их измерение: подвижность плода, развивающаяся анатомия плода, необходимость получения определенных плоскостей для диагностики, которые могут быть как труднодоступными, так и ограничены положением плода и телосложением матери [21–24]. При этом анализ анатомии сердца плода представляет собой наиболее сложную задачу для технологий ИИ из-



за сложности диагностического анализа строения сердца и относительно высокой частоты сердечбиения [18, 23, 24].

В последние годы проведено несколько работ по применению технологии ИИ в оценке сердца плода. В 2021 г. S. Nurmaini и соавт. предложили сделать эхокардиографию плода автоматической. В их исследовании предлагается компьютерная эхокардиография сердца плода на основе глубокого обучения с использованием подхода сегментации экземпляров. Авторы использовали 1149 статических изображений сердца плода без ВПС и 3 изображения с ВПС. Результат показал, что предложенная модель решила вопрос обнаружения ВПС со средней точностью около 98,30% для вариаций внутри изображений у одного пациента и 82,42% для вариаций между пациентами [25].

R. Arnaout и соавт. (2021) также провели работу по обучению интегрированной модели нейронной сети отличать нормальное сердце от сложных ВПС на основе 1326 ультразвуковых изображений в В-режиме. Модель была протестирована внутри компании с концентрацией AUC 0,99, чувствительностью 95%, специфичностью 96% и отрицательной прогностической ценностью 100%. Их результаты показали, что чувствительность модели сопоставима с чувствительностью клиницистов и хорошо работает как на внешних наборах данных, так и на изображениях более низкого качества [18].

В 2022–2023 гг. в Китае также проводились исследования по использованию технологий ИИ в эхокардиографии плода. Итоги этих исследований продемонстрировали, что методы машинного обучения эффективно помогают выявлять анатомические структуры сердца плода и оценивать их соответствие стандартам [26, 27].

Во всех программах ИИ в пренатальной диагностике, описанных в доступных источниках информации, используются статические кадры, в то время как выведение качественного информативного кадра со стандартным срезом определенной проекции сердца иногда занимает больше времени врача, чем сохранение видеофайла с той же проекцией сердца. При видеофиксации кадры, свидетельствующие о наличии ВПС, с большей вероятностью попадут в поле зрения анализатора.

Цель исследования: создание системы поддержки принятия врачебных решений путем формирования алгоритма ИИ осмотра сердца плода, результатом которого должен стать один из вариантов медицинского заключения: “норма” – правильное строение сердца – ВПС нет; “не норма” – неправильное строение сердца – нельзя исклю-

чить наличие ВПС, рекомендована расширенная эхокардиография плода в кратчайшие сроки.

Задачи исследования:

- 1) разработка функциональных и диагностических требований к алгоритму ИИ;
- 2) создание набора данных обучения и тестирования алгоритма ИИ: оцифрованных и размеченных кинопетель сердца плода с нормой и патологией;
- 3) тестирование алгоритма ИИ.

Материал и методы

Исследование проводилось на базе ФГБУ “Национальный медицинский исследовательский центр акушерства, гинекологии и перинатологии имени академика В.И. Кулакова” Минздрава России врачами отделения ультразвуковой и функциональной диагностики в период с ноября 2023 г. по май 2024 г.

Все исследования проводились на сроке беременности 18–21 нед. Пациентки подписывали информированное согласие.

УЗИ проводились на аппаратах разного класса экспертности: Medison AccuvixA30, Voluson E6 (GE), Voluson E8 (GE), Voluson E10 (GE), Samsung medison WS80, на ультразвуковой системе Toshiba Aplio 500, Toshiba Aplio XG.

Каждое исследование на одного пациента содержало видеофайлы следующих проекций сердца: видеофайл желудок–сердце, подтверждающий правильное положение сердца, четырехкамерный срез сердца, выходной тракт левого желудочка, выходной тракт правого желудочка, срез через 3 сосуда и трахею, сагиттальный срез дуги аорты, V-скан (рис. 1–6).

Каждый срез должен был представлен не менее чем 25 кадрами. Целевым признаком полноты проведенного исследования одного пациента является наличие всех требуемых срезов сердца. Отсутствие одного или нескольких срезов в исследовании должно было помечаться моделью ИИ.

Общее количество исследований составило 2016, количество кадров – 659 324 .jpg-файлов.

Количество исследований с патологией составило 265 (13%), количество кадров с патологией – 27 886 .jpg (13% от общего количества кадров).

На вход модели глубокого обучения поступали наборы DICOM-файлов, содержащие видеопетли выведения стандартных срезов сердца плода в серой шкале. На разметку передавались анонимизированные исследования. Для защиты персональных данных из исходных DICOM файлов были удалены теги и часть изображения, содержащие персональные данные. Обезличивание кадров проводилось внутри цифрового контура ФГБУ

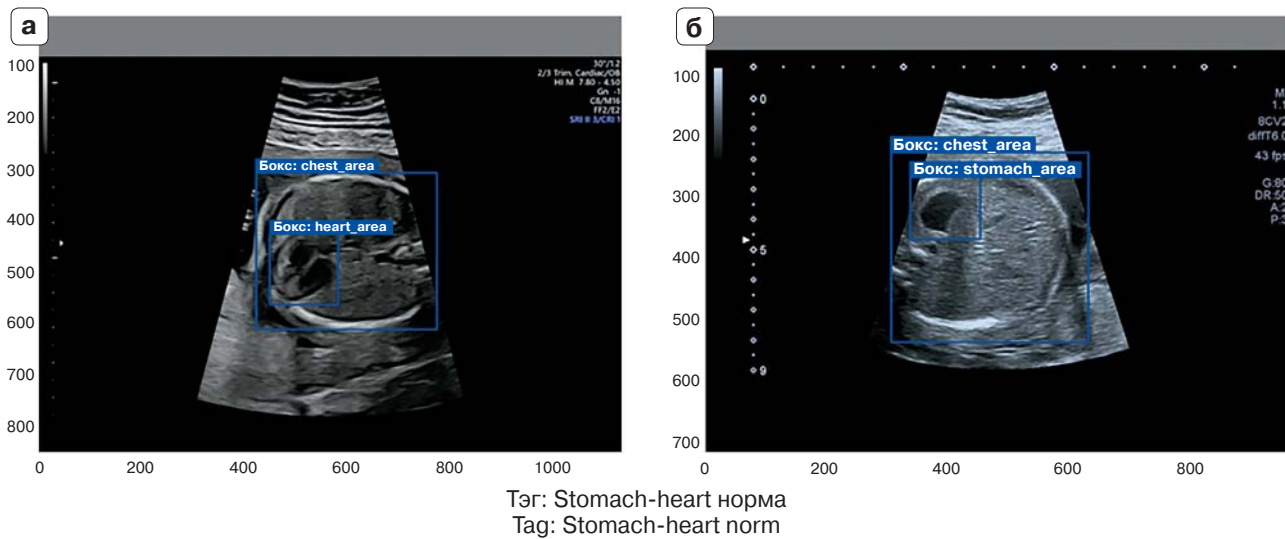


Рис. 1. а – сердце; б – желудок. Видеофайл желудок–сердце.

Fig. 1. а – the heart; б – the stomach. “Stomach–heart”.

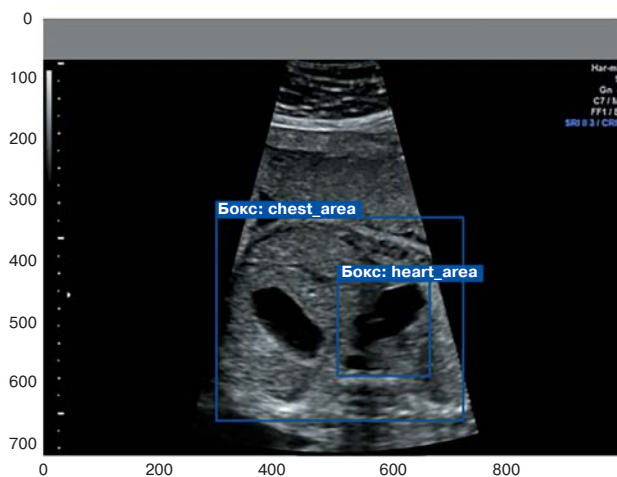


Рис. 2. Желудок и сердце. Видеофайл желудок–сердце. Патология. Желудок и сердце в одном срезе и по разные стороны.

Fig. 2. Tag: Stomach-heart disease. The stomach and the heart are in the same section and on different sides.

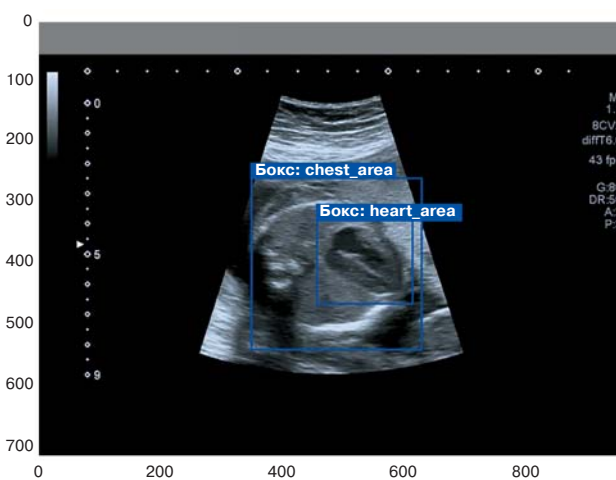


Рис. 3. Четырехкамерный срез. Норма.

Fig. 3. Tag: four_chamber – norm.

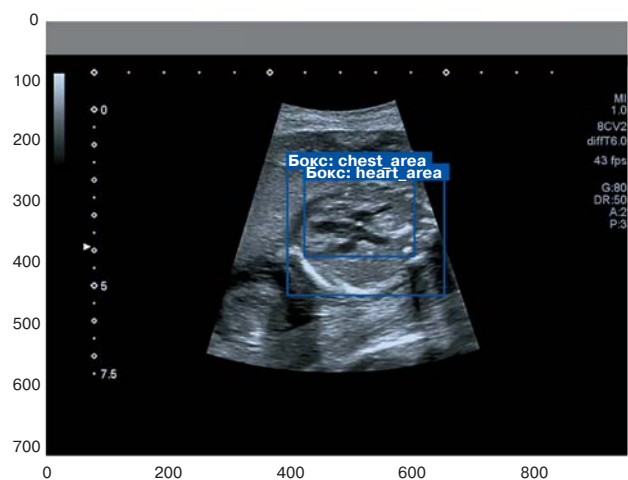


Рис. 4. Выносящий тракт левого желудочка. Норма.

Fig. 4. LVOT- norm.

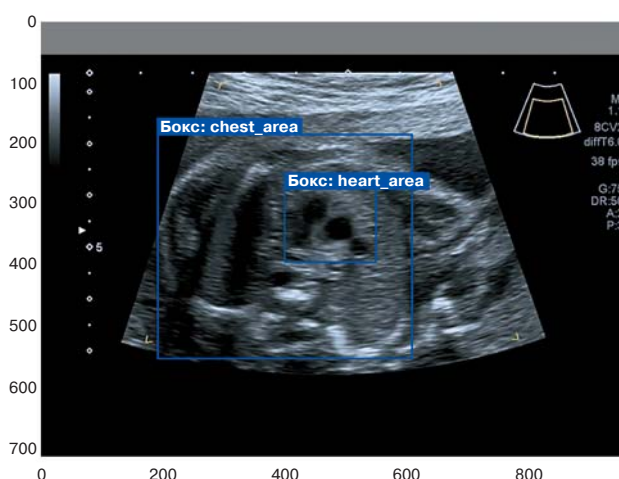
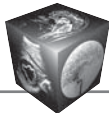


Рис. 5. Срез через три сосуда. Норма.
Fig. 5. 3V-norm.

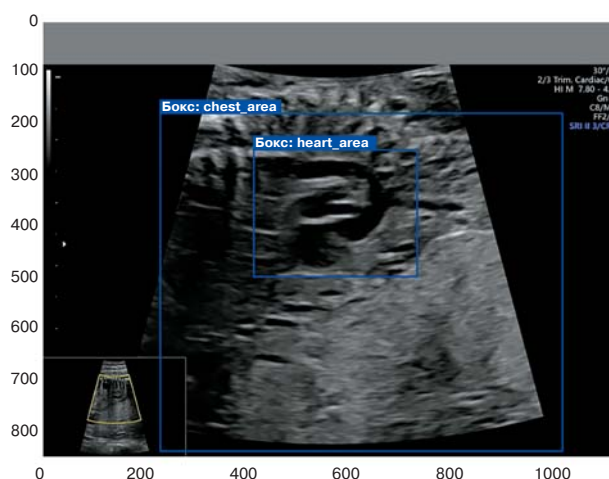


Рис. 6. Сагитальный срез через дугу аорты. Норма.
Рис. 6. SagitAO – norm.

“НМИЦ АГП имени академика В.И. Кулакова” Минздрава России.

Разметка файлов выполнялась врачами ультразвуковой диагностики ФГБУ “НМИЦ АГП имени академика В.И. Кулакова” Минздрава России в онлайн-инструменте разметки CVAT. Список классов представлен в табл. 1. В ней перечислены как названия проекций, так и дополнитель-

ные метки для маркировки области сердца, нормы и патологии.

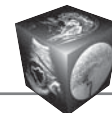
Исходные данные представляют собой эхокардиографические исследования в виде набора изображений (формат .jpg), полученных при разбиении исходного DICOM-файла на кадры.

Для создания набора данных для разработки алгоритма ИИ системы поддержки принятия вра-

Таблица 1. Методика разметки видеофайлов с проекциями сердца плода: названия проекций, дополнительные метки для маркировки области сердца, нормы и патологии

Table 1. Methodology for marking video files with fetal heart projections: projection names, additional marks for marking the heart area, norms and pathologies

Основные классы (срезы на кадре) Main classes (frame sections)			
№	Тип проекции Projection type	Название метки Label name	Цвет разметки Marking color
1	Видеофайл от желудка к сердцу / Video file from stomach to heart	Stomach-heart	
2	Четырехкамерный срез сердца / Four-chamber slice	Four_chamber	
3	Срез через 3 сосуда / Slice through three vessels	3V	
4	Выходной тракт левого желудочка / Left ventricular outflow tract	LVOT	
5	Выходной тракт правого желудочка / Right ventricular outflow tract	RVOT	
6	Срез через 3 сосуда и трахею / Slice through three vessels and the trachea	VScan	
7	Срез через дугу аорты / Slice through the aortic arch	SagitAO	
Дополнительные классы			
№	Описание области	Название метки Label name	Цвет разметки Marking color
8	Область сердца / Heart area	heart_area	
9	Область грудной клетки / Chest area	chest_area	
10	Область желудка / Stomach area	stomach_area	
11	Кадр с патологией / Frame with pathology	disease	



чебных решений исходные данные были размечены следующим образом: на каждом исследовании необходимо было разметить: анатомические области (сердце, желудок, грудная клетка) и все кадры, на которых визуализируются корректно выведенные проекции сердца с пометкой норма или патология. Отсутствие меток в исследовании означало, что на нем нет ни одной проекции, соответствующей требуемым диагностическим критериям.

Если кадр исследования обладает смазанной, нечитаемой информацией, такому кадру присваивается тэг: “Тэг: «bad_quality»”.

Разметка наличия патологических изменений представляет собой бинарную классификацию: при наличии на кадре явно определяемой патологии кадру присваивается тэг “Тэг: «disease»” (см. рис. 2). При этом если хотя бы один кадр в серии кадров одной проекции отмечен как патология, то все кадры в этой серии принимают класс “патология”.

Каждое исследование было размечено одним врачом-экспертом. Верификация диагноза была выполнена путем подтверждения/изменения диагноза врачом-экспертом, а также подтверждением диагноза после рождения. В качестве диагноза после рождения принимается норма и/или не норма.

Весь исходный набор данных был разделен на 3 выборки:

- обучающая выборка – 459 631 кадра (69,7% от исходного количества кадров);
- валидационная выборка – 100 652 кадра (15,2% от исходного количества кадров);
- тестовая выборка – 99 041 кадр (15,1% от исходного количества кадров).

Описание архитектуры модели. В основе данной работы лежит модель свёрточной нейронной сети ResNet34. Архитектура данной сети, помимо основных шагов: нормализация, активация, свёртка, понижение размерности, содержит дополнительный шаг – добавление дополнительной связи, которая пропускает несколько слоев нейронной сети. Такой подход позволяет решить проблему исчезающего градиента, связанную с тем, что на глубокие слои нейронной сети приходит очень малая величина градиента.

В данной работе модель ИИ обучалась по двум сценариям:

- статический – на вход модели подается один серый кадр,
- динамический – на вход модели подается серия из N последовательных серых кадров, где N – нечетное число.

Описание процесса обучения модели. Обучение модели проводилось с использованием сле-

дующих параметров и алгоритмов: оптимизатор Adam, LR-диспетчер ReduceLROnPlateau (количество эпох ожидания – 10; коэффициент уменьшения LR – 0.5; минимальный LR: 1.0e-7), количество эпох – 100, размер батча – 32, функция потерь: BinaryFocalLossWithLogits, количество соседей (для динамической модели) – 3; шаг (для динамической модели): 1.

Функция BinaryFocalLossWithLogits была выбрана в качестве функции потерь из-за наличия дисбаланса в данных. Данная функция “штрафует” модель больше на сложных примерах, тем самым стимулируя модель учиться более на тех примерах, где она чаще делает ошибки.

Для оценки качества работы модели классификации использовались следующие метрики для каждого класса:

$Precision = TP / (TP + FP)$ – показатель специфичности модели;

$Recall = TP / (TP + FN)$ – показатель чувствительности модели;

$F1 = 2 * Precision * Recall / (Precision + Recall)$ – гармоническое среднее между специфичностью и чувствительностью модели, где

TP – количество предсказаний класса, совпадающих с разметкой,

FP – количество предсказаний класса, не совпадающих с разметкой,

FN – количество значений класса в разметке, не совпадающих с предсказаниями.

Результаты исследования

Статистический анализ исходных данных и размеченных классов

В ходе валидации процесса разметки была разработана методология, позволившая сформировать качественный набор данных, на основании которого были проведены все дальнейшие работы по обучению моделей компьютерного зрения и оценке эффективности этих моделей.

После фильтрации выборки (удаление файлов, не соответствующих требованиям данного исследования (без полезной информации, с PW-доплером, с не валидной разметкой)) количество кадров в обучающей выборке составило 520 865 (21% данных было отфильтровано).

В большинстве исследований была размечена только одна проекция. Были также исследования, где в видеофайле было размечено несколько проекций [2–7].

На рис. 7 представлено распределение количество кадров с различными проекциями сердца. Следует отметить, что в базе данных отмечается значительный дисбаланс в сторону наибольшего содержания кадров с проекцией “Тэг: four_

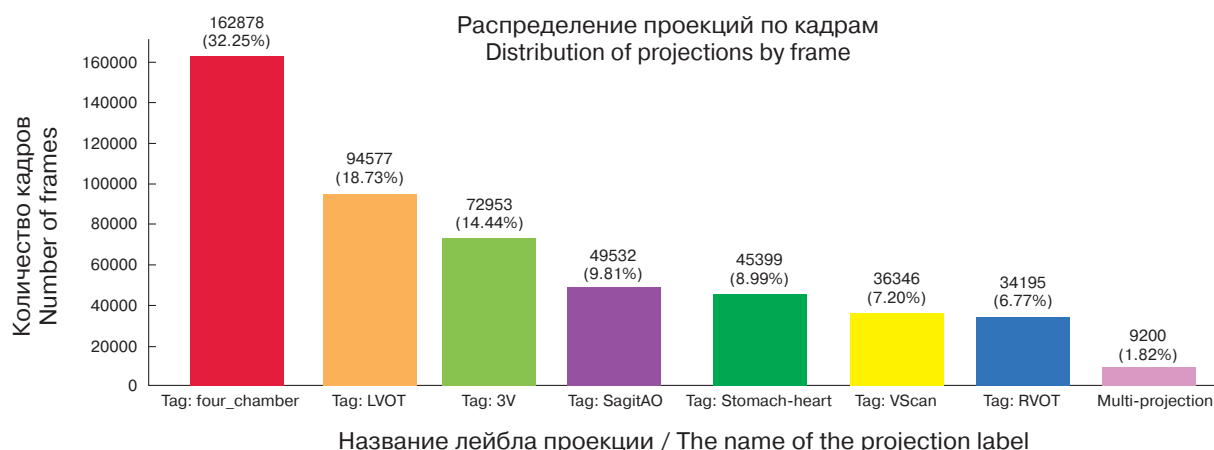
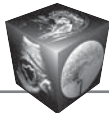


Рис. 7. Распределение проекций срезов сердца по количеству кадров в исследовании.

Примечание. Тэг: four_chamber – четырехкамерный срез, Тэг: LVOT – выходной тракт левого желудочка, Тэг: 3V – срез через 3 сосуда и трахею, Тэг: SagitAO – срез через дугу аорты, Тэг: Stomach-heart – видеофайл от желудка к сердцу, Тэг: VScan – V-скан, Тэг: RVOT – выходной тракт правого желудочка, Тэг: multi-projection – несколько проекций в одном кадре (например: срез через 3 сосуда и трахею и V-скан и/или выходной тракт правого желудочка).

Fig. 7. Distribution of heart slice projections by the number of frames in the study.

Note. Tag: four_chamber – four-chamber slice, Tag: LVOT – left ventricular outflow tract, Tag: 3V – slice through three vessels and the trachea, Tag: SagitAO – slice through the aortic arch, Tag: Stomach-heart – video file from stomach to heart, Tag: VScan – V-scan, Tag: RVOT – right ventricular outflow tract, multi-projection – several projections in one frame (for example: slice through three vessels and the trachea and V-scan and/or right ventricular outflow tract).



Рис. 8. Распределение проекций срезов сердца с патологией по количеству кадров в исследовании.

Примечание. Тэг: Stomach-heart – видеофайл от желудка к сердцу, Тэг: four_chamber – четырехкамерный срез, Тэг: 3V – срез через 3 сосуда и трахею, Тэг: LVOT – выходной тракт левого желудочка, Тэг: RVOT – выходной тракт правого желудочка, Тэг: VScan – V-скан, Тэг: SagitAO – срез через дугу аорты.

Fig. 8. Distribution of projections of heart sections with pathology by the number of frames in the study.

Note. Tag: Stomach-heart – video file from stomach to heart, Tag: four_chamber – four-chamber slice, Tag: 3V – slice through three vessels and the trachea, Tag: LVOT – left ventricular outflow tract, Tag: RVOT – right ventricular outflow tract, Tag: VScan – V-scan, Tag: SagitAO – slice through the aortic arch.



chamber” (четырёхкамерный срез сердца). Это закономерно, так как четырёхкамерный срез сердца является основной проекцией сердца для диагностики ВПС: более 50% врожденных пороков диагностируется именно в этом срезе [8, 9, 11, 12]. В нашем исследовании на одного пациента фиксировались несколько видеопетель с четырёхкамерным срезом сердца плода.

Распределение кадров с патологией также подтверждает вывод, что патологические изменения чаще всего определяются на четырёхкамерной проекции сердца (рис. 8).

Обучение модели

Обученные модели включают в себя решения по следующим задачам:

- 1) определение зон грудной клетки и сердца плода;
- 2) определение срезов сердца;
- 3) выявление наличия патологии на срезах сердца.

Тестовая выборка после фильтрации файлов составила 80 997 кадров (18,2% данных было отфильтровано).

Детекция областей плода

Выбраны два подхода: обучение без использования фоновых кадров и обучение с использованием фоновых кадров.

Выбранные модели: YOLOv5s (“small”) – 7,2 млн параметров и YOLOv5l (“large”) – 46,5 млн параметров.

С практической точки зрения лучшей моделью является YOLOs, без фона работала эффективнее, с пороговыми значениями 0,35/0,6.

Задача определения зон грудной клетки и сердца плода решена с точностью 98% и требует доработки только в случае необходимости покрытия специфичных граничных случаев (табл. 2).

Детекция стандартных проекций сердца

Выбранные два подхода:

Подход 1: классификация проекций при помощи 2 моделей:

- модель на 4 проекции (четырёхкамерный срез сердца, выносящий тракт левого желудочка, выносящий тракт правого желудочка, сагиттальный срез через дугу аорты);
- модель на 3 проекции (четырёхкамерный срез сердца, выносящий тракт левого желудочка, сагиттальный срез через дугу аорты).

Подход 2: классификация проекций при помощи одной модели на 6 классах.

Выбранные модели: YOLOv5m (“medium”) – 21,2 млн параметров и YOLOv5l (“large”) – 46,5 млн параметров.

Задача классификации среза сердца на кадре решена с точностью 82% и дает достаточно хоро-

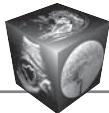
Таблица 2. Детекция областей плода на размеченных кадрах

Table 2. Detection of fetal regions in marked frames

Тип модели Model type	Пороги Conf/IoU Conf/IoU thresholds	Фоновые кадры Background footage		Специ- фичность Precision	Чувстви- тельность Recall	mAP50	mAP50-95
		сердце heart	грудная клетка the chest				
YOLOs без фона no background	0.001/0.3	99.8%	88.5%	0.984	0.984	0.985	0.632
	0.35/0.6	27%	8.8%	0.987	0.963	0.975	0.628
YOLOl без фона no background	0.001/0.3	99.5%	91.9%	0.986	0.986	0.984	0.636
	0.35/0.6	30%	15%	0.987	0.978	0.982	0.635
YOLOs с фоном with background	0.001/0.3	91.5%	50.6%	0.984	0.984	0.985	0.636
	0.35/0.6	4.3%	4.8%	0.986	0.968	0.979	0.633
YOLOl с фоном with background	0.001/0.3	97.8%	48.2%	0.984	0.984	0.984	0.632
	0.35/0.6	7.38%	8.11%	0.986	0.975	0.981	0.631

Примечание. Precision = TP / (TP + FP) – показатель специфичности модели; Recall = TP / (TP + FN) – показатель чувствительности модели. Specificity = Sp = TN / (TN + FP) специфичность – показатель, отражающий точность работы модели бинарной классификации.

Note. Precision = TP / (TP + FP) – model specificity indicator; Recall = TP / (TP + FN) – model sensitivity indicator. Specificity = Sp = TN / (TN + FP) specificity – indicator reflecting the accuracy of the binary classification model.



шую классификацию срезов, особенно для четырехкамерного и сагиттального срезов, а также, до определенной степени, для выносящего тракта левого желудочка (табл. 3).

Наибольшую сложность представляют собой срезы 3V, RVOT и VScan в связи с высокой степенью их взаимной схожести и возможностью нахождения сразу нескольких срезов на одном кадре.

Детекция патологии на стандартных срезах сердца

Задача классификации наличия отклонений на срезах сердца на кадре является наиболее сложной из поставленных и решена с точностью 77% (в рамках размеченных кадров) (табл. 4).

Лучше всего с бинарной классификацией патологий справляется модель YOLOs, работающая только на четырехкамерной проекции, с пороговыми значениями 0,35/0,6.

Подавляющее число патологий в данных присутствует на четырехкамерном срезе, в связи с чем он имеет наилучшие показатели среди прочих.

В результате выполнения работ были получены следующие метрики качества по каждой из задач:

Задача определения зон грудной клетки и сердца плода решена с точностью 98%.

Задача классификации среза сердца на кадре решена с точностью 82%.

Задача определения патологии на срезах сердца решена с точностью 77%.

Ограничения исследования

Модель делает достаточно много ошибок при предсказании класса "патология". При этом динамическая модель делает меньше ошибок по сравнению со статической, но все еще достаточно много ошибок при предсказании класса "патология".

Модель все еще стремится переобучиться, что свидетельствует о недостаточной базе данных, на которой она не в полной мере может выявить зависимости между данными.

С практической точки зрения лучшей моделью является YOLOs, работающая сразу на 6 проекциях, с пороговыми значениями 0,35/0,6.

Таблица 3. Детекция стандартных проекций сердца

Table 3. Detection of standard cardiac projections

Проекция сердца Projections of the heart	Specificity	Precision	Recall	F1-score	Количество кадров Number of frames
Tag: four_chamber	0.957	95.1%	0.952	0.952	15099
Tag: LVOT	0.956	84%	0.905	0.872	6514
Tag: SagitAO	0.999	98.7%	0.947	0.967	2224
Tag: 3V	0.904	64.5%	0.791	0.711	6261
Tag: VScan	0.968	64.2%	0.569	0.603	2980
Tag: RVOT	0.968	61.1%	0.38	0.468	3960

Примечание. Precision = TP / (TP + FP) – показатель специфичности модели; Recall = TP / (TP + FN) – показатель чувствительности модели; Specificity = Sp = TN / (TN + FP) специфичность – показатель, отражающий точность работы модели бинарной классификации.

Note. Precision = TP / (TP + FP) – model specificity indicator; Recall = TP / (TP + FN) – model sensitivity indicator; Specificity = Sp = TN / (TN + FP) specificity – indicator reflecting the accuracy of the binary classification model.

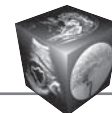
Таблица 4. Детекция патологии на стандартных срезах сердца

Table 4. Detection of pathology in standard heart sections

Проекция сердца Projections of the heart	Specificity	Precision	Recall	F1-score	Количество кадров Number of frames
Нет патологии / No pathology	0.471	77.3%	0.931	0.845	24398
Патология / Pathology	0.931	78%	0.471	0.588	12640

Примечание. Precision = TP / (TP + FP) – показатель специфичности модели; Recall = TP / (TP + FN) – показатель чувствительности модели. Specificity = Sp = TN / (TN + FP) специфичность – показатель, отражающий точность работы модели бинарной классификации.

Note. Precision = TP / (TP + FP) – model specificity indicator; Recall = TP / (TP + FN) – model sensitivity indicator. Specificity = Sp = TN / (TN + FP) specificity – indicator reflecting the accuracy of the binary classification model.



На основании вышеизложенного можно сделать следующие предположения:

1) статического кадра может быть недостаточно, чтобы модель могла уверенно разделить классы между собой, нужно использовать серию кадров при обучении;

2) динамическая модель делает меньше ошибок по сравнению со статической моделью;

3) объединение проекций в один класс не помогает модели обобщить зависимости, вероятно, из-за большого разнообразия данных;

4) недостаточное количество признаков в разметке;

5) малый объем данных для решения вопроса выявления патологии.

В качестве вариантов решения можно рассмотреть следующее:

– увеличение количества данных;

– более тщательная проверка разметки и устранение ошибок;

– использование альтернативных архитектур, в том числе темпоральные модели.

Заключение

Поставленные задачи по обработки данных эхокардиографии плода являются комплексными и инновационными. Такой вывод можно сделать в результате анализа существующих решений в данной области, а именно по тому факту, что достоверных источников по аналогам работы ИИ с видеоматериалами найдено не было. Немногочисленные статьи по теме не содержат информации, достаточной для полноценного сравнения оценки качества и аутентичности представленных результатов.

Результаты показали, что алгоритм ИИ может повысить точность ультразвукового изображения при дифференциальной диагностике нормы (сердца плода без ВПС) и не нормы (неправильное строение сердца – нельзя исключить наличие ВПС) и имеет хорошую прикладную ценность.

Считаем, что применение ИИ улучшит качество ультразвуковых исследований сердца плода за счет его стандартизации, не позволит пропустить любые отклонения от нормального строения сердца плода при проведении скрининговых исследований и при выявлении “не нормы”, женщина своевременно будет направлена на дообследование.

Производительность и скорость модели позволяют интегрировать ее в клиническую практику в качестве программного обеспечения на ультразвуковых аппаратах для улучшения сбора данных в реальном времени и облегчения телемедицинских консультаций.

Участие авторов

Бокерия Е.Л. – концепция и дизайн исследования, проведение исследования, участие в научном дизайне, утверждение окончательного варианта статьи.

Яннаева Н.Е. – проведение исследования, сбор и обработка данных, обзор публикаций по теме статьи, написание текста, подготовка и редактирование текста, участие в научном дизайне, подготовка, создание опубликованной работы.

Сенча А.Н. – концепция и дизайн исследования.

Костюков К.В. – концепция и дизайн исследования, проведение исследования.

Прялухин И.А. – статистическая обработка данных, анализ и интерпретация полученных данных.

Голошубов П.А. – сбор и обработка данных, статистическая обработка данных, анализ и интерпретация полученных данных.

Джабиев А.В., Потапова А.А., Передвикина А.В., Коротченко О.Е., Машинец Н.В., Ляпунов А.К. – проведение исследования.

Authors' participation

Bokeria E.L. – concept and design of the study, conducting research, participation in scientific design, preparation and creation of the published work.

Yannaeva N.E. – conducting research, collection and analysis of data, review of publications, writing text, text preparation and editing, participation in scientific design.

Sencha A.N. – concept and design of the study.

Kostukov K.V. – concept and design of the study, conducting research.

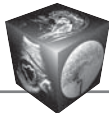
Prialukhin I.A. – statistical analysis, analysis and interpretation of the obtained data.

Goloshubov P.A. – collection and analysis of data, statistical analysis, analysis and interpretation of the obtained data.

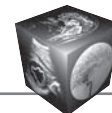
Djabiev A.V., Potapova A.A., Peredvigina A.V., Korotchenko O.E., Mashinec N.V., Lypunov A.K. – conducting research.

Список литературы [References]

1. Бокерия Л.А., Шаталова К.В. Детская кардиохирургия: Руководство для врачей. М.: НЦССХ им. А.Н. Бакулева, 2016: 24–40.
Bokeria L.A., Shatalova K.V. Pediatric cardiac surgery. Manual for physicians. Moscow: A.N. Bakulev National Medical Research Center of Cardiovascular Surgery, 2016: 24–40. (In Russian)
2. Бокерия Е.Л. Перинатальная кардиология: настоящее и будущее. Часть I: Врожденные пороки сердца. *Российский вестник перинатологии и педиатрии*. 2019; 64 (3): 5–10. <https://doi.org/10.21508/1027-4065-2019-64-3-5-10>
Bokerija E.L. Perinatal cardiology: the present and the future. Part I: Congenital heart disease. *Rossiyskiy Vestnik Perinatologii i Pediatrii = Russian Bulletin of Perinatology and Pediatrics*. 2019; 64 (3): 5–10. <https://doi.org/10.21508/1027-4065-2019-64-3-5-10> (In Russian)
3. Mcleod G., Shum K., Gupta T. et al. Echocardiography in Congenital Heart Disease. *Prog. Cardiovasc. Dis.* 2018; 5–6: 468–475. <https://doi.org/10.1016/j.pcad.2018.11.004>



4. Yoon S.A., Hong W.H., Cho H.J. Congenital heart disease diagnosed with echocardiogram in newborns with asymptomatic cardiac murmurs: A systematic review. *BMC Pediatr.* 2020; 20: 1–10. <https://doi.org/10.1186/s12887-020-02212-8>
5. Patel N., Narasimhan E., Kennedy A. Fetal Cardiac US: Techniques and Normal Anatomy Correlated with Adult CT and MR Imaging. *Radiographics.* 2017; 37 (4): 1290–1303. <https://doi.org/10.1148/rg.2017160126>
6. Carvalho J.S., Axt-Flidner R., Chaoui R. et al. ISUOG Practice Guidelines (updated): fetal cardiac screening. *Ultrasound Obstet. Gynecol.* 2023. 61 (6): 788–803. <https://doi.org/10.1002/uog.26224>
7. Приказ Министерства здравоохранения РФ от 20 октября 2020 г. N 1130н "Об утверждении Порядка оказания медицинской помощи по профилю "акушерство и гинекология": [Зарегистрировано в Минюсте РФ 12 ноября 2020 г. Регистрационный N 60869]. – Официальный интернет-портале правовой информации" (www.pravo.gov.ru) 13 ноября 2020 г. N 0001202011130037 (дата обращения: 13.04.2025). – Текст: электронный.
Order of the Ministry of Health of the Russian Federation of October 20, 2020 N 1130n "On approval of the Procedure for the provision of medical care in the profile of "obstetrics and gynecology": [Registered with the Ministry of Justice of the Russian Federation on November 12, 2020. Registration N 60869]. - Official Internet portal of legal information" (www.pravo.gov.ru) November 13, 2020 N 0001202011130037 (date of access: 04/13/2025). - Text: electronic. (In Russian)
8. Carvalho J.S., Allan L.D., Chaoui R. et al. ISUOG Practice Guidelines (updated): sonographic screening examination of the fetal heart. *Ultrasound Obstet. Gynecol.* 2013; 41 (3): 348–359. <https://doi.org/10.1002/uog.12403>
9. Bak G.S., Shaffer B.L., Madriago E. et al. Impact of maternal obesity on fetal cardiac screening: which follow-up strategy is cost-effective? *Ultrasound Obstet. Gynecol.* 2020; 56 (5): 705–716. <https://doi.org/10.1002/uog.21895>
10. Friedberg M.K., Silverman N.H., Moon-Grady A.J. et al. Prenatal detection of congenital heart disease. *J. Pediatr.* 2009; 155 (1): 26–31. <https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2009.01.050>
11. Sekar P., Heydarian H.C., Cnota J.F. et al. Diagnosis of congenital heart disease in an era of universal prenatal ultrasound screening in southwest Ohio. *Cardiol. Young.* 2015; 25 (1): 35–41. <https://doi.org/10.1017/S1047951113001467>
12. Donofrio M.T., Moon-Grady A.J., Hornberger L.K. et al. Diagnosis and treatment of fetal cardiac disease: a scientific statement from the American Heart Association. American Heart Association Adults With Congenital Heart Disease Joint Committee of the Council on Cardiovascular Disease in the Young and Council on Clinical Cardiology, Council on Cardiovascular Surgery and Anesthesia, and Council on Cardiovascular and Stroke Nursing. *Circulation.* 2014; 27; 129 (21): 2183–2242. <https://doi.org/10.1161/01.cir.0000437597.44550.5d>
13. Tunçalp Ö., Pena-Rosas J.P., Lawrie T. et al. WHO recommendations on antenatal care for a positive pregnancy experience – going beyond survival. *BJOG.* 2017; 124 (6): 860–862. <https://doi.org/10.1161/01.cir.0000437597.44550.5d>
14. Baumgartner C.F., Kamnitsas K., Matthew J. et al. SonoNet: Real-Time Detection and Localisation of Fetal Standard Scan Planes in Freehand Ultrasound. *IEEE Trans. Med. Imaging.* 2017; 36 (11): 2204–2215. <https://doi.org/10.1109/TMI.2017.2712367>
15. Sklansky M., DeVore G.R. Fetal Cardiac Screening: What Are We (and Our Guidelines) Doing Wrong? *J. Ultrasound Med.* 2016; 35 (4): 679–681. <https://doi.org/10.7863/ultra.15.07021>
16. Sun H.Y., Proudfoot J.A., McCandless R.T. Prenatal detection of critical cardiac outflow tract anomalies remains suboptimal despite revised obstetrical imaging guidelines. *Congenit. Heart Dis.* 2018; 13 (5): 748–756. <https://doi.org/10.1111/chd.12648>
17. Garcia-Canadilla P., Sanchez-Martinez S., Crispi F. et al. Machine Learning in Fetal Cardiology: What to Expect. *Fetal Diagn. Ther.* 2020; 47 (5): 363–372. <https://doi.org/10.1159/000505021>
18. Arnaout R., Curran L., Zhao Y. et al. An ensemble of neural networks provides expert-level prenatal detection of complex congenital heart disease. *Nat. Med.* 2021; 27 (5): 882–891. <https://doi.org/10.1038/s41591-021-01342-5>
19. Artificial intelligence technologies. United Kingdom Engineering and Physical Sciences Research Council. Accessed December 12, 2022. <https://epsrc.ukri.org/research/ourportfolio/researchareas/ai/>
20. He F., Wang Y., Xiu Y. et al. Artificial intelligence in prenatal ultrasound diagnosis. *Front. Med.* 2021; 8: 729978. <https://doi.org/10.3389/fmed.2021.729978>
21. Zhang L., Ye X., Lambrou T. et al. A supervised texton based approach for automatic segmentation and measurement of the fetal head and femur in 2D ultrasound images. *Phys. Med. Biol.* 2016; 61 (3): 1095–1115. <https://doi.org/10.1088/0031-9155/61/3/1095>
22. Li P., Zhao H., Liu P., Cao F. Automated measurement network for accurate segmentation and parameter modification in fetal head ultrasound images. *Med. Biol. Eng. Comput.* 2020; 58 (11): 2879–2892. <https://doi.org/10.1007/s11517-020-02242-5>
23. van den Heuvel T.L.A., Petros H., Santini S. et al. Automated fetal head detection and circumference estimation from free-hand ultrasound sweeps using deep learning in resource-limited countries. *Ultrasound Med. Biol.* 2019; 45 (3): 773–785. <https://doi.org/10.1016/j.ultrasmedbio.2018.09.015>
24. Sinclair M., Baumgartner C.F., Matthew J. et al. Human-Level Performance on Automatic Head Biometrics in Fetal Ultrasound Using Fully Convolutional Neural Networks. *IEEE.* 2018; 714–717. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1804.09102>
25. Nurmaini S., Rachmatullah M.N., Sapitri A.I. et al. Deep Learning-Based Computer-Aided Fetal Echocardiography: Application to Heart Standard View Segmentation for Congenital Heart Defects Detection. *Sensors (Basel).* 2021; 21 (23): 8007. <https://doi.org/10.3390/s21238007>
26. Han G., Jin T., Zhang L. et al. Adoption of Compound Echocardiography under Artificial Intelligence Algorithm in Fetal Congenital Heart Disease Screening during Gestation. *Bionics Biomech.* 2022; 2022: 6410103. <https://doi.org/10.1155/2022/6410103>
27. Wu H., Wu B., Lai F. et al. Application of Artificial Intelligence in Anatomical Structure Recognition of Standard Section of Fetal Heart. *Comput. Math. Methods. Med.* 2023. 24; 2023: 5650378. <https://doi.org/10.1155/2023/5650378>



Для корреспонденции*: Яннаева Наталья Евгеньевна – yannaeva@yandex.ru

Бокерия Екатерина Леонидовна – доктор мед. наук, советник директора, неонатолог, детский кардиолог, ведущий научный сотрудник отделения патологии новорожденных и недоношенных детей №2 ФГБУ “НМИЦ акушерства, гинекологии и перинатологии имени академика В.И. Кулакова” Минздрава России; профессор кафедры неонатологии Клинического института детского здоровья им. Н.Ф. Филатова ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), Москва. <https://orcid.org/0000-0002-8898-9612>

Яннаева Наталья Евгеньевна – канд. мед. наук, врач ультразвуковой диагностики, старший научный сотрудник ФГБУ “НМИЦ акушерства, гинекологии и перинатологии имени академика В.И. Кулакова” Минздрава России, Москва; доцент кафедры акушерства и гинекологии ФГБОУ ВО “Рязанский государственный медицинский университет имени академика И.П. Павлова” Минздрава России, Рязань. <https://orcid.org/0009-0002-1049-0296>

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

Костюков Кирилл Витальевич – доктор мед. наук, заведующий отделением ультразвуковой и функциональной диагностики отдела визуальной диагностики ФГБУ “НМИЦ акушерства, гинекологии и перинатологии имени академика В.И. Кулакова” Минздрава России, Москва. <https://orcid.org/0000-0003-3094-4013>

Прялухин Иван Александрович – канд. мед. наук, специалист-эксперт центра цифровой трансформации ФГБУ “НМИЦ акушерства, гинекологии и перинатологии имени академика В.И. Кулакова” Минздрава России, Москва; ассистент кафедры общественного здоровья и здравоохранения с курсом медико-социальной экспертизы ФГБУ ГНЦ ФМБЦ имени А.И. Бурназяна ФМБА России, Москва; заместитель главного врача СПб ГБУЗ “ГПЦ№1”, С.-Петербург. <https://orcid.org/0000-0001-8867-3020>

Голошубов Петр Анатольевич – специалист центра цифровой трансформации ФГБУ “НМИЦ акушерства, гинекологии и перинатологии имени академика В.И. Кулакова” Минздрава России, Москва.

Джабиев Алан Валерьевич – канд. мед. наук, врач отделения ультразвуковой и функциональной диагностики ФГБУ “НМИЦ акушерства, гинекологии и перинатологии имени академика В.И. Кулакова” Минздрава России Москва. <https://orcid.org/0000-0002-2858-0129>

Потапова Алёна Андреевна – канд. мед. наук, врач отделения ультразвуковой и функциональной диагностики ФГБУ “НМИЦ акушерства, гинекологии и перинатологии имени академика В.И. Кулакова” Минздрава России, Москва. <https://orcid.org/0000-0002-4940-3201>

Передвигина Анастасия Владимировна – канд. мед. наук, врач отделения ультразвуковой и функциональной диагностики ФГБУ “НМИЦ акушерства, гинекологии и перинатологии имени академика В.И. Кулакова” Минздрава России, Москва. <https://orcid.org/0009-0001-3702-1206>

Коротченко Ольга Евгеньевна – канд. мед. наук, врач отделения ультразвуковой и функциональной диагностики ФГБУ “НМИЦ акушерства, гинекологии и перинатологии имени академика В.И. Кулакова” Минздрава России, Москва. <https://orcid.org/0000-0001-6446-4849>

Машинцев Наталья Валериевна – канд. мед. наук, старший научный сотрудник отделения ультразвуковой и функциональной диагностики ФГБУ “НМИЦ акушерства, гинекологии и перинатологии имени академика В.И. Кулакова” Минздрава России, Москва. <https://orcid.org/0009-0009-0226-2999>

Ляпунов Александр Константинович – врач отделения ультразвуковой и функциональной диагностики ФГБУ “НМИЦ акушерства, гинекологии и перинатологии имени академика В.И. Кулакова” Минздрава России, Москва. <https://orcid.org/0009-0003-5840-1691>

Contact*: Natalia E. Yannaeva – yannaeva@yandex.ru

Ekatерина L. Bokerija – Doct. of Sci. (Med.), Leading Researcher, National Medical Research Center for Obstetrics, Gynecology and Perinatology named after academician V.I. Kulakov; Professor, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow. <https://orcid.org/0000-0002-8898-9612>

Natalia E. Yannaeva – Cand. of Sci. (Med.), ultrasound diagnostics doctor, Senior Research Fellow, National Medical Research Center for Obstetrics, Gynecology and Perinatology named after academician V.I. Kulakov, Moscow; Associate Professor, Department of Obstetrics and Gynecology, Ryazan State Medical University named after Academician I.P. Pavlov, Ryazan. <https://orcid.org/0009-0002-1049-0296>

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

Kirill V. Kostyukov – Doct. of Sci. (Med.), Head of the Ultrasound and functional diagnosis department, National Medical Research Center for Obstetrics, Gynecology and Perinatology named after academician V.I. Kulakov, Moscow. <https://orcid.org/0000-0003-3094-4013>. Scopus AuthorID: 57191928092

Ivan A. Prialukhin – Cand. Of Sci. (Med.), specialist expert, Center for Digital Transformation of Healthcare, National Medical Research Center for Obstetrics, Gynecology and Perinatology named after academician V.I. Kulakov; Assistant Professor, Department of Public Health and Healthcare, the A.I. Burnazyan Federal Medical Biophysical Center of the FMBA of Russia, Moscow; Deputy Chief Physician, City Perinatal Center No. 1 Saint-Petersburg. <https://orcid.org/0000-0001-8867-3020>

Petr A. Goloshubov – specialist expert, Center for Digital Transformation of Healthcare, National Medical Research Center for Obstetrics, Gynecology and Perinatology named after academician V.I. Kulakov, Moscow.

Alan V. Djabiev – Cand. of Sci. (Med.), doctor of the Department of the Ultrasound and Functional Diagnosis, National Medical Research Center for Obstetrics, Gynecology and Perinatology named after academician V.I. Kulakov, Moscow. <https://orcid.org/0000-0002-2858-0129>

Alyona A. Potapova – Cand. of Sci. (Med.), doctor of the Department of the Ultrasound and Functional Diagnosis, National Medical Research Center for Obstetrics, Gynecology and Perinatology named after academician V.I. Kulakov, Moscow. <https://orcid.org/0000-0002-4940-3201>

Anastasiia V. Peredvigina – Cand. of Sci. (Med.), doctor of the Department of the Ultrasound and Functional Diagnosis, National Medical Research Center for Obstetrics, Gynecology and Perinatology named after academician V.I. Kulakov, Moscow. <https://orcid.org/0009-0001-3702-1206>

Olga E. Korotchenko – Cand. of Sci. (Med.), doctor of the Department of the Ultrasound and Functional Diagnosis, National Medical Research Center for Obstetrics, Gynecology and Perinatology named after academician V.I. Kulakov, Moscow. <https://orcid.org/0000-0001-6446-4849>

Natalia V. Mashinets – Cand. of Sci. (Med.), Senior Researcher, of the Department of Ultrasound and Functional Diagnostics, National Medical Research Center for Obstetrics, Gynecology and Perinatology named after academician V.I. Kulakov, Moscow. <https://orcid.org/0009-0009-0226-2999>

Alexandr K. Lyapunov – doctor of the Department of the Ultrasound and Functional Diagnosis, National Medical Research Center for Obstetrics, Gynecology and Perinatology named after academician V.I. Kulakov, Moscow. <https://orcid.org/0009-0003-5840-1691>



ISSN 1607-0763 (Print); ISSN 2408-9516 (Online)
<https://doi.org/10.24835/1607-0763-1508>

Применение ROC-анализа для оценки результатов работы систем поддержки принятия врачебных решений на примере цифровых маммографических изображений

© Хрустачева М.Ю.^{1, 2*}, Васильев Ю.А.¹, Памова А.П.¹, Арзамасов К.М.^{1, 3}

¹ ГБУЗ «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий ДЗ города Москвы»; 127051 Москва, ул. Петровка, д. 24, стр. 1, Российская Федерация

² ГБУЗ «Московский многопрофильный клинический центр «Коммунарка» ДЗ города Москвы; 108814 Москва, п. Коммунарка, ул. Сосенский стан, д. 8, Российская Федерация

³ ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет» (РТУ МИРЭА); 119454 Москва, просп. Вернадского, д. 78, Российская Федерация

В настоящее время идет активное внедрение искусственного интеллекта (ИИ), а также систем поддержки принятия врачебных решений (СППВР) в здравоохранение. Лучевая диагностика занимает лидирующие позиции по использованию подобных технологий. В представленной работе описан метод оценки эффективности работы СППВР, в том числе программного обеспечения (ПО) на основе технологий искусственного интеллекта (ПО на основе ТИИ), подходящий любой медицинской организации, перед которой стоит задача оценки применимости подобного ПО.

Цель исследования: наглядно продемонстрировать применение веб-инструмента для ROC-анализа для оценки результатов работы СППВР на примере цифровых маммографических изображений.

Материал и методы. Был использован ретроспективный набор данных маммографических исследований с результатами отчета калибровочного тестирования при смене версионности одного из сервисов ИИ, участника Московского эксперимента по использованию инновационных технологий в области компьютерного зрения для анализа медицинских изображений и дальнейшего применения этих технологий в системе здравоохранения. Версии ИИ-сервиса от 15.02.2023 и 30.05.2023. Объем выборки – 100 исследований. В данной публикации для оценки результатов работы ИИ-сервиса использован ROC-анализ, который был реализован с помощью веб-инструмента для ROC-анализа.

Результаты. Продемонстрирована работа веб-инструмента для ROC-анализа на примере оценки результатов работы ПО на основе ТИИ для обработки цифровых маммографических изображений.

Заключение. Благодаря использованию представленного веб-инструмента для ROC-анализа при необходимости может быть реализована проверка любой СППВР, в том числе ПО на основе ТИИ, а также оценка его производительности без применения дополнительных инструментов.

Ключевые слова: лучевая диагностика; искусственный интеллект; маммография; ROC-кривая; чувствительность; специфичность; системы поддержки принятия врачебных решений; AUC

Авторы подтверждают отсутствие конфликтов интересов.

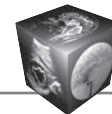
Данная статья подготовлена авторским коллективом в рамках НИОКР «Разработка платформы повышения качества ИИ-сервисов для медицинской диагностики» (№ ЕГИСУ: 123031400006-0)

Для цитирования: Хрустачева М.Ю., Васильев Ю.А., Памова А.П., Арзамасов К.М. Применение ROC-анализа для оценки результатов работы систем поддержки принятия врачебных решений на примере цифровых маммографических изображений. *Медицинская визуализация*. 2025; 29 (3): 80–90.
<https://doi.org/10.24835/1607-0763-1508>

Поступила в редакцию: 23.10.2024.

Принята к печати: 11.03.2025.

Опубликована online: 18.04.2025.



ROC analysis for clinical decision support systems (CDSS) results in digital mammography images

© Margarita Yu. Khrustacheva^{1, 2*}, Yuri A. Vasiliev¹, Anastasia P. Pamova¹, Kirill M. Arzamasov^{1, 3}

¹ Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of the Moscow Health Care Department; 24/1, Petrovka str, Moscow 127051, Russian Federation

² Moscow Clinical Center "Kommunarka" of Moscow Healthcare Department; 8, Sosensky stan str., Kommunarka settl., Moscow 108814, Russian Federation

³ MIREA – Russian Technological University (RTU MIREA); 78, Vernadsky avenue, Moscow 119454, Russian Federation

Artificial intelligence and clinical decision support systems (CDSS) are being actively implemented in health-care. Radiology is at the forefront of the use of such technologies. In this article, we describe a method for evaluating the performance of CDSS, including software based on artificial intelligence technologies (AI-based software), which is suitable for any medical organization that needs to assess the applicability of such software.

Purpose. The purpose of this study is to demonstrate the use of a web-based ROC analysis tool for evaluating the performance of clinical decision support systems (CDSS) using digital mammography images as an example.

Materials and methods. A retrospective dataset of mammography studies was used, based on the results of the calibration test report during the version change of one of the AI service participating in the Experiment on the use of innovative computer vision technologies for medical image analysis and subsequent applicability in the healthcare system of Moscow, with versions of the AI service dated 15.02.2023 and 30.05.2023. The sample size consisted of 100 trials. In this publication, ROC analysis implemented using a web-based tool will be used to evaluate the results of the AI service.

Results. The functionality of a web-based tool for ROC analysis was demonstrated using the example of evaluating the performance of AI-based software for processing digital mammography images.

Conclusion. By using the presented web-based ROC analysis tool, the verification of CDSS, including AI-based software, as well as the assessment of its performance, can be performed without the need for additional tools if necessary.

Keywords: X-rays; mammography; ROC curve; sensitivity and specificity; clinical decision support systems; AUC

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

This paper was prepared by a team of authors as a part of the research and development project "Development of a platform for improving quality of AI services for medical diagnostics" (EGISU No.: 123031400006-0)

For citation: Khrustacheva M.Yu., Vasilev Yu.A., Pamova A.P., Arzamasov K.M. ROC analysis for clinical decision support systems (CDSS) results in digital mammography images. *Medical Visualization*. 2025; 29 (3): 80–90. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-1508>

Received: 23.10.2024.

Accepted for publication: 11.03.2025.

Published online: 18.04.2025.

Введение

Активная цифровизация здравоохранения, наблюдаемая в последние годы, явилась основой для внедрения в медицинскую практику систем поддержки принятия врачебных решений (СППВР), в том числе на основе технологий искусственного интеллекта (ПО на основе ТИИ) [1]. Ключевые направления развития ТИИ отражены в Национальной стратегии развития искусственного интеллекта на период до 2030 г. (указ Президента Российской Федерации от 15.02.2024 № 124). Определены основные направления внедрения ИИ в здравоохранении. В первую очередь, это компьютерное зрение, которое позволяет распознавать образы, анализировать текстуры и формы, а также выяв-

лять патологии на изображениях (компьютерная томография (КТ), магнитно-резонансная томография (МРТ), ультразвуковая диагностика (УЗИ)) [2]. Компьютерное зрение в медицинской диагностике является СППВР, позволяющей выявить, сегментировать (визуально), классифицировать и описать изменения на медицинском изображении. В зависимости от решаемой задачи функционал СППВР может быть разным: анализ текстовых данных (медицинские карты пациента), анализ временных рядов (электрокардиограмма, электроэнцефалограмма и др.), комплексные системы (использующие несколько типов данных). Цель СППВР – помочь врачам в оказании медицинской помощи, предоставляемой пациентам [3].

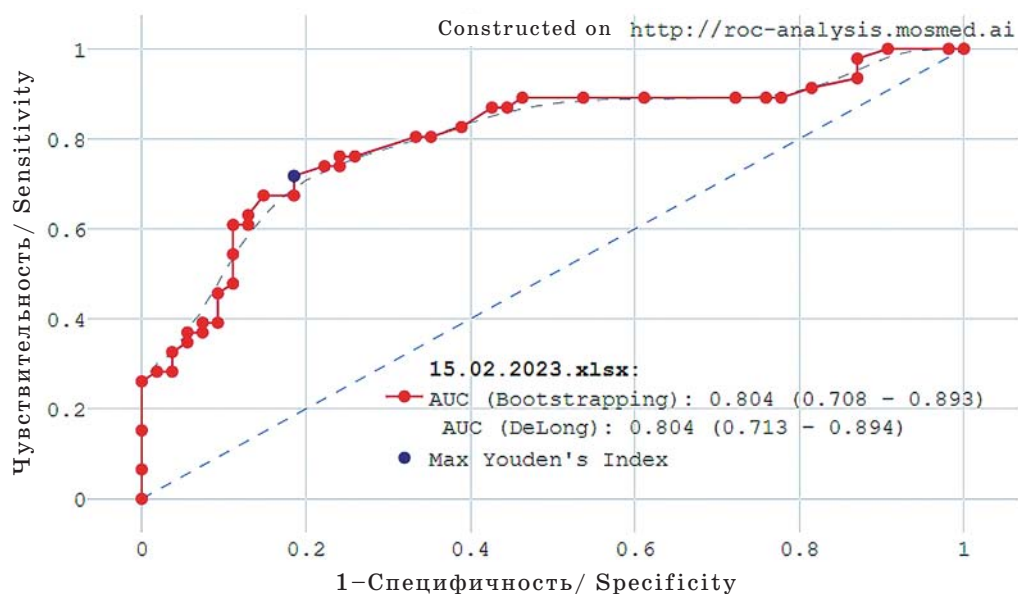


Рис. 1. ROC-кривая, полученная с помощью веб-инструмента для ROC-анализа.

Fig. 1. ROC-curve obtained via web-tool for ROC analysis.

Взаимодействие врача как с СППВР, в том числе с ПО на основе ТИИ, позволяет ему сконцентрироваться на решении более сложных диагностических задач [4]. Вопрос, который беспокоит медицинское сообщество: насколько же точными являются прогнозы алгоритмов? Последние исследования свидетельствуют о том, что ПО на основе ТИИ показывает результаты, сопоставимые с работой врача-рентгенолога. Очевидным фактом является то, что ТИИ имеют огромный потенциал для дальнейшего развития. Например, врач-рентгенолог может оценить предыдущие маммографические исследования и сопоставить результаты с текущими данными, на момент проведения исследования, а сервисы ИИ таких возможностей пока что не имеют, однако это является временным затруднением в связи с техническими сложностями реализации [5].

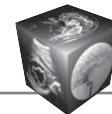
Одновременно с этим в настоящее время идут дискуссии об этических аспектах и правовом регулировании СППВР, в том числе ПО на основе ТИИ, в здравоохранении. Необходимо отметить, что на данный момент ни зарубежные, ни российские регулирующие органы не создали всеобъемлющую нормативно-правовую базу и систему контроля подобных технологий. Регистрируется все больше медицинских изделий с ТИИ и в качестве СППВР, а соответственно требуется минимизировать количество ошибок и обеспечить высокие стандарты качества таких технологий [6, 7].

На данном этапе приемочное тестирование СППВР, в том числе ПО на основе ТИИ, может осу-

ществляться медицинской организацией. Приемочное тестирование – один из методов тестирования ПО, при котором проверяется его готовность к работе с конкретными задачами, перед передачей конечному пользователю. Эту задачу можно решить различными способами [8]. В представленной публикации будет рассмотрен ROC-анализ (от английского receiver operating curve). ROC-анализ – это метод, позволяющий наглядно сравнить и оценить качество ПО на основе ТИИ (и другие СППВР) с бинарной классификацией в основе путем построения характеристических ROC-кривых и вычисления метрик диагностической точности с определением порога принятия решений. ROC-кривая представляет собой график, отражающий зависимость верно классифицированных положительных случаев (чувствительность – ось ординат) от неверно классифицированных отрицательных случаев ([1 – специфичность] – ось абсцисс) (рис. 1) [9].

ROC-анализ впервые был использован во время Второй мировой войны для анализа и интерпретации радарных сигналов. Оценивалась способность оператора радара отличать “шум” от реальных сигналов – самолета или корабля. В 1970-х и 1980-х годах ROC-анализ стал широко использоваться в клинической онкологии и других областях медицины для оценки диагностических тестов и моделей прогнозирования [10].

В настоящее время данный вид анализа широко используется при оценке диагностической точности ПО на основе ТИИ как в рентгенологии,



так и в медицине в целом [11]. В связи с простотой интерпретации и распространенностью этого метода предлагаем ознакомиться с возможностью оценки результатов работы СППВР, в том числе ПО на основе ТИИ, при помощи ROC-анализа, который обеспечивает понятную оценку диагностической эффективности такого ПО. Он позволяет исследователям анализировать непрерывные данные (это количественные данные, которые могут принимать любые значения в пределах определенного интервала, они измеряются, а не подсчитываются, и могут быть представлены как целыми, так и дробными числами), создавать графические представления и сравнивать различные бинарные тесты, отражающие работу ПО на основе ТИИ (СППВР) [7]. В представленной публикации объясняются принципы построения ROC-кривой и основные метрики диагностической точности для оценки ТИИ.

Цель исследования: наглядная демонстрация применения веб-инструмента для ROC-анализа, который применяется для оценки результатов работы СППВР и ПО на основе ТИИ – на примере работы ПО с цифровыми маммографическими изображениями.

Материал и методы

Был использован ретроспективный набор данных маммографических исследований с результатами калибровочного тестирования при смене версии одного из сервисов ИИ, участника Московского эксперимента по использованию инновационных технологий в области компьютерного зрения для анализа медицинских изображений и дальнейшего применения этих технологий в системе здравоохранения (далее – Эксперимент). Калибровочное тестирование – один из этапов тестирования ИИ-сервиса, целью которого является оценка показателей диагностической точности и выбора оптимального порога принятия решений для разделения двух классов (нормы и патологии). Объем выборки – 100 исследований, проанализированных двумя версиями одного ИИ-сервиса, версия 1 – от 15.02.2023 и обновленная версия 2 – от 30.05.2023. Для оценки результатов работы ПО на основе ТИИ используется ROC-анализ.

Чтобы объяснить принципы построения и интерпретации кривой принятия решений (ROC-кривая), необходимо ввести понятия: чувствительность, специфичность и AUC, которые являются метриками диагностической точности (по отношению к ПО на основе ТИИ в области компьютерного зрения) и используются для оценки эффективности работы ТИИ.

Чувствительность – показатель, который отражает вероятность, что ПО на основе ТИИ предска-

зывает “патологию”, когда на снимке (цифровом изображении) действительно есть патологические изменения.

Специфичность – показатель, который отражает вероятность того, что ПО на основе ТИИ предсказывает “норму”, когда на снимке действительно нет патологических изменений.

AUC-ROC (area under curve, площадь под кривой) – показатель, который отображает производительность ТИИ в числовом выражении от 0 до 1. При AUC = 0 ПО на основе ТИИ определяет класс, к которому принадлежит объект, противоположный реальному, например, определяет “заболевания нет”, хотя на самом деле имеется патология. При приближении AUC к 1 ПО на основе ТИИ лучше определяет класс, к которому принадлежит объект, например, “заболевание есть”, когда оно действительно есть, или “заболевания нет”, когда его действительно нет. Если AUC равен 1, это означает, что предсказания ПО на основе ТИИ совершенно точные. При AUC = 0,5 – ПО на основе ТИИ работает как случайный классификатор.

Также в литературе можно встретить следующую экспертную шкалу: AUC ROC от 0,9 вплоть до 1,0 качество модели (ПО на основе ТИИ или СППВР) – превосходное, от 0,8 до 0,9 – очень хорошее, от 0,7 до 0,8 – хорошее, от 0,6 до 0,7 – среднее, а от 0,5 до 0,6 – неудовлетворительное [12].

В данной публикации рассматривается ПО на основе ТИИ, использующееся в маммографии (ММГ), которое производит бинарную классификацию изображения: наличие целевой патологии – (1) или на ММГ-изображении отсутствует целевая патология – (0). Применение ПО на основе ТИИ в ММГ повышает эффективность скрининговых программ, что, в конечном итоге, приводит к увеличению выявляемости и снижению смертности от злокачественных новообразований (ЗНО) молочной железы [13]. Чтобы объяснить принципы вычисления метрик диагностической точности, введем еще несколько необходимых определений.

Истинно положительный результат (True Positive (TP)) – это значение, показывающее количество пациентов, у которых действительно есть наличие целевой патологии и при этом ПО на основе ТИИ также показало наличие целевой патологии.

Истинно отрицательный результат (True Negative (TN)) – это значение, показывающее количество пациентов, у которых отсутствует целевая патология, и при этом ПО на основе ТИИ также показало отсутствие целевой патологии.

Ложноположительный результат (False Positive (FP)) – это значение, показывающее количество пациентов, у которых отсутствует целевая патология, а ПО на основе ТИИ показало наличие целевой патологии.



Таблица 1. Матрица путанности

Table 1. Confusion matrix

Тип предсказания Type of prediction	Факт Fact	
Предсказание модели Model prediction	Случай описан врачом как отрицательный (патологии нет) The case was described by the doctor as negative (no pathology)	Случай описан врачом как положительный (патология есть) The case was described by the doctor as positive (pathology)
Предсказание отрицательного случая (патологии нет) Prediction of a negative case (no pathology)	Истинно отрицательный результат (TN) True-negative result (TN)	Ложноотрицательный результат (FN) False-negative result (FN)
Предсказание положительного случая (патология есть) Prediction of a positive case (pathology)	Ложноположительный результат (FP) False Positive result (FP)	Истинно положительный результат (TP) True-positive result (TP)

Ложноотрицательный результат (False Negative (FN)) – это значение, показывающее пациентов, у которых есть наличие целевой патологии, а ПО на основе ТИИ показало отсутствие целевой патологии [14].

Для вычисления количества TP, TN, FP, FN строится матрица путанности (confusion matrix). Матрица путанности – это табличное представление описания производительности ПО на основе ТИИ на наборе данных, для которых известны фактические значения “ground-truth” (т.е. врач до использования ТИИ определил наличие патологии или норму, и эта информация считается достоверной). Это позволяет легко идентифицировать путаницу между классами, другими словами, когда один класс ошибочно помечен как другой со стороны ПО на основе ТИИ или СППВР.

В табл. 1 наглядно показано, как формируются вышеописанные показатели.

Допущение различными СППВР, в том числе ПО на основе ТИИ, ошибок определяется его чувствительностью (Se) и специфичностью (Sp).

Под чувствительностью (Sensitivity) подразумевается доля истинно положительных случаев среди субъектов с наличием патологии:

$$\text{Чувствительность} = \frac{\text{Истинно положительные (TP)}}{\text{Истинно положительные (TP)} + \text{Ложноотрицательные (FN)}}$$

Под специфичностью (Specificity) подразумевается доля истинно отрицательных случаев среди субъектов с отсутствием патологии

$$\text{Специфичность} = \frac{\text{Истинно отрицательные (TN)}}{\text{Истинно отрицательные (TN)} + \text{Ложноположительные (FP)}}$$

Дополнительно к этому необходимо указать, что есть и другие метрики диагностической точности ПО на основе ТИИ.

Precision-модели представляет собой долю верных предсказаний относительно всего количества наблюдений, иногда эту метрику называют “точность”, однако достаточно редко [15]:

$$\text{Precision} = \frac{\text{Истинно положительные (TP)}}{\text{Истинно положительные (TP)} + \text{Ложноположительные (FP)}}$$

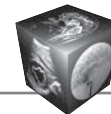
Существует метрика ассурасу (точность), под которой в большинстве случаев и подразумевают истинную “точность” в русскоязычных статьях:

$$\text{Точность (accuracy)} = \frac{\text{Истинно положительные (TP)} + \text{Истинно отрицательные (TN)}}{\text{Истинно положительные (TP)} + \text{Ложноположительные (FP)} + \text{Истинно отрицательные (TN)} + \text{Ложноотрицательные (FN)}}$$

Также важным значением в области ROC-анализа является порог принятия решений (cut-off) – определенное выбранное значение в ряду всех результатов предсказания ПО на основе ТИИ, которое определяет границу классов на ROC-кривой [16].

Индекс Юдена (J) (Youden's index) – это разница между долей истинно положительных результатов (чувствительностью теста) и долей ложноположительных результатов [17].

Минимальное расстояние (d) – это значение, которое отражает минимальное расстояние от ROC-кривой до точки на графике с координатами (0;1).



95 % CI: Эксп. точки: Оптимальный порог: Количество выборок (bootstrapping): Цвет 1: Цвет 2:

Перетащите или Выберите Файл

Загрузите excel или csv файл для проведения анализа ¹
 Также можно загрузить два файла для проведения сравнительного анализа ²
 Каждый из файлов должен обязательно иметь колонку с порядковыми номерами исследований (наименование колонки любое) и колонки с наименованиями (наименования фиксированы) ³
 "GT" для истинных диагнозов и ⁴
 "result" для диагнозов, предсказанных анализируемым диагностическим тестом ⁵
 Если проводится сравнительный анализ файлов они должны быть одинаковой длины ⁶
 По техническим причинам в настоящий момент обрабатываются только файлы меньше 10 Мбайт ⁷

Рис. 2. Внешний интерфейс веб-инструмента для ROC-анализа.

Fig. 2. External interface of the web tool for ROC-analysis.

- ¹ Upload excel or csv file for analyzation
- ² Also you can upload two files for comparison
- ³ File should contain a column with study id (with any column name) and columns named as
- ⁴ "GT" with ground truth (true) values
- ⁵ "result" with predicated values
- ⁶ Files should have same length
- ⁷ Due to technical reasons files larger than 10 Mb cannot be analyzed now

В представленной работе демонстрируется использование веб-инструмента для ROC-анализа для обработки результатов диагностических тестов, представлен на сайте: <https://roc-analysis.mosmed.ai> [18].

Чтобы воспользоваться этим инструментом, результаты работы ПО на основе ТИИ необходимо представить в виде таблицы формата CSV или XLS со следующими значениями трех столбцов (иногда в других источниках их называют "поля") (табл. 2):

1. Столбец (поле) с номером пациента или каким-то маркером по каждому пациенту (уникальным идентификатором, на англ. "uid").
2. "Ground truth" – GT или "эталон", столбец, содержащий мнение врача в виде бинарного набора чисел есть – (1) или нет – (0) целевой патологии

Таблица 2. Пример таблицы для работы с веб-инструментом

Table 2. The example of the table for using web tool

Номер исследования Number of investigation	GT	Result
1	1	19
2	1	2
3	0	98

гии на цифровой маммограмме. GT является в этом случае эталонным решением (т.е. единственно достоверным), с которым будут сравниваться результаты работы ПО на основе ТИИ.

3. Столбец "Result", который должен содержать вероятность наличия или отсутствия целевой патологии по результатам работы ПО на основе ТИИ (вероятность наличия целевой патологии должна быть представлена в диапазоне от 0 – точно нет, до 1 – точно есть).

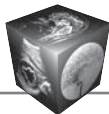
Рассмотрим детально возможности персональной настройки будущей ROC-кривой на рис. 2.

1. Поле "95% CI" (от англ. confidence interval), т.е. 95% доверительный интервал (ДИ) – позволяет настроить отображение доверительного интервала.

2. Поле "Эксп. Точки" – позволяет настроить отображение экспоненциальных точек на графике.

3. Поле "Оптимальный порог" (cut-off) – позволяет настроить отображение оптимального порога принятия решений на ROC-кривой двумя способами: через индекс Юдена (J) или минимальное расстояние (d).

4. Поле "Количество выборок (bootstrapping)" – позволяет настроить число выборок от 1000 до 100 000. Это вычислительный статистический метод. Он позволяет оценить распределение выборочной статистики путем многократной генерации выборок методом Монте-Карло на основе уже имеющейся выборки. Бутстрап помогает коррек-



тировать смещение, тестировать гипотезы и строить доверительные интервалы [19]. То есть случайным образом из переданного инструменту набора данных будут отбираться случайные пациенты, формируя случайные выборки сколько угодно раз (в зависимости от указаний пользователя в этом поле).

После настройки интерфейса и параметров инструмента, а также сформированной таблицы, соответствующей критериям, описанным выше, можно приступить к непосредственной работе с инструментом ROC-анализа.

Результаты исследования

После загрузки файла в формате CSV или XLS был получен график с ROC-кривой, которая отражает результаты работы ПО на основе ТИИ первой версии от 15.02.2023 г. (рис. 3).

Синей точкой на графике отмечен оптимальный порог принятия решений для этой ROC-кривой, рассчитанный методом максимизации индекса Юдена. Также для каждой точки на графике мы можем узнать значения: чувствительности, специфичности и индекса Юдена, рассчитанных для этой точки. Можно настраивать порог принятия решений в каждой точке на графике, в том числе таким образом, чтобы получить 100% чувствительность или 100% специфичность, в зависимости от стоящих перед ПО на основе ТИИ задач. Настройка порога со 100% специфичностью на скрининговых исследованиях, таких как ММГ, не является оправданной. При скрининговых исследованиях важен высокий показатель чувствительности, который отражает истинную способность ПО на основе ТИИ выявлять патологию, в то время как специфичность отражает способность алгоритма определять норму. Для того чтобы продемонстрировать еще одну функцию веб-инструмента, выгрузим две таблицы с результатами работы ПО на основе ТИИ как первой версии от 15.02.23, так и второй версии от 30.05.2023. Получен следующий график (рис. 4).

Обсуждение

При создании ИИ-сервисов разработчик закладывает определенное пороговое значение, так называемый порог принятия решений (cut-off). При превышении этого порога ИИ-сервис будет классифицировать исследование как содержащее целевую патологию. В зависимости от клинической задачи, стоящей перед медицинской организацией, может потребоваться подбор оптимального значения порога принятия решений, отличного от того, который задал разработчик. Данный процесс называется *тонкой настройкой*. Для скри-

нинговых исследований может быть применима настройка на 100% чувствительность, что, в свою очередь, позволит не пропустить целевую патологию. В иных случаях может потребоваться 100% специфичность (чтобы наверняка отсеять тех пациентов, которые со 100% вероятностью не имеют целевой патологии) для того, чтобы сконцентрироваться на тех пациентах, которым может требоваться незамедлительная помощь. Осуществлять такую *тонкую настройку* возможно с применением рассмотренного инструмента (определяя оптимальный порог принятия решений в зависимости от клинической задачи).

На сегодняшний день приемочное тестирование СППВР, в том числе ПО на основе ТИИ, может проводиться медицинской организацией. Для того чтобы принять решение, подходит ли новый сервис СППВР или ПО на основе ТИИ для целей медицинской организации, нужно оценить его соответствие заявленным характеристикам со стороны разработчика. В представленной работе показано, как использовать веб-инструмент для ROC-анализа для решения вышеописанных задач.

В результате работы с инструментом получен график, на котором наглядно представлены кривая ROC, порог принятия решений по индексу Юдена, значения чувствительности и специфичности для каждой точки на графике и в точке с оптимальным порогом принятия решений, вычисленным по индексу Юдена.

Применяя ROC-анализ в режиме сравнения двух ROC-кривых (см. рис. 4), можно оценить, как изменяются метрики диагностической точности у новой версии ИИ-сервиса или СППВР по сравнению с предыдущей [7].

На графике с двумя ROC-кривыми видно разницу в производительности двух версий одного ПО, инструмент вычислил площади под кривой для каждой версии, может показаться, что последняя версия от 30.05.2023 имеет большую производительность на основе значения AUC ($AUC = 0,842$) (примем за гипотезу H_1). Поэтому воспользуемся еще одной функцией веб-инструмента и проверим нулевую гипотезу (H_0) о том, что вторая версия ИИ-сервиса на самом деле не отличается от первой. Необходимо уточнить, за H_0 обычно принимают утверждение, что ничего не изменилось. Также в режиме сравнения двух ROC-кривых инструмент высчитывает величину *p-value* (величина, используемая в статистике при тестировании гипотез, показывает вероятность получения наблюдаемых результатов при условии, что нулевая гипотеза верна, или вероятность ошибки в случае отклонения нулевой гипотезы). В данном случае *p-value* = 0,258. Сравниваем с заранее заданным уровнем

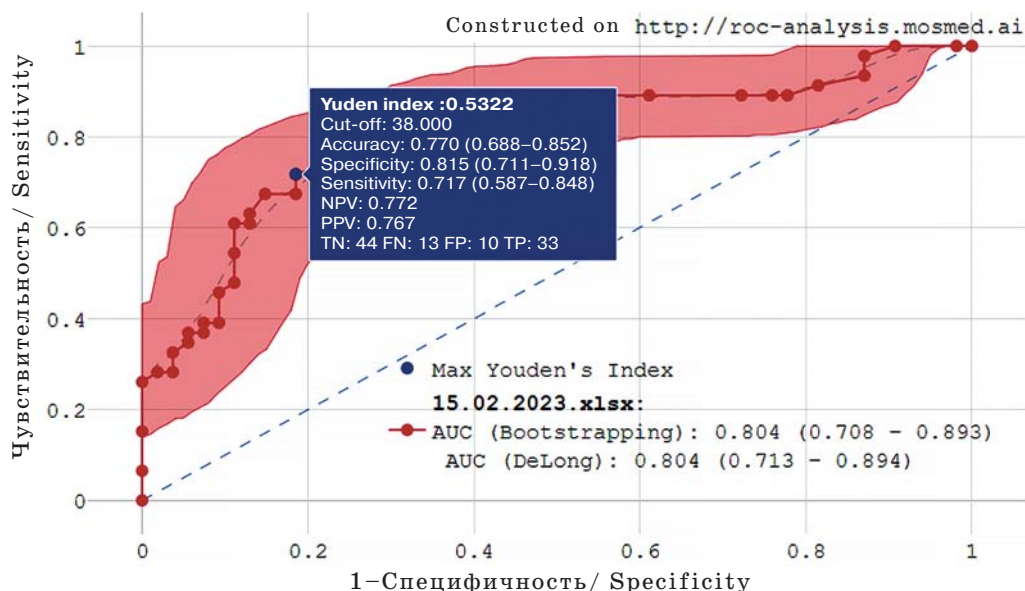
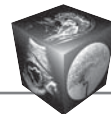


Рис. 3. ROC-кривая, полученная с помощью веб-инструмента для ROC-анализа.

PPV (positive predictive value) – положительная прогностическая значимость. NPV (negative predictive value) – отрицательная прогностическая значимость. Красной областью на графике выделен 95% доверительный интервал.

Fig. 3. ROC-curve obtained via web-based tool for ROC analysis.

PPV – positive predictive value. NPV – negative predictive value. The red area is demonstrated 95% confidence interval. Индекс Юдена – Yuden index. Порог принятия решений – cut-off. Точность – Accuracy. Чувствительность – Sensitivity. Специфичность – Specificity.

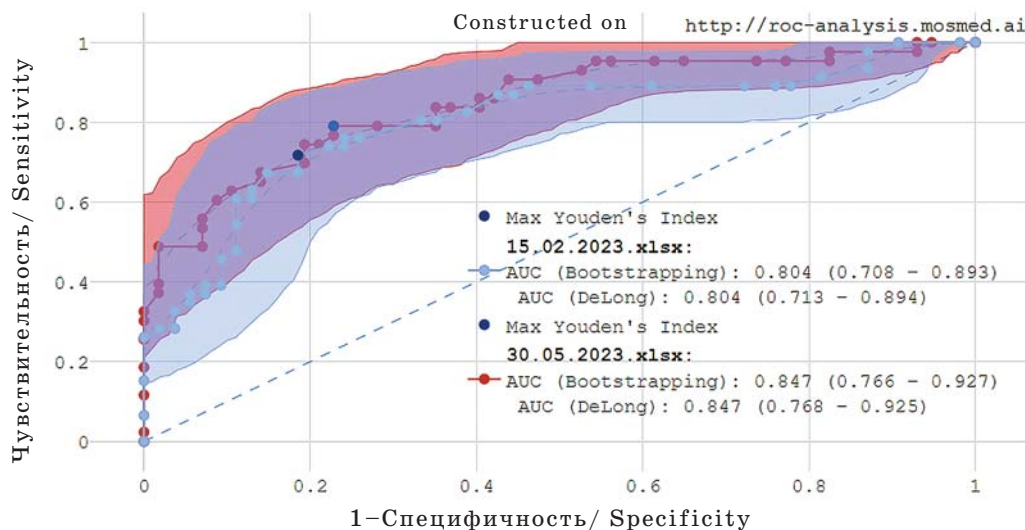


Рис. 4. Сравнение двух ROC-кривых для двух версий ПО на основе ТИИ. Красным цветом на графике обозначена ROC-кривая, отражающая результаты работы версии ПО на основе ТИИ от 15.02.2023, а синим цветом на графике обозначена ROC-кривая, отражающая результаты работы версии от 30.05.2023, на одном наборе данных, состоящем из 100 исследований.

Fig. 4. Comparison of the two ROC curves for the two versions of the AI software. The red ROC curve in the graph represents the ROC curve for the AI service version of the software dated 02/15/2023, and the blue ROC curve in the graph represents the ROC curve for the version dated 05/30/2023, on a single dataset of 100 studies.



Таблица 3. Чувствительность и специфичность на ROC-кривой, отражающей результат работы алгоритма версии от 15.02.2023

Table 3. Sensitivity and specificity on ROC-curve of the algorithm version dated 02.15.2023

Точка на графике Point on the graph	Чувствительность (Se) Sensitivity	Специфичность (Sp) Specificity
1	0.261	1.000
2	1.000	0.930
3	0.717	0.815

альфа (пороговым значением, которое определяет, насколько необычными должны быть данные, чтобы отвергнуть нулевую гипотезу) $0,258 > 0,05$, в данном случае нулевая гипотеза не отвергается, и мы можем говорить о том, что статистически значимые различия между версиями алгоритма от 15.02.2023 г. и от 30.05.2024 г. на самом деле отсутствуют. Таким образом, как первая версия ПО на основе ТИИ, так и вторая версия могут с одинаковой эффективностью использоваться для скрининговой ММГ с известным $AUC > 0,8$ на заданном пороге принятия решений по индексу Юдена.

Как упоминалось выше, с помощью веб-инструмента возможно осуществить *тонкую настройку* порога принятия решений (cut-off) под необходимые медицинской организации чувствительность или специфичность [20] в зависимости от задачи использования ПО. Как показано в табл. 3, каждой точке на графике соответствует своя чувствительность и специфичность.

В табл. 3 показан пример трех точек, отображающихся на ROC-кривой, построенной с помощью веб-инструмента, найдены точки с максимальной специфичностью, с максимальной чувствительностью и третья точка с метриками диагностической точности ПО на основе ТИИ, определенная на пороге принятия решений, вычисленного с помощью индекса Юдена.

Заключение

Продемонстрирован процесс работы с веб-инструментом для ROC-анализа, который имеет ряд преимуществ перед другими аналогами, например бесплатный доступ, что отличает его от аналогичного сервиса MedCalc, и возможность пользоваться инструментом без установки на персональный компьютер. Оценить производительность СППВР и ПО на основе ТИИ можно также используя языки программирования, такие как Python или R, но это требует специфических навыков, медицинскому работнику будет намного удобнее воспользоваться веб-инструментом для ROC-анализа. Веб-инструмент для

ROC-анализа рекомендуется использовать в следующих случаях:

- 1) для оценки эффективности работы СППВР, включая ПО на основе ТИИ, в частности для приемочного тестирования таких технологий медицинской организацией;
- 2) для оценки результатов работы СППВР, в том числе ПО на основе ТИИ, при смене версионности;
- 3) для *тонкой настройки* сервисов-ИИ и, в частности порога принятия решений;
- 4) для *тонкой настройки* СППВР, в том числе ПО на основе ТИИ, с заданными чувствительностью и специфичностью.

Инструмент для ROC-анализа позволяет производить вышеописанные манипуляции любому пользователю, не требуя специальных навыков программирования, без покупки дополнительного программного обеспечения, а также без предустановки программы.

Участие авторов

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

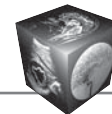
Васильев Ю.А. – концепция и дизайн исследования, подготовка и редактирование текста, участие в научном дизайне, утверждение окончательного варианта статьи.

Памова А.П. – концепция и дизайн исследования, написание текста, подготовка и редактирование текста, сбор и обработка данных, анализ и интерпретация полученных данных, участие в научном дизайне, утверждение окончательного варианта статьи.

Арзамасов К.М. – концепция и дизайн исследования, написание текста, подготовка и редактирование текста, сбор и обработка данных, анализ и интерпретация полученных данных, участие в научном дизайне, утверждение окончательного варианта статьи.

Authors' participation

Khrustacheva M.Yu. – conducting research, collection and analysis of data, writing text, analysis and interpretation



of the obtained data, statistical analysis, responsibility for the integrity of all parts of the article, preparation and creation of the published work, review of publications.

Vasilev Yu.A. – concept and design of the study, participation in scientific design, approval of the final version of the article.

Pamova A.P. – concept and design of the study, writing text, text preparation and editing, collection and analysis of data, analysis and interpretation of the obtained data, participation in scientific design, approval of the final version of the article.

Arzamasov K.M. – concept and design of the study, writing text, text preparation and editing, collection and analysis of data, analysis and interpretation of the obtained data, participation in scientific design, approval of the final version of the article.

Список литературы

- Четвериков С.Ф., Арзамасов К.М., Андрейченко А.Е. Подходы к формированию выборки для контроля качества работы систем искусственного интеллекта в медико-биологических исследованиях. *Современные технологии в медицине*. 2023; 2: 19–27.
- Говорукина В.Г., Семенов С.С., Гележе П.Б., Диденко В.В., Морозов С.П., Андрейченко А.Е. Роль маммографии в радиомике рака молочной железы. *Digital Diagnostics*. 2021; 2 (2): 185–199. <https://doi.org/10.17816/DD70479>
- Алексеева М.Г., Зубов А.И., Новиков М.Ю. Искусственный интеллект в медицине. *Международный научно-исследовательский журнал*. 2022; 7: 10–13. <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.121.7.038>
- Ройтберг П.Г., Блинов Д.С., Черемисин В.М. Технологии искусственного интеллекта в автоматизации выполнения стандартных задач врача-рентгенолога. *Проблемы стандартизации в здравоохранении*. 2020; 9 (10): 29–33. <https://doi.org/10.26347/1607-2502202009-10029-033>
- Rodriguez-Ruiz A., Lang K., Gubern-Merida A. et al. Stand-Alone Artificial Intelligence for Breast Cancer Detection in Mammography: Comparison With 101 Radiologists. *J. Natl. Cancer Inst.* 2019; 111 (9): 916–922. <https://doi.org/10.1093/jnci/djy222>
- Шарова Д.Е., Зинченко В.В., Ахмад Е.С., Мокиенко О.А., Владимирский А.В., Морозов С.П. К вопросу об этических аспектах внедрения систем искусственного интеллекта в здравоохранении. *Digital Diagnostics*. 2021; 3: 356–368.
- Морозов С.П., Владимирский А.В., Гомболевский В.А., Кляшторный В.Г., Федулова И.А., Власенков Л.А. Искусственный интеллект в скрининге рака легкого: оценка диагностической точности алгоритма для анализа низкодозовых компьютерных томографий. *Туберкулез и болезни легких*. 2020; 8: 24–31.
- Васильев Ю.А., Владимирский А.В., Шарова Д.Е. Клинические испытания систем искусственного интеллекта (лучевая диагностика). В кн.: Лучшие практики лучевой и инструментальной диагностики. 2-е изд., перераб. и доп. М.: ГБУЗ «НПКЦ ДиТ ДЗМ», 2023. 40 с.
- Park S.H., Goo J.M., Jo C.H. Receiver Operating Characteristic (ROC) Curve: Practical Review for Radiologists. *Korean J. Radiol.* 2004; 5 (1): 11–18. <https://doi.org/10.3348/kjr.2004.5.1.11>
- Junge M.R., Dettori J.R. ROC Solid: Receiver Operator Characteristic (ROC) Curves as a Foundation for Better Diagnostic Tests. *Global Spine J.* 2024; 8 (4): 424–429. <https://doi.org/10.1177/2192568218778294>
- Мирошниченко И.И. Мониторинг эффективности антипсихотической терапии. *Психиатрия*. 2022; 20: 128–138.
- Davis J., Goadrich M. The relationship between Precision-Recall and ROC curves. *Proceedings of the 23rd International Conference on Machine Learning*. 2006; 6: 233–240. <https://doi.org/10.1145/1143844.1143874>
- Солодкий В.А., Каприн А.Д., Нуднов Н.В. и др. Современные системы поддержки принятия врачебных решений на базе искусственного интеллекта для анализа цифровых маммографических изображений. *Вестник рентгенологии и радиологии*. 2023; 2: 151–162.
- Kumar R., Indrayan A. Receiver Operating Characteristic (ROC) Curve for Medical Researchers. *Indian Pediatr.* 2011; 48: 277–287. <https://doi.org/10.1007/s13312-011-0055-4>
- Fawcett T. ROC Graphs: Notes and Practical Considerations for Researchers. *Machine Learning*. 2004; 31: 1–38.
- Ковалев А.А., Кузнецов Б.К., Ядченко А.А., Игнатенко В.А. Оценка качества бинарного классификатора в научных исследованиях. *Проблемы здоровья и экологии*. 2020; 4: 105–113.
- Корнеев А.А., Рязанцев С.В., Вяземская Е.Э. Вычисление и интерпретация показателей информативности диагностических медицинских технологий. *Медицинский Совет*. 2019; 20: 45–51. <https://doi.org/10.21518/2079-701X-2019-20-45-51>
- Electronic resource: Web tool for ROC analysis. <https://roc-analysis.mosmed.ai>
- Efron B., Tibshirani R. The Bootstrap Method for Assessing Statistical Accuracy. *Behaviormetrika*. 1985; 12: 1–35. https://doi.org/10.2333/bhmk.12.17_1
- Васильев Ю.А., Тыров И.А., Владимирский А.В., Арзамасов К.М., Шулькин И.М., Кожихина Д.Д. и др. Двойной просмотр результатов маммографии с применением технологий искусственного интеллекта: новая модель организации массовых профилактических исследований. *Digital Diagnostics*. 2023; 2: 93–104.

References

- Chetverikov S.F., Arzamasov K.M., Andreichenko A.E. et al. Approaches to sampling for quality control of artificial intelligence in biomedical research. *Sovremennyye Tehnologii v Medicine*. 2023; 2: 19–27. <https://doi.org/10.17691/stm2023.15.2.02> (In Russian)
- Govorukhina V.G., Semenov S.S., Gelezhe P.B. et al. The role of mammography in breast cancer radiomics. *Digital Diagnostics*. 2021; 2 (2): 185–199. <https://doi.org/10.17816/DD70479> (In Russian)



3. Alekseeva M.G., Zubov A.I., Novikov M.Yu. Artificial intelligence in medicine. *International Research Journal*. 2022; 7: 10–13. <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.121.7.038> (In Russian)
4. Roitberg PG, Blinov DS, Cheremisin VM. Integrating AI technologies in radiology workflows. *Health Care Standardization Problems*. 2020; 9 (10): 29–33. <https://doi.org/10.26347/1607-2502202009-10029-033> (In Russian)
5. Rodriguez-Ruiz A., Lang K., Gubern-Merida A. et al. Stand-Alone Artificial Intelligence for Breast Cancer Detection in Mammography: Comparison With 101 Radiologists. *J. Natl. Cancer Inst.* 2019; 111 (9): 916–922. <https://doi.org/10.1093/jnci/djy222>
6. Sharova D.S., Zinchenko V.V., Akhmad E.S. et al. On the issue of ethical aspects of the artificial intelligence systems implementation in healthcare. *Digital Diagnostics*. 2021; 3: 356–368. <https://doi.org/10.17816/DD77446> (In Russian)
7. Morozov S.P., Vladimirovskiy A.V., Gombolevskiy V.A. et al. Artificial intelligence in lung cancer screening: assessment of the diagnostic accuracy of the algorithm analyzing low-dose computed tomography. *Tuberculosis and Lung Diseases*. 2020; 8: 24–31. <https://doi.org/10.21292/2075-1230-2020-98-8-24-31> (In Russian)
8. Vasilev Yu.A., Vladimirovskiy A.V., Sharova D.E. Klinicheskie ispytaniya sistem iskusstvennogo intellekta (luchevaya diagnostika). In: Luchshie praktiki luchevoj i instrumental'noj diagnostiki. 2-e izd., pererab. i dop. M.: "Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of the Moscow Health Care Department", 2023. 40 p. (In Russian)
9. Park S.H., Goo J.M., Jo C.H. Receiver Operating Characteristic (ROC) Curve: Practical Review for Radiologists. *Korean J. Radiol.* 2004; 5 (1): 11–18. <https://doi.org/10.3348/kjr.2004.5.1.11>
10. Junge M.R., Dettori J.R. ROC Solid: Receiver Operator Characteristic (ROC) Curves as a Foundation for Better Diagnostic Tests. *Global Spine J.* 2024; 8 (4): 424–429. <https://doi.org/10.1177/2192568218778294>
11. Miroshnichenko I.I. Monitoring of the Antipsychotic Therapy Effectiveness. *Psychiatry*. 2022; 20: 128–138. <https://doi.org/10.30629/2618-6667-2022-20-4-128-138> (In Russian)
12. Davis J., Goadrich M. The relationship between Precision-Recall and ROC curves. *Proceedings of the 23rd International Conference on Machine Learning*. 2006; 6: 233–240. <https://doi.org/10.1145/1143844.1143874>
13. Solodkiy V.A., Kaprin A.D., Nudnov N.V. et al. Contemporary Medical Decision Support Systems Based on Artificial Intelligence for the Analysis of Digital Mammographic Images. *Journal of Radiology and Nuclear Medicine*. 2023; 2: 151–162. <https://doi.org/10.20862/0042-4676-2023-104-2-151-162> (In Russian)
14. Kumar R., Indrayan A. Receiver Operating Characteristic (ROC) Curve for Medical Researchers. *Indian Pediatr.* 2011; 48: 277–287. <https://doi.org/10.1007/s13312-011-0055-4>
15. Fawcett T. ROC Graphs: Notes and Practical Considerations for Researchers. *Machine Learning*. 2004; 31: 1–38.
16. Kovalev A.A., Kuznetsov B.K., Yachchenko A.A., Ignatenko V.A. Assessment of the quality of a binary classifier in research. *Health and Ecology Issues*. 2020; 4: 105–113. (In Russian)

Для корреспонденции*: Хрустачева Маргарита Юрьевна – e-mail: myukhrustacheva@mail.ru

Хрустачева Маргарита Юрьевна – аспирант ГБУЗ “Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий ДЗ города Москвы”; врач-рентгенолог ГБУЗ “Московский многопрофильный клинический центр «Коммунарка»” ДЗ города Москвы, Москва. <http://orcid.org/0009-0001-1381-0809>

Васильев Юрий Александрович – канд. мед. наук, главный врач ГБУЗ “Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий ДЗ города Москвы”; главный внештатный специалист по лучевой диагностике, Москва. <http://orcid.org/0000-0002-5283-5961>

Памова Анастасия Петровна – канд. мед. наук, начальник сектора разработки систем внедрения медицинских интеллектуальных технологий отдела медицинской информатики, радиомики и радиогеномики ГБУЗ “Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий ДЗ города Москвы”, Москва. <http://orcid.org/0000-0002-0041-3281>

Арзамасов Кирилл Михайлович – канд. мед. наук, руководитель отдела медицинской информатики, радиомики и радиогеномики ГБУЗ “Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий ДЗ города Москвы”; доцент кафедры технологий искусственного интеллекта ФГБОУ ВО “МИРЭА – Российский технологический университет”, Москва. <http://orcid.org/0000-0001-7786-0349>

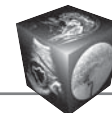
Contact*: Margarita Yu. Khrustacheva – e-mail: myukhrustacheva@mail.ru

Margarita Yu. Khrustacheva – graduate student, Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of Moscow Healthcare Department; radiologist of Moscow Clinical Center “Kommunarka” of Moscow Healthcare Department, Moscow. <http://orcid.org/0009-0001-1381-0809>

Yuri A. Vasiliev – Cand. of Sci. (Med.), Chief Medical Officer of the Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of the Moscow Healthcare Department; Chief specialist in radiation diagnostics, Moscow. <http://orcid.org/0000-0002-5283-5961>

Anastasia P. Pamova – Cand. of Sci. (Med.), Head of Medical Intelligent Technologies Integration Sector of the Department of Medical Informatics, Radiomics, and Radiogenomics, the Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of the Moscow Health Care Department, Moscow. <http://orcid.org/0000-0002-0041-3281>

Kirill M. Arzamasov – Cand. of Sci. (Med.), Head of the Department of Medical Informatics, Radiomics, and Radiogenomics of the Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of the Moscow Health Care Department; Associate Professor of the Department of Artificial Intelligence Technologies, MIREA – Russian Technological University, Moscow. <http://orcid.org/0000-0001-7786-0349>



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

<https://doi.org/10.24835/1607-0763-1547>

Применение радиомики в диагностике рака шейки матки: систематический обзор

© Солодкий В.А.¹, Нуднов Н.В.^{1, 2, 3}, Султанова П.Н.^{1*}, Аксенова С.П.¹, Борисов А.А.⁴, Шахвалиева Э.С.-А.⁵, Карелидзе Д.Г.¹, Иванников М.Е.⁶, Маковецкая А.И.¹, Семенова С.Р.⁴

¹ ФГБУ “Российский научный центр рентгенорадиологии” Минздрава России; 117997 Москва, ул. Профсоюзная, д. 86, Российская Федерация

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

³ ФГАОУ ВО “Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы” Минобрнауки России; 117198 Москва, ул. Миклухо-Маклая, 6, Российская Федерация

⁴ ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России; 117997 Москва, ул. Островитянова, д. 1, Российская Федерация

⁵ ГБУЗ города Москвы “Детская городская клиническая больница № 9 им. Г.Н. Сперанского ДЗ города Москвы”; 123317 Москва, Шмитовский проезд, д. 29, Российская Федерация

⁶ ГБУЗ города Москвы “Городская клиническая больница имени А.К. Ерамишанцева ДЗ города Москвы”; 129327 Москва, ул. Ленская, д. 15, Российская Федерация

Цель исследования: проанализировать результаты изучения эффективности применения радиомического анализа при интерпретации лучевых изображений в уточнении диагностики рака шейки матки.

Материал и методы. Проведен систематический поиск медицинских статей в базах данных PubMed/MEDLINE, eLibrary, Scopus, в ресурсах NCCN, ESUR, ACR.

Результаты. При подборе медицинских статей было выявлено в общей сложности 289 уникальных публикаций, 218 из которых соответствовали критериям исключения. В итоговый обзор вошла 71 статья. Оценка средних точностных характеристик моделей производилась по значению площади под ROC-кривой (AUC), в том числе точность, чувствительность, специфичность и С-индекс.

Заключение. Рассмотрены основные ключевые аспекты и достоинства применения радиомики и текстового анализа изображений при диагностике рака шейки матки. Внедрение радиомического анализа привело к обновленному восприятию анализа медицинских изображений. Результаты ряда исследований демонстрируют, что данные, извлекаемые с помощью радиомического анализа, обладают значительной диагностической и прогностической ценностью, позволяя объективно оценивать характеристики опухоли, ее стадию и распространенность, проводить дифференциальную диагностику новообразований.

Ключевые слова: текстурный анализ; рак шейки матки; радиомика; онкогинекология

Авторы подтверждают отсутствие конфликтов интересов.

Для цитирования: Солодкий В.А., Нуднов Н.В., Султанова П.Н., Аксенова С.П., Борисов А.А., Шахвалиева Э.С.-А., Карелидзе Д.Г., Иванников М.Е., Маковецкая А.И., Семенова С.Р. Применение радиомики в диагностике рака шейки матки: систематический обзор. *Медицинская визуализация*. 2025; 29 (3): 91–106. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-1547>

Поступила в редакцию: 13.03.2025.

Принята к печати: 10.04.2025.

Опубликована online: 22.07.2025.

Application of radiomics in the diagnosis of cervical cancer: systematic review

© Vladimir A. Solodkiy¹, Nikolay V. Nudnov^{1, 2, 3}, Peri N. Sultanova^{1*}, Svetlana P. Aksenova¹, Aleksandr A. Borisov⁴, Elina S.-A. Shakhvalieva⁵, David G. Karelidze¹, Mikhail E. Ivannikov⁶, Alena I. Makoveckaya¹, Sofya R. Semenova⁴



- ¹ Russian Scientific Center of Roentgenoradiology of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation; 86, Profsoyusnaya str., Moscow 117997, 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 Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba; 6, Miklukho-Maklay str., Moscow 117198, Russian Federation
- ⁴ Pirogov Russian National Research Medical University; 1, Ostriviyanova str., Moscow 117997, Russian Federation
- ⁵ G.N. Speransky Children's City Clinical Hospital No. 9 of Moscow Healthcare Department; 29, Shmitovsky passage, Moscow 123317, Russian Federation
- ⁶ A.K. Yeramishantsev City Clinical Hospital of Moscow Healthcare Department; 15, Lenskaya str., Moscow 129327, Russian Federation

Objective. To analyze the results of a study on the effectiveness of radiomic analysis in the interpretation of radiation images in clarifying the diagnosis of cervical cancer.

Materials and Methods. A systematic literature search was conducted in the PubMed/MEDLINE, eLibrary, and Scopus databases, as well as in NCCN, ESUR, and ACR resources.

Results. When selecting medical articles, a total of 289 unique publications were identified, 218 of which met the exclusion criteria. The final review included 71 articles. The average accuracy characteristics of the models were estimated based on the area under the ROC curve (AUC), including accuracy, sensitivity, specificity, and C-index.

Conclusion. The main key aspects and advantages of the use of radiomics and textural image analysis in the diagnosis of cervical cancer are considered. The introduction of radiomic analysis has led to a renewed perception of medical image analysis. The results of a number of studies demonstrate that the data extracted using radiomic analysis have significant diagnostic and prognostic value, allowing an objective assessment of tumor characteristics, its stage and prevalence, and differential diagnosis of neoplasms.

Keywords: texture analysis; cervical cancer; radiomics; oncogynecology

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

For citation: Solodky V.A., Nudnov N.V., Sultanova P.N., Aksenova S.P., Borisov A.A., Shakhvalieva E.S.-A., Karelidze D.G., Ivannikov M.E., Makovetskaya A.I., Semenova S.R. Application of radiomics in the diagnosis of cervical cancer: systematic review. *Medical Visualization*. 2025; 29 (3): 91–106.
<https://doi.org/10.24835/1607-0763-1547>

Received: 13.03.2025.

Accepted for publication: 10.04.2025.

Published online: 22.07.2025.

Введение

Рак шейки матки (РШМ) занимает четвертое место среди ведущих причин смертности в женской популяции. Несмотря на значительные достижения в области профилактических мероприятий, скрининговых программ и методов ранней диагностики, сохраняется высокая заболеваемость РШМ в развивающихся странах.

По данным GLOBOCAN (англ. Global Cancer Observatory, Мировая статистика заболеваемости раком), в 2020 г. во всем мире было выявлено 604 тыс. новых случаев РШМ, из них 342 тыс. летальных исходов. Согласно прогнозам GLOBOCAN, к 2050 г. ожидается увеличение заболеваемости РШМ на 50% за счет роста новых случаев [1].

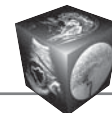
В Российской Федерации за 2023 г. выявлено 674 587 случаев злокачественных новообразований РШМ, а в 2022 г. аналогичный показатель – 624 835 новых случаев, что почти на 8% меньше [2].

По сравнению с другими злокачественными новообразованиями внутренних органов женской репродуктивной системы (тела матки, яичника) пик заболеваемости РШМ отмечается в более мо-

лодом возрасте и за последние 20 лет показатель смертности среди женщин в возрасте 35–59 лет вырос на 85,2%. В структуре онкологической заболеваемости у женщин РШМ занимает второе место после рака молочной железы и становится основной причиной летальных исходов от онкологических болезней у женщин моложе 40 лет (GLOBOCAN, 2022) [3].

При стадировании РШМ клинические данные не всегда позволяют точно оценить распространенность патологического процесса. Онкогинекологи сталкиваются с диагностическими сложностями, такими как определение истинного размера опухоли, глубины инвазии, поражения стенки таза и регионарных лимфатических узлов [4].

Согласно рекомендациям FIGO, для диагностики РШМ следует применять следующие инструментальные исследования в зависимости от их доступности в лечебном учреждении: кольпоскопия, ультразвуковое исследование (УЗИ), компьютерная томография (КТ), магнитно-резонансная томография (МРТ), позитронно-эмиссионная томография (ПЭТ), используемые для получения



детализированной информации об опухолевом процессе. Каждый из этих методов обладает определенными преимуществами и ограничениями [5].

По рекомендациям российских и международных профессиональных сообществ (AOP, RUSSCO, ESGO, ESMO, ESTRO, ESR, ASTRO, ACR) МРТ является стандартом для определения распространенности процесса при планировании и оценке эффективности химиолучевой терапии (ХЛТ). Исследования показывают, что МРТ определяет стадию IB–IIIB с точностью 85–95%, снижая риск гипер- и гипостадирования, а также превосходит другие методы в выявлении параметральной инвазии и метастазов в лимфатические узлы [6].

Кроме того, МРТ позволяет отслеживать ответ опухоли на ХЛТ и выявлять рецидивы на ранних стадиях. В настоящее время лучевая диагностика преимущественно опирается на качественную интерпретацию изображений и использование простых параметров, таких как размер опухоли, степень локального распространения по данным МРТ, метаболическая активность, а также состояние регионарных лимфатических узлов и наличие отдаленных метастазов по данным ПЭТ/КТ. Однако при этом упускается потенциал многомерных количественных данных, содержащихся в изображениях, которые могут отражать тонкие морфологические особенности и биологические характеристики опухоли, недоступные визуальному анализу [7].

Несмотря на достигнутые успехи в лучевой диагностике, в онкогинекологии остается нерешенным ряд ключевых задач.

- Ограниченные возможности визуализации опухолей малых размеров с применением МРТ, что затрудняет раннюю диагностику и точное определение границ новообразования.

- Сложности в дифференциальной диагностике гистологических типов опухолей, особенно в условиях увеличения доли аденокарцином в структуре злокачественных новообразований шейки матки [8]. Несмотря на то что морфологическое исследование остается “золотым стандартом” верификации диагноза, определенные признаки, выявляемые при МР-визуализации, могут позволить предварительно предполагать гистологический вариант [9].

- Недостаточная точность оценки распространенности процесса, включая объем опухоли, ее размеры и глубину инвазии в параметрии, что напрямую влияет на стадирование и выбор тактики лечения.

- Ограниченная информативность неинвазивной оценки признаков лимфоваскулярной инва-

зии, что снижает прогностическую ценность визуализационных методов в определении агрессивности опухолевого роста.

Радиомика представляет собой современное направление медицинской визуализации, основанное на извлечении большого массива количественных признаков из цифровых изображений с последующей их математической обработкой и интерпретацией. Полученные радиомические характеристики отражают явные фенотипические различия и могут иметь прогностическую и предиктивную ценность при различных заболеваниях, тем самым расширяя диагностические и прогностические возможности традиционных методов лучевой диагностики [10].

Относительно диагностики РШМ лучевыми методами не предоставляется возможность предположить гистологический тип опухоли, наличие лимфоваскулярной и перинеуральной инвазии, степени злокачественности опухоли. Одним из перспективных инструментов, способных компенсировать эти ограничения, является радиомический анализ, который позволяет неинвазивно оценивать характеристики опухоли, степень ее гетерогенности, стадию и распространенность, а также на основании клинко-радиологических параметров прогнозировать ответ на лечение и проводить стратификацию риска пациента [11]. В связи с внедрением технологий искусственного интеллекта, а также возникшим интересом у ученых применить его к медицинским изображениям отмечается рост числа публикаций в сфере онкогинекологии и, в частности, в диагностике РШМ. Связи с этим считаем целесообразным детально изучить данный подход, его возможности и перспективы в диагностике РШМ.

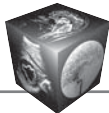
Цель исследования: проанализировать результаты изучения эффективности применения радиомического анализа при интерпретации лучевых изображений в уточнении диагностики рака шейки матки.

Материал и методы

В рамках работы был проведен систематический поиск литературы в базах данных PubMed/MEDLINE, eLibrary, Scopus, в ресурсах NCCN, ESUR, ACR.

Обзор литературы охватывал исследования с 1 января 2019 г. по 31 декабря 2024 г. Дубликаты были автоматически исключены.

Изучены все опубликованные работы по использованию радиомики и анализу текстур изображений при диагностике и прогнозировании РШМ. Был проведен поиск по ключевым словам и словосочетаниям на русском и английском язы-

**Рис. 1.** Алгоритм отбора публикаций, включенных в данный обзор.**Fig. 1.** The algorithm for selecting publications included in this review.

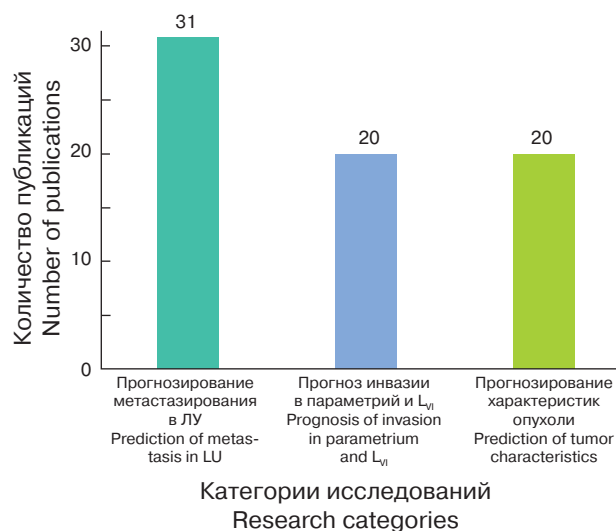
ках: “рак шейки матки”, “радиомика”, “текстульный анализ”, “онкогинекология”, “cervical cancer”, “radiomics”, “texture analysis”, “oncogynecology”.

Критериями включения были: наличие исследования в агрегаторах научной литературы PubMed и Elibrary, соответствие ключевым словам.

Критерии исключения: исследования, посвященные другим анатомическим локализациям, исследования, не содержащие текстульный анализ, систематические обзоры и метаанализы, исследования на основе ультразвукового метода, исследования, посвященные контролю качества и воспроизводимости показателей радиомики, устаревшие данные.

Поиск выявил в общей сложности 289 уникальных публикаций, 218 из которых соответствовали критериям исключения. В итоговый обзор вошла 71 статья. Процесс отбора публикаций представлен на рис. 1.

В соответствии с их содержанием публикации были разделены на 3 смысловые группы (рис. 2). Ряд публикаций был включен одновременно в несколько групп.

**Рис. 2.** Распределение публикаций по категориям исследования.**Fig. 2.** Distribution of publications by research categories.



Оценка средних точностных характеристик производилась по значению площади под ROC-кривой (AUC), однако в ряде статей представлены другие метрики оценки работы моделей, в том числе точность, чувствительность, специфичность и С-индекс. В связи с существенными различиями в методологии проведения исследований провести полноценный метаанализ не представляется возможным.

Результаты исследования

1. Прогнозирование характеристик опухоли

В данную группу вошло 20 оригинальных исследований. В среднем в исследования вошли данные 97 [75; 163] пациентов. 14 исследований посвящены МРТ, 1 исследование – КТ, 4 исследования – ПЭТ/КТ и 1 исследование – ПЭТ/МРТ. В среднем AUC наилучших моделей в исследованиях на тестовых выборках составляла $0,84 \pm 0,06$, где это было применено. В 12 исследованиях, помимо радиомических показателей, использовались клинические признаки.

В 9 исследованиях авторы прогнозировали стадию опухолевого процесса с применением показателей радиомики. X. Zhao и соавт. [12] разработали модель дифференциации Ib и IIa стадий РШМ. Они использовали радиомические признаки из T1WI, T2WI, DWI и DCE-последовательностей. Их классификатор, основанный на методе опорных векторов, имел AUC 0,907.

В 5 исследованиях авторы использовали радиомические признаки для неинвазивного прогнозирования гистологического типа РШМ. Так, W. Wang и соавт. [13] использовали радиомические признаки, извлеченные из 5 MP-последовательностей (T2SAG, T2TRA, T1CESAG, T1CETRA и ADC). Они показали, что для аденокарциномы характерна большая текстурная гетерогенность, чем для плоскоклеточного рака.

Их модель имела AUC 0,89; точность 0,81; % чувствительность 0,67%; специфичность 0,94%. Безусловно, данный подход не является исключительной прерогативой лучевых методов диагностики. Однако, если существует возможность их применения с получением достоверных результатов, соизмеримых с традиционными лучевыми исследованиями или приближающихся по информативности к гистологическому анализу, разумно использовать такие методики в клинической практике.

В 6 исследованиях была осуществлена попытка прогнозирования степени злокачественности РШМ. В среднем метрики моделей прогнозирования степени злокачественности не превышали 80%. Наиболее информативными МР-последовательностями для моделей являлись карты ADC. Однако S. Aouadi и соавт. [14] удалось добиться более высокого результата. Их нейронная сеть EfficientNetB3, используя данные последовательностей DWI и ADC, смогла достичь AUC 0,924 для задачи прогнозирования степени злокачественности.

В 2 исследованиях проводилось прогнозирование опухолевого почкования, tumor budding (появление единичных или изолированных (до 4) кластеров опухолевых клеток в инвазивном компоненте карциномы), которое является неблагоприятным признаком течения опухолевого процесса. G.O. Chong и соавт. [15] удалось разработать модель на основе 20 радиомических признаков, которая с AUC 0,891 прогнозировала опухолевое почкование. Также в отдельных исследованиях прогнозировались такие характеристики опухолей, как экспрессия сосудистого эндотелиального фактора роста [16], экспрессия Е-кадгерина [17], изменения в CD8+ Т-клетках и макрофагах, инфильтрирующих опухоль [18], и экспрессия Ki-67 [19]. Подробная информация об исследованиях представлена в табл. 1.

Таблица 1. Исследования, посвященные прогнозированию гистологического типа, степени злокачественности, опухолевого почкования и экспрессии эндотелиального фактора роста

Table 1. Studies on the prediction of histological type, degree of malignancy, tumor budding and expression of endothelial growth factor

Автор Author	N	Цель исследования The purpose of the study	Метрики лучшей модели Best Model Metrics	C
Y. Liu et al. [20]	160	Прогнозирование степени злокачественности Predicting the degree of malignancy	ADC b = 800 and b = 1000 ($p < 0.0001$, $p < 0.0001$)	Нет No
W. Wang et al. [21]	96	Неинвазивная оценка гистологического типа Non-invasive histotype assessment	AUC = 0.89	Нет No



Таблица 1 (продолжение).

Table 1 (continuation).

Автор Author	N	Цель исследования The purpose of the study	Метрики лучшей модели Best Model Metrics	С
G.O.Chong et al. [22]	74	Определение уровня опухолевого почкования Determination of the level of tumor budding	AUC 0.731–0.891	Да Yes
X. Deng et al. [16]	163	Прогнозирование экспрессии сосудистого эндотелиального фактора роста Prediction of vascular endothelial growth factor expression	AUC 0.70	Нет No
X.-R. Li et al. [23]	97	Прогнозирование экспрессии Е-кадгерина Prediction of E-cadherin expression	AUC 0.844	Нет No
Y. Liu et al. [24]	235	Прогнозирование гистологических типов, степени злокачественности и стадии опухоли по FIGO Prediction of histological types, degree of malignancy and tumor stage according to FIGO	AUC 0.716–0.750	Да Yes
L. Umutlu et al. [25]	30	Определение N- и М-стадии первичного РШМ Determination of the N- and M-stages of primary breast cancer	AUC 0.82 and 0.97 соответственно/ accordingly	Нет No
Q. Wu et al. [26]	56	Оценка степени злокачественности опухоли Assessment of the degree of malignancy of the tumor	AUC 0.668–0.757	Да Yes
G.O. Chong et al. [27]	76	Прогнозирование уровня опухолевого почкования Predicting the level of tumor budding	AUC 0.762 R+C	Да Yes
M. Wang et al. [28]	117	Прогнозирование гистологических типов, степени злокачественности и стадии опухоли по FIGO Prediction of histological types, degree of malignancy and tumor stage according to FIGO	AUC 0.823, 0.790 and 0.850 соответственно/accordingly	Да Yes
X. Zhao et al. [29]	57	Определение стадии РШМ до операции Determining the stage of breast cancer before surgery	AUC 0.907	Да Yes
Q. Huang et al. [30]	94	Определение стадии Stage definition	AUC 0.887 R+C	Да Yes
K. Huang et al. [31]	30	Оценка динамических изменений в CD8+ Т-клетках и макрофагах, инфильтрирующих опухоль, во время ХЛТ Assessment of dynamic changes in CD8+ T cells and macrophages infiltrating the tumor during CLT	AUC 0.875, (95% CI 0.753–0.997)	Да Yes
H. Liu et al. [32]	227	Дифференциальная диагностика гистологических типов РШМ Differential diagnosis of breast cancer histotypes	AUC 0,851 (95% CI 0,715–0,986)	Да Yes
F. Wu et al. [33]	100	Дифференциация стадий РШМ (стадии I–IIa в сравнении с IIb–IV) Differentiation of stages of breast cancer (stages I–IIa in comparison with IIb–IV)	AUC 0,902 (95% CI 0,832–0,972)	Нет No
Z. Yu et al. [34]	180	Прогнозирование гистологического типа, степени дифференцировки и уровня экспрессии Ki-67 Prediction of histological type, degree of differentiation, and level of Ki-67 expression	AUC 0,856, 0,810, 0,832 соответственно/accordingly	Да Yes

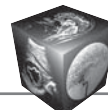


Таблица 1 (окончание).

Table 1 (end).

Автор Author	N	Цель исследования The purpose of the study	Метрики лучшей модели Best Model Metrics	С
S. Wang et al. [35]	104	Дифференциальная диагностика плоскоклеточной карциномы ШМ Differential diagnosis of squamous cell carcinoma of CMM	AUC = 0.822	Нет No
Y. Liu et al. [36]	296	Прогнозирование стадии по FIGO FIGO Stage prediction	Во внешней группе валидации AUC 0.767–0.771 In the external validation group AUC 0.767–0.771	Да Yes
Y. Zhang et al. [37]	168	Дифференциальная диагностика между стадиями IIIC1 и IIIC2. Differential diagnosis between stages IIIC1 and IIIC2.	AUC 0.789	Да Yes
S. Aouadi et al. [14]	85	Определения степени злокачественности и стадии опухоли Determination of the degree of malignancy and the stage of the tumor	AUC = 0.924	Нет No

Примечание. Здесь и в табл. 2, 3: N – количество пациентов, С – клинические данные, R – радиомические данные, R+C – модель, основанная на комбинации радиомических и клинических данных.

Note. Here and in tables 2, 3: N – the number of patients, C – clinical data, R – radiomic data, R+C – a model based on a combination of radiomic and clinical data.

2. Прогнозирование опухолевой инвазии

В данную группу вошло 20 оригинальных исследований. В среднем в исследования включены данные 165 [124;223] пациентов. 17 исследований посвящены МРТ, 2 исследования – ПЭТ/КТ, 1 исследование – ПЭТ/МРТ. В среднем AUC наилучших моделей в исследованиях на тестовых выборках составляла $0,876 \pm 0,06$, где это было применено.

Большая часть исследований в этой группе (13) посвящена предоперационному прогнозированию лимфоваскулярной инвазии (ЛВИ) по данным визуализационных методов исследований, 5 исследований – прогнозированию инвазии в параметрий и 2 исследования – инвазии в строму шейки матки. 14 из 20 исследователей использовали для построения прогностических моделей различные клинические признаки, помимо текстурных показателей радиомики. Детальная информация об исследованиях представлена в табл. 2.

При построении своих моделей исследователи извлекали радиомические признаки из различных последовательностей. Так, T. Wang и соавт. [40] извлекали радиомические показатели из T2WI- и DWI-последовательностей. Их модель прогнозирования параметральной инвазии, объединяющая радиомику МРТ, возраст пациента и степень злокачественности опухоли, показала высокую дискриминационную способность с C-индексом 0,941

(0,868–1). G. Huang и соавт. [41] извлекали радиомические показатели из sFOV HR-T2WI, T2WI, FS-T2WI и T1C-последовательностей. Их лучшая модель содержала исключительно радиомические признаки и показала AUC 0,940. A. M. Xiao и соавт. [44] использовали в своей работе радиомические признаки с T1WI, FS-T2WI, DWI и ADC-последовательностей. Их модель показала эффективность в выявлении ЛВИ с C-индексом 0,81. Наиболее используемыми МР-последовательностями являлись T2WI и T1C. ПЭТ-последовательности также показали хорошую дискриминационную способность. Так, в исследовании F. Shang и соавт. [51] использовались совместно T2WI- и ПЭТ-последовательности. Их модель прогнозирования инфильтрации параметрия имела AUC 0,774. J. Li и соавт. [50] использовали для прогнозирования ЛВИ ПЭТ/КТ. Их модель, объединяющая признаки с КТ- и ПЭТ-серий, а также ряд клинических признаков, имела AUC 0,885.

В целом большинство разработанных в описываемых исследованиях моделей прогнозирования опухолевой инвазии в соседние ткани показало высокие или очень высокие метрики качества, что подтверждает перспективность использования радиомики для прогнозирования инвазии в предоперационном периоде. Но методология, использованная в данных исследованиях, требует стандартизации для применения результатов в реальной практике.



Таблица 2. Исследования, посвященные прогнозированию опухолевой инвазии РШМ по данным радиомики
Table 2. Studies devoted to the prediction of tumor invasion of breast cancer based on radiomics data

Автор Author	N	Цель исследования The purpose of the study	Метрики лучшей модели Best Model Metrics	С
Z. Li et al. [38]	105	Прогнозирование ЛВИ LVI forecasting	AUC 0.727 (95% CI 0.5449–0.9097) R+C	Да Yes
W. Du et al. [39]	149	Прогнозирование ЛВИ LVI forecasting	AUC = 0.923 R+C	Да Yes
T. Wang et al. [40]	137	Прогнозирование параметральной инвазии Prediction of parametric invasion	C-index 0.941 (95% CI 0.868–1) R+C	Да Yes
G. Huang et al. [41]	125	Прогнозирование ЛВИ LVI forecasting	AUC 0.940	Да Yes
X. Li et al. [42]	112	Прогнозирование ЛВИ LVI forecasting	AUC 0.801 R+C	Да Yes
Y. Wu et al. [43]	168	Прогнозирование ЛВИ LVI forecasting	AUC 0.775 (95% CI: 0.570–0.979) Разработанная номограмма показала / The developed nomogram showed AUC 0.830 (95% CI: 0.657–1.000) R+C	Да Yes
M. Xiao et al. [44]	233	Предоперационное прогнозирование инвазии в лимфатические узлы и кровеносные сосуды Preoperative prognosis of invasion of lymph nodes and blood vessels	C-index 0.81 R+C	Да Yes
L. Cui et al. [45]	163	Предоперационное прогнозирование инвазии в лимфатические узлы и кровеносные сосуды Preoperative prognosis of invasion of lymphatic and blood vessels	AUC 0.788; R 3 и 7 мм от опухоли / 3 and 7 mm from the tumor	Да Yes
F.H. Liu et al. [46]	177	Предоперационное прогнозирование инвазии в лимфатические узлы и кровеносные сосуды Preoperative prognosis of invasion of lymphatic and blood vessels	AUC 0.837 R+C	Да Yes
J. Ren et al. [47]	234	Прогнозирование средней или глубокой инвазии стромы Prediction of moderate or deep stromal invasion	AUC 0.886 R+диаметр опухоли / R+ the diameter of the tumor	Да Yes
H. Yan et al. [48]	229	Выявление глубокой инвазии в строму Detection of deep invasion of the stroma	AUC 0.969 (95% CI 0.947–0.990) R+C	Да Yes
Z. Yu et al. [49]	180	Прогнозирование послеоперационного риска инвазии параметрия Predicting the postoperative risk of invasion parametrization	AUC 0.896 R+C	Да Yes
J. Li et al. [50]	123	Прогнозирование инвазии в лимфатические узлы и кровеносные сосуды Preoperative prognosis of invasion of lymphatic and blood vessels	AUC 0.885 R+C	Да Yes
F. Shang et al. [51]	66	Оценка инфильтрации параметрия Assessment of infiltration parametrization	AUC 0.774 R MPT опухолевой области + R ПЭТ/КТ перитуморальной области R MRI the tumor area + R PET/CT peritumoral area	Да Yes



3. Прогнозирование метастазирования в лимфатические узлы

В данную группу вошло 31 оригинальное исследование. В среднем в исследования включены данные 169 [137;224] пациентов. 23 исследования посвящены МРТ, 5 исследований – КТ, 2 исследования – ПЭТ/КТ и 1 исследование – ПЭТ/КТ и ПЭТ/МРТ одновременно. В среднем AUC наилучших моделей в исследованиях на тестовых выборках составляла $0,83 \pm 0,07$, где это было применено.

Практически все исследования (30) посвящены прогнозированию наличия метастазов в тазовых лимфатических узлах по данным радиомических признаков ткани первичной опухоли или выявлению среди лимфатических узлов метастатически пораженных. В 1 исследовании прогнозируется наличие метастазов в парааортальные лимфатические узлы. В 19 из 31 исследований авторы использовали для построения прогностических моделей клинические признаки, помимо показа-

телей радиомики. Детальная информация об исследованиях представлена в табл. 3.

В большинстве исследований наилучшие показатели регистрировались у моделей, основанных исключительно на радиомических показателях. Только в 8 исследованиях добавление клинических признаков, таких как стадирование по FIGO, сопутствующие патологии, возраст, гистологическая верификация, позволило повысить метрики точностей моделей. При этом самыми используемыми клиническими признаками являлись либо статус лимфатических узлов по данным МРТ [55, 57, 65], что является операторозависимым показателем и сложно поддается стандартизации и воспроизводимости, либо стадия по FIGO [16, 67], которая сама по себе также учитывает состояние лимфатических узлов, поэтому ее использование в данном контексте как прогностического фактора сомнительно. В некоторых исследованиях в качестве прогностического признака использовался макси-

Таблица 3. Исследования, посвященные прогнозированию метастазирования в лимфатические узлы (ЛУ) у пациенток с РШМ с применением радиомики

Table 3. Studies devoted to the prediction of tumor invasion of cervical cancer based on radiomics data

Автор Author	N	Цель исследования The purpose of the study	Метрики лучшей модели Best Model Metrics	С
J. Song et al. [52]	132	Прогнозирование МТС в тазовые ЛУ Prediction of MTS in pelvic muscles	AUC 0.75	Да Yes
M. Xiao et al. [53]	233	Предоперационное прогнозирование состояния ЛУ Preoperative prognosis of the LU condition	C-index 0.883 (95% CI 0.809–0.957) Номограмма – C-index, 0.893 [95% CI 0.822–0.964] Nomogram – C-index, 0.893 [95% CI 0.822–0.964]	Нет No
X. Chen et al. [54]	127	Обнаружение МТС в ЛУ MTS detection in LU	AUC 0.841 ± 0.035	Нет No
L. Hou et al. [55]	168	Прогнозирование МТС в ЛУ MTS forecasting in LU	AUC 0.865 (95% ДИ 0.794–0.936) и 0.861 (95% CI 0.733–0.990) R+статус ЛУ R+LU status	Да Yes
T. Dong et al. [56]	226	Прогнозирование МТС в ЛУ до операции Prediction of MTS in LU before surgery	AUC и точность 0.90 и 92.00% AUC and accuracy 0.90 и 92.00%	Нет No
J. Shi et al. [57]	169	Прогнозирование МТС в ЛУ MTS forecasting in LU	AUC в когорте внутренней валидации 0.863 и внешней валидации 0.804 AUC in the internal validation cohort 0.863 and external validation 0.804 R+C	Да Yes



Таблица 3 (продолжение).

Table 3 (continuation).

Автор Author	N	Цель исследования The purpose of the study	Метрики лучшей модели Best Model Metrics	С
X. Deng et al. [58]	163	Прогнозирование МТС в ЛУ MTS forecasting in LU	AUC 0.88 R+C	Да Yes
Q. Wu et al. [59]	189	МТС в ЛУ MTS in LU	AUC 0.847 Ропухоли + перитуморальной ткани RTumors + peritumoral tissue	Да Yes
T. Wang et al. [60]	96	Прогнозирование МТС в ЛУ MTS forecasting in LU	C-index 0.893 R+C	Да Yes
Y. Liu et al. [61]	235	Прогнозирование МТС в ЛУ MTS forecasting in LU	AUC 0.730 и 0.618	Нет No
Q. Wu et al. [26]	56	Прогнозирование МТС в ЛУ MTS forecasting in LU	AUC от 0.747 до 0.850 Rкарт ADC	Да Yes
Y. Liu et al. [62]	219	Прогнозирование МТС в ЛУ MTS forecasting in LU	AUC 0.859 в когорте внутренней проверки и 0.80 в когорте внешней проверки AUC 0.859 in the internal validation cohort and 0.80 in the external validation cohort	Да Yes
Y. Kan et al. [63]	143	Прогнозирование МТС в ЛУ MTS forecasting in LU	AUC 0.754 (95% CI 0.584–0.924)	Да Yes
L. Yan et al. [64]	190	Прогнозирование МТС в ЛУ MTS forecasting in LU	AUC = 0.806	Нет No
Y.Y. Yu et al. [65]	153	Прогнозирование МТС в тазовые ЛУ Prediction of MTS in pelvic muscles	AUC 0.870 (95% CI 0.747–0.948) R+C	Да Yes
J. Chen et al. [66]	150	Предоперационное прогнозирование состояния ЛУ Preoperative prognosis of the LU condition	AUC 0.75 (95% CI 0.53–0.93)	Нет No
X. Xia et al. [67]	150	Предоперационное прогнозирование состояния ЛУ Preoperative prognosis of the LU condition	AUC = 0.922 R+C	Да Yes
T. Wang et al. [68]	124	Предоперационное прогнозирование состояния ЛУ Preoperative prognosis of the LU condition	AUC 0.513–0.826	Нет No
Z. Zhang et al. [69]	247	Предоперационное прогнозирование состояния ЛУ Preoperative prognosis of the LU condition	AUC 0.846 R опухоли+ и перитуморальной области в 3 мм R tumors+ and peritumoral area in 3 mm	Да Yes
F. Lucia et al. [70]	178	Прогнозирование поражения парааортальных ЛУ Prediction of paraaortic LU lesions	C-index от 0,88 до 0,96 (95% CI 0,76, 1,00) и от 0,85 до 0,92 (95% CI 0,75, 0,99) соответственно. R+C	Да Yes
Y. Zhu et al. [71]	233	Прогнозирование МТС в ЛУ MTS forecasting in LU	AUC 0,982	Да Yes
J. Liu et al. [72]	282	Прогнозирование МТС в ЛУ после НАХТ MTS forecasting in LU after NAKHT	AUC 0.859 (95% CI 0.781–0.936)	Да Yes
Y. Liu et al. [73]	235	Предоперационное прогнозирование состояния ЛУ Preoperative prognosis of the LU condition	AUC 0.730 и 0.618	Нет No



Таблица 3 (окончание).

Table 3 (end).

Автор Author	N	Цель исследования The purpose of the study	Метрики лучшей модели Best Model Metrics	С
Z. Yu et al. [74]	180	Предоперационное прогнозирование состояния ЛУ Preoperative prognosis of the LU condition	AUC 0.868 R+C	Да Yes
C. Ai et al. [75]	1099	Оценка метастазов в ЛУ после НАХТ Assessment of LU metastases after NACHT	AUC 0.797	Нет No
K.C.Chan et al. [76]	101	Предоперационное прогнозирование состояния ЛУ Preoperative prognosis of the LU condition	AUC 0.72 и 0.76 R ПЭТ/КТ	Нет No
B. Zhang et al. [77]	118	Прогнозирование МТС в ЛУ MTS forecasting in LU	AUC 0.85	Нет No
S. Liu et al. [78]	180	Прогнозирование МТС в ЛУ MTS forecasting in LU	AUC 0.745 (95% CI: 0.740–0.750) R+C	Да Yes
Z. Zhang et al. [79]	148	Прогнозирование МТС в тазовые ЛУ Prediction of MTS in pelvic muscles	AUC = 0.817	Да Yes
P.A. tefan [80]	56	Идентификация метастатических ЛУ Identification of metastatic LU	Точность/Accuracy 93.75%	Нет No

мальный диаметр первичной опухоли [57]. В ряде исследований именно при решении задачи выявления метастазирования в лимфатические узлы хорошо показывают себя радиомические показатели, извлеченные с карт измеряемого коэффициента диффузии (ADC [26, 68]). Данная МР-последовательность активно используется в рутинной МРТ при оценке поражения лимфатических узлов, но применение радиомики позволяет количественно интерпретировать данную информацию.

В целом приведенные исследования показывают хорошие дискриминативные возможности показателей радиомики как для прогнозирования возможного метастазирования в лимфатические узлы при анализе первичной опухоли, так и обнаружения метастазов в лимфатических узлах нормального размера.

Заключение

Внедрение радиомики и алгоритмов машинного обучения обеспечивает более детализированную оценку структурных и функциональных характеристик опухоли, что улучшает прогнозирование заболевания, оптимизирует тактику лечения и устраняет многие диагностические сложности для врачей.

Участие авторов

Солодкий В.А. – ответственность за целостность всех частей статьи, утверждение окончательного варианта статьи.

Нуднов Н.В. – ответственность за целостность всех частей статьи, утверждение окончательного варианта статьи.

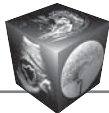
Султанова П.Н. – обзор публикаций по теме статьи, концепция и дизайн исследования, сбор и обработка данных, проведение исследования, анализ и интерпретация полученных данных, статистическая обработка данных, подготовка и редактирование текста.

Аксенова С.П. – ответственность за целостность всех частей статьи, утверждение окончательного варианта статьи.

Борисов А.А. – обзор публикаций по теме статьи, концепция и дизайн исследования, сбор и обработка данных, проведение исследования, анализ и интерпретация полученных данных, статистическая обработка данных, подготовка и редактирование текста, подготовка, создание опубликованной работы.

Шахвалиева Э.С.-А. – обзор публикаций по теме статьи, концепция и дизайн исследования, сбор и обработка данных, проведение исследования, анализ и интерпретация полученных данных, статистическая обработка данных, подготовка и редактирование текста, подготовка, создание опубликованной работы.

Карелидзе Д.Г. – обзор публикаций по теме статьи, концепция и дизайн исследования, сбор и обработка данных, проведение исследования, анализ и интерпре-



тация полученных данных, статистическая обработка данных, подготовка и редактирование текста, подготовка, создание опубликованной работы.

Иванников М.Е. – обзор публикаций по теме статьи, концепция и дизайн исследования, сбор и обработка данных, проведение исследования, анализ и интерпретация полученных данных, статистическая обработка данных, подготовка и редактирование текста, подготовка, создание опубликованной работы.

Маковецкая А.И. – обзор публикаций по теме статьи, концепция и дизайн исследования, сбор и обработка данных, проведение исследования, анализ и интерпретация полученных данных, статистическая обработка данных, подготовка и редактирование текста, подготовка, создание опубликованной работы.

Семенова С.Р. – обзор публикаций по теме статьи, концепция и дизайн исследования, сбор и обработка данных, проведение исследования, анализ и интерпретация полученных данных, статистическая обработка данных, подготовка и редактирование текста, подготовка, создание опубликованной работы.

Authors' participation

Solodky V.A. – responsibility for the integrity of all parts of the article, approval of the final version of the article.

Nudnov N.V. – responsibility for the integrity of all parts of the article, approval of the final version of the article.

Sultanova P.N. – review of publications, concept and design of the study, collection and analysis of data, conducting research, analysis and interpretation of the obtained data, analysis and interpretation of the obtained data, statistical analysis, text preparation and editing, preparation and creation of the published work.

Aksenova S.P. – responsibility for the integrity of all parts of the article, approval of the final version of the article.

Borisov A.A. – review of publications, concept and design of the study, collection and analysis of data, conducting research, analysis and interpretation of the obtained data, analysis and interpretation of the obtained data, statistical analysis, text preparation and editing, preparation and creation of the published work.

Shakhvalieva E.S.-A. – review of publications, concept and design of the study, collection and analysis of data, conducting research, analysis and interpretation of the obtained data, analysis and interpretation of the obtained data, statistical analysis, text preparation and editing, preparation and creation of the published work.

Karelidze D.G. – review of publications, concept and design of the study, collection and analysis of data, conducting research, analysis and interpretation of the obtained data, analysis and interpretation of the obtained data, statistical analysis, text preparation and editing, preparation and creation of the published work.

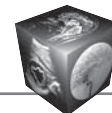
Ivannikov M.E. – review of publications, concept and design of the study, collection and analysis of data, conducting research, analysis and interpretation of the obtained data, analysis and interpretation of the obtained data, statistical analysis, text preparation and editing, preparation and creation of the published work.

Маковецкая А.И. – review of publications, concept and design of the study, collection and analysis of data, conducting research, analysis and interpretation of the obtained data, analysis and interpretation of the obtained data, statistical analysis, text preparation and editing, preparation and creation of the published work.

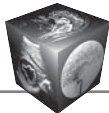
Семенова С.Р. – review of publications, concept and design of the study, collection and analysis of data, conducting research, analysis and interpretation of the obtained data, analysis and interpretation of the obtained data, statistical analysis, text preparation and editing, preparation and creation of the published work.

Список литературы [References]

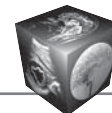
1. Всемирная организация здравоохранения, 2023, 17 ноября. Рак шейки матки. World Health Organization, 2023, november 17. Cervical cancer. (In Russian) https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/cervical-cancer?utm_source=chatgpt.com
2. Каприн А.Д., Старинский В.В., Шахзадова А.О. (ред.). Состояние онкологической помощи населению России в 2023 году. М.: МНИОИ им. П.А. Герцена – филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России, 2024. 262 с. Kaprin A.D., Starinsky V.V., Shakhzadova A.O. (eds). The state of oncologic assistance to the Russian population in 2023. M.: P.A. Herzen Moscow Research Institute of Oncology – a department of the Federal State Budgetary Institution NMRC of Radiology, 2024. 262 p. (In Russian)
3. Statistics at a glance. <https://gco.iarc.who.int/media/globocan/factsheets/populations/900-world-fact-sheet.pdf>
4. Pecorelli S. Revised FIGO staging for carcinoma of the vulva, cervix, and endometrium. *Int. J. Gynaecol. Obstet.* 2009; 105 (2): 103–104. <http://doi.org/10.1016/j.ijgo.2009.02.012>
5. Клинические рекомендации «Рак шейки матки», 2023. Clinical guidelines «Cervical Cancer», 2023. (In Russian) http://disuria.ru/_id/13/1376_kr20C53MZ.pdf
6. Dappa E., Elger T., Hasenburg A. et al. The value of advanced MRI techniques in the assessment of cervical cancer: a review. *Insights. Imaging.* 2017; 8 (5): 471–481. <http://doi.org/10.1007/s13244-017-0567-0>
7. Bizzarri N., Russo L., Dolciemi M. et al. Radiomics systematic review in cervical cancer: gynecological oncologists' perspective. *Int. J. Gynecol. Cancer.* 2023; 33 (10): 1522–1541. <http://doi.org/10.1136/ijgc-2023-004589>
8. Антонова И.Б., Аксенова С.П., Нуднов Н.В., Кригер А.В. Возможности и ограничения магнитно-резонансной томографии для диагностики эндоцервикальных аденокарцином шейки матки. *Digital Diagnostics.* 2024; 5 (2): 149–166. <http://doi.org/10.17816/dd585195> Antonova I.B., Aksenova S.P., Nudnov N.V., Kriger A.V. Possibilities and limitations of magnetic resonance imaging in the diagnostics of endocervical adenocarcinomas. *Digital Diagnostics.* 2024; 5 (2): 149–166. <http://doi.org/10.17816/dd585195> (In Russian)
9. Тарачкова Е.В., Шорилов М.А., Панов В.О., Кузнецов В.В., Усманова Л.Ш., Тюрин И.Е. Возможности мультипараметрической магнитно-резонансной томографии в дифференциальной диагностике гистологического типа рака шейки матки на дооперационном этапе. *Опухоли женской репродуктивной системы.* 2016;



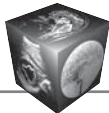
- 12 (2): 60–69. <http://doi.org/10.17650/1994-4098-2016-12-2-60-69>
- Tarachkova E.V., Streltsova O.N., Panov V.O. et al. Possibilities of multiparametric MRI in the differential diagnosis of histological types of cervical cancer in the preoperative period. *Tumors of Female Reproductive System*. 2016; 12 (2): 60–69. <http://doi.org/10.17650/1994-4098-2016-12-2-60-69> (In Russian)
10. Aerts H.J. The Potential of Radiomic-Based Phenotyping in Precision Medicine: A Review. *JAMA Oncol*. 2016; 2 (12): 1636–1642. <http://doi.org/10.1001/jamaoncol.2016.2631>
11. Bizzarri N., Russo L., Dolciemi M. et al. Radiomics systematic review in cervical cancer: gynecological oncologists' perspective. *Int. J. Gynecol. Cancer*. 2023; 33 (10): 1522–1541. <http://doi.org/10.1136/ijgc-2023-004589>
12. Zhao X., Wang X., Zhang B. et al. Classifying early stages of cervical cancer with MRI-based radiomics. *Magn. Reson. Imaging*. 2022; 89: 70–76. <http://doi.org/10.1016/j.mri.2022.03.002>
13. Wang W., Jiao Y., Zhang L. et al. Multiparametric MRI-based radiomics analysis: differentiation of subtypes of cervical cancer in the early stage. *Acta Radiol*. 2022; 63 (6): 847–856. <http://doi.org/10.1177/02841851211014188>
14. Aouadi S., Torfeh T., Bouhali O. et al. Prediction of cervix cancer stage and grade from diffusion weighted imaging using EfficientNet. *Biomed. Phys. Eng. Express*. 2024; 10 (4). <http://doi.org/10.1088/2057-1976/ad5207>
15. Chong G.O., Park S.H., Park N.J. et al. Predicting Tumor Budding Status in Cervical Cancer Using MRI Radiomics: Linking Imaging Biomarkers to Histologic Characteristics. *Cancers (Basel)*. 2021; 13(20): 5140. <http://doi.org/10.3390/cancers13205140>
16. Deng X., Liu M., Sun J. et al. Feasibility of MRI-based radiomics features for predicting lymph node metastases and VEGF expression in cervical cancer. *Eur. J. Radiol*. 2021; 134: 109429. <http://doi.org/10.1016/j.ejrad.2020.109429>
17. Li X.R., Jin J.J., Yu Y. et al. PET-CT radiomics by integrating primary tumor and peritumoral areas predicts E-cadherin expression and correlates with pelvic lymph node metastasis in early-stage cervical cancer. *Eur. Radiol*. 2021; 31 (8): 5967–5979. <http://doi.org/10.1007/s00330-021-07690-7>
18. Huang K., Huang X., Zeng C. et al. Radiomics signature for dynamic changes of tumor-infiltrating CD8+ T cells and macrophages in cervical cancer during chemoradiotherapy. *Cancer Imaging*. 2024; 24 (1): 54. <http://doi.org/10.1186/s40644-024-00680-0>
19. Yu Z., Zhihui Q., Linrui L. et al. Machine Learning-Based Models for Assessing Postoperative Risk Factors in Patients with Cervical Cancer. *Acad. Radiol*. 2024; 31 (4): 1410–1418. <http://doi.org/10.1016/j.acra.2023.09.031>
20. Liu Y., Zhang Y., Cheng R. et al. Radiomics analysis of apparent diffusion coefficient in cervical cancer: A preliminary study on histological grade evaluation. *J. Magn. Reson. Imaging*. 2019; 49 (1): 280–290. <http://doi.org/10.1002/jmri.26192>
21. Wang W., Jiao Y., Zhang L. et al. Multiparametric MRI-based radiomics analysis: differentiation of subtypes of cervical cancer in the early stage. *Acta Radiol*. 2022; 63 (6): 847–856. <http://doi.org/10.1177/02841851211014188>
22. Chong G.O., Park S.H., Park N.J. et al. Predicting Tumor Budding Status in Cervical Cancer Using MRI Radiomics: Linking Imaging Biomarkers to Histologic Characteristics. *Cancers (Basel)*. 2021; 13 (20): 5140. <http://doi.org/10.3390/cancers13205140>
23. Li X.R., Jin J.J., Yu Y. et al. PET-CT radiomics by integrating primary tumor and peritumoral areas predicts E-cadherin expression and correlates with pelvic lymph node metastasis in early-stage cervical cancer. *Eur. Radiol*. 2021; 31 (8): 5967–5979. <http://doi.org/10.1007/s00330-021-07690-7>
24. Liu Y., Song T., Dong T.F. et al. MRI-based radiomics analysis to evaluate the clinicopathological characteristics of cervical carcinoma: a multicenter study. *Acta Radiol*. 2023; 64 (1): 395–403. <http://doi.org/10.1177/02841851211065142>
25. Umutlu L., Nensa F., Demircioglu A. et al. Radiomics Analysis of Multiparametric PET/MRI for N- and M-Staging in Patients with Primary Cervical Cancer. *Rofo*. 2020; 192 (8): 754–763. <http://doi.org/10.1055/a-1100-0127>
26. Wu Q., Shi D., Dou S. et al. Radiomics Analysis of Multiparametric MRI Evaluates the Pathological Features of Cervical Squamous Cell Carcinoma. *J. Magn. Reson. Imaging*. 2019; 49 (4): 1141–1148. <http://doi.org/10.1002/jmri.26301>
27. Chong G.O., Park S.H., Jeong S.Y. et al. Prediction Model for Tumor Budding Status Using the Radiomic Features of F-18 Fluorodeoxyglucose Positron Emission Tomography/Computed Tomography in Cervical Cancer. *Diagnostics (Basel)*. 2021; 11 (8): 1517. <http://doi.org/10.3390/diagnostics11081517>
28. Wang M., Perucho J.A.U., Vardhanabhuti V. et al. Radiomic Features of T2-weighted Imaging and Diffusion Kurtosis Imaging in Differentiating Clinicopathological Characteristics of Cervical Carcinoma. *Acad. Radiol*. 2022; 29 (8): 1133–1140. <http://doi.org/10.1016/j.acra.2021.08.018>
29. Zhao X., Wang X., Zhang B. et al. Classifying early stages of cervical cancer with MRI-based radiomics. *Magn. Reson. Imaging*. 2022; 89: 70–76. <http://doi.org/10.1016/j.mri.2022.03.002>
30. Huang Q., Deng B., Wang Y. et al. Reduced field-of-view DWI derived clinical-radiomics model for the prediction of stage in cervical cancer. *Insights. Imaging*. 2023; 14 (1): 18. <http://doi.org/10.1186/s13244-022-01346-w>
31. Huang K., Huang X., Zeng C. et al. Radiomics signature for dynamic changes of tumor-infiltrating CD8+ T cells and macrophages in cervical cancer during chemoradiotherapy. *Cancer Imaging*. 2024; 24 (1): 54. <http://doi.org/10.1186/s40644-024-00680-0>
32. Liu H., Lao M., Zhang Y. et al. Radiomics-based machine learning models for differentiating pathological subtypes in cervical cancer: a multicenter study. *Front. Oncol*. 2024; 14: 1346336. <http://doi.org/10.3389/fonc.2024.1346336>
33. Wu F., Zhang R., Li F. et al. Radiomics analysis based on multiparametric magnetic resonance imaging for differentiating early stage of cervical cancer. *Front. Med. (Lausanne)*. 2024; 11: 1336640. <http://doi.org/10.3389/fmed.2024.1336640>
34. Yu Z., Zhihui Q., Linrui L. et al. Machine Learning-Based Models for Assessing Postoperative Risk Factors in Patients with Cervical Cancer. *Acad. Radiol*. 2024; 31 (4): 1410–1418. <http://doi.org/10.1016/j.acra.2023.09.031>
35. Wang S., Jiang T., Hu X. et al. Can the combination of DWI and T2WI radiomics improve the diagnostic



- efficiency of cervical squamous cell carcinoma? *Magn. Reson. Imaging*. 2022; 92: 197–202.
<http://doi.org/10.1016/j.mri.2022.07.005>
36. Liu Y., Dong T.F., Li P.J. et al. MRI-based radiomics features for the non-invasive prediction of FIGO stage in cervical carcinoma: A multi-center study. *Magn. Reson. Imaging*. 2024; 110: 170–175.
<http://doi.org/10.1016/j.mri.2023.11.012>
37. Zhang Y., Hu Y., Zhao S., Xu S. Validation of the 2018 FIGO staging system for stage IIIC cervical cancer by determining the metabolic and radiomic heterogeneity of primary tumors based on ¹⁸F-FDG PET/CT. *Abdom Radiol (NY)*. 2024; 49 (6): 2027–2039.
<http://doi.org/10.1007/s00261-024-04226-7>
38. Li Z., Li H., Wang S. et al. MR-Based Radiomics Nomogram of Cervical Cancer in Prediction of the Lymph-Vascular Space Invasion preoperatively. *J. Magn. Reson. Imaging*. 2019; 49 (5): 1420–1426.
<http://doi.org/10.1002/jmri.26531>
39. Du W., Wang Y., Li D. et al. Preoperative Prediction of Lymphovascular Space Invasion in Cervical Cancer With Radiomics – Based Nomogram. *Front. Oncol.* 2021; 11: 637794. <http://doi.org/10.3389/fonc.2021.637794>
40. Wang T., Gao T., Guo H. et al. Preoperative prediction of parametrial invasion in early-stage cervical cancer with MRI-based radiomics nomogram. *Eur. Radiol.* 2020; 30 (6): 3585–3593. <http://doi.org/10.1007/S00330-019-06655-1>
41. Huang G., Cui Y., Wang P. et al. Multi-Parametric Magnetic Resonance Imaging-Based Radiomics Analysis of Cervical Cancer for Preoperative Prediction of Lymphovascular Space Invasion. *Front. Oncol.* 2022; 11: 663370.
<http://doi.org/10.3389/fonc.2021.663370>
42. Li X., Xu C., Yu Y. et al. Prediction of lymphovascular space invasion using a combination of tenascin-C, cox-2, and PET/CT radiomics in patients with early-stage cervical squamous cell carcinoma. *BMC Cancer*. 2021; 21 (1): 866. <http://doi.org/10.1186/S12885-021-08596-9>
43. Wu Y., Wang S., Liu X. et al. Habitat-based radiomics enhances the ability to predict lymphovascular space invasion in cervical cancer: a multi-center study. *Front. Oncol.* 2023; 13: 1252074.
<http://doi.org/10.3389/fonc.2023.1252074>
44. Xiao M., Li Y., Ma F. et al. Multiparametric MRI radiomics nomogram for predicting lymph-vascular space invasion in early-stage cervical cancer. *Br. J. Radiol.* 2022; 95 (1134): 20211076. <http://doi.org/10.1259/bjr.20211076>
45. Cui L., Yu T., Kan Y. et al. Multi-parametric MRI-based peritumoral radiomics on prediction of lymph-vascular space invasion in early-stage cervical cancer. *Diagn. Interv. Radiol.* 2022; 28 (4): 312–321.
<http://doi.org/10.5152/dir.2022.20657>
46. Liu F.H., Zhao X.R., Zhang X.L. et al. Multiparametric MRI-based radiomics nomogram for predicting lymph-vascular space invasion in cervical cancer. *BMC Med. Imaging*. 2024; 24 (1): 167.
<http://doi.org/10.1186/s12880-024-01344-y>
47. Ren J., Li Y., Yang J.J. et al. MRI-based radiomics analysis improves preoperative diagnostic performance for the depth of stromal invasion in patients with early stage cervical cancer. *Insights. Imaging*. 2022; 13 (1): 17.
<http://doi.org/10.1186/s13244-022-01156-0>
48. Yan H., Huang G., Yang Z. et al. Machine Learning-Based Multiparametric Magnetic Resonance Imaging Radiomics Model for Preoperative Predicting the Deep Stromal Invasion in Patients with Early Cervical Cancer. *J. Imaging Inform. Med.* 2024; 37 (1): 230–246.
<http://doi.org/10.1007/s10278-023-00906-w>
49. Yu Z., Zhihui Q., Linrui L. et al. Machine Learning-Based Models for Assessing Postoperative Risk Factors in Patients with Cervical Cancer. *Acad. Radiol.* 2024; 31 (4): 1410–1418. <http://doi.org/10.1016/j.acra.2023.09.031>
50. Li J., Cui N., Wang Y. et al. Prediction of preoperative lymph-vascular space invasion and survival outcomes of cervical squamous cell carcinoma by utilizing ¹⁸F-FDG PET/CT imaging at early stage. *Nucl. Med. Commun.* 2024; 45 (12): 1069–1081.
<http://doi.org/10.1097/MNM.0000000000001909>
51. Shang F., Tan Z., Gong T. et al. Evaluation of parametrial infiltration in patients with IB-IIB cervical cancer by a radiomics model integrating features from tumoral and peritumoral regions in ¹⁸F-fluorodeoxy glucose positron emission tomography/MR images. *NMR Biomed.* 2023; e4945. <http://doi.org/10.1002/nbm.4945>
52. Song J., Hu Q., Ma Z., et al. Feasibility of T2WI-MRI-based radiomics nomogram for predicting normal-sized pelvic lymph node metastasis in cervical cancer patients. *Eur. Radiol.* 2021; 31 (9): 6938–6948.
<http://doi.org/10.1007/s00330-021-07735-x>
53. Xiao M., Ma F., Li Y. et al. Multiparametric MRI-Based Radiomics Nomogram for Predicting Lymph Node Metastasis in Early-Stage Cervical Cancer. *J. Magn. Reson. Imaging*. 2020; 52 (3): 885–896.
<http://doi.org/10.1002/jmri.27101>
54. Chen X., Liu W., Thai T.C. et al. Developing a new radiomics-based CT image marker to detect lymph node metastasis among cervical cancer patients. *Comput. Methods Programs. Biomed.* 2020; 197: 105759.
<http://doi.org/10.1016/j.cmpb.2020.105759>
55. Hou L., Zhou W., Ren J. et al. Radiomics Analysis of Multiparametric MRI for the Preoperative Prediction of Lymph Node Metastasis in Cervical Cancer. *Front. Oncol.* 2020; 10: 1393. <http://doi.org/10.3389/fonc.2020.01393>
56. Dong T., Yang C., Cui B. et al. Development and Validation of a Deep Learning Radiomics Model Predicting Lymph Node Status in Operable Cervical Cancer. *Front. Oncol.* 2020; 10: 464. <http://doi.org/10.3389/fonc.2020.00464>
57. Shi J., Dong Y., Jiang W. et al. MRI-based peritumoral radiomics analysis for preoperative prediction of lymph node metastasis in early-stage cervical cancer: A multi-center study. *Magn. Reson. Imaging*. 2022; 88: 1–8.
<http://doi.org/10.1016/j.mri.2021.12.008>
58. Deng X., Liu M., Sun J. et al. Feasibility of MRI-based radiomics features for predicting lymph node metastases and VEGF expression in cervical cancer. *Eur. J. Radiol.* 2021; 134: 109429.
<http://doi.org/10.1016/j.ejrad.2020.109429>
59. Wu Q., Wang S., Chen X. et al. Radiomics analysis of magnetic resonance imaging improves diagnostic performance of lymph node metastasis in patients with cervical cancer. *Radiother. Oncol.* 2019; 138: 141–148.
<http://doi.org/10.1016/j.radonc.2019.04.035>
60. Wang T., Gao T., Yang J. et al. Preoperative prediction of pelvic lymph nodes metastasis in early-stage cervical cancer using radiomics nomogram developed based on T2-weighted MRI and diffusion-weighted imaging. *Eur. J. Radiol.* 2019; 114: 128–135.
<http://doi.org/10.1016/j.ejrad.2019.01.003>



61. Liu Y., Song T., Dong T.F. et al. MRI-based radiomics analysis to evaluate the clinicopathological characteristics of cervical carcinoma: a multicenter study. *Acta Radiol.* 2023; 64 (1): 395–403. <http://doi.org/10.1177/02841851211065142>
62. Liu Y., Fan H., Dong D. et al. Computed tomography-based radiomic model at node level for the prediction of normal-sized lymph node metastasis in cervical cancer. *Transl. Oncol.* 2021; 14 (8): 101113. <http://doi.org/10.1016/j.tranon.2021.101113>
63. Kan Y., Dong D., Zhang Y. et al. Radiomic signature as a predictive factor for lymph node metastasis in early-stage cervical cancer. *J. Magn. Reson. Imaging.* 2019; 49 (1): 304–310. <http://doi.org/10.1002/jmri.26209>
64. Yan L., Yao H., Long R. et al. A preoperative radiomics model for the identification of lymph node metastasis in patients with early-stage cervical squamous cell carcinoma. *Br. J. Radiol.* 2020; 93 (1116): 20200358. <http://doi.org/10.1259/bjr.20200358>
65. Yu Y.Y., Zhang R., Dong R.T. et al. Feasibility of an ADC-based radiomics model for predicting pelvic lymph node metastases in patients with stage IB-IIA cervical squamous cell carcinoma. *Br. J. Radiol.* 2019; 92 (1097): 20180986. <http://doi.org/10.1259/bjr.20180986>
66. Chen J., He B., Dong D. et al. Noninvasive CT radiomic model for preoperative prediction of lymph node metastasis in early cervical carcinoma. *Br. J. Radiol.* 2020; 93 (1108): 20190558. <http://doi.org/10.1259/bjr.20190558>
67. Xia X., Li D., Du W. et al. Radiomics Based on Nomogram Predict Pelvic Lymphnode Metastasis in Early-Stage Cervical Cancer. *Diagnostics (Basel).* 2022; 12 (10): 2446. <http://doi.org/10.3390/diagnostics12102446>
68. Wang T., Li Y.Y., Ma N.N. et al. A MRI radiomics-based model for prediction of pelvic lymph node metastasis in cervical cancer. *Wld J. Surg. Oncol.* 2024; 22 (1): 55. <http://doi.org/10.1186/s12957-024-03333-5>
69. Zhang Z., Wan X., Lei X. et al. Intra- and peri-tumoral MRI radiomics features for preoperative lymph node metastasis prediction in early-stage cervical cancer. *Insights. Imaging.* 2023; 14 (1): 65. <http://doi.org/10.1186/s13244-023-01405-w>
70. Lucia F., Bourbonne V., Pleyers C. et al. Multicentric development and evaluation of ¹⁸F-FDG PET/CT and MRI radiomics models to predict para-aortic lymph node involvement in locally advanced cervical cancer. *Eur. J. Nucl. Med. Mol. Imaging.* 2023; 50 (8): 2514–2528. <http://doi.org/10.1007/s00259-023-06180-w>
71. Zhu Y., Fu C., Du J. et al. Prediction of Cervical Cancer Lymph Node Metastasis via a Multimodal Transfer Learning Approach. *Br. J. Hosp. Med. (Lond).* 2024; 85 (10): 1–14. <http://doi.org/10.12968/hmed.2024.0428>
72. Liu J., Dong L., Zhang X. et al. Radiomics analysis for prediction of lymph node metastasis after neoadjuvant chemotherapy based on pretreatment MRI in patients with locally advanced cervical cancer. *Front. Oncol.* 2024; 14: 1376640. <http://doi.org/10.3389/fonc.2024.1376640>
73. Liu Y., Song T., Dong T.F. et al. MRI-based radiomics analysis to evaluate the clinicopathological characteristics of cervical carcinoma: a multicenter study. *Acta Radiol.* 2023; 64 (1): 395–403. <http://doi.org/10.1177/02841851211065142>
74. Yu Z., Zhihui Q., Linrui L. et al. Machine Learning-Based Models for Assessing Postoperative Risk Factors in Patients with Cervical Cancer. *Acad. Radiol.* 2024; 31 (4): 1410–1418. <http://doi.org/10.1016/j.acra.2023.09.031>
75. Ai C., Zhang L., Ding W. et al. A nomogram-based optimized Radscore for preoperative prediction of lymph node metastasis in patients with cervical cancer after neoadjuvant chemotherapy. *Front. Oncol.* 2023; 13: 1117339. <http://doi.org/10.3389/fonc.2023.1117339>
76. Chan K.C., Perucho J.A.U., Subramaniam R.M., Lee E.Y.P. Utility of pre-treatment ¹⁸F-fluorodeoxyglucose PET radiomic analysis in assessing nodal involvement in cervical cancer. *Nucl. Med. Commun.* 2023; 44 (5): 375–380. <http://doi.org/10.1097/MNM.0000000000001672>
77. Zhang B., Liu L., Meng D., Kue C.S. Development of a radiomic model for cervical cancer staging based on pathologically verified, retrospective metastatic lymph node data. *Acta Radiol.* 2024; 65 (12): 1548–1559. <http://doi.org/10.1177/02841851241291931>
78. Liu S., Zhou Y., Wang C. et al. Prediction of lymph node status in patients with early-stage cervical cancer based on radiomic features of magnetic resonance imaging (MRI) images. *BMC Med. Imaging.* 23, 101 (2023). <http://doi.org/10.1186/s12880-023-01059-6>
79. Zhang Z., Li X., Sun H. Development of machine learning models integrating PET/CT radiomic and immunohistochemical pathomic features for treatment strategy choice of cervical cancer with negative pelvic lymph node by mediating COX-2 expression. *Front. Physiol.* 2022; 13: 994304. <http://doi.org/10.3389/fphys.2022.994304>
80. tefan P.A., Co e A., Csutak C. et al. Texture Analysis in Uterine Cervix Carcinoma: Primary Tumour and Lymph Node Assessment. *Diagnostics (Basel).* 2023; 13 (3): 442. <http://doi.org/10.3390/diagnostics13030442>



Для корреспонденции*: Султанова Пери Назимовна – e-mail: sulperi14@mail.ru

Солодкий Владимир Алексеевич – академик РАН, доктор мед. наук, профессор, директор ФГБУ “Российский научный центр рентгенорадиологии” Минздрава России, Москва. <https://orcid.org/0000-0002-1641-6452>

Нуднов Николай Васильевич – доктор мед. наук, профессор, заместитель директора по научной работе, заведующий научно-исследовательским отделом комплексной диагностики заболеваний и радиотерапии ФГБУ “Российский научный центр рентгенорадиологии” Минздрава России; профессор кафедры рентгенологии и радиологии ФГБОУ ДПО “Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования” Минздрава России; заместитель директора по научной работе, профессор кафедры онкологии и рентгенорадиологии ФГАОУ ВО “Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы” Минобрнауки России, Москва. <https://orcid.org/0000-0001-5994-0468>. E-mail: mailbox@rncrr.rssi.ru

Султанова Пери Назимовна – клинический ординатор по специальности “рентгенология” ФГБУ “Российский научный центр рентгенорадиологии” Минздрава России, Москва. <https://orcid.org/0009-0009-3006-8210>

Аксенова Светлана Павловна – канд. мед. наук, научный сотрудник лаборатории рентгенорадиологии научно-исследовательского отдела комплексной диагностики заболеваний и радиотерапии ФГБУ “Российский научный центр рентгенорадиологии” Минздрава России, Москва. <https://orcid.org/0000-0003-2552-5754>. E-mail: fabella@mail.ru

Борисов Александр Александрович – аналитик ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России, Москва. <https://orcid.org/0000-0003-4036-5883>

Шахвалиева Элина Саид-Аминовна – врач-рентгенолог ГБУЗ города Москвы “Детская городская клиническая больница № 9 им. Г.Н. Сперанского ДЗ города Москвы”. <https://orcid.org/0009-0000-7535-8523>

Карелидзе Давид Георгиевич – клинический ординатор по специальности “рентгенология” ФГБУ “Российский научный центр рентгенорадиологии” Минздрава России, Москва. <https://orcid.org/0009-0002-0375-1291>

Иванников Михаил Евгеньевич – врач-рентгенолог ГБУЗ города Москвы “Городская клиническая больница имени А.К. Ерамишанцева ДЗ города Москвы”, Москва. <https://orcid.org/0009-0007-0407-0953>

Маковецкая Алена Игоревна – клинический ординатор по специальности “рентгенология” ФГБУ “Российский научный центр рентгенорадиологии” Минздрава России, Москва. <https://orcid.org/0009-0007-3964-7708>

Семенова Софья Романовна – студентка ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России, Москва. <https://orcid.org/0009-0001-8927-2242>

Contact*: Peri N. Sultanova – e-mail: sulperi14@mail.ru

Vladimir A. Solodkiy – Academician of the Russian Academy of Sciences, Doct. of Sci. (Med.), Professor, Director of the Russian Scientific Center of Roentgenoradiology of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Moscow. <https://orcid.org/0000-0002-1641-6452>

Nikolay V. Nudnov – Doct. of Sci. (Med.), Professor, Deputy Director for Scientific Work, Head of the Research Department for Complex Diagnostics of Diseases and Radiotherapy, Russian Scientific Center of Roentgenoradiology of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation; Professor, Department of Roentgenoradiology and Radiology, Russian Medical Academy of Continuous Professional Education of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation; Professor, Department of Oncology and Radiology, Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, Moscow. <https://orcid.org/0000-0001-5994-0468>. E-mail: mailbox@rncrr.rssi.ru

Peri N. Sultanova – clinical resident in the specialty “Radiology” of the Russian Scientific Center of Roentgenoradiology of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Moscow. <https://orcid.org/0009-0009-3006-8210>

Svetlana P. Aksenova – Cand. of Sci. (Med.), research fellow, Russian Scientific Center of Roentgenoradiology of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Moscow. <https://orcid.org/0000-0003-2552-5754>. E-mail: fabella@mail.ru

Aleksandr A. Borisov – analyst, Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow. <https://orcid.org/0000-0003-4036-5883>

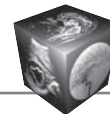
Elina S.-A. Shakhvalieva – radiologist at the G.N. Speransky Children's City Clinical Hospital No. 9 of Moscow Healthcare Department, Moscow. <https://orcid.org/0009-0000-7535-8523>

David G. Karelidze – clinical resident in the specialty “Radiology” of the Russian Scientific Center of Roentgenoradiology of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Moscow. <https://orcid.org/0009-0002-0375-1291>

Mikhail E. Ivannikov – radiologist at the A.K. Yeramishantsev City Clinical Hospital of Moscow Healthcare Department, Moscow. <https://orcid.org/0009-0007-0407-0953>

Alena I. Makoveckaya – clinical resident in the specialty “Radiology” of the Russian Scientific Center of Roentgenoradiology of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Moscow. <https://orcid.org/0009-0007-3964-7708>

Sofya R. Semenova – student, Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow. <https://orcid.org/0009-0001-8927-2242>



ISSN 1607-0763 (Print); ISSN 2408-9516 (Online)
<https://doi.org/10.24835/1607-0763-1551>

Влияние изменения опухолевого объема и уровня поглощения фтордезоксиглюкозы на длительность периода выживаемости без прогрессирования у пациентов с лимфомами

© Алексеев С.А.*, Троян В.Н., Рукавицын О.А.

ФГБУ "Главный военный клинический госпиталь имени академика Н.Н. Бурденко" Министерства обороны Российской Федерации; 105094 Москва, Госпитальная пл., д. 3, Российская Федерация

В статье представлены результаты оценки наличия связи между метаболическими величинами – опухолевый объем и уровень поглощения фтордезоксиглюкозы (ФДГ) и длительностью периода выживаемости без прогрессирования у пациентов с 3 баллами по ПЭТ-шкале.

Цель исследования: поиск взаимосвязей между величинами и длительностью периода выживаемости без прогрессирования (ВБП). В ходе исследования измерены и сравнены средние показатели уровня поглощения ФДГ и опухолевого объема у пациентов с разными периодами ВБП. Выявлено, что у пациентов с периодом ВБП более 24 мес присутствуют статистически значимые различия по этим параметрам. Эти результаты могут интерпретироваться как дополнительный фактор течения и построения прогноза болезни у пациентов с лимфомами после лечения и оценкой 3 балла по ПЭТ-шкале.

Ключевые слова: ПЭТ-шкала; опухолевый объем; позитронно-эмиссионная томография; компьютерная томография; фтордезоксиглюкоза; выживаемость без прогрессирования

Авторы подтверждают отсутствие конфликтов интересов.

Для цитирования: Алексеев С.А., Троян В.Н., Рукавицын О.А. Влияние изменения опухолевого объема и уровня поглощения фтордезоксиглюкозы на длительность периода выживаемости без прогрессирования у пациентов с лимфомами. *Медицинская визуализация*. 2025; 29 (3): 107–116. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-1551>

Поступила в редакцию: 03.04.2025. **Принята к печати:** 07.07.2025. **Опубликована online:** 18.08.2025.

The effect of changes in tumor volume and the level of FDG absorption on the duration of progression-free survival in patients with lymphomas

© Sergey A. Alekseev*, Vladimir N. Troyan, Oleg A. Rukavitsyn

Main Military Clinical Hospital named after academician N.N. Burdenko of the Ministry of defense of the Russian Federation; 3, Gospital'naya pl., Moscow 105094, Russian Federation

The article presents the results of an assessment of the relationship between metabolic parameters – tumor volume and the level of fluorodeoxyglucose absorption and the duration of progression-free survival in patients with 3 points on the PET scale. The purpose of the work is to find the relationships between the values and the duration of the period of PFS. In the course of the work, the average values of FDG absorption and tumor volume in patients with different periods of PFS were measured and compared. It was revealed that patients with a PFS period of more than 24 months have statistically significant differences in these parameters. These results can be interpreted as an additional factor in the course and prognosis of the disease in patients with lymphomas after treatment and a score of 3 points on the PET scale.



Keywords: PET scale; tumor volume; positron emission tomography; computed tomography; fluorodeoxyglucose; progression-free survival

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

For citation: Alekseev S.A., Troyan V.N., Rukavitsyn O.A. The effect of changes in tumor volume and the level of FDG absorption on the duration of progression-free survival in patients with lymphomas. *Medical Visualization*. 2025; 29 (3): 107–115. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-1551>

Received: 03.04.2025.

Accepted for publication: 07.07.2025.

Published online: 18.08.2025.

Введение

Лимфопролиферативные опухоли – это широкая группа злокачественных заболеваний лимфатической ткани, которые включают в себя как лимфому Ходжкина (ЛХ), так и неходжкинские лимфомы. Они составляют около 5–6% всех злокачественных новообразований.

Данные лимфомы представляют собой биологически неоднородную группу заболеваний с различными клиническими проявлениями и прогнозом [1–4].

Важным фактором, влияющим на тактику лечения и прогноз, является стадирование заболевания с помощью методов лучевой диагностики.

Что касается недостатков метода ПЭТ/КТ с фтордезоксиглюкозой (ФДГ), то обращают на себя внимание трудности в интерпретации полученных данных у пациентов с 3 баллами по ПЭТ-шкале [5, 6].

В части исследований пациенты с 1, 2 и 3 баллами по ПЭТ-шкале после полного завершения лечения показывают почти одинаковую трехлетнюю выживаемость без прогрессирования (ВБП) – 91,9 и 91,5% соответственно по сравнению с пациентами с 4 и 5 баллами по ПЭТ-шкале, у которых ВБП составила 80,4%. В то же время пациенты с 3 баллами по ПЭТ-шкале при промежуточной ПЭТ/КТ, имеющие до начала лечения В-симптомы и высокие значения скорости оседания эритроцитов, после лечения показывают значительно худшую трехлетнюю ВБП – около 60% [7, 8].

Другие авторы сообщают о том, что, несмотря на то что пациенты с 4 баллами по ПЭТ-шкале после ответа на лечение демонстрируют более высокий риск прогрессирования по сравнению с 3 баллами, статистически значимого различия в периодах наступления прогрессирования у пациентов с 3 и 4 баллами не было достигнуто [9, 10].

Кроме того, была предложена прогностическая модель риска для пациентов с 3 баллами по ПЭТ-шкале, основанная на комплексном применении ПЭТ-шкалы и международного прогностического индекса (МПИ) «NCCN» (National Comprehensive Cancer Network). Основываясь на этих результатах, разработана упрощенная модель риска – группа низкого риска, включающая низкий или промежуточный

уровень МПИ «NCCN» и 3 балла по ПЭТ-шкале, и группа высокого риска, включающая высокий или высокий средний уровень МПИ «NCCN» и 3 балла по ПЭТ-шкале [11].

Первичное исследование ПЭТ/КТ необходимо, когда данные величины используются в качестве воспроизводимых, потенциально более точных предикторов ответа на лечение и прогноза болезни. Так, например, в своей работе A.S. Cottreau и соавт. доказали, что использование опухолевого объема относительно определенного процента максимального значения уровня поглощения радиофармацевтических лекарственных препаратов (РФЛП) в 41% в качестве порогового значения для определения границы опухоли статистически значимо оказывает влияние на исход болезни [8, 12].

Несмотря на опубликованные данные, объективная интерпретация результатов у таких больных затруднена и является своеобразным толчком к поиску потенциального решения данного вопроса касательно объективной оценки прогноза болезни, особенно при использовании наиболее часто применяемых метаболических величин, таких как уровень поглощения РФЛП и опухолевый объем [13, 14].

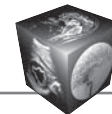
Авторы отмечают пользу от использования метаболических величин, которые можно измерить с помощью ПЭТ/КТ с ФДГ, – это уровень поглощения РФЛП, метаболический объем опухоли и общий объем гликоза в опухоли [12, 15, 16].

Объективная интерпретация результатов с 3 баллами ПЭТ-шкалы является своеобразным толчком к поиску потенциального решения данного вопроса относительно объективной оценки данного результата и прогноза болезни у таких пациентов.

Цель исследования: оценка изменения данных метаболических величин у пациентов с лимфомами с разными периодами выживаемости без прогрессирования, имеющими после лечения 3 балла по ПЭТ-шкале.

Материал и методы

В ходе ретроспективного анализа были изучены данные 69 пациентов с подтвержденным диагнозом лимфопролиферативного заболевания,

**Таблица 1.** Типы и стадии лимфомы**Table 1.** Types and stages of lymphoma

Заболевание Disease	II стадия Stage 2	III стадия Stage 3	IV стадия Stage 4
ДВКЛ / DBCL (n = 21)	3 (7.3%)	10 (39%)	8 (53.7%)
ЛМЗ / LMZ (n = 14)	2 (8.3%)	5 (62.5%)	7 (29.2%)
ТКЛ / TCL (n = 6)	1 (7.6%)	4 (69.2%)	1 (23.2%)
ФЛ / FL (n = 28)	3 (11.7%)	19 (52.9%)	6 (29.1%)

Примечание. ДВКЛ – диффузная В-крупноклеточная лимфома, ЛМЗ – лимфомы маргинальной зоны, ТКЛ – Т-клеточные лимфомы, ФЛ – фолликулярная лимфома.

возраст которых варьировал от 23 лет до 71 года. Все пациенты проходили лечение в гематологическом центре ФГБУ «ГВКГ имени академика Н.Н. Бурденко» в течение 5-летнего периода – с 2014 по 2019 г. У всех пациентов после первой линии терапии были подтверждены 3 балла по ПЭТ-шкале, также у всех больных период ВПБ составил более 24 мес (табл. 1).

Всем пациентам была назначена терапия первой линии. В ее состав вошли следующие схемы: R-CHOP – для 21 пациента с ДВКЛ, 10 пациентов с ФЛ, – CHOP (RB) – для 7 пациентов с ФЛ, R-CHOP – для 3 пациентов с ТКЛ, DA-R-EPOCH – для 3 пациентов с ТКЛ и 14 пациентов с ЛМЗ. Ритуксимаб в качестве поддерживающей терапии применялся у 17 пациентов с ФЛ и у 5 пациентов с ЛМЗ.

У 6 пациентов, страдающих ТКЛ, введен лейко-стим. В группе пациентов с ЛМЗ мутация гена TP53 была обнаружена у 1 человека, у 2 из них была выполнена аутологичная трансплантация гемопоэтических стволовых клеток. Пациентам была проведена ПЭТ/КТ с ФДГ до лечения, после 2, 3 или 4 курсов терапии и по окончании лечения

с целью оценки ответа на лечение. Окончательным результатом ПЭТ/КТ с ФДГ у всех пациентов были 3 балла по ПЭТ-шкале.

Результаты исследования

Первым шагом у пациентов с различными типами лимфом были определены значения, представляющие интерес: максимальное значение стандартного показателя поглощения (SUV_{max}), выраженное в единицах стандартного значения поглощения, и объем метаболически активной опухоли (MTV), измеренный в кубических сантиметрах (cm^3) (рис. 1).

В ходе первоначального обследования показатель максимального уровня поглощения обозначается как « SUV_{max} первичный (перв)», во время терапии – как « SUV_{max} промежуточный (пром)», а при оценке эффективности лечения – как « SUV_{max} ответ (отв)». Аналогично объем опухоли в ходе первоначального обследования обозначается как « $MTV_{первичный}$ (перв)», во время терапии – как « $MTV_{промежуточный}$ (пром)», а при оценке эффективности лечения – как « $MTV_{ответ}$ (отв)».

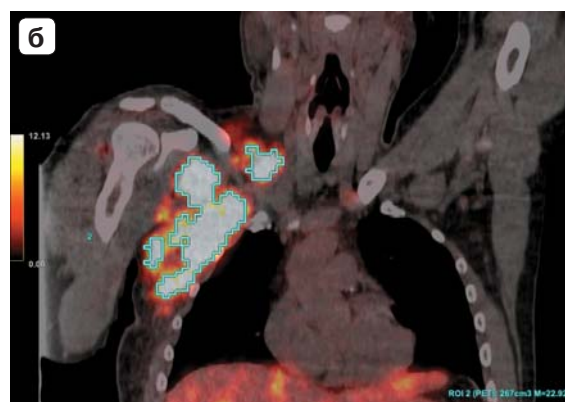
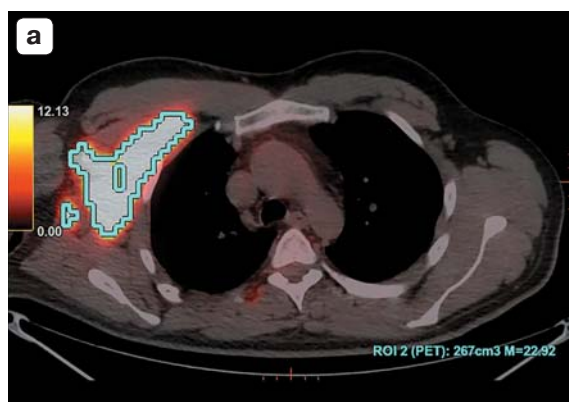


Рис. 1. ДВКЛ, IV стадия ПЭТ/КТ до лечения. **а** – аксиальная плоскость; **б** – коронарная плоскость. Метаболически активный конгломерат лимфатических узлов в подмышечной области справа. $SUV_{max} = 22,92$.

Fig. 1. DBCL, IV st. PET/CT before treatment. **a** – the axial plane; **b** – the coronary plane. A metabolically active conglomerate of lymph nodes in the axillary region on the right. $SUV_{max} = 22.92$.

**Таблица 2.** Измерение метаболических величин по каждому типу лимфомы в выборке (n = 69)**Table 2.** Measurement of metabolic values for each type of lymphoma in the sample (n = 69)

Показатель Parameter	ДВКЛ DBCL	ФЛ FL	ТКЛ TCL	ЛХ LH	ЛМЗ LMZ
мин SUV _{max перв} / min SUV _{max prim}	10.9	9.1	11.5	16.7	8.5
макс SUV _{max перв} / max SUV _{max prim}	27.6	22.9	23.8	23.4	18.8
мин SUV _{max пром} / min SUV _{max inter}	3.4	3.0	5.4	7.7	3.2
макс SUV _{max пром} / max SUV _{max inter}	21.5	16.8	16.9	13.5	8.8
мин SUV _{max отв} / min SUV _{max resp}	2.0	2.5	2.1	2.9	3.2
макс SUV _{max отв} / max SUV _{max resp}	3.5	3.5	3.5	3.4	3.2
мин MTV _{перв} / min MTV _{prim}	66.8 см ³	111.2 см ³	147.6 см ³	89.4 см ³	53.7 см ³
макс MTV _{перв} / max MTV _{prim}	1549.7 см ³	634.2 см ³	331.1 см ³	338.9 см ³	821.9 см ³
мин MTV _{пром} / min MTV _{inter}	47.6 см ³	11.9 см ³	29.3 см ³	137.8 см ³	33.8 см ³
макс MTV _{пром} / max MTV _{inter}	885.3 см ³	388.2 см ³	97.4 см ³	153.1 см ³	511.5 см ³
мин MTV _{отв} / min MTV _{resp}	12.2 см ³	6.7 см ³	14.8 см ³	16.6 см ³	28.8 см ³
макс MTV _{отв} / max MTV _{resp}	225.5 см ³	106.0 см ³	68.7 см ³	123.2 см ³	71.7 см ³
мин SUV _{перв/отв} / min SUV _{prim/resp}	8.3	7.9	8.6	13.3	5.5
макс SUV _{перв/отв} / max SUV _{prim./resp}	25.2	21.0	22.6	18.5	19.8
мин MTV _{перв/отв} % / min MTV _{prim/resp} %	42.1%	65%	51.5%	33.6%	47.9%
макс MTV _{перв/отв} % / max MTV _{prim/resp} %	96.1%	95.2%	77.8%	94.3%	82.9%
мин SUV _{перв/пром} % / min SUV _{prim/inter} %	65.3%	72.5%	43.5%	79.6%	35.7%
макс SUV _{перв/пром} % / max SUV _{prim/inter} %	92.2%	87.3%	88.4%	87.6%	79.9%

Таблица 3. Медианы и интерквартильные интервалы измеренных величин по каждому типу лимфом в выборке (n = 69)**Table 3.** Medians and interquartile ranges of measured values for each type of lymphoma in the sample (n = 69)

Показатель	ДВКЛ DBCL	ФЛ FL	ТКЛ TCL	ЛМЗ LMZ	ЛХ LH
Δ SUV _{перв/пром} / Δ SUV _{prim/inter}	7.2 (5.0; 9.0)	8.1 (5.1; 11.7)	5.8 (4.0; 7.0)	7.9 (6.1; 9.9)	9.4 (9.0; 9.9)
Δ SUV _{перв/отв} / Δ SUV _{prim/resp}	16.7 (12.3; 20)	13.1 (11.7; 14.8)	13.1 (9.6; 16.7)	15.8 (11.8; 19.5)	16.9 (13.3; 20.5)
Δ SUV _{пром/отв} / Δ SUV _{inter/resp}	8.2 (4.9; 11.4)	3.7 (3; 7,5)	6.8 (4.7; 9.9)	8.7 (2.4; 11.4)	7.4 (4.3; 10.6)
Δ MTV _{перв/пром} / Δ MTV _{prim/inter}	103.9 (76.3; 65.0)	124.6 (101; 152)	109.8 (93.2; 119)	139.3 (72.5; 164)	68.7 (36.3; 101)
Δ MTV _{перв/отв} / Δ MTV _{prim/resp}	412,2 (156; 244)	166,7 (146; 193)	178,9 (153; 237)	194,5 (158; 221)	244,1 (216; 273)
Δ MTV _{пром/отв} / Δ MTV _{inter/resp}	80.8 (49.9; 114)	37.0 (8.8; 57.6)	84.6 (42.2; 128)	68.2 (37.5; 94.2)	176.3 (115; 236,2)

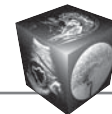
Помимо непосредственного измерения уровня поглощения РФЛП, были рассчитаны также дельты этих значений и их процентные изменения.

Изменение (Δ) опухолевого объема между сеансами исследований представлено в виде « Δ MTV_{перв/пром}», « Δ MTV_{перв/отв}», « Δ MTV_{пром/отв}». Аналогично изменение уровня поглощения РФЛП между сеансами исследований выражено как « Δ SUV_{перв/пром}», « Δ SUV_{перв/отв}», « Δ SUV_{пром/отв}».

Далее в табл. 2 подробно представлены все измеренные величины по каждому типу лимфом по всей выборке (n = 69).

Следующим шагом были вычисление средних значений количественных величин по всей выборке (n = 69) для каждого типа лимфомы (табл. 3).

Анализ средних значений показал, что по показателю уровня поглощения РФЛП наименьшее значение медианы наблюдалось у пациентов с ФЛ,



а наибольшее – у пациентов с ЛХ (16,9). В отношении опухолевого объема минимальная медиана составила 68,2 см³ для пациентов с ЛМЗ, а максимальная – 412,2 см³ для пациентов с ДВКЛ.

Затем были рассчитаны средние значения количественных показателей и процентное снижение каждого из них. В итоге вычислено, что минимальное усредненное значение поглощения РФЛП было зафиксировано при сравнении показателей

Таблица 4. Медианы и интерквартильные интервалы измеренных величин в исследуемых группах

Table 4. Medians and interquartile ranges of measured values in the studied groups

Показатель Parameter	ВБП более 24 мес PFS more than 24 months (n = 69)
$\Delta\text{SUV}_{\text{перв/пром}} / \Delta\text{SUV}_{\text{prim/inter}}$	8.3 (5.3; 10.2)
$\Delta\text{SUV}_{\text{перв/отв}} / \Delta\text{SUV}_{\text{prim/resp}}$	6.5 (3.2; 10.0)
$\Delta\text{SUV}_{\text{пром/отв}} / \Delta\text{SUV}_{\text{inter/resp}}$	14.8 (11.7; 18.2)
$\Delta\text{MTV}_{\text{перв/пром}} / \Delta\text{MTV}_{\text{prim/inter}}$	128.1 см ³ (86.8; 163.5)
$\Delta\text{MTV}_{\text{перв/отв}} / \Delta\text{MTV}_{\text{prim/resp}}$	204.6 см ³ (154.4; 243.6)
$\Delta\text{MTV}_{\text{пром/отв}} / \Delta\text{MTV}_{\text{inter/resp}}$	75.9 см ³ (37.4; 106.5)

Таблица 5. Медианы и интерквартильные интервалы процентного изменения измеренных величин в исследуемых группах

Table 5. Medians and interquartile ranges of percentage changes in measured values in the groups studied

Показатель Parameter	ВБП более 24 мес PFS more than 24 months (n = 69)
$\% \Delta\text{SUV}_{\text{перв/пром}} / \% \Delta\text{SUV}_{\text{prim/inter}}$	43.8% (34.2; 65.5)
$\% \Delta\text{SUV}_{\text{перв/отв}} / \% \Delta\text{SUV}_{\text{prim/resp}}$	78.3% (69.8; 86.1)
$\% \Delta\text{SUV}_{\text{пром/отв}} / \% \Delta\text{SUV}_{\text{inter/resp}}$	83.1% (53.4; 66.6)
$\% \Delta\text{MTV}_{\text{перв/пром}} / \% \Delta\text{MTV}_{\text{prim/inter}}$	53.3% (40.1; 66.4)
$\% \Delta\text{MTV}_{\text{перв/отв}} / \% \Delta\text{MTV}_{\text{prim/resp}}$	82.6% (77.1; 90.1)
$\% \Delta\text{MTV}_{\text{пром/отв}} / \% \Delta\text{MTV}_{\text{inter/resp}}$	57.5% (43.3; 74.3)

до и во время лечения, разница составила 6,5; максимальное усредненное значение поглощения РФЛП наблюдалось при сравнении показателей после и во время лечения, разница составила 10,8, что эквивалентно 77,1 и 42,3% соответственно.

Наименьшее среднее значение объема опухоли было зафиксировано при сравнении показателей до и после лечения – 75,9 см³ ($\Delta\text{MTV}_{\text{пром/отв}}$). В то же время наибольшее среднее значение объема опухоли, рассчитанное до и после лечения, составило 204,6 см³ ($\Delta\text{MTV}_{\text{перв/отв}}$), что эквивалентно 57,5 и 82,6% соответственно (табл. 4, 5).

Следующим этапом стало сравнение средних значений в исследуемой группе с целью выявления статистически значимых различий в процентном снижении измеренных показателей. Для этого сравнения был использован тест Краскала–Уоллиса. Различия считались статистически значимыми при уровне $p < 0,05$.

У пациентов с ВБП продолжительностью более 24 мес ($n = 69$) обнаружено, что показатели поглощения РФЛП и объема опухоли статистически достоверно различаются в зависимости от следующих пар переменных: « $\% \Delta\text{SUV}_{\text{перв/пром}}$ » и « $\% \Delta\text{SUV}_{\text{перв/отв}}$ » ($p = 0,016$); « $\% \text{SUV}_{\text{перв/пром}}$ » и « $\% \Delta\text{SUV}_{\text{пром/отв}}$ » ($p = 0,045$); « $\% \Delta\text{MTV}_{\text{перв/пром}}$ » и « $\% \Delta\text{MTV}_{\text{перв/отв}}$ » ($p = 0,05$) (табл. 6, рис. 2, 3).

Таблица 6. Уровни статистической значимости процентного уменьшения измеренных величин в исследуемой группе с периодом ВБП более 24 мес

Table 6. The levels of statistical significance of the percentage decrease in measured values in the study group with a period of PFS of more than 24 months

Попарные сравнения величин Pairwise comparisons of quantities	Уровни статистической значимости Levels of statistical significance
$\% \Delta\text{SUV}_{\text{перв/пром}} / \% \Delta\text{SUV}_{\text{prim/inter}}$ $\% \Delta\text{SUV}_{\text{перв/отв}} / \% \Delta\text{SUV}_{\text{prim/resp}}$	$p = 0.6$
$\% \Delta\text{SUV}_{\text{перв/пром}} / \% \Delta\text{SUV}_{\text{prim/inter}}$ $\% \Delta\text{SUV}_{\text{пром/отв}} / \% \Delta\text{SUV}_{\text{inter/resp}}$	$p = 0.045$
$\% \Delta\text{SUV}_{\text{перв/отв}} / \% \Delta\text{SUV}_{\text{prim/resp}}$ $\% \Delta\text{SUV}_{\text{пром/отв}} / \% \Delta\text{SUV}_{\text{inter/resp}}$	$p = 0.012$
$\% \Delta\text{MTV}_{\text{перв/пром}} / \% \Delta\text{MTV}_{\text{prim/inter}}$ $\% \Delta\text{MTV}_{\text{перв/отв}} / \% \Delta\text{MTV}_{\text{prim/resp}}$	$p = 0.005$
$\% \Delta\text{MTV}_{\text{перв/пром}} / \% \Delta\text{MTV}_{\text{prim/inter}}$ $\% \Delta\text{MTV}_{\text{пром/отв}} / \% \Delta\text{MTV}_{\text{inter/resp}}$	$p = 0.05$
$\% \Delta\text{MTV}_{\text{перв/отв}} / \% \Delta\text{MTV}_{\text{prim/resp}}$ $\% \Delta\text{MTV}_{\text{пром/отв}} / \% \Delta\text{MTV}_{\text{inter/resp}}$	$p = 0.99$

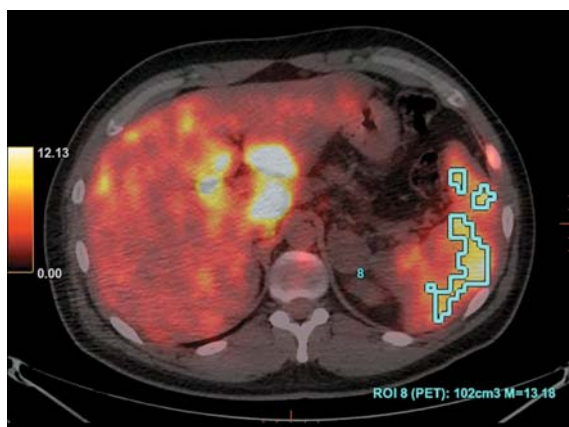
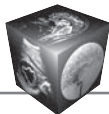


Рис. 2. Лимфома Ходжкина, нодулярный склероз II типа, IV стадия. ПЭТ/КТ до лечения. Метаболически активные очаги в селезенке, в воротах печени и в крестце, $SUV_{max} = 18,90$.

Fig. 2. Hodgkin's lymphoma, nodular sclerosis type II, stage IV. PET/CT scan before treatment. Metabolically active foci in the spleen, in the liver gate and in the sacrum, $SUV_{max} = 18.90$.

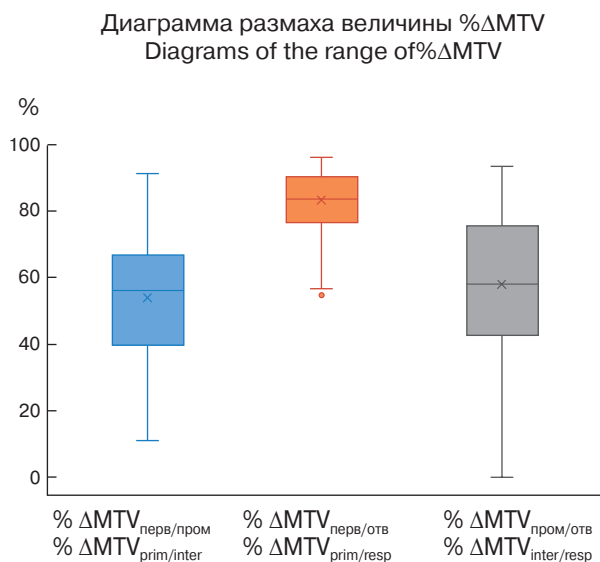


Рис. 3. Диаграммы размаха величины $\% \Delta MTV$ в группе с периодом ВБП более 24 мес.

Fig. 3. Diagrams of the range of $\% \Delta MTV$ in the group with a period of PFS of more than 24 months.

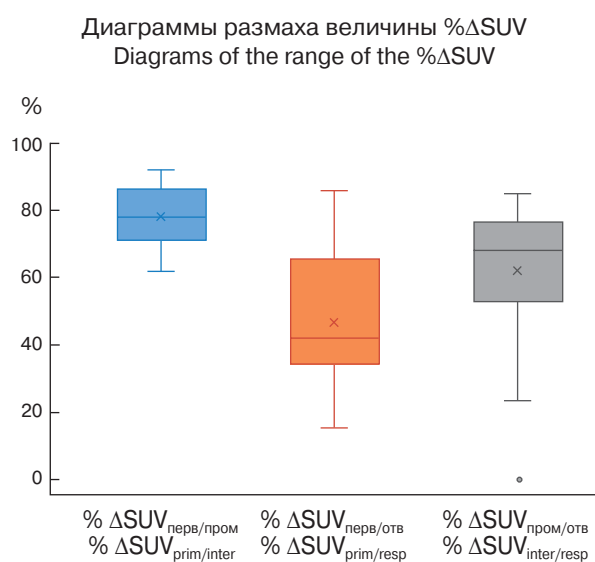


Рис. 4. Диаграммы размаха величины $\% \Delta SUV$ в группе с периодом ВБП более 24 мес.

Fig. 4. Diagrams of the range of the $\% \Delta SUV$ in the group with a period of PFS of more than 24 months.

При сравнении других пар переменных статистически значимых различий не было выявлено.

Заключительным этапом было проведение корреляционного анализа для поиска взаимосвязей между вычисленными величинами и длительностью ВБП. Был проведен анализ силы связи с помощью коэффициентов корреляции. Для оценки корреляций между количественными показателями использовался коэффициент Пирсона. Корреляции признавались статистически значимыми на уровне $p < 0,05$. В ходе анализа по выборке па-

циентов с длительностью ВБП более 24 мес значимая связь обнаружена между переменными « $\% \Delta MTV_{пром/отв}$ », « $\% \Delta MTV_{перв/отв}$ », « $\% \Delta SUV_{пром/отв}$ », « $\% \Delta SUV_{перв/отв}$ », « $\% \Delta SUV_{перв/пром}$ » и длительностью периода ВБП (рис. 3, 4). Сильная связь между переменными не обнаружена. Слабая связь обнаружена между переменными « $\% \Delta SUV_{перв/пром}$ », « $\% \Delta SUV_{перв/отв}$ », « $\% \Delta MTV_{перв/отв}$ », « $\% \Delta MTV_{пром/отв}$ » с длительностью периода ВБП.

Переменные « $\% \Delta MTV_{перв/пром}$ », « $\% \Delta MTV_{перв/отв}$ », « $\% \Delta SUV_{перв/пром}$ » и длительность периода ВБП ха-

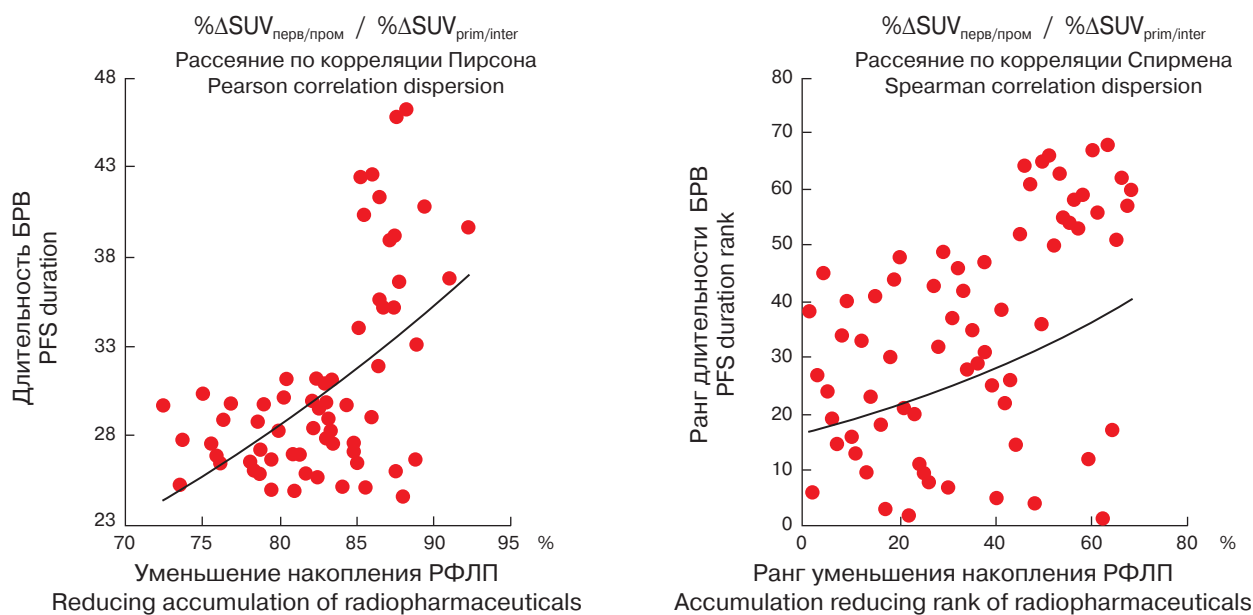
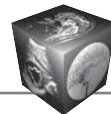


Рис. 5. Диаграмма рассеяния значений переменной « $\% \Delta \text{SUV}_{\text{перв/пром}}$ » у пациентов с длительностью ВБП более 24 мес (n = 69).

Fig. 5. Diagram of the dispersion of the values of the variable « $\% \Delta \text{SUV}_{\text{prim/inter}}$ » in patients with PFS duration of more than 24 months (n = 69).

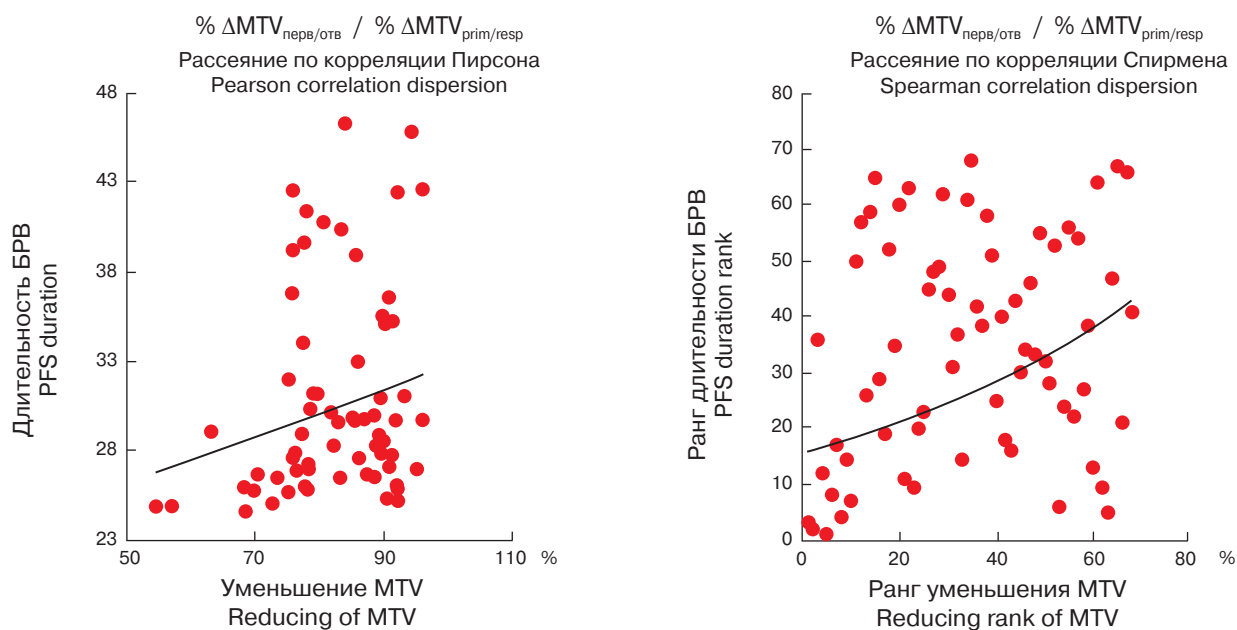


Рис. 6. Диаграмма рассеяния значений переменной « $\% \Delta \text{MTV}_{\text{перв/отв}}$ » у пациентов с длительностью ВБП более 24 мес (n = 69).

Fig. 6. Diagram of the dispersion of the values of the variable « $\% \Delta \text{MTV}_{\text{prim/resp}}$ » in patients with PFS duration of more than 24 months (n = 69).



Таблица 7. Корреляции между переменными и длительностью периода ВБП в выборке с длительностью ВБП более 24 мес (n = 69)

Table 7. Correlation table between variables and the duration of the AFD period in a sample with a duration of AFD of more than 24 months (n = 69)

Дельта величин The delta of values	Коэффициент корреляции Пирсона Pearson correlation coefficient	Коэффициент корреляции Спирмена Spearman Correlation Coefficient	Уровень значимости The level of significance
$\Delta\text{SUV}_{\text{перв/пром}} / \Delta\text{SUV}_{\text{prim/interm}}$	0.13	0.22	p = 0.002
$\Delta\text{SUV}_{\text{перв/отв}} / \Delta\text{SUV}_{\text{prim/resp}}$	0.12	0.09	p = 0.07
$\Delta\text{SUV}_{\text{пром/отв}} / \Delta\text{SUV}_{\text{inter/resp}}$	0.55	0.49	p = 0.06
$\Delta\text{MTV}_{\text{перв/пром}} / \Delta\text{MTV}_{\text{prim/interm}}$	-0.08	0.06	p = 0.1
$\Delta\text{MTV}_{\text{перв/отв}} / \Delta\text{MTV}_{\text{prim/resp}}$	0.21	0.23	p = 0.015
$\Delta\text{MTV}_{\text{пром/отв}} / \Delta\text{MTV}_{\text{inter/resp}}$	0.21	0.17	p = 0.049

рактизуются положительной связью – при увеличении одного из них значения другого возрастают.

Переменная « $\% \Delta\text{MTV}_{\text{перв/пром}}$ » и длительность периода ВБП характеризуются отрицательной связью – при увеличении первой значения второй уменьшаются (табл. 7, рис. 5, 6).

После получения результатов в выборке пациентов с длительностью ВБП более 24 мес заключительным шагом в данном разделе является проведение логистической регрессии.

Среди всех моделей, имеющих все статистически значимо отличные от нуля коэффициенты, была выбрана модель с наибольшим значением AUC. Она была выбрана в качестве основной модели для прогноза более длительного периода ВБП. Значение AUC составило 86,68%. Интерпретация результатов свидетельствует о том, что показатели « $\% \Delta\text{MTV}_{\text{перв/отв}}$ », « $\% \Delta\text{SUV}_{\text{перв/пром}}$ » увеличивают вероятность более длительного периода ВБП.

Обсуждение

В ходе ретроспективного анализа с целью изучения влияния метаболических уровня поглощения РФЛП и опухолевого объема на длительность периода ВБП были изучены данные 69 пациентов с подтвержденным диагнозом лимфопролиферативного заболевания.

Среди большинства пациентов-мужчин преобладал возраст от 41 года до 60 лет, по типу лимфомы преимущественно встречались пациенты с ДВКЛ.

Первым шагом у всех пациентов в выборке была измерена длительность периода с ВБП с целью определения общей длительности. Анализ данных показал, что минимальный период наблюдения был зарегистрирован у пациентов с ТКЛ – 7 мес,

а максимальный срок наблюдения составил 20 мес для пациента с ЛХ.

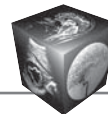
Проанализировав результаты ПЭТ/КТ с ФДГ у пациентов с различными типами лимфом, были определены значения, представляющие интерес: SUV_{max} и MTV, измеренный в см^3 , а также дельты данных величин.

Анализ средних значений показал, что по показателю уровня поглощения РФЛП наименьшее значение медианы наблюдалось у пациентов с ФЛ, а наибольшее – у пациентов с ЛХ (16,9). В отношении опухолевого объема минимальная медиана составила 68,2 см^3 для пациентов с ЛМЗ, а максимальная – 412,2 см^3 для пациентов с ДВКЛ.

У пациентов с ВБП более двух лет (общее число 69) минимальное усредненное значение поглощения РФЛП было зафиксировано при сравнении показателей до и во время лечения, разница составила 6,5; максимальное усредненное значение поглощения РФЛП наблюдалось при сравнении показателей после и во время лечения, разница составила 10,8, что эквивалентно 77,1 и 42,3% соответственно.

Наименьшее среднее значение объема опухоли было зафиксировано при сравнении показателей до и после лечения – 75,9 см^3 ($\Delta\text{MTV}_{\text{пром/отв}}$). В то же время наибольшее среднее значение объема опухоли, рассчитанное до и после лечения, составило 204,6 см^3 ($\Delta\text{MTV}_{\text{перв/отв}}$), что эквивалентно 57,5 и 82,6% соответственно.

Окончательным этапом в данном разделе стало сравнение средних значений в исследуемой группе, в которой период ВБП превышал 24 мес, с целью выявления статистически значимых различий в процентном снижении измеренных показателей.



У пациентов с ВБП продолжительностью более 24 мес ($n = 69$) обнаружено, что показатели поглощения РФЛП и объема опухоли статистически достоверно различаются в зависимости от следующих пар переменных: « $\% \Delta SUV_{\text{перв/пром}}$ » и « $\% \Delta SUV_{\text{перв/отв}}$ » ($p = 0,016$); « $\% SUV_{\text{перв/пром}}$ » и « $\% \Delta SUV_{\text{пром/отв}}$ » ($p = 0,045$); « $\% \Delta MTV_{\text{перв/пром}}$ » и « $\% \Delta MTV_{\text{перв/отв}}$ » ($p = 0,05$). Для проведения многофакторного анализа и построения диагностических моделей использовалась логистическая регрессия. Анализировалась значимость коэффициентов регрессии, для значимых регрессоров оценивалось отношение шансов (OR) и 95% доверительный интервал для него.

Для сравнения качества прогноза и выбора лучших моделей проводился ROC-анализ. Для каждой модели строилась ROC-кривая и выбирался пороговый уровень, соответствующий лучшему сочетанию чувствительности и специфичности. Далее модели сравнивались по уровню AUC, а также чувствительности и специфичности для выбранного порогового уровня.

Дополнительно анализировалась матрица ошибок классификации с определением числа ложноположительных, ложноотрицательных, истинно положительных и истинно отрицательных случаев.

Критическое значение уровня статистической значимости при проверке нулевых гипотез принималось равным 0,05.

Среди всех моделей, имеющих все статистически значимо отличные от нуля коэффициенты, была выбрана модель с наибольшим значением AUC. Она была выбрана в качестве основной модели для прогноза более длительного периода ВБП. Значение AUC составило 86,68%. Интерпретация результатов подтверждает, что показатели « $\% \Delta MTV_{\text{перв/отв}}$ », « $\% \Delta SUV_{\text{перв/пром}}$ » увеличивают вероятность более длительного периода ВБП.

Заключение

Проведенные измерения и сравнительный анализ таких метаболических величин, как уровень поглощения РФЛП и опухолевый объем, показали статистически значимую разницу у пациентов с более длительным периодом ВБП, что может быть использовано в качестве их применения как дополнительных прогностических факторов более благоприятного прогноза течения болезни у пациентов с лимфомами, имеющими 3 балла по ПЭТ-шкале после лечения.

Участие авторов

Алексеев С.А. – концепция и дизайн исследования, проведение исследования, сбор и обработка данных.

Троян В.Н. – участие в научном дизайне, подготовка и редактирование текста, утверждение окончательного варианта статьи.

Рукавицын О.А. – участие в научном дизайне, подготовка и редактирование текста, утверждение окончательного варианта статьи.

Authors' participation

Alekseev S.A. – concept and design of the study, conducting research, collection and analysis of data.

Troyan V.N. – participation in scientific design, text preparation and editing, approval of the final version of the article.

Rukavitsyn O.A. – participation in scientific design, text preparation and editing, approval of the final version of the article.

Список литературы [References]

- Атабаева А.К., Хисметова З.А., Нурахметова Ж.Б. Эпидемиология новообразований системы крови. Обзор литературы. *Наука и Здравоохранение*. 2021; 23 (6): 188–197. <https://doi.org/10.34689/SH.2021.23.6.020>
Atabayeva A.K., Khismetova Z.A., Nurakhmetova Zh.B. Epidemiology of neoplasms of the blood system. Literature review. *Nauka i Zdravookhranenie = Science & Healthcare*. 2021; 23 (6): 188–197. <https://doi.org/10.34689/SH.2021.23.6.020> (In Russian)
- Галченко Л.И., Демченкова М.В., Павлюк И.А., Толстой Д.А., Калягин А.Н., Виноградов В.Г. Позитронно-эмиссионная томография в диагностике и оценке эффективности лечения лимфомы Ходжкина. *Медицина и высокие технологии*. 2022; 3: 51–57. <https://doi.org/10.34219/2306-3645-2022-12-3-51-57>
Galchenko L.I., Demchenkova M.V., Pavlyuk I.A. et al. Positron emission tomography in the diagnosis and evaluation of the effectiveness of the treatment of Hodgkin's lymphoma. *Medicine and High Technology*. 2022; 3: 51–57. <https://doi.org/10.34219/2306-3645-2022-12-3-51-57> (In Russian)
- Ефремова Д.С., Ильина Н.Л. Ядерная медицина и ее перспективы. *Вестник науки*. 2023; 5, 4 (61): 437–445. vestnik-nauki.com/article/7972
Efremova D.S., Ilyina N.L. Nuclear medicine and its prospects. *Science Bulletin*. 2023; 5, 4 (61): 437–445. vestnik-nauki.com/article/7972 (In Russian)
- Лучевая диагностика при заболеваниях системы крови / Под общей ред. Крюкова Е.В. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2021. 224 с. ISBN 978-5-9704-6333-8. <https://doi.org/10.33029/9704-6333-8-DIA-2021-1-224>
Radiation diagnostics in diseases of the blood system / Ed. E.V. Kryukov. Moscow: GEOTAR-Media, 2021. 224 p. ISBN 978-5-9704-6333-8. <https://doi.org/10.33029/9704-6333-8-DIA-2021-1-224> (In Russian)
- Баебаев Ф.А., Рахимжанова Р.И., Даутов Т.Б., Садуакасова А.Б., Темирбеков А.Ж. Недостатки ПЭТ/КТ исследования при диагностике лимфопрлиферативных заболеваний: обзор литературы. *Онкология и радиология Казахстана*. 2023; 1 (67): 62–67. <https://doi.org/10.52532/2521-6414-2023-1-67-62-67>



- Bayembaev F., Rakhimzhanova R., Dautov T. et al. PET/CT disadvantages in patients with lymphoma: A literature review. *Oncology and Radiology of Kazakhstan*. 2023; 1 (67): 62–67. <https://doi.org/10.52532/2521-6414-2023-1-67-62-67> (In Russian)
6. Гематология: Национальное руководство / Под ред. О.А. Рукавицына. 2-е изд., перераб. и доп. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2024. 916 с. ISBN 978-5-9704-8188-2. <https://doi.org/10.33029/9704-8188-2-GEM-2024-1-916> Hematology: National guide / Ed. O.A. Rukavitsyn. 2nd ed., revised. and additional. Moscow: GEOTAR-Media, 2024. 916 p. ISBN 978-5-9704-8188-2. <https://doi.org/10.33029/9704-8188-2-GEM-2024-1-916> (In Russian)
7. Асланиди И.П., Метелкина М.В., Мухортова О.В., Пурсанова Д.М., Шурупова И.В., Манукова В.А. Объемные ПЭТ-биомаркеры при лимфоме Ходжкина. первый опыт автоматического и ручного методов оценки. *Российский электронный журнал лучевой диагностики*. 2022; 12 (1): 80–88. <https://doi.org/10.21569/2222-7415-2022-12-1-80-88> Aslanidis I.P., Metelkina M.V., Mukhortova O.V. et al. Volumetric PET-biomarkers in Hodgkin's lymphoma. The initial experience of automatic and manual methods of evaluation. *Russian Electronic Journal of Radiology*. 2022; 12 (1): 80–88. <https://doi.org/10.21569/2222-7415-2022-12-1-80-88> (In Russian)
8. Capobianco N., Meignan M., Cottreau A.S. et al. Deep-Learning ¹⁸F-FDG Uptake Classification Enables Total Metabolic Tumor Volume Estimation in Diffuse Large B-Cell Lymphoma. *J. Nucl. Med.* 2021; 62 (1): 30–36. <https://doi.org/10.2967/jnumed.120.242412>
9. Мангасарова Я.К., Магомедова А.У., Нестерова Е.С., Горенкова Л.Г., Бабаева Ф.Э., Кравченко С.К. Промежуточная позитронно-эмиссионная томография у пациентов первичной медиастиальной В-клеточной крупноклеточной лимфомой. *Гематология и трансфузиология*. 2020; 65 (S1): 175. Mangasarova Ya.K., Magomedova A.U., Nesterova E.S. et al. Intermediate positron emission tomography in patients with primary mediastinal large B-cell lymphoma. *Russian Journal of Hematology and Transfusiology*. 2020; 65 (S1): 175. (In Russian)
10. Мантурова Н.Е., Мельников Д.В., Старцева О.И., Прудникова Д.К., Петручук В.А. Крупноклеточная имплант-ассоциированная лимфома – современное состояние проблемы. *Пластическая хирургия и эстетическая медицина*. 2020; 1: 69–78. <https://doi.org/10.17116/plast.hirurgia202001169> Manturova N.E., Mel'nikov D.V., Startseva O.I. et al. Large cell breast implant-associated lymphoma – current state of the problem. *Plastic Surgery and Aesthetic Medicine*. 2020; 1: 69–78. <https://doi.org/10.17116/plast.hirurgia202001169> (In Russian)
11. Gallamini A., Zwarthoed C. Interim FDG-PET Imaging in Lymphoma. *Semin Nucl Med.* 2018; 48 (1): 17–27. <https://doi.org/10.1053/j.semnuclmed.2017.09.002>
12. Canellos G.P. Residual mass in lymphoma may not be residual disease. *J. Clin. Oncol.* 1988; 6 (6): 931–933. <https://doi.org/10.1200/JCO.1988.6.6.931>
13. El-Galaly T.C., Gormsen L.C., Hutchings M. PET/CT for staging; past, present, and future. *Semin. Nucl. Med.* 2018; 48 (1): 4–16. <https://doi.org/10.1053/j.semnuclmed.2017.09.001>
14. Juweid M.E. 18F-FDG PET as a Routine Test for Posttherapy Assessment of Hodgkin's Disease and Aggressive Non-Hodgkin's Lymphoma: Where Is the Evidence? *J. Nucl. Med.* 2008; 49 (1) 9–12. <https://doi.org/10.2967/jnumed.107.046292>
15. Chen Y.K., Yeh C.L., Tsui C.C. et al. F-18 FDG PET for evaluation of bone marrow involvement in non-hodgkin lymphoma: a meta-analysis. *Clin. Nuclear Med.* 2011; 36 (7): 553–559. <https://doi.org/10.1097/RLU.0b013e318217aeff>
16. Kobe C., Dietlein M., Hellwig D. PET/CT for Lymphoma Post-therapy Response Assessment in Hodgkin Lymphoma and Diffuse Large B-cell Lymphoma. *Semin. Nucl. Med.* 2018; 48 (1): 28–36. <https://doi.org/10.1053/j.semnuclmed.2017.09.003>

Для корреспонденции*: Алексеев Сергей Анатольевич – e-mail: alxvsrge@gmail.com

Алексеев Сергей Анатольевич – канд. мед. наук, заведующий кабинетом КТ и МРТ рентгеновского отделения центра лучевой диагностики ФГБУ “ГВКГ имени академика Н.Н. Бурденко” Минобороны России, Москва. <https://orcid.org/0000-0003-1329-8689>

Троян Владимир Николаевич – доктор мед. наук, профессор, начальник центра лучевой диагностики ФГБУ “ГВКГ имени академика Н.Н. Бурденко” Минобороны России, Москва. <https://orcid.org/0000-0002-8008-9660>

Рукавицын Олег Анатольевич – доктор мед. наук, профессор, начальник гематологического центра ФГБУ “ГВКГ имени академика Н.Н. Бурденко” Минобороны России, Москва. <https://orcid.org/0000-0002-1309-7265>

Contact*: Sergey A. Alekseev – e-mail: alxvsrge@gmail.com

Sergey A. Alekseev – Cand. of Sci. (Med.), Head of the CT and MRI Department of the X-ray Department of the Radiation Diagnostics Center, Main Military Clinical Hospital named after academician N.N. Burdenko of the Ministry of defense of the Russian Federation, Moscow. <https://orcid.org/0000-0003-1329-8689>

Vladimir N. Troyan – Doct. of Sci. (Med.), Professor, Head of the Radiation Diagnostics Center, Main Military Clinical Hospital named after academician N.N. Burdenko of the Ministry of defense of the Russian Federation, Moscow. <https://orcid.org/0000-0002-8008-9660>

Oleg A. Rukavitsyn – Doct. of Sci. (Med.), Professor, Head of the Hematology Center, Main Military Clinical Hospital named after academician N.N. Burdenko of the Ministry of defense of the Russian Federation, Moscow. <https://orcid.org/0000-0002-1309-7265>