

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

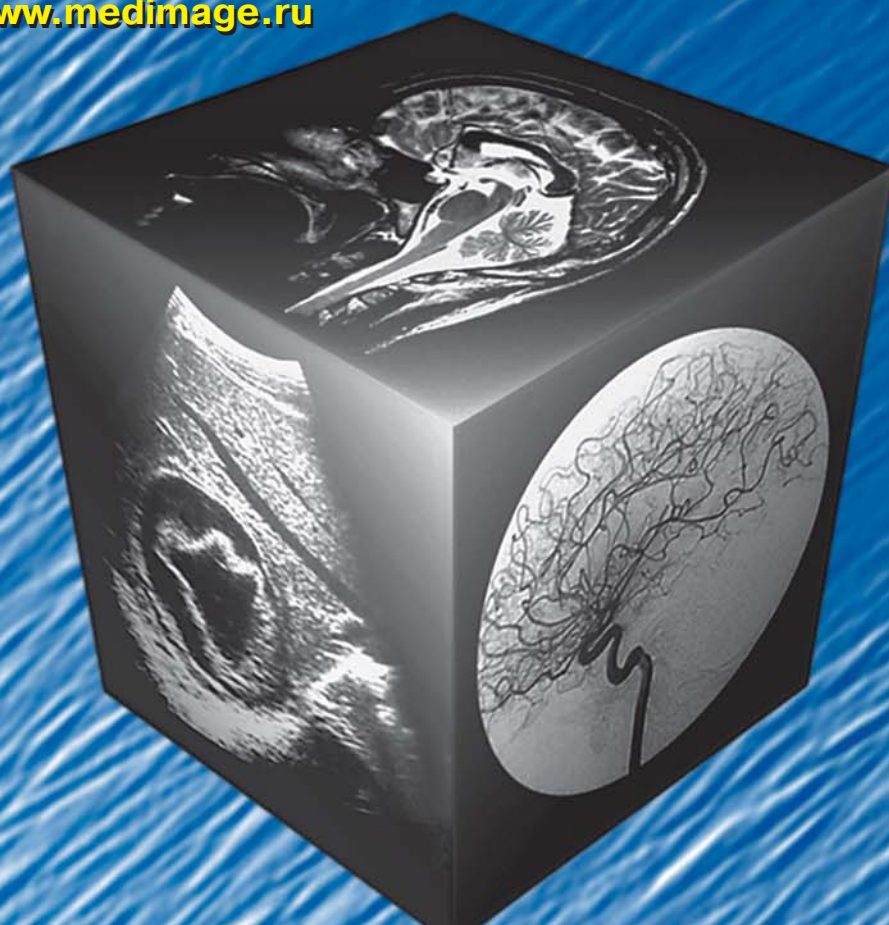
МЕДИЦИНСКАЯ ВИЗУАЛИЗАЦИЯ

Medical Visualization

Том 25 №3
Vol 25 N3

2021

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



ВИДАР

- Фокусированное ультразвуковое исследование сердца у пациентов с COVID-19 в Prone-позиции
- Синхронное опухолевое поражение поджелудочной железы
- Перфузия головного мозга при сахарном диабете 1 типа и когнитивной дисфункции
- Оценка типов трофобластического кровотока у беременных с тромбофилией на сроке с 7-й по 10-ю неделю методом объемной реконструкции
- Новые возможности лучевых методов в контроле за регенерацией костной ткани при переломах
- Ультразвуковой мерцающий артефакт в дифференциальной диагностике кальцинатов молочных желез

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

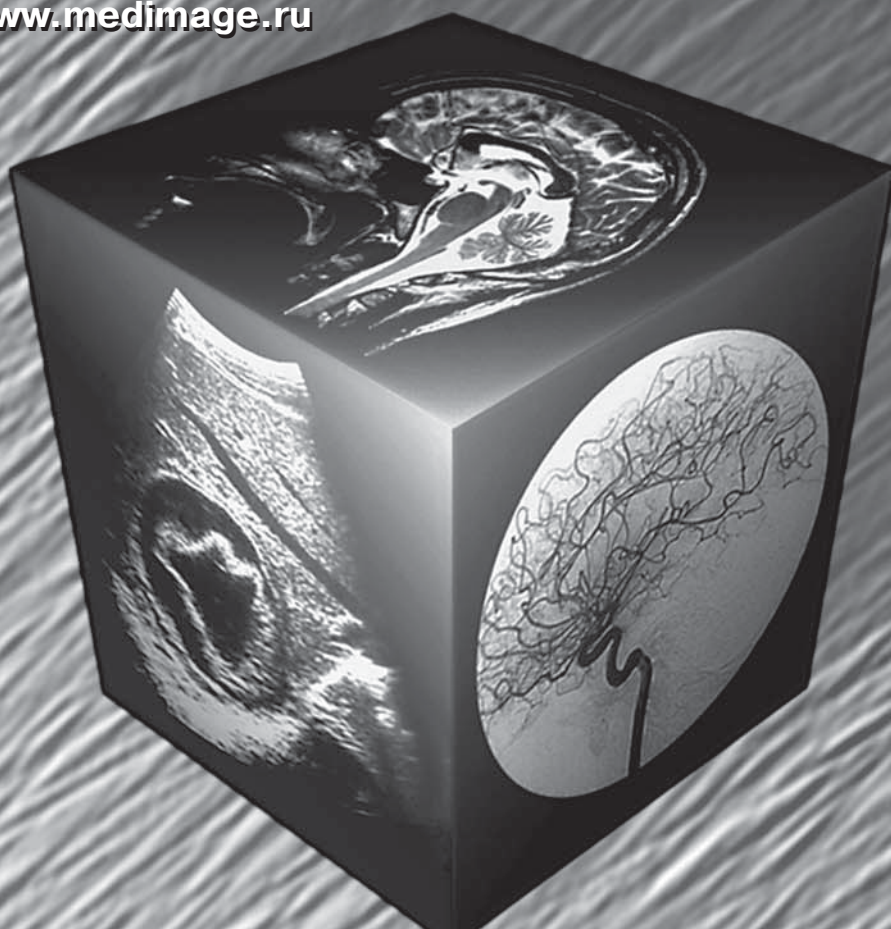
МЕДИЦИНСКАЯ ВИЗУАЛИЗАЦИЯ

Medical Visualization

Том 25 №3
Vol 25 N3

2021

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



ВИДАР

- Фокусированное ультразвуковое исследование сердца у пациентов с COVID-19 в Prone-позиции
- Синхронное опухолевое поражение поджелудочной железы
- Перфузия головного мозга при сахарном диабете 1 типа и когнитивной дисфункции
- Оценка типов трофобластического кровотока у беременных с тромбофилией на сроке с 7-й по 10-ю неделю методом объемной реконструкции
- Новые возможности лучевых методов в контроле за регенерацией костной ткани при переломах
- Ультразвуковой мерцающий артефакт в дифференциальной диагностике кальцинатов молочных желез

МЕДИЦИНСКАЯ ВИЗУАЛИЗАЦИЯ



Medical Visualization
Meditinskaya vizualizatsiya

2021 Том 25 №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" (109028, Москва, а/я 16)

Главный редактор

Кармазановский Григорий Григорьевич – член-корр. РАН, доктор мед. наук, профессор, заведующий отделением рентгенологии и магнитно-резонансных исследований с кабинетом ультразвуковой диагностики ФГБУ "Национальный медицинский исследовательский центр хирургии имени А.В. Вишневского" Минздрава России; профессор кафедры лучевой диагностики и терапии медико-биологического факультета ФГАОУ ВО РНИМУ имени Н.И. Пирогова Минздрава России; Заслуженный деятель науки РФ, Лауреат премии Правительства РФ в области науки и техники, Лауреат премии города Москвы в области медицины, Лауреат премии Ленинского комсомола, вице-президент Российского общества рентгенологов и радиологов, Москва, Россия.

E-mail: karmazanovsky@yandex.ru, karmazanovsky@ixv.ru. <https://orcid.org/0000-0002-9357-0998>. Scopus Author ID: 55944296600

Первый заместитель главного редактора

Нуднов Николай Васильевич – доктор мед. наук, профессор, заслуженный врач Российской Федерации, заместитель директора по научной работе ФГБУ "Российский научный центр рентгенологии" Минздрава России, Москва, Россия. E-mail: nudnov@rncrr.ru
<https://orcid.org/0000-0001-5994-0468>. Scopus Author ID: 7004927053

Заместитель главного редактора

Громов Александр Игоревич – доктор мед. наук, профессор, заведующий отделением лучевой диагностики Клинической больницы №2 МЕДСИ, Москва, Россия. E-mail: gai8@mail.ru. <https://orcid.org/0000-0002-9014-9022>. Scopus Author ID: 7102053957

Научные консультанты

Пронин Игорь Николаевич – академик РАН, доктор мед. наук, профессор, заместитель директора по научной работе ФГАУ "Национальный медицинский исследовательский центр нейрохирургии имени академика Н.Н. Бурденко" Минздрава России, профессор Научно-образовательного центра, Москва, Россия. Scopus Author ID: 7006011755

Ревизвили Амиран Шотаевич – академик РАН, доктор мед. наук, профессор, директор ФГБУ "Национальный медицинский исследовательский центр хирургии имени А.В. Вишневского" Минздрава России; заведующий кафедрой ангиологии, сердечно-сосудистой, эндоваскулярной хирургии и аритмологии ФГБОУ ДПО Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования Минздрава России; Президент Всероссийского научного общества аритмологов, Москва, Россия. <https://orcid.org/0000-0003-1791-9163>. Scopus Author ID: 7003940753

Schima Wolfgang – доктор мед. наук, профессор, руководитель отдела диагностики и интервенционной радиологии Клиники Krankenhaus Gottlicher Heiland, Вена, Австрия. <https://orcid.org/0000-0001-6054-4737>. Scopus Author ID: 22956493100

Зав. редакцией

Юматова Елена Анатольевна – канд. мед. наук, доцент кафедры лучевой диагностики и терапии ФГАОУ ВО "Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова" Минздрава России, Москва, Россия. E-mail: yumatova_ea@mail.ru.
<https://orcid.org/0000-0002-6020-9434>

Груздев Иван Сергеевич – научный редактор переводов.

Редакционная коллегия

Араблинский Андрей Владимирович – доктор мед. наук, профессор, заведующий отделом лучевой диагностики ГБУЗ "Городская клиническая больница имени С.П. Боткина" Департамента здравоохранения города Москвы, Москва, Россия. <https://orcid.org/0000000308543598>

Ахадов Толибджон Абдуллаевич – доктор мед. наук, профессор, заслуженный деятель науки Российской Федерации, заслуженный врач Российской Федерации, руководитель отдела лучевых методов диагностики НИИ неотложной детской хирургии и травматологии Департамента здравоохранения города Москвы, Москва, Россия. <https://orcid.org/0000-0003-0854-3598>

Борсуков Алексей Васильевич – доктор мед. наук, профессор, профессор кафедры факультетской терапии ФГБОУ ВО "Смоленский государственный медицинский университет" Минздрава России; заведующий городским отделением диагностических и малоинвазивных технологий, руководитель Проблемной научно-исследовательской лаборатории "Диагностические исследования и малоинвазивные технологии" ОГБУЗ "Клиническая больница №1" г. Смоленска, Смоленск, Россия. <https://orcid.org/0000-0003-4047-7252>

МЕДИЦИНСКАЯ ВИЗУАЛИЗАЦИЯ



Medical Visualization
Meditsinskaya vizualizatsiya

2021 Том 25 №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" (109028, Москва, а/я 16)

Главный редактор

Кармазановский Григорий Григорьевич – член-корр. РАН, доктор мед. наук, профессор, заведующий отделением рентгенологии и магнитно-резонансных исследований с кабинетом ультразвуковой диагностики ФГБУ "Национальный медицинский исследовательский центр хирургии имени А.В. Вишневского" Минздрава России; профессор кафедры лучевой диагностики и терапии медико-биологического факультета ФГАОУ ВО РНИМУ имени Н.И. Пирогова Минздрава России; Заслуженный деятель науки РФ, Лауреат премии Правительства РФ в области науки и техники, Лауреат премии города Москвы в области медицины, Лауреат премии Ленинского комсомола, вице-президент Российского общества рентгенологов и радиологов, Москва, Россия.

E-mail: karmazanovsky@yandex.ru, karmazanovsky@ixv.ru. <https://orcid.org/0000-0002-9357-0998>. Scopus Author ID: 55944296600

Первый заместитель главного редактора

Нуднов Николай Васильевич – доктор мед. наук, профессор, заслуженный врач Российской Федерации, заместитель директора по научной работе ФГБУ "Российский научный центр рентгенологии" Минздрава России, Москва, Россия. E-mail: nudnov@rncrr.ru
<https://orcid.org/0000-0001-5994-0468>. Scopus Author ID: 7004927053

Заместитель главного редактора

Громов Александр Игоревич – доктор мед. наук, профессор, заведующий отделением лучевой диагностики Клинической больницы №2 МЕДСИ, Москва, Россия. E-mail: gai8@mail.ru. <https://orcid.org/0000-0002-9014-9022>. Scopus Author ID: 7102053957

Научные консультанты

Пронин Игорь Николаевич – академик РАН, доктор мед. наук, профессор, заместитель директора по научной работе ФГАУ "Национальный медицинский исследовательский центр нейрохирургии имени академика Н.Н. Бурденко" Минздрава России, профессор Научно-образовательного центра, Москва, Россия. Scopus Author ID: 7006011755

Ревизвили Амиран Шотаевич – академик РАН, доктор мед. наук, профессор, директор ФГБУ "Национальный медицинский исследовательский центр хирургии имени А.В. Вишневского" Минздрава России; заведующий кафедрой ангиологии, сердечно-сосудистой, эндоваскулярной хирургии и аритмологии ФГБОУ ДПО Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования Минздрава России; Президент Всероссийского научного общества аритмологов, Москва, Россия. <https://orcid.org/0000-0003-1791-9163>. Scopus Author ID: 7003940753

Schima Wolfgang – доктор мед. наук, профессор, руководитель отдела диагностики и интервенционной радиологии Клиники Krankenhaus Gottlicher Heiland, Вена, Австрия. <https://orcid.org/0000-0001-6054-4737>. Scopus Author ID: 22956493100

Зав. редакцией

Юматова Елена Анатольевна – канд. мед. наук, доцент кафедры лучевой диагностики и терапии ФГАОУ ВО "Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова" Минздрава России, Москва, Россия. E-mail: yumatova_ea@mail.ru.
<https://orcid.org/0000-0002-6020-9434>

Груздев Иван Сергеевич – научный редактор переводов.

Редакционная коллегия

Араблинский Андрей Владимирович – доктор мед. наук, профессор, заведующий отделом лучевой диагностики ГБУЗ "Городская клиническая больница имени С.П. Боткина" Департамента здравоохранения города Москвы, Москва, Россия. <https://orcid.org/0000000308543598>

Ахадов Толибджон Абдуллаевич – доктор мед. наук, профессор, заслуженный деятель науки Российской Федерации, заслуженный врач Российской Федерации, руководитель отдела лучевых методов диагностики НИИ неотложной детской хирургии и травматологии Департамента здравоохранения города Москвы, Москва, Россия. <https://orcid.org/0000-0003-0854-3598>

Борсуков Алексей Васильевич – доктор мед. наук, профессор, профессор кафедры факультетской терапии ФГБОУ ВО "Смоленский государственный медицинский университет" Минздрава России; заведующий городским отделением диагностических и малоинвазивных технологий, руководитель Проблемной научно-исследовательской лаборатории "Диагностические исследования и малоинвазивные технологии" ОГБУЗ "Клиническая больница №1" г. Смоленска, Смоленск, Россия. <https://orcid.org/0000-0003-4047-7252>

МЕДИЦИНСКАЯ ВИЗУАЛИЗАЦИЯ



Medical Visualization
Meditsinskaya vizualizatsiya

2021 Том 25 №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" (109028, Москва, а/я 16)

Главный редактор

Кармазановский Григорий Григорьевич – член-корр. РАН, доктор мед. наук, профессор, заведующий отделением рентгенологии и магнитно-резонансных исследований с кабинетом ультразвуковой диагностики ФГБУ "Национальный медицинский исследовательский центр хирургии имени А.В. Вишневского" Минздрава России; профессор кафедры лучевой диагностики и терапии медико-биологического факультета ФГАОУ ВО РНИМУ имени Н.И. Пирогова Минздрава России; Заслуженный деятель науки РФ, Лауреат премии Правительства РФ в области науки и техники, Лауреат премии города Москвы в области медицины, Лауреат премии Ленинского комсомола, вице-президент Российского общества рентгенологов и радиологов, Москва, Россия.

E-mail: karmazanovsky@yandex.ru, karmazanovsky@ixv.ru. <https://orcid.org/0000-0002-9357-0998>. Scopus Author ID: 55944296600

Первый заместитель главного редактора

Нуднов Николай Васильевич – доктор мед. наук, профессор, заслуженный врач Российской Федерации, заместитель директора по научной работе ФГБУ "Российский научный центр рентгенологии" Минздрава России, Москва, Россия. E-mail: nudnov@rncrr.ru
<https://orcid.org/0000-0001-5994-0468>. Scopus Author ID: 7004927053

Заместитель главного редактора

Громов Александр Игоревич – доктор мед. наук, профессор, заведующий отделением лучевой диагностики Клинической больницы №2 МЕДСИ, Москва, Россия. E-mail: gai8@mail.ru. <https://orcid.org/0000-0002-9014-9022>. Scopus Author ID: 7102053957

Научные консультанты

Пронин Игорь Николаевич – академик РАН, доктор мед. наук, профессор, заместитель директора по научной работе ФГАУ "Национальный медицинский исследовательский центр нейрохирургии имени академика Н.Н. Бурденко" Минздрава России, профессор Научно-образовательного центра, Москва, Россия. Scopus Author ID: 7006011755

Ревизвили Амиран Шотаевич – академик РАН, доктор мед. наук, профессор, директор ФГБУ "Национальный медицинский исследовательский центр хирургии имени А.В. Вишневского" Минздрава России; заведующий кафедрой ангиологии, сердечно-сосудистой, эндоваскулярной хирургии и аритмологии ФГБОУ ДПО Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования Минздрава России; Президент Всероссийского научного общества аритмологов, Москва, Россия. <https://orcid.org/0000-0003-1791-9163>. Scopus Author ID: 7003940753

Schima Wolfgang – доктор мед. наук, профессор, руководитель отдела диагностики и интервенционной радиологии Клиники Krankenhaus Gottlicher Heiland, Вена, Австрия. <https://orcid.org/0000-0001-6054-4737>. Scopus Author ID: 22956493100

Зав. редакцией

Юматова Елена Анатольевна – канд. мед. наук, доцент кафедры лучевой диагностики и терапии ФГАОУ ВО "Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова" Минздрава России, Москва, Россия. E-mail: yumatova_ea@mail.ru.
<https://orcid.org/0000-0002-6020-9434>

Груздев Иван Сергеевич – научный редактор переводов.

Редакционная коллегия

Араблинский Андрей Владимирович – доктор мед. наук, профессор, заведующий отделом лучевой диагностики ГБУЗ "Городская клиническая больница имени С.П. Боткина" Департамента здравоохранения города Москвы, Москва, Россия. <https://orcid.org/0000000308543598>

Ахадов Толибджон Абдуллаевич – доктор мед. наук, профессор, заслуженный деятель науки Российской Федерации, заслуженный врач Российской Федерации, руководитель отдела лучевых методов диагностики НИИ неотложной детской хирургии и травматологии Департамента здравоохранения города Москвы, Москва, Россия. <https://orcid.org/0000-0003-0854-3598>

Борсуков Алексей Васильевич – доктор мед. наук, профессор, профессор кафедры факультетской терапии ФГБОУ ВО "Смоленский государственный медицинский университет" Минздрава России; заведующий городским отделением диагностических и малоинвазивных технологий, руководитель Проблемной научно-исследовательской лаборатории "Диагностические исследования и малоинвазивные технологии" ОГБУЗ "Клиническая больница №1" г. Смоленска, Смоленск, Россия. <https://orcid.org/0000-0003-4047-7252>

Ветшева Наталья Николаевна – доктор мед. наук, заместитель директора по медицинской части, заведующая отделом ГБУЗ города Москвы “НПКЦ диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения города Москвы”, Москва, Россия. <http://orcid.org/0000-0002-9017-9432>. Scopus Author ID: 6176616600

Вишнякова Мария Валентиновна – доктор мед. наук, профессор, руководитель рентгенологического отдела, заведующая кафедрой лучевой диагностики факультета усовершенствования врачей ГБУЗ Московской области “Московский областной научно-исследовательский клинический институт имени М.Ф. Владимирского”, главный специалист по лучевой диагностике Минздрава Московской области, Москва, Россия. <https://orcid.org/0000-0003-3838-636X>

Гаждонова Вероника Евгеньевна – доктор мед. наук, профессор, профессор кафедры лучевой диагностики ФГБУ ДПО “Центральная государственная медицинская академия” Управления делами Президента РФ, заведующая кабинетом ультразвуковой ангиографии, врач ультразвуковой диагностики ФГБУ “Объединенная больница с поликлиникой” Управления делами Президента РФ, Москва, Россия. <https://orcid.org/0000-0003-4742-9157>. Scopus Author ID: 8364969000

Зубарев Александр Васильевич – доктор мед. наук, профессор, заведующий кафедрой лучевой диагностики ФГБУ ДПО “Центральная государственная медицинская академия” Управления делами Президента Российской Федерации, Москва, Россия. <https://orcid.org/0000-0002-9318-5010>. Scopus Author ID: 39561660700

Игнатьев Юрий Тимофеевич – доктор мед. наук, профессор, заведующий кафедрой лучевой диагностики и лучевой терапии ФГБОУ ВО “Омская государственная медицинская академия” Минздрава России, Омск, Россия. Scopus Author ID: 57203357735

Котляров Петр Михайлович – доктор мед. наук, профессор, руководитель отдела лучевой рентгеновской диагностики ФГБУ “Российский научный центр рентгенорадиологии” Минздрава России, Москва, Россия. <https://orcid.org/0000-0003-1940-9175>. Scopus Author ID: 7003497625

Кротенкова Марина Викторовна – доктор мед. наук, руководитель отделения лучевой диагностики ФГБНУ “Научный центр неврологии”, Москва, Россия. <https://orcid.org/0000-0003-3820-4554>

Лукьянченко Александр Борисович – доктор мед. наук, профессор, ведущий научный сотрудник рентгенодиагностического отделения НИИ клинической и экспериментальной радиологии ФГБУ “НМИЦ онкологии имени Н.Н. Блохина” Минздрава России, Москва, Россия. <https://orcid.org/0000-0002-7021-6419>

Мищенко Андрей Владимирович – доктор мед. наук, доцент, ведущий научный сотрудник ФГБУ “Национальный медицинский исследовательский центр онкологии имени Н.Н. Петрова” Минздрава России, профессор научно-клинического и образовательного центра “Лучевая диагностика и ядерная медицина” Института высоких медицинских технологий медицинского факультета ФГБОУ ВО “Санкт-Петербургский государственный университет”, Санкт-Петербург, Россия. Scopus Author ID: 55791087500

Морозов Сергей Павлович – доктор мед. наук, профессор, директор ГБУЗ города Москвы “НПКЦ диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения города Москвы”, Москва, Россия. <https://orcid.org/0000-0001-6545-6170>. Scopus Author ID: 7102189637

Петрайкин Алексей Владимирович – канд. мед. наук, доцент, старший научный сотрудник отдела разработки средств контроля и технического мониторинга, врач-рентгенолог, эксперт учебно-консультативного отдела ГБУЗ города Москвы “НПКЦ диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения города Москвы”, Москва, Россия. <https://orcid.org/0000-0003-1694-4682>. Scopus Author ID: 7801330975

Прокопенко Сергей Павлович – канд. мед. наук, заведующий отделением комплексной и интервенционной радиологии в маммологии Национального центра онкологии репродуктивных органов ФГБУ “Московский научно-исследовательский онкологический институт имени П.А. Герцена” – филиал ФГБУ “Национальный медицинский исследовательский центр радиологии” Минздрава России; заведующий кафедрой клинической маммологии, лучевой диагностики, лучевой терапии факультета непрерывного медицинского образования РУДН, Москва, Россия. <http://orcid.org/0000-0002-0369-5755>. Scopus Author ID: 7004120546

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

Рубцова Наталья Алефтиновна – доктор мед. наук, руководитель отдела лучевой диагностики ФГБУ “Московский научно-исследовательский онкологический институт имени П.А. Герцена” – филиал ФГБУ “Национальный медицинский исследовательский центр радиологии” Минздрава России, Москва, Россия. Scopus Author ID: 15844343600

Синицын Валентин Евгеньевич – доктор мед. наук, профессор, руководитель курса лучевой диагностики факультета фундаментальной медицины МГУ имени М.В. Ломоносова, Президент Российского общества рентгенологов и радиологов, Москва, Россия. <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, Президент РОО “Общество рентгенологов, радиологов и специалистов ультразвуковой диагностики города Москвы”, Москва, Россия. <http://orcid.org/0000-0002-2348-4963>

Терновой Сергей Константинович – академик РАН, доктор мед. наук, профессор, лауреат Государственной премии СССР, лауреат премии РФ в области образования, руководитель отдела томографии Института клинической кардиологии имени А.Л. Мясникова ФГБУ “Национальный медицинский исследовательский центр кардиологии” Минздрава России; заведующий кафедрой лучевой диагностики и терапии ГБОУ ВПО “Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова” Минздрава России, Москва, Россия. <https://orcid.org/0000-0003-4374-1063>. Scopus Author ID: 7005882661

Тимина Ирина Евгеньевна – доктор мед. наук, старший научный сотрудник отделения рентгенологии и магнитно-резонансных исследований с кабинетом ультразвуковой диагностики ФГБУ “Национальный медицинский исследовательский центр хирургии имени А.В. Вишневского” Минздрава России, Москва, Россия. Scopus Author ID: 24333032000

Троян Владимир Николаевич – доктор мед. наук, профессор, начальник центра лучевой диагностики ФГБУ “Главный военный клинический госпиталь имени академика Н.Н. Бурденко” Минобороны России, Москва, Россия. <https://orcid.org/0000-0002-8008-9660>

Усов Владимир Юрьевич – доктор мед. наук, профессор, руководитель отделения рентгеновских и томографических методов диагностики НИИ кардиологии Томского национального исследовательского медицинского центра Российской Академии наук, Томск, Россия. <https://orcid.org/0000-0002-7352-6068>. Scopus Author ID: 16937595600

Фисенко Елена Полиектовна – доктор мед. наук, главный научный сотрудник лаборатории ультразвуковой диагностики отдела клинической физиологии, инструментальной и лучевой диагностики ФГБНУ “Российский научный центр хирургии имени академика Б.В. Петровского”; профессор кафедры функциональной и ультразвуковой диагностики ФГАОУ “Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова” Минздрава России, Москва, Россия. <https://orcid.org/0000-0003-4503-950X>

Хохлов Александр Леонидович – член-корр. РАН, доктор мед. наук, профессор, заведующий кафедрой клинической фармакологии с курсом ИПДО ФГБОУ ВО “Ярославский государственный медицинский университет” Минздрава России, Ярославль, Россия. <http://orcid.org/0000-0002-0032-0341>. Scopus Author ID: 7201745706

Шейх Жанна Владимировна – доктор мед. наук, профессор, врач-рентгенолог отдела лучевой диагностики ГБУЗ “Городская клиническая больница имени С.П. Боткина” Департамента здравоохранения города Москвы, Москва, Россия. <https://orcid.org/0000-0003-1334-6652>

Щеголев Александр Иванович – доктор мед. наук, профессор, заведующий патологоанатомическим отделением ФГБУ “Национальный медицинский исследовательский центр акушерства, гинекологии и перинатологии имени академика В.И. Кулакова” Минздрава России, Москва, Россия. <https://orcid.org/0000-0002-2111-1530>. Scopus Author ID: 7003338835

Юдин Андрей Леонидович – доктор мед. наук, профессор, заведующий кафедрой лучевой диагностики и терапии ФГБОУ ВО “Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова” Минздрава России, Москва, Россия. <http://orcid.org/0000-0002-0310-0889>

Редакционный совет

Ахметов Ермек Абибуллаевич – доктор мед. наук, доцент, проректор по научной и клинической деятельности АО “Медицинский университет Астана”, Астана, Казахстан.

Ашрафян Левон Андреевич – академик РАН, доктор мед. наук, профессор, заместитель директора ФГБУ “Национальный медицинский исследовательский центр акушерства, гинекологии и перинатологии имени академика В.И. Кулакова” Минздрава России, директор Института онкогинекологии и маммологии, Москва, Россия. Scopus Author ID: 57194173388

Nicholas C. Gourtsoyiannis – доктор мед. наук, профессор, заслуженный профессор в отставке Университета Крита; директор по научным исследованиям Европейской школы радиологии (ESOR), Афины, Греция. Scopus Author ID: 24369117700

Долгушин Борис Иванович – академик РАН, доктор мед. наук, профессор, директор НИИ клинической и экспериментальной радиологии ФГБУ “Национальный медицинский исследовательский центр онкологии имени Н.Н. Блохина” Минздрава России; профессор кафедры лучевой диагностики, лучевой терапии и медицинской физики ФГБОУ ДПО “Российская медицинская академия непрерывного последипломного образования” Минздрава России, Москва, Россия. Scopus Author ID: 6604000392

Икрамов Адхам Ильхамович – доктор мед. наук, профессор, заведующий кафедрой медицинской радиологии Ташкентского института усовершенствования врачей Минздрава Республики Узбекистан, Ташкент, Узбекистан. Scopus Author ID: 6603001286

Caseiro Alves Filipe – доктор мед. наук, профессор, профессор кафедры визуализации на медицинском факультете г. Коимбра, руководитель отдела медицинской визуализации в университетской клинике г. Коимбра, Португалия. <http://orcid.org/0000-0001-9397-6149>. Scopus Author ID: 6602827278

Gabriel P. Krestin – доктор мед. наук, профессор, руководитель отделения и кафедры радиологии Erasmus MC Университетского медицинского центра г. Роттердам, Нидерланды. Scopus Author ID: 7007072461

Рахимжанова Раушан Ибжановна – доктор мед. наук, профессор, заведующая кафедрой радиологии №1 АО “Медицинский университет Астана”, главный специалист по лучевой диагностике Минздрава Республики Казахстан, заслуженный деятель Республики Казахстан, академик Академии профилактической медицины Республики Казахстан, Астана, Казахстан. <https://orcid.org/0000-0002-3490-6324>. Scopus Author ID: 55776205100

Rienmüller Rainer – иностранный член РАН, доктор мед. наук, профессор, профессор отделения общей радиологии Медицинского университета Грац, Грац, Австрия. Scopus Author ID: 7003654650

Рожкова Надежда Ивановна – доктор мед. наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, лауреат премии Совета Министров СССР, руководитель Национального центра онкологии репродуктивных органов МНИОИ имени П.А. Герцена – филиал ФГБУ “Национальный медицинский исследовательский центр радиологии” Минздрава России, профессор кафедры клинической маммологии, лучевой диагностики, лучевой терапии факультета непрерывного медицинского образования РУДН, Москва, Россия. <https://orcid.org/0000-0003-0920-1549>. Scopus Author ID: 7006577356

Трофимова Татьяна Николаевна – доктор мед. наук, профессор, директор научно-клинического и образовательного центра “Лучевая диагностика и ядерная медицина” Института высоких медицинских технологий медицинского факультета ФГБОУ ВО “Санкт-Петербургский государственный университет”; ведущий научный сотрудник отдела экологической физиологии ФГБНУ “Институт экспериментальной медицины”, Санкт-Петербург, Россия. <http://orcid.org/0000-0003-4871-2341>. Scopus Author ID: 7006098439

Тюрин Игорь Евгеньевич – доктор мед. наук, профессор, заведующий кафедрой лучевой диагностики, лучевой терапии и медицинской физики ФГБОУ ДПО “Российская медицинская академия непрерывного последипломного образования” Минздрава России, Москва, Россия. <https://orcid.org/0000-0003-3931-1431>. Scopus Author ID: 6602519408

Ходжибеков Марат Худайкулович – доктор мед. наук, профессор, заведующий кафедрой онкологии и лучевой диагностики Ташкентской медицинской академии, Ташкент, Узбекистан.

Цвиркун Виктор Викторович – доктор мед. наук, профессор, главный научный сотрудник Московского клинического научного центра имени А.С. Логанова Департамента здравоохранения города Москвы, Москва, Россия. <http://orcid.org/0000-0001-5169-2199>

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 (Григорий Григорьевич Кармазановский) karmazanovsky@ixv.ru. Тел.: 8-499-237-37-64, 237-04-54.

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

ООО “Видар” 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”, 2021.
Все права сохраняются.

MEDICAL VISUALIZATION

Медицинская визуализация
Meditsinskaya vizualizatsiya

2021 V. 25 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 Ltd. (p/b 16, 109028, Moscow, Russian Federation)

Editor-in-Chief

Grigory G. Karmazanovsky – corresponding member of the Russian Academy of Sciences, Dr. of Sci. (Med.), Professor, Head of the Diagnostic Radiology department “A.V. Vishnevsky National Medical Research Center of Surgery” of the Ministry of Health of the Russian Federation; Professor of radiology department N.I. Pirogov Russian national research medical university. Honored Scientist of Russian Federation, Laureate of the RF Government Prize in the field of science and technology, Laureate of the Moscow City Prize in the field of medicine, Lenin Komsomol Prize Laureate, Vice President of the Russian Society of Radiologists and Radiologists. Moscow, Russian Federation. E-mail: karmazanovsky@yandex.ru, karmazanovsky@ixv.ru. <https://orcid.org/0000-0002-9357-0998>. Scopus Author ID: 55944296600

First Deputy Editor

Nikolay V. Nudnov – Dr. of Sci. (Med.), Professor, Honored Doctor of the Russian Federation, Deputy Director for the scientific work of the Russian Scientific Center of Roentgenoradiology of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation. E-mail: nudnov@rncrr.ru <https://orcid.org/0000-0001-5994-0468>. Scopus Author ID: 7004927053

Deputy Chief Editor

Alexander I. Gromov – Dr. of Sci. (Med.), Professor, Head of Radiology Department of Clinical hospital No.2 of “Medsi group” Joint Stock Company, Moscow, Russian Federation. E-mail: gai8@mail.ru. <https://orcid.org/0000-0002-9014-9022>. Scopus Author ID: 7102053957

Scientific consultants

Igor N. Pronin – Academician of the Russian Academy of Sciences, Dr. 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

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; Head of Angiology, Cardiovascular, Endovascular Surgery and Arrhythmology Department of Russian Medical Academy of Continuing Professional Education of Ministry of Health of Russia; President of the All-Russian Scientific Society of Arrhythmologists Moscow, Russian Federation. <https://orcid.org/0000-0003-1791-9163>. Scopus Author ID: 7003940753

Schima Wolfgang – Ph.D. in Medicine, Professor, Head of the Diagnostics and interventional radiology Department at Clinic Krankenhaus Gottlicher Heiland, Vienna, Austria. <https://orcid.org/0000-0001-6054-4737>. Scopus Author ID: 22956493100

Chief of office

Elena A. Yumatova – Cand. of Sci. (Med.), Associate Professor, Radiology department, N.I.Pirogov Russian national research medical university, Moscow, Russian Federation. E-mail: yumatova_ea@mail.ru. <https://orcid.org/0000-0002-6020-9434>

Ivan S. Gruzdev – scientific translation editor.

Editorial board

Andrey V. Arablinskiy – Dr. of Sci. (Med.), Professor, Head of the Radiology department, S.P. Botkin City Clinical Hospital; Professor, Department of Radiology, Moscow, Russian Federation. <https://orcid.org/0000-0003-0854-3598>

Tolibdzhon A. Akhadov – Dr. of Sci. (Med.), Professor, Honored Scientist of Russian Federation, Honored Doctor of the Russian Federation, Head of radiology department, Clinical and Research Institute of Emergency Pediatric Surgery and Trauma, Moscow, Russian Federation. <https://orcid.org/0000-0002-3235-8854>

Alexey V. Borsukov – Dr. of Sci. (Med.), Professor, Professor Chair of Intermediate Level Therapy of Smolensk State Medical University of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation. Head of the municipal diagnostic and minimally invasive technologies department, Head of the Problem Research Laboratory “Diagnostic and minimally invasive technologies” Smolensk Clinical Hospital №1. Smolensk, Russian Federation. <https://orcid.org/0000-0003-4047-7252>

Natalia N. Vetsheva – Dr. of Sci. (Med.), Deputy Director for Medical, Head of the Department, Scientific and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies, Moscow, Russian Federation. <http://orcid.org/0000-0002-9017-9432>. Scopus Author ID: 6176616600

Mariya V. Vishnyakova – Dr. of Sci. (Med.), Professor, Head of the Radiology Department, M.F. Vladimirsky Moscow Regional Clinical and Research Institute (MONIKI), Chief specialist in radiological diagnostics, Ministry of Health of Moscow Region, Moscow, Russian Federation. <https://orcid.org/0000-0003-3838-636X>

Veronika E. Gazhonova – Dr. of Sci. (Med.), Professor, Professor of Radiology department of postgraduate professional education “Central State Medical Academy” management department of the President of Russian Federation; Head of US-angiography of “United hospital and polyclinic” Administrative Directorate of the President of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation. <https://orcid.org/0000-0003-4742-9157>. Scopus Author ID: 8364969000

Aleksandr V. Zubarev – Dr. of Sci. (Med.), Professor, Head of the Radiology Department of the Central State Medical Academy of Department of Presidential Affairs, Moscow, Russian Federation. <https://orcid.org/0000-0002-9318-5010>. Scopus Author ID: 39561660700

Yury T. Ignat'ev – Dr. of Sci. (Med.), Professor, Head of the Radiology Department, Omsk State Medical Academy, Omsk, Russian Federation. Scopus Author ID: 57203357735

Peter M. Kotlyarov – Dr. of Sci. (Med.), Professor, Head of the radiation X-ray diagnostics Department of the Federal state budgetary institution “Russian Scientific Center of Roentgenoradiology”, Moscow, Russian Federation. <https://orcid.org/0000-0003-1940-9175>. Scopus Author ID: 7003497625

Marina V. Krotenkova – Dr. of Sci. (Med.), Head of Radiology Department of the Scientific Center of Neurology, Moscow, Russian Federation. <https://orcid.org/0000-0003-3820-4554>

Alexander B. Lukianchenko – Dr. of Sci. (Med.), Professor, leading researcher of the diagnostic radiology department, National medical research center of oncology of N.N. Blokhin, Moscow, Russian Federation. <https://orcid.org/0000-0002-7021-6419>

Andrei V. Mishchenko – Dr. of Sci. (Med.), Associate Professor, leading researcher, N.N. Petrov National Medical Research Oncology Center, Saint Petersburg, Russian Federation. Scopus Author ID: 55791087500

Sergey P. Morozov – Dr. of Sci. (Med.), Professor, Director of the Scientific and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies, Moscow, Russian Federation. <https://orcid.org/0000-0001-6545-6170>. Scopus Author ID: 7102189637

Alexey V. Petraikin – Cand. of Sci. (Med.), Associate Professor, Senior Researcher of the Scientific 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.), Head of the Department of Comprehensive and Interventional Radiology in Mammology, National Center for Reproductive Organs Oncology, FSBI “P.A. Herzen Moscow Oncological Research Institute of Oncology” branch of the Federal State Budgetary Institution “National Medical Research Center of Radiology” of the Ministry of Health of Russia; Head of the Department of Clinical Mammology, Radiological Diagnostics, Radiological Therapy, Faculty of Continuing Medical Education, Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russian Federation. <http://orcid.org/0000-0002-0369-5755>. Scopus Author ID: 7004120546

Mikhail V. Rostovtsev – Dr. of Sci. (Med.), Head of Radiology department of the City clinical hospital them M.E. Zhadkevich (GKB № 71), Moscow, Russian Federation. <https://orcid.org/0000-0002-5032-4164>

Natalia A. Rubtsova – Dr. of Sci. (Med.), Head of Radiology department of 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

Valentin E. Sinitsyn – Dr. of Sci. (Med.), Professor, Head of the radiology center of the FSU “Medical rehabilitation center of the Ministry of health of Russia”, President Of the Russian Society of Radiology, 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; President of RPO “Society of Radiologists and Ultrasound Diagnostic Specialists of Moscow”, Moscow, Russia. <http://orcid.org/0000-0002-2348-4963>

Sergey K. Ternovoy – Academician of the Russian Academy of Sciences, Dr. of Sci. (Med.), Professor, Honored Scientist of Russian Federation, Laureate of the USSR Government Award, Laureate of the Russian Federation Government Award in the field of Education; Head of the Radiology department I.M. Sechenov First Moscow State Medical University, Head of the Tomography Department, A.L. Myasnikov Institute of Clinical Cardiology, Moscow, Russian Federation. <https://orcid.org/0000-0003-4374-1063>. Scopus Author ID: 7005882661

Irina E. Thimina – Dr. of Sci. (Med.), Professor, Senior Researcher of Diagnostic Radiology department of A.V. Vishnevsky Institute of Surgery, Moscow, Russian Federation. Scopus Author ID: 24333032000

Vladimir N. Troyan – Dr. of Sci. (Med.), Professor, Head of the Radiology Department of the FGBU “Main Military Clinical Hospital named after N.N. Burdenko” of the Ministry of Defense of Russia, Russian Federation. <https://orcid.org/0000-0002-8008-9660>

Wladimir Yu. Ussov – Dr. of Sci. (Med.), Professor, Head of X-ray and Tomographic Methods of Diagnosis, Research Institute of Cardiology of the Tomsk National medical Research Center, Tomsk, Russian Federation. <https://orcid.org/0000-0002-7352-6068>. Scopus Author ID: 16937595600

Elena P. Fisenko – Dr. of Sci. (Med.), Chief Researcher of Ultrasound Diagnostics Department, B.V. Petrovsky Russian Research Surgery Center; Professor, Diagnostic Ultrasound Division, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow, Russian Federation. <https://orcid.org/0000-0003-4503-950X>

Aleksandr L. Khokhlov – corresponding member of the Russian Academy of Sciences, Dr. of Sci. (Med.), Professor, Head of the Department of Clinical Pharmacology with an Institute of Postgraduate Education course Yaroslavl State Medical University, Yaroslavl, Russian Federation. <http://orcid.org/0000-0002-0032-0341>. Scopus Author ID: 7201745706

Zhanna V. Sheikh – Dr. of Sci. (Med.), Professor, Head of Computed Tomography Department of S.P. Botkin City Clinical Hospital, Moscow, Russian Federation. <https://orcid.org/0000-0003-1334-6652>

Alexander I. Shchegolev – Dr. of Sci. (Med.), Professor, Head of the anatomic pathology Department at the Research Center for Obstetrics, Gynecology and Perinatology of the Russian Ministry of Healthcare, Moscow, Russian Federation. <https://orcid.org/0000-0002-2111-1530>. Scopus Author ID: 7003338835

Andrey L. Yudin – Doct. of Sci. (Med.), Professor, Head of Radiology department, N.I. Pirogov Russian national research medical university, Moscow, Russian Federation. <http://orcid.org/0000-0002-0310-0889>

Editorial Council

Yermek A. Akhmetov – Dr. of Sci. (Med.), Associate Professor, Director of the Department of strategic development and international relations of JSC “Astana Medical University”, Astana, Kazakhstan.

Levon A. Ashrafian – Academician of the Russian Academy of Sciences, Dr. of Sci. (Med.), Professor, Director of the Institute of Oncogynecology and Mammology, Deputy Director of the Research Center for Obstetrics, Gynecology and Perinatology, Moscow, Russia. Scopus Author ID: 57194173388

Nicholas C. Gourtsoyiannis – M.D., Ph.D., Professor, Division of Vascular Surgery, University Hospital of Heraklion, Medical School of Heraklion, Crete, Greece, Crete, Greece. Scopus Author ID: 24369117700

Boris I. Dolgushin – Academician of the Russian Academy of Sciences, Dr. of Sci. (Med.), Professor; Deputy director of N.N. Blokhin Russian Cancer Research Center, Radiology and Medical Physics Department of Russian Medical Academy of Post-Graduate Education, Moscow, Russian Federation. Scopus Author ID: 6604000392

Adkham I. Ikramov – Dr. of Sci. (Med.), Professor, Head of Medical Radiology Department of Tashkent Institute of Postgraduate Medical Education, Tashkent, Uzbekistan. Scopus Author ID: 6603001286

Caseiro Alves Filipe – Ph.D. in Medicine, Professor. Professor of the Imaging Department at the medical faculty of Coimbra. Head of medical imaging Department at the University Hospital of Coimbra., Coimbra, Portugal. <http://orcid.org/0000-0001-9397-6149>. Scopus Author ID: 6602827278

Gabriel P. Krestin – Ph.D. in Medicine, Professor. Head of the Radiology Department and Division, Erasmus MC, University Medical Center in Rotterdam, the Netherlands. Scopus Author ID: 7007072461

Raushan I. Rakhimzhanova – Dr. of Sci. (Med.), Professor, Head of the Department of Radiology, Astana Medical University, chief specialist in radiological diagnostics of the Ministry of Health of the Republic of Kazakhstan, Honored Worker of the Republic of Kazakhstan, Academician of the Academy of Preventive Medicine of the Republic of Kazakhstan, Astana, Kazakhstan. <https://orcid.org/0000-0002-3490-6324>. Scopus Author ID: 55776205100

Rainer Rienmüller – M.D., Ph.D., Professor, Ordinarius for Radiology, Head of the Department of General Diagnostic Radiology of the Medical University Graz, Graz, Austria. Scopus Author ID: 7003654650

Nadezhda I. Rozhkova – Dr. of Sci. (Med.), Professor, Honored Scientist of the Russian Federation, Laureate of the Prize of the Council of Ministers of the USSR, Clinical Mammology and Radiology Department, Advanced Training Faculty, Peoples' Friendship University of Russia, Head of the National Reproductive organs Oncology Center, P.A. Herzen Moscow Research Institute of Oncology, Moscow, Russian Federation. <https://orcid.org/0000-0003-0920-1549>. Scopus Author ID: 7006577356

Tat'yana N. Trofimova – Dr. of Sci. (Med.), Professor, Chief Researcher, Institute of the Human Brain n.a. N.P. Behtereva RAS, Professor-consultant in St. Petersburg Center for Control of AIDS and Infectious Diseases, Head of the Medical imaging educational course, Saint Petersburg State Medical Academy, St. Petersburg, Russian Federation. <http://orcid.org/0000-0003-4871-2341>. Scopus Author ID: 7006098439

Igor E. Tyurin – Dr. of Sci. (Med.), Professor, Head of the Radiology and Medical Physics Department of Russian Medical Academy of Post-Graduate Education, Senior researcher at Department of Radiology, N.N. Blokhin Russian Cancer Research Center, Moscow, Russian Federation. <https://orcid.org/0000-0003-3931-1431>. Scopus Author ID: 6602519408

Marat Kh. Khodzhibekov – Dr. of Sci. (Med.), Professor, Head of the Department of Oncology and Radiology, Tashkent Medical Academy, Tashkent, Uzbekistan.

Viktor V. Tsvirkun – Dr. of Sci. (Med.), Professor, Chief Researcher of the Loginov Moscow Clinical Research Center, Moscow, Russian Federation. <http://orcid.org/0000-0001-5169-2199>

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: **karmazanovsky@ixv.ru**
27, Bol'shaya Serpukhovskaya str., 117997, Moscow, Russian Federation.

A.V. Vishnevsky National Medical Research Center of Surgery. Grigory G. Karmazanovsky
Phone: +7 (499) 237-37-64, 237-04-54,

<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” 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., 2021
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: 15.09.2021



Содержание

COVID-19

- 13 Опыт применения фокусированного ультразвукового исследования сердца у пациентов с COVID-19 в Rгопе-позиции**
Белафина Н.И., Исхаков Р.Т., Баркова Ю.В., Ильина Е.С., Кесарева Ю.А., Леоненко Н.В., Никитина Т.А., Пирожкова Я.В., Соколова Н.В., Таймасханова П.А., Шищенко Е.А., Зелтынь-Абрамов Е.М.
- 22 Опыт работы мобильного компьютерного томографа в составе аэромобильного госпиталя МЧС России в полевых условиях Крайнего Севера для борьбы со вспышкой новой коронавирусной инфекции**
Алексанин С.С., Кротова О.А., Рыбников В.Ю., Нестеренко Н.В., Гарбар Н.М.

Брюшная полость

- 31 Значение ультразвукового исследования в диагностике острой странгуляционной тонкокишечной непроходимости**
Шаврина Н.В., Ярцев П.А., Лебедев А.Г., Левитский В.Д., Драйер М.Н., Цулеискири Б.Т., Хамидова Л.Т., Антонян С.Ж.
- 43 Синхронное опухолевое поражение поджелудочной железы**
Романова К.А., Лукьянченко А.Б., Медведева Б.М., Поляков А.Н.
- 50 Стандартизация методики контраст-усиленного ультразвукового исследования почек у пациентов с сахарным диабетом 2 типа**
Борсуков А.В., Горбатенко О.А.

Голова

- 66 Перфузия головного мозга при сахарном диабете 1 типа и когнитивной дисфункции**
Самойлова Ю.Г., Матвеева М.В., Тонких О.С., Фимушкина Н.Ю.
- 73 Количественная оценка изображений ОФЭКТ с ^{99m}Tc-технетрилом и МРТ с парамагнитным контрастным усилением в прогнозе выживаемости пациентов с глиальными опухолями головного мозга после комбинированного лечения**
Бабилов В.Ю., Удуд В.В., Усова А.В., Лишманов Ю.Б., Веснина Ж.В., Чириков А.С., Усов В.Ю.

Грудная полость

- 83 Новая балльная шкала оценки риска установления хронической сердечной недостаточности с сохраненной фракцией выброса**
Жерко О.М., Шкробнева Э.И.
- 97 Современные представления о распространенности, патоморфологии и диагностике гранулематоза с полиангиитом с поражением легких (обзор литературы)**
Сафонова Т.Д., Шейх Ж.В.

Детская рентгенология

- 109 Ультранизкодозная компьютерная томография в диагностике заболеваний околоносовых пазух у детей: обзор литературы**
Лайпан А.Ш., Морозов С.П., Низовцова Л.А., Блохин И.А., Гомбелевский В.А.
- 119 Компьютерная томография при переломах голеностопного сустава у детей**
Серова Н.Ю., Ахадов Т.А., Мельников И.А., Божко О.В., Костинова Т.Д., Семенова Н.А., Дмитренко Д.М., Никишов С.О., Манжурцев А.В., Ублинский М.В., Хусаинова Д.Н.

Малый таз

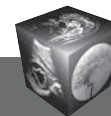
- 131 Оценка типов трофобластического кровотока у беременных с тромбофилией на сроке с 7-й по 10-ю неделю методом объемной реконструкции**
Асриянц М.А., Астафьева О.В.

Кости и суставы

- 140 Новые возможности лучевых методов в контроле за регенерацией костной ткани при переломах**
Тухбатуллин М.Г., Кормилина А.Р., Пасынков Д.В., Курочкин С.В.
- 150 Внескелетная саркома Юинга малого таза (обзор литературы и клиническое наблюдение)**
Конторович Д.С., Пронькина Е.В., Нуднов Н.В.

Поверхностные органы

- 157 Ультразвуковой мерцающий артефакт в дифференциальной диагностике кальцинатов молочных желез**
Громов А.И., Комин Ю.А., Мозеров С.А., Красницкая С.К.



Contents

COVID-19

- 13 The application experience of focused ultrasound heart examination in patients with COVID-19 in Prone-position**

Natalya I. Belavina, Rustam T. Iskhakov,
Iuliia V. Barkova, Elena S. Ilina, Iuliia A. Kesareva,
Natalya V. Leonenko, Tatyana A. Nikitina,
Iana V. Pirozhkova, Natalia V. Sokolova,
Patimat A. Taymaskhanova, Ekaterina A. Shishchenko,
Eugene M. Zeltyn-Abramov

- 22 Experience with a mobile CT scanner as part of an airmobile hospital of the Ministry of Emergencies of Russia in the field conditions of the Far North to combat the outbreak of a new coronavirus infection**

Sergej S. Aleksanin, Olga A. Krotova, Victor Yu. Rybnikov,
Nataliya V. Nesterenko, Nikolay M. Garbar

Abdomen

- 31 Value of the ultrasound research in the diagnostic of acute strangulated small bowel obstruction**

Natalya V. Shavrina, Petr A. Yartsev,
Alexander G. Lebedev, Vladislav D. Levitsky,
Maria N. Drayer, Bakur T. Tsuleiskiri,
Layla T. Khamidova, Sevak Zh. Antonyan

- 43 Concomitant intraductal papillary mucinous neoplasm (IPMN) and neuroendocrine tumor (NET) of pancreas**

Ksenia A. Romanova, Alexander B. Lukianchenko,
Bela M. Medvedeva, Aleksander N. Polyakov

- 50 Standardization of the method of contrast-enhanced ultrasound of kidneys in patients with type 2 diabetes**

Alexey V. Borsukov, Olga A. Gorbatenko

Head

- 66 Brain perfusion in type 1 diabetes and cognitive dysfunction**

Yulia G. Samoilova, Maria V. Matveeva,
Olga S. Tonkikh, Natalia Yu. Fimushkina

- 73 Quantification of SPECT with ^{99m}Tc-technetium and of contrast-enhanced MRI scans in survival prognosis of patients with glial brain tumors after combined chemo – radiation treatment**

Viktor Yu. Babikov, Vladimir V. Udu,
Anna V. Usova, Yuri B. Lishmanov, Zhanneta V. Vesnina,
Aleksandr S. Chirikov, Wladimir Yu. Ussov

Thorax

- 83 New score scale for assessing the risk of establishing chronic heart failure with preserved ejection fraction**

Olga M. Zherko, Elina I. Shkrebneva

- 97 Modern concepts of the prevalence, pathomorphology and diagnosis of granulomatosis with polyangiitis with pulmonary involvement (literature review)**

Tatyana D. Safonova, Zhanna V. Sheikh

Pediatric radiology

- 109 Ultra-low-dose computed tomography in the diagnosis of diseases of the paranasal sinuses in pediatric population: literature review**

Albina Sh. Laipan, Sergey P. Morozov,
Lyudmila A. Nizovtsova, Ivan A. Blokhin,
Victor A. Gombolevisky

- 119 Computed tomography for fractures of the ankle joint in children**

Natalya Yu. Serova, Tolibdzhon A. Akhadov,
Ilya A. Mel'nikov, Ol'ga V. Bozhko, Tatyana D. Kostikova,
Nataliya A. Semenova, Dmitriy M. Dmitrenko,
Sergey O. Nikishov, Andrei V. Manzhurtsev,
Maxim V. Ublinskiy, Daria N. Khusainova

Small pelvis

- 131 Trophoblastic volumetric bloodflow evaluation in women with trombophilia on 7–10th week of pregnancy**

Mariya A. Asriyants, Olga V. Astafieva

Bones and joints

- 140 New radiation techniques in controlling bone regeneration in fractures**

Munir G. Tukhbatullin, Alsu R. Kormilina,
Dmitry V. Pasynkov, Sergey V. Kurotchkin

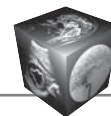
- 150 Ewing's extra skeletal sarcoma of the pelvis (Literature review and clinical case)**

Daria S. Kontorovich, Elena V. Pronkina,
Nikolay V. Nudnov

Superficial organs

- 157 Twinkling artifact in differential diagnosis of mammary calcinates**

Alexander I. Gromov, Yury A. Komin,
Sergey A. Mozerov, Svetlana K. Krasnickaya



COVID-19

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

<https://doi.org/10.24835/1607-0763-990>

Опыт применения фокусированного ультразвукового исследования сердца у пациентов с COVID-19 в Prone-позиции

© Белавина Н.И.^{1*}, Исхаков Р.Т.¹, Баркова Ю.В.¹, Ильина Е.С.¹, Кесарева Ю.А.¹,
 Леоненко Н.В.¹, Никитина Т.А.¹, Пирожкова Я.В.¹, Соколова Н.В.¹,
 Таймасханова П.А.¹, Шищенко Е.А.¹, Зелтынь-Абрамов Е.М.^{1,2}

¹ ГБУЗ города Москвы "Городская клиническая больница № 52 ДЗ города Москвы"; 123182 Москва, ул. Пехотная, д.3, Российская Федерация

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

Цель исследования: изучение опыта применения фокусированного трансторакального эхокардиографического исследования в Prone-позиции (фЭхоPr) в отделениях реанимации и интенсивной терапии (ОРИТ) у пациентов с COVID-19.

Материал и методы. В ретроспективное наблюдательное исследование включено 53 пациента (период 15.04–31.12.20). Критерии включения: подтвержденный диагноз COVID-19, наличие данных фЭхоPr, определенность исхода (выписка/смерть). Анализировались электронные истории болезни. фЭхоPr выполнялось в положении пациента на животе с валиком под левой частью грудной клетки и поднятой левой рукой ("поза пловца"). Проводилась оценка систолической функции правого желудочка (ПЖ) (измерение экскурсии фиброзного кольца трикуспидального клапана (TAPSE)), размера ПЖ, систолической функции левого желудочка (ЛЖ) (измерение интеграла линейной скорости кровотока в выходном тракте ЛЖ (VTI_{ЛЖ})), параметра ПЖ/ЛЖ, легочной гипертензии (ЛГ) (измерение пикового градиента трикуспидальной регургитации (PGTR)). В зависимости от результатов пациенты были разделены на 2 группы: информативные (+фЭхоPr) и неинформативные (–фЭхоPr) исследования.

Результаты. Не выявлено статистически значимой разницы в группах (+фЭхоPr $n = 35$ vs –фЭхоPr $n = 18$) по возрасту ($65,6 \pm 15,3$ года vs $60,2 \pm 15,8$ года, $p > 0,05$), полу (муж.: 23 (65,7%) vs 14 (77,8%), $p > 0,05$), индексу массы тела ($31,3 \pm 5,3$ кг/м² vs $29,5 \pm 5,4$ кг/м², $p > 0,05$), нахождению на искусственной вентиляции легких (ИВЛ) (24 (68,6%) vs 17 (94,4%), $p = 0,074$), показателям шкалы NEWS ($6,9 \pm 3,7$ vs $8,5 \pm 3,5$ балла), летальности (82,8% vs 94,4%, $p > 0,05$). Корреляционный анализ выявил умеренную обратную связь между нахождением на ИВЛ и информативностью исследования (r -Спирмена = $-0,30$ при $p = 0,033$). В группе +фЭхоPr корректное измерение TAPSE и ПЖ/ЛЖ проведено в 100%: снижение систолической функции ПЖ зафиксировано у 5 (14%), расширение ПЖ у 13 (37%) пациентов. Признаки ЛГ выявлены у 11 (31%), измерить PGTR не удалось у 10 (28%) человек. Систолическая дисфункция ЛЖ выявлена у 7 (20%). Не было выявлено патологии у 16 (46%) пациентов. У одного пациента диагностирован инфекционный эндокардит нативного митрального клапана, подтвердившийся при проведении аутопсии.

Заключение. В 66% случаев проведение фЭхоPr было информативным, особенно в части оценки состояния правых отделов сердца. фЭхоPr – доступный, валидный и воспроизводимый метод оценки и мониторинга состояния сердца у пациентов в ОРИТ.

Ключевые слова: COVID-19, фокусированное эхокардиографическое исследование, Prone-позиция, искусственная вентиляция легких

Авторы подтверждают отсутствие конфликтов интересов.

Для цитирования: Белавина Н.И., Исхаков Р.Т., Баркова Ю.В., Ильина Е.С., Кесарева Ю.А., Леоненко Н.В., Никитина Т.А., Пирожкова Я.В., Соколова Н.В., Таймасханова П.А., Шищенко Е.А., Зелтынь-Абрамов Е.М. Опыт применения фокусированного ультразвукового исследования сердца у пациентов с COVID-19 в Prone-позиции. *Медицинская визуализация*. 2021; 25 (3): 13–21. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-990>

Поступила в редакцию: 11.02.2021. **Принята к печати:** 13.09.2021. **Опубликована online:** 15.09.2021.



The application experience of focused ultrasound heart examination in patients with COVID-19 in Prone-position

© Natalya I. Belavina^{1*}, Rustam T. Iskhakov¹, Iuliia V. Barkova¹, Elena S. Ilina¹, Iuliia A. Kesareva¹, Natalya V. Leonenko¹, Tatyana A. Nikitina¹, Iana V. Pirozhkova¹, Natalia V. Sokolova¹, Patimat A. Taymaskhanova¹, Ekaterina A. Shishchenko¹, Eugene M. Zeltyn-Abramov^{1, 2}

¹ City Clinical Hospital No52 of Moscow Healthcare Department; 3, Pekhotnaya str., Moscow 123182, Russian Federation

² Pirogov Russian National Research Medical University of the Ministry of Health of Russia; house 1, Ostriviyanova str., Moscow 117997, Russian Federation

Aim of the study. To study the experience of using focused transthoracic echocardiography in patients with COVID-19 in prone position (fEchoPr) in intensive care units (ICU).

Materials and methods. The retrospective observational study included 53 patients (period from 15 April to 31 December 2020). Inclusion criteria: confirmed diagnosis of COVID-19, availability of fEchoPr data, outcome certainty (discharge/death). We analyzed electronic medical records. The fEchoPr was performed in patients in the prone position with a bolster under the left side of the chest and left arm raised ('swimmer's position'). We assessed the systolic function of the right ventricle (RV) (tricuspid annular plane systolic excursion (TAPSE)), RV size, RV/LV ratio, systolic function of the left ventricle (LV) (left ventricular outflow tract velocity time integral (LVOT VTI)), and pulmonary hypertension (PH) (tricuspid regurgitation peak gradient (PGTR)). Depending on the results, the patients were divided into 2 groups: informative (+fEchoPr) and non-informative (–fEchoPr) examinations.

Results. There was no statistically significant difference in the groups (+fEcho n = 35 vs –fEcho n = 18) by age (65.6 ± 15.3 vs 60.2 ± 15.8 , $p > 0.05$), by gender (male: 23 (65.7%) vs 14 (77.8%), $p > 0.05$), by body mass index (31.3 ± 5.3 kg/m² vs 29.5 ± 5.4 kg/m², $p > 0.05$), by mechanical ventilation support (24 (68.6%) vs 17 (94.4%), $p = 0.074$), by NEWS scale indicators (6.9 ± 3.7 vs 8.5 ± 3.5 points), by mortality (82.8% vs 94.4%, $p > 0.05$). Correlation analysis revealed a moderate inverse relationship between being on mechanical ventilation and the informative value of the study (Spearman's $r = -0.30$ at $p = 0.033$). In the +fEchoPr group, the correct measurement of TAPSE and RV/LV was carried out in 100%: a decrease in RV systolic function was recorded in 5 patients (14%), expansion of the RV in 13 patients (37%). Signs of PH were detected in 11 patients (31%), PGTR could not be measured in 10 patients (28%). LV systolic dysfunction was detected in 7 patients (20%). No pathology was detected in 16 patients (46%). One patient was diagnosed with infective endocarditis of native mitral valve, which was later confirmed by autopsy.

Conclusion. In 66% of cases, fEchoPr examinations were informative, especially in terms of assessing the state of the right heart. fEchoPr examination is an affordable, valid and reproducible method to assess and monitor the state of the heart in ICU patients.

Keywords: COVID-19, focused echocardiographic examination, prone position, mechanical ventilation

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

For citation: Belavina N.I., Iskhakov R.T., Barkova Iu.V., Ilina E.S., Kesareva Iu.A., Leonenko N.V., Nikitina T.A., Pirozhkova I.V., Sokolova N.V., Taymaskhanova P.A., Shishchenko E.A., Zeltyn-Abramov E.M. The application experience of focused ultrasound heart examination in patients with COVID-19 in Prone-position. *Medical Visualization*. 2021; 25 (3): 13–21. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-990>

Received: 11.02.2021.

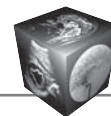
Accepted for publication: 13.09.2021.

Published online: 15.09.2021.

Введение

По состоянию на начало июля 2021 г. в мире зарегистрировано более 183 млн случаев новой коронавирусной инфекции и почти 4 млн летальных исходов [1]. Основной причиной тяжелого течения COVID-19 являются поражение легких в виде интерстициальной пневмопатии с исходом в острый респираторный дистресс синдром (ОРДС) и полиорганная недостаточность.

Накопленный мировой опыт ведения пациентов с COVID-19 свидетельствует о крайней актуальности оценки состояния реанимационных больных с помощью предметного, ориентированного на конкретные запросы клинициста ультразвукового исследования (в англоязычной литературе – point-of-care ultrasound (PoCUS)). Согласно международному консенсусу экспертов, одной из важных составляющих PoCUS у пациен-



тов с COVID-19 наряду с УЗИ легких является фокусированное трансторакальное эхокардиографическое исследование (фЭхо) [2]. Термин “фЭхо” отражает суть PoCUS и является его синонимом в отношении УЗИ сердца. По определению ASE (American Society of Echocardiography) фЭхо – это целенаправленное ультразвуковое обследование сердечно-сосудистой системы, проводимое в качестве дополнения к физикальному исследованию для распознавания ультразвуковых признаков, определяющих дальнейший выбор направления диагностического поиска в конкретных клинических условиях [3]. Помимо решения задач, непосредственно поставленных клиницистом, фЭхо широко применяется для неинвазивной оценки центральной гемодинамики (ЦГД) у пациентов с ОРДС любого, в том числе ковид-ассоциированного генеза; около трети летальных исходов COVID-19 сопровождается кардиальными осложнениями, требующими неотложной ультразвуковой диагностики [2–4].

Применение фЭхо у пациентов в Prone (Pr) позиции (фЭхоPr) до развития пандемии было ограничено, с одной стороны, устойчивым мнением о его невысокой информативности, с другой – менее широким использованием Pr-позиции как таковой. Проведение респираторной поддержки в Pr-позиции стало одной из терапевтических стратегий лечения дыхательной недостаточности при тяжелом течении COVID-19, что обусловило необходимость проведения УЗИ сердца у данного контингента пациентов [3, 5, 6].

Цель исследования

Изучение опыта применения фЭхоPr у пациентов с новой коронавирусной инфекцией в условиях отделений реанимации и интенсивной терапии (ОРИТ).

Материал и методы

В ретроспективное наблюдательное одноцентровое исследование включено 53 пациента, находившихся на лечении в ОРИТ ГКБ №52 Москвы в период с 15.04.20 по 31.12.20. Критерии включения: подтвержденный диагноз новой коронавирусной инфекции COVID-19, наличие протокола фЭхоPr, результатов компьютерной томографии органов грудной клетки (КТ ОГК), определенность исхода госпитализации (выписка или смерть).

Сбор клинично-анамнестических данных осуществлялся путем анализа электронных историй болезни. Для оценки тяжести состояния пациентов рассчитывались показатели шкалы NEWS (National Early Warning Score) в баллах [7].

фЭхо выполнялось на портативных ультразвуковых сканерах (Vivid q GE, Logic e GE, cx50 Philips) секторным фазированным датчиком с диапазоном частот 1,5–4,0 МГц в соответствии с рекомендациями Американского эхокардиографического общества (ASE) с использованием В-, М-режимов, режима импульсно-волновой (PW), постоянно-волновой (CW) доплерографии и цветового доплеровского картирования [8]. фЭхоPr проводилось в положении пациента лежа на животе с валиком под левой частью грудной клетки и поднятой левой рукой (“поза пловца”) из модифицированного апикального доступа с оптимизацией визуализации 4- и 5-камерных позиций. В случае проведения искусственной вентиляции легких (ИВЛ) голова пациента поворачивалась вправо для предотвращения дислокации эндотрахеальной трубки. Протокол фЭхоPr включал в себя оценку систолической функции правого желудочка (ПЖ) (измерение экскурсии фиброзного кольца трикуспидального клапана (TAPSE)), размера ПЖ (конечно-диастолический базальный диаметр ПЖ, отношение конечно-диастолических базальных диаметров ПЖ/левого желудочка (ЛЖ)). Оценка легочной гипертензии (ЛГ) осуществлялась методом CW-доплерографии путем измерения пиковой скорости струи трикуспидальной регургитации ($VTR_{\text{макс.}}$): используя модифицированное уравнение Бернулли рассчитывался максимальный систолический градиент давления между ПЖ и правым предсердием (ПП): $PGTR_{\text{макс.}} = 4 \times VTR_{\text{макс.}}^2$ [9]. Оценка систолической функции ЛЖ проводилась измерением интеграла линейной скорости кровотока в выходном тракте ЛЖ (VTI). Дополнительно оценивались локальная сократимость в сегментах ЛЖ, доступных визуализации, структурно-функциональное состояние клапанного аппарата сердца и наличие жидкости в полости перикарда. Исследования проводились сертифицированными врачами ультразвуковой диагностики, имеющими опыт работы в ургентной эхокардиографии. Учитывая специфику проведения исследования у реанимационных пациентов в Prone-позиции, врачи работали парами (основной исполнитель и ассистент), стаж работы основных исполнителей варьировал от 12 до 24 лет. В зависимости от полученных результатов пациенты были разделены на 2 группы: информативные (+фЭхоPr) и неинформативные УЗИ (-фЭхоPr).

Методы статистического анализа данных

Статистический анализ осуществлялся с использованием программного обеспечения Statistica 13.3, TIBCO Software Inc, USA. Характер распределения вариационного ряда оценивался



по критерию Колмогорова–Смирнова. В случае приближенно нормального распределения данные представлялись в виде $M \pm SD$, где M – среднее, SD – стандартное отклонение. Для переменных с распределением, отличным от нормального, вычислялись медиана и интерквартильный размах (Me – медиана, ИКР – интерквартильный размах: 25-й процентиль – 75-й процентиль). Достоверность различий определялась при нормальном распределении параметров по t -критерию Стьюдента. При распределении, отличном от нормального, использовался U -критерий Манна–Уитни. Для сравнения качественных показателей применялся критерий χ^2 Пирсона (при необходимости с поправкой Йетса). Различие считали достоверным при $p < 0,05$. Проводился однофакторный корреляционный анализ (коэффициент корреляции Спирмена).

Результаты

Возраст пациентов когорты наблюдения составил от 34 до 94 лет, средний возраст $63,8 \pm 15,5$ года, мужчины – 70%. Диагноз новой коронавирусной инфекции подтверждался наличием вируса SARS-CoV-2 результатами полимеразной цепной реакции и характерными признаками COVID-ассоциированной пневмонии по данным КТ ОГК. Все пациенты имели тяжелое поражение легких (3–4-й степени), доля умерших пациентов общей группы – 87%. Количество пациентов группы +фЭхоPr составила 35, группы –фЭхоPr – 18 человек.

Некоторые клинико-демографические характеристики общей когорты наблюдения и результаты их сравнительного анализа в группах представлены в табл. 1.

Не выявлено статистически значимой разницы в группах по возрасту, полу, летальности. Показатели ИМТ варьировали в общей группе наблюдения от 23 до 46 кг/м², 27 (50,9%) пациентов страдали ожирением (ИМТ ≥ 30 кг/м²), из них 14 (51,8%) – мужчины, 13 (48,2%) – женщины. Средний ИМТ группы наблюдения составил $30,7 \pm 5,4$ кг/м² без статистически значимой разницы между средними показателями в группах. Наблюдалась тенденция к более высоким показателям шкалы NEWS у пациентов –фЭхоPr без статистически значимой разницы в группах. На момент проведения фЭхоPr 77,4% пациентов находились на ИВЛ, была отмечена тенденция к большему количеству пациентов на ИВЛ в группе –фЭхоPr (68,6% vs 94,4%), однако статистически значимой разницы в группах по нахождению на ИВЛ выявлено не было. При проведении корреляционного анализа установлена умеренная обратная связь между нахождением пациента на ИВЛ и возможностью визуализации сердца при проведении фЭхоPr (r -Спирмена = $-0,30$ при $p = 0,033$), не установлено связи между ИМТ и возможностью визуализации сердца при проведении фЭхоPr. Причиной неинформативной визуализации у 5 (28%) пациентов в группе –фЭхоPr было наложение сливных В-линий на проекцию сердца.

Таблица 1. Клинико-демографические данные общей группы наблюдения и их сравнительная характеристика в группах +фЭхоPr и –фЭхоPr. Результаты представлены как среднее $\pm$ стандартное отклонение или частота n (%)

Table 1. Baseline clinical and demographic data of observation group and its comparative characteristics in groups. Values are presented as mean $\pm$ SD or n (%)

Показатель	Общая группа ($n = 53$)	+фЭхоPr ($n = 35$)	–фЭхоPr ($n = 18$)	Коэффициент, уровень значимости
Возраст, годы $M \pm SD$	$63,8 \pm 15,5$	$65,6 \pm 15,3$	$60,2 \pm 15,8$	t -test $p > 0,05$
Пол, абс. (%)	м. 37 (69,8%) ж. 16 (30,2%)	м. 23 (65,7%) ж. 12 (34,3%)	м. 14 (77,8%) ж. 4 (22,2%)	χ^2 с поправкой Йетса, $p > 0,05$
ИМТ, кг/м ² $M \pm SD$	$30,7 \pm 5,4$	$31,3 \pm 5,3$	$29,5 \pm 5,4$	t -test $p > 0,05$
ИВЛ, абс. (%)	41 (77,4%)	24 (68,6%)	17 (94,4%)	χ^2 с поправкой Йетса, $p = 0,074$
Шкала NEWS, баллы, $M \pm SD$	$7,5 \pm 3,7$	$6,9 \pm 3,7$	$8,5 \pm 3,5$	t -test $p > 0,05$
Доля умерших пациентов, абс. (%)	46 (86,7%)	29 (82,8%)	17 (94,4%)	χ^2 с поправкой Йетса, $p > 0,05$

Примечание. ИМТ – индекс массы тела; ИВЛ – искусственная вентиляция легких; NEWS – National Early Warning Score.
Note. BMI – body mass index, MV – mechanical ventilation, NEWS – National Early Warning Score.

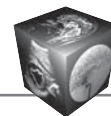


Таблица 2. Структурные и гемодинамические характеристики сердца пациентов группы +фЭхоPr. Результаты представлены как медиана (интерквартильный размах) и частота n (%)

Table 2. Structural and hemodynamic characteristics of patients +fEchoPr. Values are presented as median (IQR) or n (%)

Показатель	Результат
TAPSE, см, Ме (25%;75%)	1,8 (1,7;2,0)
Количество информативных измерений, n (%)	35 (100%)
ПЖ, см, Ме (25%;75%)	3,4 (3,2;3,9)
Количество информативных измерений, n (%)	35 (100%)
ПЖ/ЛЖ, Ме (25%;75%)	0,6 (0,6;0,85)
Количество информативных измерений, n (%)	35 (100%)
PGTR, мм рт.ст., Ме (25%;75%)	29 (25;38)
Количество информативных измерений, n (%)	25 (71%)
VTI _{ЛЖ} , см Ме (25%;75%)	18 (17;19)
Количество информативных измерений n (%)	30 (86%)

Примечание. TAPSE – экскурсия фиброзного кольца трикуспидального клапана, ПЖ – правый желудочек, ЛЖ – левый желудочек, ПЖ/ЛЖ – отношение конечного-диастолических базальных диаметров, PGTR – пиковый градиент трикуспидальной регургитации, VTI_{ЛЖ} – интеграл линейной скорости кровотока в выходном тракте ЛЖ.

Note. TAPSE – tricuspid annular plane systolic excursion, RV – right ventricular, LV – left ventricular, RV/LV ratio, PGTR – peak gradient tricuspid regurgitation, VTI_{LVOT} – left ventricular outflow tract velocity time integral.

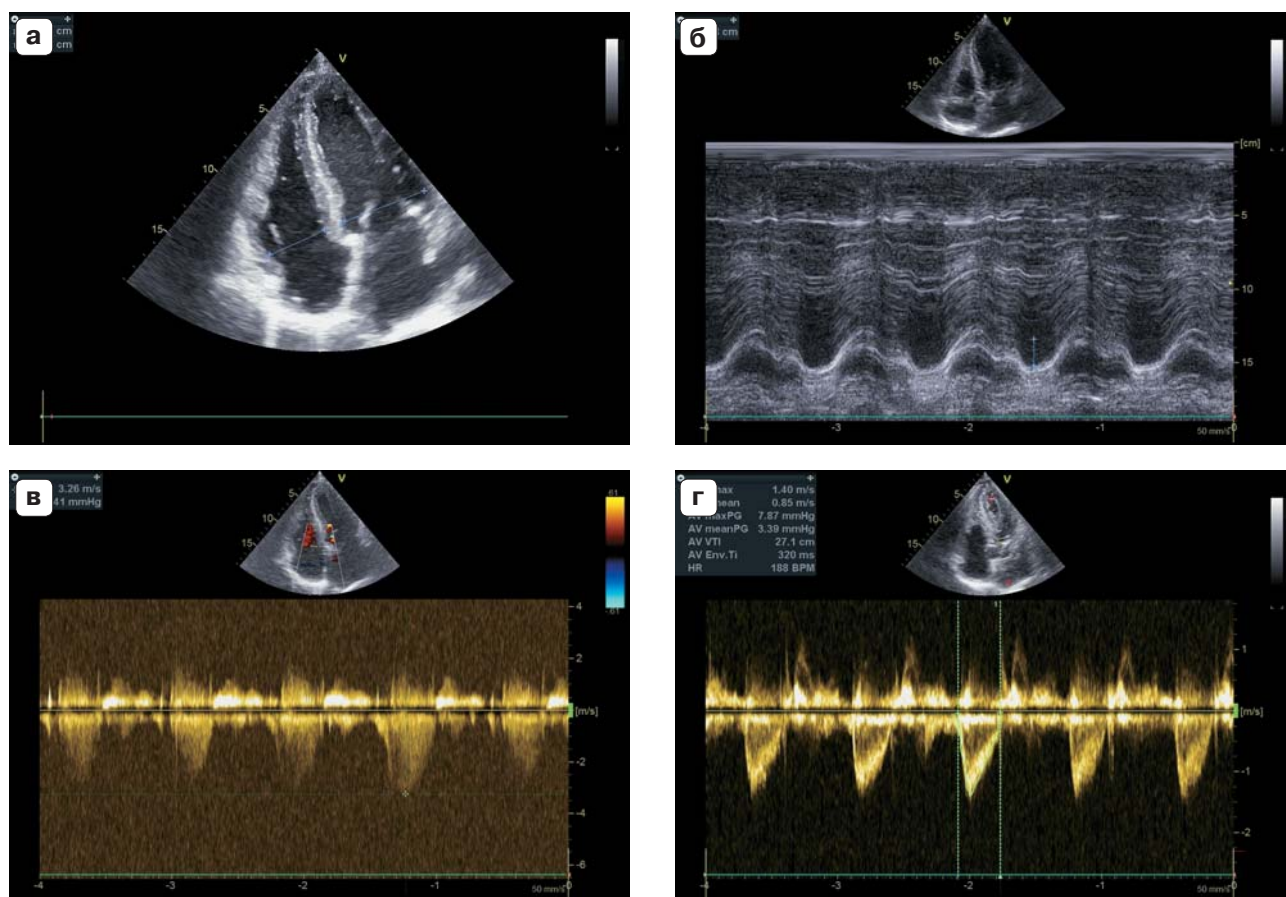
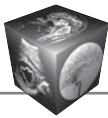


Рисунок. Результаты фЭхоPr пациента на высокопоточной оксигенотерапии. Модифицированный апикальный доступ. **а** – 4-камерная позиция, В-режим. Базальный диаметр ПЖ – 3,8 см, отношение базальных диаметров ПЖ/ЛЖ – 0,7; **б** – 4-камерная позиция, М-режим. TAPSE – экскурсия фиброзного кольца трикуспидального клапана – 1,8 см; **в** – 4-камерная позиция, режим CW-доплерографии. Пиковый градиент трикуспидальной регургитации (PGTR) – 42 мм рт.ст.; **г** – 5-камерная позиция, режим PW-доплерографии. Интеграл линейной скорости кровотока в выходном тракте ЛЖ (VTI_{ЛЖ}) – 27 см.

Figure. The fEchoPr data of the patient on high flow oxygen supply. Modified apical view. **а** – Apical four-chamber view, B-mode. Right ventricle (RV) basal diameter – 3.8 sm, and RV/left ventricular (LV) ratio – 0.7; **б** – Apical four-chamber view, M-mode. Tricuspid annular plane systolic excursion (TAPSE) – 1.8 sm; **в** – Apical four-chamber view, CW Doppler. Peak gradient tricuspid regurgitation (PGTR) – 42 mm Hg; **г** – Apical five-chamber view, PW Doppler. LV outflow tract velocity time integral (VTI_{LVOT}) – 27 sm.



Результаты фЭхоPr в группе с информативным исследованием

Корректная оценка систолической функции ПЖ и размера ПЖ проведена в 100% случаев, снижение систолической функции ПЖ ($TAPSE < 1,7$ см) было зафиксировано у 5 (14%) пациентов, расширение ПЖ ($ПЖ > 3,6$ см, $ПЖ/ЛЖ > 0,6$ см) – у 13 (37%) пациентов. Признаки легочной гипертензии (ЛГ) ($PGTR > 30$ мм рт.ст.) были выявлены у 11 (31%) человек, измерить $PGTR$ не удалось у 10 (28%) пациентов. Суммарно патология правых отделов сердца в группе +фЭхо встречалась почти у половины пациентов (17 пациентов, из них 16 – с летальным исходом). Систолическая дисфункция ЛЖ выявлена у 7 (20%), из них у 6 пациентов – с летальным исходом. Сливные В-линии затруднили оценку функции ЛЖ в группе +фЭхо у 5 (14%) пациентов. По результатам фЭхоPr у 1 пациента был выставлен диагноз инфекционного эндокардита нативного митрального клапана, впоследствии подтвердившийся при проведении аутопсии. Данные структурных и гемодинамических характеристик сердца пациентов группы +фЭхоPr приведены в табл. 2.

На рисунке представлены результаты фЭхо пациента в Pr-позиции.

Обсуждение

Применение метода ЭхоКГ у пациентов с COVID-19 имеет ряд ограничений, связанных с рисками распространения новой коронавирусной инфекции [10, 11]. Тем не менее к настоящему моменту в текущей литературе представлены результаты работ, обобщающих опыт применения ЭхоКГ в условиях пандемии. В апреле 2020 г. было проведено международное исследование в режиме on-line, объединившее данные 1216 пациентов из 69 стран. Согласно полученным результатам, в половине случаев при проведении ЭхоКГ была обнаружена патология, причем в группе пациентов, не имеющих анамнеза предшествующих заболеваний сердечно-сосудистой системы, – в 46% случаев, в 13% – впервые выявлены тяжелые структурно-функциональные аномалии сердца. В 33% случаев результаты ЭхоКГ изменили тактику ведения пациентов с COVID-19 [12]. Более позднее многоцентровое исследование выявило, что при наличии признаков миокардиального повреждения (положительного тропонинового теста) обнаружение патологии сердца при проведении ЭхоКГ увеличивает госпитальную летальность с 18,6 до 31,7% [13].

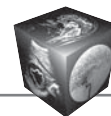
У пациентов с ОРДС рекомендуемым форматом проведения УЗИ сердца в условиях ОРИТ является фокусированный протокол, основные зада-

чи которого – неинвазивная оценка показателей ЦГД, определение причины гемодинамической нестабильности пациента и выявление сопутствующей значимой кардиальной патологии [2].

Применение Pr-позиции в качестве терапевтического маневра у пациентов с ОРДС началось с 70-х годов прошлого века [14]. Маневр направлен на раскрытие коллабированных в положении на спине дорсальных участков легких с последующим включением в газообмен дополнительного количества спавшихся альвеол. По данным исследования 2016 г., обобщающего опыт работы реанимационных отделений 50 стран, Pr-позиция использовалась в среднем у 16% пациентов с тяжелым ОРДС [15]. По данным метаанализа, проведенного L. Munshi и соавт., использование Pr-позиции не менее 12 ч в день снижает госпитальную летальность у пациентов на ИВЛ [16]. Респираторная поддержка в Pr-позиции, в том числе ИВЛ, широко используется при ковид-обусловленном ОРДС, демонстрируя большую эффективность по сравнению с применением тех же методов в положении на спине [5, 6, 17, 18]. Окончательно судить о частоте применения Pr-позиции у пациентов с COVID-19 преждевременно, промежуточные результаты – 27%, представлены в работе G. Grasselli и соавт. [19]. В клинической практике ГКБ № 52 применение данного маневра достигает 90% у пациентов ОРИТ.

За период пандемии COVID-19 был опубликован ряд работ, посвященных применению фЭхоPr [17, 18, 20, 21]. L.E. Santos-Martínez и соавт. на примере 50 здоровых добровольцев продемонстрировали сопоставимость результатов оценки правых отделов сердца у пациентов в положении лежа и в Pr-позиции [22]. Аналогичные результаты были получены у пациентов с ковид-обусловленным ОРДС [17, 20]. Большинство авторов фЭхоPr оценивается как методика с высокой диагностической эффективностью, в качестве факторов, затрудняющих визуализацию сердца, рассматриваются проведение ИВЛ, наличие В-линий и морбидное ожирение [3].

Согласно полученным в ходе представленного исследования результатам, фЭхоPr было информативным в 66% случаев, особенно в части оценки состояния правых отделов сердца. Анализ выявленных изменений параметров +фЭхоPr повторяет ранее описанные данные: в группе с выявленными изменениями превалирует патология правых отделов сердца, для COVID-19 не характерна дисфункция левых отделов, значительное количество пациентов с тяжелым течением COVID-19 не имеет структурно-функциональных отклонений при проведении ЭхоКГ [23]. Актуальность возмож-



ности оценки состояния правых отделов сердца подчеркивается тем, что обнаружение данной патологии в 92% случаев закончилось летальным исходом (летальность в группе пациентов без патологии правых отделов – 77%). В ряде клинических ситуаций результаты фЭхо позволили внести коррективы в лечебную тактику (расширение медикаментозной терапии, изменение модальности респираторной поддержки и целевой подбор параметров ИВЛ).

Ограничения

Проведение фЭхо в Pr-позиции ограничивается апикальным доступом, что, несомненно, снижает диагностические возможности метода как такового. Возможность суждения о прогностической значимости результатов данного исследования ограничена его ретроспективным характером (малый размер выборки, отсутствие контроля над качеством проводимых инструментальных методов исследований, отсутствие кратности проведения фЭхо, значительный разброс показателя “время исследования – исход”).

Заключение

фЭхо в Pr-позиции является доступным, эффективным, малозатратным и легко воспроизводимым методом оценки структурно-функционального состояния сердца и мониторинга параметров ЦГД. Данная модификация УЗИ сердца может быть рекомендована для проведения фЭхо у пациентов с тяжелым течением COVID-19 в условиях ОРИТ.

Участие авторов

Белавина Н.И. – концепция и дизайн исследования, написание текста, статистическая обработка данных.

Исхаков Р.Т. – участие в научном дизайне.

Баркова Ю.В. – проведение исследования, сбор и обработка данных.

Ильина Е.С. – проведение исследования, сбор и обработка данных.

Кесарева Ю.А. – проведение исследования, сбор и обработка данных.

Леоненко Н.В. – проведение исследования, сбор и обработка данных.

Никитина Т.А. – проведение исследования, сбор и обработка данных.

Пирожкова Я.В. – проведение исследования, сбор и обработка данных.

Соколова Н.В. – проведение исследования, сбор и обработка данных.

Таймасханова П.А. – проведение исследования, сбор и обработка данных.

Шищенко Е.А. – проведение исследования, сбор и обработка данных.

Зелтынь-Абрамов Е.М. – концепция и дизайн исследования, утверждение окончательного варианта статьи.

Authors' participation

Belavina N.I. – concept and design of the study, writing text, statistical analysis.

Iskhakov R.T. – participation in scientific design.

Barkova Yu.V. – conducting research, collection and analysis of data.

Illina E.S. – conducting research, collection and analysis of data.

Kesareva Yu.A. – conducting research, collection and analysis of data.

Leonenko N.V. – conducting research, collection and analysis of data.

Nikitina T.A. – conducting research, collection and analysis of data.

Pirozhkova I.V. – conducting research, collection and analysis of data.

Sokolova N.V. – conducting research, collection and analysis of data.

Taymaskhanova P.A. – conducting research, collection and analysis of data.

Shishchenko E.A. – conducting research, collection and analysis of data.

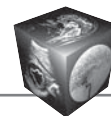
Zeltyn-Abramov E.M. – concept and design of the study, approval of the final version of the article.

Список литературы [References]

1. Johns Hopkins University in medicine coronavirus resource Center. Available at: <https://coronavirus.jhu.edu>. Accessed on 03 February 2021.
2. Hussain A., Via G., Melniker L., Goffi A., Tavazzi G., Neri L., Villen T., Hoppmann R., Mojoli F., Noble V., Zieleskiewicz L., Blanco P., Ma I.W.Y., Wahab M.A., Alsaawi A., Al Salamah M., Balik M., Barca D., Bendjelid K., Bouhemad B., Bravo-Figueroa P., Breikreutz R., Calderon J., Connolly J., Copetti R., Corradi F., Dean A.J., Denault A., Govil D., Graci C., Ha Y.R., Hurtado L., Kameda T., Lanspa M., Laursen C.B., Lee F., Liu R., Meineri M., Montorfano M., Nazerian P., Nelson B.P., Neskovic A.N., Nogue R., Osman A., Pazeli J., Pereira-Junior E., Petrovic T., Pivetta E., Poelaert J., Price S., Prosen G., Rodriguez S., Rola P., Royse C., Chen Y.T., Wells M., Wong A., Xiaoting W., Zhen W., Arabi Y. Multi-organ point-of-care ultrasound for COVID-19 (PoCUS4COVID): international expert consensus. *Crit. Care*. 2020; 24 (1): 702. <https://doi.org/10.1186/s13054-020-03369-5>
3. Spencer K.T., Kimura B.J., Korcarz C.E., Pellikka P.A., Rahko P.S., Siegel R.J. Focused cardiac ultrasound: recommendations from the American Society of Echocardiography. *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 2013; 26 (6): 567–581. <http://doi.org/10.1016/j.echo.2013.04.001>
4. Kochi A.N., Tagliari A.P., Forleo G.B., Fassini G.M., Tondo C. Cardiac and arrhythmic complications in patients with COVID-19. *J. Cardiovasc. Electrophysiol.* 2020; 31 (5): 1003–1008. <http://doi.org/10.1111/jce.14479>
5. Venus K., Munshi L., Fralick M. Prone positioning for patients with hypoxic respiratory failure related to COVID-19. *CMAJ*. 2020; 192 (47): E1532–E1537. <https://doi.org/10.1503/cmaj.201201>
6. Navas-Blanco J.R., Dudaryk R. Management of Respiratory Distress Syndrome due to COVID-19 infection.



- BMC Anesthesiol.* 2020; 20 (1): 177.
<http://doi.org/10.1186/s12871-020-01095-7>
7. Royal College of Physicians. National Early Warning Score (NEWS): Standardising the assessment of acute illness severity in the NHS. Report of a working party. London: RCP, 2012. 47 p.
 8. Recommendations for Cardiac Chamber Quantification by Echocardiography in Adults: An Update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. *Eur. Heart J. Cardiovasc. Imaging.* 2016; 17 (4): 412.
<http://doi.org/10.1093/ehjci/jew041>
 9. Hatle L., Angelsen B.A., Tromsdal A. Non-invasive estimation of pulmonary artery systolic pressure with Doppler ultrasound. *Br. Heart J.* 1981; 45(2): 157–165.
<http://doi.org/10.1136/hrt.45.2.157>
 10. Skulstad H., Cosyns B., Popescu B.A. et al. COVID-19 pandemic and cardiac imaging: EACVI recommendations on precautions, indications, prioritization, and protection for patients and healthcare personnel. *Eur. Heart J. Cardiovasc. Imaging.* 2020; 21(6): 592–598.
<http://doi.org/10.1093/ehjci/jeaa072>
 11. Шляхто Е.В., Конради А.О., Арутюнов Г.П., Арутюнов А.Г., Баутин А.Е., Бойцов С.А., Виллевалде С.В., Григорьева Н.Ю., Дупляков Д.В., Звартау Н.Э., Козиолова Н.А., Лебедев Д.С., Мальчикова С.В., Медведева Е.А., Михайлов Е.Н., Моисеева О.М., Орлова Я.А., Павлова Т.В., Певзнер Д.В., Петрова М.М., Ребров А.П., Ситникова М.Ю., Соловьева А.Е., Тарловская Е.И., Трукшина М.А., Федотов П.А., Фомин И.В., Хрипун А.В., Чесникова А.И., Шапошник И.И., Явелов И.С., Яковлев А.Н. Руководство по диагностике и лечению болезней системы кровообращения в контексте пандемии COVID-19. *Российский кардиологический журнал.* 2020; 25 (3): 3801.
<https://doi.org/10.15829/1560-4071-2020-3-3801>
Shlyakho E.V., Konradi A.O., Arutyunov G.P., Arutyunov A.G., Bautin A.E., Boytsov S.A., Villevalde S.V., Grigoryeva N.Yu., Duplyakov D.V., Zvartau N.E., Koziołova N.A., Lebedev D.S., Malchikova S.V., Medvedeva E.A., Mikhailov E.N., Moiseeva O.M., Orlova Y.A., Pavlova T.V., Pevsner D.V., Petrova M.M., Rebrov A.P., Sitnikova M.Yu., Solovyova A.E., Tarlovskaya E.I., Trukshina M.A., Fedotov P.A., Fomin I.V., Khripun A.V., Chesnikova A.I., Shaposhnik I.I., Yavelov I.S., Yakovlev A.N. Guidelines for the diagnosis and treatment of circulatory diseases in the context of the COVID-19 pandemic. *Russian Journal of Cardiology.* 2020; 25 (3): 3801. <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2020-3-3801> (In Russian)
 12. Dweck M.R., Bularga A., Hahn R.T., Bing R., Lee K.K., Chapman A.R., White A., Salvo G.D., Sade L.E., Pearce K., Newby D.E., Popescu B.A., Donal E., Cosyns B., Edvardsen T., Mills N.L., Haugaa K. Global evaluation of echocardiography in patients with COVID-19. *Eur. Heart J. Cardiovasc. Imaging.* 2020; 21 (9): 949–958.
<http://doi.org/10.1093/ehjci/jeaa178>
 13. Giustino G., Croft L.B., Stefanini G.G., Bragato R., Silbiger J.J., Vicenzi M., Danilov T., Kukar N., Shaban N., Kini A., Camaj A., Bienstock S.W., Rashed E.R., Rahman K., Oates C.P., Buckley S., Elbaum L.S., Arkonac D., Fiter R., Singh R., Li E., Razuk V., Robinson S.E., Miller M., Bier B., Donghi V., Pisaniello M., Mantovani R., Pinto G., Rota I., Baggio S., Chiarito M., Fazzari F., Cusmano I., Curzi M., Ro R., Malick W., Kamran M., Kohli-Seth R., Bassily-Marcus A.M., Neibart E., Serrao G., Perk G., Mancini D., Reddy V.Y., Pinney S.P., Dangas G., Blasi F., Sharma S.K., Mehran R., Condorelli G., Stone G.W., Fuster V., Lerakis S., Goldman M.E. Characterization of Myocardial Injury in Patients With COVID-19. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2020; 76(18): 2043–2055. <http://doi.org/10.1016/j.jacc.2020.08.069>
 14. Piehl M.A., Brown R.S. Use of extreme position changes in acute respiratory failure. *Crit. Care Med.* 1976; 4 (1): 13–14. <http://doi.org/10.1097/00003246-197601000-00003>
 15. Bellani G., Laffey J.G., Pham T., Fan E., Brochard L., Esteban A., Gattinoni L., van Haren F., Larsson A., McAuley D.F., Ranieri M., Rubenfeld G., Thompson B.T., Wrigge H., Slutsky A.S., Pesenti A; LUNG SAFE Investigators; ESICM Trials Group. Epidemiology, Patterns of Care, and Mortality for Patients With Acute Respiratory Distress Syndrome in Intensive Care Units in 50 Countries. *JAMA.* 2016; 23; 315 (8): 788–800. <http://doi.org/10.1001/jama.2016.0291>
 16. Munshi L., Del Sorbo L., Adhikari N.K.J., Hodgson C.L., Wunsch H., Meade M.O., Ulerik E., Mancebo J., Pesenti A., Ranieri V.M., Fan E. Prone Position for Acute Respiratory Distress Syndrome. A Systematic Review and Meta-Analysis. *Ann. Am. Thorac. Soc.* 2017; 14 (Suppl. 4): S280–S288. <http://doi.org/10.1513/AnnalsATS.201704-343OT>
 17. Giustiniano E., Fazzari F., Bragato R.M., Curzi M., Cecconi M. Trans-thoracic Echocardiography in Prone Positioning COVID-19 Patients: a Small Case Series. *SN Compr. Clin. Med.* 2020; 15: 1–6.
<http://doi.org/10.1007/s42399-020-00516-5>
 18. Gibson L.E., Di Fenza R., Berra L., Bittner E.A., Chang M.G. Transthoracic Echocardiography in Prone Patients With Acute Respiratory Distress Syndrome: A Feasibility Study. *Crit. Care. Explor.* 2020; 2(8): e0179.
<http://doi.org/10.1097/CCE.0000000000000179>
 19. Grasselli G., Zangrillo A., Zanella A., et al. Baseline Characteristics and Outcomes of 1591 Patients Infected With SARS-CoV-2 Admitted to ICUs of the Lombardy Region, Italy. *JAMA.* 2020; 323 (16): 1574–1581.
<http://doi.org/10.1001/jama.2020.5394>
 20. Jaglan A., Kaminski A., Payne A., Salinas P.D., Khandheria B.K. Focus, not point-of-care, echocardiography in prone position: It can be done in COVID-19 patients. *CASE (Phila).* 2020; 26.
<http://doi.org/10.1016/j.case.2020.10.007>
 21. García-Cruz E., Manzur-Sandoval D., Gopar-Nieto R., Murillo-Ochoa A.L., Bejarano-Alva G., Rojas-Velasco G., Álvarez-Álvarez R.J., Baranda-Tovar F. Transthoracic echocardiography during prone position ventilation: Lessons from the COVID-19 pandemic. *J. Am. Coll. Emerg. Physicians. Open.* 2020; 2 (5): 730–736. <http://doi.org/10.1002/emp2.12239>
 22. Santos-Martínez L.E., Mendoza-Copa G., García-Cruz E., Álvarez-Álvarez R.J., Bucio-Reta R.E., González-Ruiz F.J., Ramos-Enríquez Á., Hernández-Márquez M.Á., Baranda-Tovar F.M. Feasibility in the echocardiographic estimation of parameters of the right ventricle in prone position. *Arch. Cardiol. Mex.* 2020; 90 (2): 130–137. English.
<http://doi.org/10.24875/ACM.19000195>
 23. Szekely Y., Lichter Y., Taieb P., Banai A., Hochstadt A., Merdler I., Gal Oz A., Rothschild E., Baruch G., Peri Y., Arbel Y., Topilsky Y. Spectrum of Cardiac Manifestations in COVID-19: A Systematic Echocardiographic Study. *Circulation.* 2020; 142 (4): 342–353.
<http://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.120.047971>



Для корреспонденции*: Белафина Наталья Ивановна – 123182 Москва, ул. Пехотная, д.3. Городская клиническая больница № 52 ДЗ города Москвы. E-mail: natbelavina@mail.ru

Белафина Наталья Ивановна – канд. мед. наук, врач отделения ультразвуковой и функциональной диагностики, сотрудник кардионефрологической лаборатории ГБУЗ ГКБ №52 ДЗМ, Москва. SPIN-код 1712-7956. <https://orcid.org/0000-0003-2953-5570>. E-mail: natbelavina@mail.ru

Исхаков Рустам Тимурович – заведующий отделением реанимации и интенсивной терапии больных нефрологического профиля ГБУЗ ГКБ №52 ДЗМ, Москва. <https://orcid.org/0000-0003-2850-4465>. E-mail: stamius@yandex.ru

Баркова Юлия Владимировна – врач отделения ультразвуковой и функциональной диагностики ГБУЗ ГКБ №52 ДЗМ, Москва. <https://orcid.org/0000-0001-5477-5635>. E-mail: yulia.v.barkova@gmail.ru

Ильина Елена Сергеевна – врач отделения ультразвуковой и функциональной диагностики ГБУЗ ГКБ №52 ДЗМ, Москва. <https://orcid.org/0000-0001-6407-2095>. E-mail: elena.ilina84@mail.ru

Кесарева Юлия Александровна – врач отделения ультразвуковой и функциональной диагностики ГБУЗ ГКБ №52 ДЗМ, Москва. <https://orcid.org/0000-0002-2877-9592>. E-mail: romakes@gmail.com

Леоненко Наталья Владимировна – врач отделения ультразвуковой и функциональной диагностики ГБУЗ ГКБ №52 ДЗМ, Москва. <https://orcid.org/0000-0002-0196-3744>. E-mail: naleo69@yandex.ru

Никитина Татьяна Андреевна – врач отделения ультразвуковой и функциональной диагностики ГБУЗ ГКБ №52 ДЗМ, Москва. <https://orcid.org/0000-0001-5477-5635>. E-mail: dr.NikitinaTatyana@yandex.ru

Пирожкова Яна Владимировна – врач отделения ультразвуковой и функциональной диагностики, Москва. <https://orcid.org/0000-0001-7046-0318>. E-mail: pasha-pirzhkv@rambler.ru

Соколова Наталья Валерьевна – врач отделения ультразвуковой и функциональной диагностики, Москва. <https://orcid.org/0000-0003-4156-2299>. E-mail: nataliesok@yandex.ru

Таймасханова Патимат Алиасхабовна – врач отделения ультразвуковой и функциональной диагностики, Москва. <https://orcid.org/0000-0001-9239-1982>. E-mail: TAYMASKHANOVA.PATI@mail.ru

Шищенко Екатерина Алексеевна – врач отделения ультразвуковой и функциональной диагностики, Москва. <https://orcid.org/0000-0003-1059-4941>. E-mail: penelopaket@gmail.com

Зелтынь-Абрамов Евгений Мартынович – доктор мед. наук, профессор, руководитель кардионефрологической лаборатории ГБУЗ ГКБ № 52; профессор кафедры терапии ФДПО ФГАОВ ВО РНИМУ имени Н.И. Пирогова, Москва. <https://orcid.org/0000-0003-0190-1620>. E-mail: ezelty@mail.ru

Contact*: Natalya I. Belavina – 3, Pekhotnaya str., Moscow, 123182, Russian Federation. City Clinical Hospital No52. E-mail: natbelavina@mail.ru

Natalya I. Belavina – Cand. of Sci. (Med.), doctor of the Department of Ultrasound and Functional Diagnostics, staff-member of Laboratory of Cardioneurology of City Clinical Hospital No 52 of Moscow Healthcare Department, Moscow. SPIN-код 1712-7956. <https://orcid.org/0000-0003-2953-5570>. E-mail: natbelavina@mail.ru

Rustam T. Iskhakov – Head of the Resuscitation and Intensive Care Unit for Renal Patients of City Clinical Hospital No 52 of Moscow Healthcare Department, Moscow. <https://orcid.org/0000-0003-2850-4465>. E-mail: stamius@yandex.ru

Iuliia V. Barkova – doctor of the Department of Ultrasound and Functional Diagnostics of City Clinical Hospital No 52 of Moscow Healthcare Department, Moscow. <https://orcid.org/0000-0003-0834-8426>. E-mail: yulia.v.barkova@gmail.ru

Elena S. Ilina – doctor of the Department of Ultrasound and Functional Diagnostics of City Clinical Hospital No 52 of Moscow Healthcare Department, Moscow. <https://orcid.org/0000-0001-6407-2095>. E-mail: elena.ilina84@mail.ru

Iuliia A. Kesareva – doctor of the Department of Ultrasound and Functional Diagnostics of City Clinical Hospital No 52 of Moscow Healthcare Department, Moscow. <https://orcid.org/0000-0002-2877-9592>. E-mail: romakes@gmail.com

Natalya V. Leonenko – doctor of the Department of Ultrasound and Functional Diagnostics of City Clinical Hospital No 52 of Moscow Healthcare Department, Moscow. <https://orcid.org/0000-0002-0196-3744>. E-mail: naleo69@yandex.ru

Tatyana A. Nikitina – doctor of the Department of Ultrasound and Functional Diagnostics of City Clinical Hospital No 52 of Moscow Healthcare Department, Moscow. <https://orcid.org/0000-0001-5477-5635>. E-mail: dr.NikitinaTatyana@yandex.ru

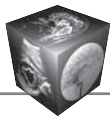
Iana V. Pirozhkova – doctor of the Department of Ultrasound and Functional Diagnostics of City Clinical Hospital No 52 of Moscow Healthcare Department, Moscow. <https://orcid.org/0000-0001-7046-0318>. E-mail: pasha-pirzhkv@rambler.ru

Natalia V. Sokolova – doctor of the Department of Ultrasound and Functional Diagnostics of City Clinical Hospital No 52 of Moscow Healthcare Department, Moscow. <https://orcid.org/0000-0003-4156-2299>. E-mail: nataliesok@yandex.ru

Patimat A. Taymaskhanova – doctor of the Department of Ultrasound and Functional Diagnostics of City Clinical Hospital No 52 of Moscow Healthcare Department, Moscow. <https://orcid.org/0000-0001-9239-1982>. E-mail: TAYMASKHANOVA.PATI@mail.ru

Ekaterina A. Shishchenko – doctor of the Department of Ultrasound and Functional Diagnostics of City Clinical Hospital No 52 of Moscow Healthcare Department, Moscow. <https://orcid.org/0000-0003-1059-4941>. E-mail: penelopaket@gmail.com

Eugene M. Zeltyin-Abramov – Doct. of Sci. (Med.), Professor, Chief of Laboratory of Cardioneurology Moscow City Clinical Hospital No 52; Professor at the Department of Internal Medicine of the Faculty of Additional Professional Education, Moscow. <https://orcid.org/0000-0003-0190-1620>. E-mail: ezelty@mail.ru



COVID-19

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

<https://doi.org/10.24835/1607-0763-1042>

Опыт работы мобильного компьютерного томографа в составе аэромобильного госпиталя МЧС России в полевых условиях Крайнего Севера для борьбы со вспышкой новой коронавирусной инфекции

© Алексанин С.С.¹, Кротова О.А.^{1*}, Рыбников В.Ю.¹, Нестеренко Н.В.², Гарбар Н.М.³

¹ Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины имени А.М. Никифорова МЧС России; 194044 Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 4/2, Российская Федерация

² Управление медико-психологического обеспечения МЧС России; 121357 Москва, ул. Ватутина, д. 1, Российская Федерация

³ Городская поликлиника № 2 Департамента здравоохранения города Москвы; 117556 Москва, ул. Фруктовая, д. 12, Российская Федерация

Введение. На территории Крайнего Севера Российской Федерации ведется масштабное строительство промышленных и транспортных объектов. В этом процессе участвуют более 10 000 вахтовых рабочих и в этой популяции произошла вспышка COVID-19. В целях сдерживания вспышки и предотвращения распространения инфекции в этом районе МЧС России развернуло аэромобильный госпиталь (АМГ).

Цель исследования: представить опыт работы мобильного компьютерного томографа в составе полевого АМГ, развернутого на Крайнем Севере России для борьбы со вспышкой COVID-19.

Материал и методы. 6 апреля 2020 г. на территории строительного объекта был зафиксирован “нулевой пациент”, ПЦР-тест которого оказался положительным на наличие коронавируса. В первой половине апреля за медицинской помощью обратилось более 300 вахтовиков. 11 апреля на территории строительного объекта была объявлена “чрезвычайная ситуация” и уже 17 апреля 2020 г. начал свою работу АМГ, длительность миссии которого составила 54 дня. Передвижной мобильный компьютерный томограф (Brightspeed Elite Mobile, GE) был транспортирован сухопутным путем. Полевой госпиталь работал в тесном взаимодействии с ближайшими медицинскими учреждениями и краевой клинической больницей.

Результаты. За 54 дня работы АМГ было обследовано 1678 вахтовиков, 408 сотрудников ведомства МЧС Мурманской области, выполнено 2086 КТ-исследований. Средний возраст пациентов 37,8 года, преобладали мужчины. У 91,2% пациентов лихорадка была первым признаком заболевания. Результаты сатурации крови колебались от 92 до 99%. Степень поражения легких варьировала от КТ-0 до КТ-4. За время работы АМГ заболевание COVID-19 диагностировано у 500 человек, из них у 328 – легкая форма, у 98 – среднетяжелая, у 74 – тяжелая, летальных исходов нет.

Заключение. Получен положительный опыт применения мобильного компьютерного томографа в составе полевого АМГ в неблагоприятных эпидемиологических условиях Крайнего Севера Российской Федерации. КТ играет ключевую роль в раннем выявлении инфекции, дифференциальной диагностике и выявлении осложнений. Определение степени тяжести заболевания на основе данных компьютерной томографии имеет решающее значение для маршрутизации пациентов.

Ключевые слова: аэромобильный госпиталь, мобильный полевой госпиталь, мобильный компьютерный томограф, чрезвычайная ситуация

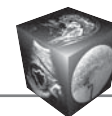
Авторы статьи подтверждают отсутствие конфликта интересов и финансовой поддержки, о которых необходимо сообщить.

Для цитирования: Алексанин С.С., Кротова О.А., Рыбников В.Ю., Нестеренко Н.В., Гарбар Н.М. Опыт работы мобильного компьютерного томографа в составе аэромобильного госпиталя МЧС России в полевых условиях Крайнего Севера для борьбы со вспышкой новой коронавирусной инфекции. *Медицинская визуализация*. 2021; 25 (3): 22–30. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-1042>

Поступила в редакцию: 29.06.2021.

Принята к печати: 20.07.2021.

Опубликована online: 15.09.2021.



Experience with a mobile CT scanner as part of an airmobile hospital of the Ministry of Emergencies of Russia in the field conditions of the Far North to combat the outbreak of a new coronavirus infection

© **Sergej S. Aleksanin¹, Olga A. Krotova^{1*}, Victor Yu. Rybnikov¹, Nataliya V. Nesterenko², Nikolay M. Garbar³**

¹ Nikiforov Russian Center of Emergency and Radiation Medicine, EMERCOM of Russia; 4/2, Academic Lebedev str., St. Petersburg 194044, Russian Federation

² Department of Medical and Psychological Support, EMERCOM of Russia; 1, Vatutins str., Moscow 121357, Russian Federation

³ The city polyclinic №2 of the Department of Healthcare of the city of Moscow; 12, Fruktovaya str., Moscow 117556, Russian Federation

Background. Large-scale construction of industrial and transport facilities is underway in the Far North of Russia. The process involves more than 10,000 shift workers, and there was a Covid19 outbreak in this population. In order to contain the outbreak and prevent the spread of infection in this area the Russian Emergencies Ministry deployed an airmobile hospital.

Purpose. The purpose is to present an experience of work with the mobile CT scanner as part of an airmobile field hospital deployed in the Far North of Russia to combat the Covid-19 outbreak.

Materials and methods. On April 6, 2020, the construction site reported a “zero patient” who sought medical aid; the PCR test showed positive results of coronavirus. In the first half of April, over 300 rotation employees applied for medical care, most of them had a positive PCR test. On April 11, a state of emergency was declared in the construction site and, on April 17, 2020, airmobile hospital started operations. Its mission lasted 54 days. The mobile CT scanner (Brightspeed Elite Mobile, GE) was transported by land. The field hospital closely cooperated with the nearest medical institutions and the regional clinical hospital.

Results. During its work the airmobile hospital examined 1,678 rotational workers and 408 employees of the Ministry of Emergency Situations of the Murmansk region, with 2,086 CT scans performed. The average age of the patients was 37.8 years, men predominated. In 91.2% of patients, fever was the first symptom of the disease. Blood saturation results ranged from 92% to 99%. The degree of lung involvement ranged from CT 0 to CT 4. During the work of the airmobile hospital, COVID-19 was diagnosed in 500 people, including 328 cases of mild form, 98 – moderate, 74 – severe, no mortalities.

Conclusion. A positive experience of application of the mobile CT scanner as part of the AMH field hospital in unfavorable epidemiological conditions of the Far North of the Russian Federation was obtained. CT plays a key role in early detection of infection, differential diagnosis, and identification of complications. Determination of the severity of the disease based on CT data is crucial for patient routing.

Keywords: airmobile hospital, mobile field hospital, mobile CT scanner, COVID-19, emergency situation

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

For citation: Aleksanin S.S., Krotova O.A., Rybnikov V.Yu., Nesterenko N.V., Garbar N.M. Experience with a mobile CT scanner as part of an airmobile hospital of the Ministry of Emergencies of Russia in the field conditions of the Far North to combat the outbreak of a new coronavirus infection. *Medical Visualization*. 2021; 25 (3): 22–30. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-1042>

Received: 29.06.2021.

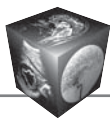
Accepted for publication: 20.07.2021.

Published online: 15.09.2021.

Введение

В декабре 2019 г. стало известно о первых случаях острого респираторного синдрома с тяжелым течением, обусловленного новой коронавирусной инфекцией. Совокупность проявлений, вызываемых этой инфекцией, назвали коронавирусной болезнью – COVID-19. Первые инфицированные пациенты были выявлены в Ухане, провинции

Хубэй в Китае, и их деятельность была связана с работой на местном рынке морепродуктов. Экспоненциальное распространение инфекции привело к тому, что уже в январе 2020 г. Всемирная организация здравоохранения объявила вспышку новой коронавирусной инфекции чрезвычайной ситуацией (ЧС) в области общественного здравоохранения, имеющей международное значение,



а в марте 2020 г. – пандемией [1, 2, 4]. Столь стремительному и широкому распространению заболевания способствовало множество факторов, среди которых лидируют высокая контагиозность новой коронавирусной инфекции, воздушно-капельный и контактный пути ее передачи, а также значительная вариабельность клинических проявлений. Люди остаются заразными до двух недель и могут распространять вирус, даже если у них нет симптомов. У некоторых пациентов даже при наличии клинических симптомов может быть ложно-отрицательный тест полимеразной цепной реакции (ПЦР) [3, 6].

Симптомы COVID-19 сильно различаются: от полного отсутствия проявлений инфекции до тяжелых мультиторговых поражений. Поскольку у значительной части пациентов, инфицированных COVID-19, наблюдались пневмония и характерные проявления на компьютерной томограмме, рентгенологические исследования стали жизненно важными для ранней диагностики и оценки течения этого заболевания [6, 7]. С целью сдерживания распространения инфекции практически повсеместно были введены профилактические меры, включающие социальное дистанцирование, ношение масок и перчаток в общественных местах, вентиляцию и фильтрацию воздуха, мытье и обеззараживание рук, дезинфекцию поверхностей и воздуха, а также самоизоляцию для людей, находившихся в контакте с заболевшим или имеющих симптомы заболевания. Власти многих стран отреагировали введением ограничений на полеты и поездки, закрытием общественных учреждений и отменой массовых мероприятий. Однако современные экономические реалии не позволяют длительно выдерживать изоляцию, социальное взаимодействие, даже с удаленными регионами, сохраняются.

В начале апреля 2020 г. первые случаи COVID-19 были зарегистрированы на удаленной территории Крайнего Севера Российской Федерации. Неблагоприятная эпидемиологическая обстановка и угроза распространения новой коронавирусной инфекции сложились в Мурманской области, на территории которой расположена промышленная площадка Центра строительства крупнотоннажных морских сооружений (ЦСКМС) ООО «НОВАТЭК-Мурманск» и субподрядных организаций, в том числе ООО «Велестрой». На строительных объектах вахтовым методом работало и проживало более 10 тыс. человек, среди которых около 5 тыс. работников проживали в п. Белокаменка.

На основании обращения губернатора Мурманской области в оперативный штаб по пре-

дупреждению завоза и распространения новой коронавирусной инфекции на территории России в связи с обострением эпидемиологической обстановки с целью локализации распространения COVID-19 МЧС России направило в регион силы и средства для развертывания аэромобильного госпиталя (АМГ) МЧС России [1, 2].

Материал и методы

Для лучшего понимания опасности возникновения эпидемии следует отметить особенности проживания и деятельности рабочих, а также обслуживающего персонала, находящихся на строительной площадке высокотехнологичных морских объектов. Проживание по несколько человек в комнате, пребывание в условиях сурового холодного климата, общие столовые, места отдыха, значительная миграция вахтовиков (рабочий цикл 3 мес), прибывающих из различных регионов России и иностранных государств (Сербия, Узбекистан, Казахстан, Китай и др.), обусловили реальную угрозу массовой вспышки и быстрого распространения новой коронавирусной инфекции [1].

6 апреля 2020 г. был зафиксирован «нулевой пациент», обратившийся за медицинской помощью в п. Белокаменка, ПЦР-тест которого оказался положительным на наличие коронавируса. В первой половине апреля за медицинской помощью обратилось более 300 вахтовиков, у большинства из них был получен положительный ПЦР-тест на наличие инфекции. С подозрением на заражение инфекцией в этот период выявлено более 500 работников (повышенная температура тела, жалобы). 11 апреля 2020 г. Главное управление МЧС России по Мурманской области приведено в режим функционирования «чрезвычайная ситуация». Компанией ООО «НОВАТЭК-Мурманск» в связи с режимом ЧС были предприняты предупредительные меры на территории строительной площадки. Для предупреждения распространения инфекции на данной территории 17 апреля 2020 г. в полевых условиях Крайнего Севера силами и средствами МЧС России был развернут и начал работать АМГ, длительность миссии которого составила 54 дня (рис. 1). АМГ МЧС России функционировал как амбулаторное клиничко-диагностическое отделение Кольской центральной районной больницы в полевых условиях (открытая площадка – 4,5 га, разделенная на «грязную» рабочую и «чистую» зоны). Работа АМГ осуществлялась с соблюдением санитарно-эпидемиологических требований Роспотребнадзора. Начальником службы АМГ и организации медицинской помощи при ЧС является заслуженный врач России канд. мед. наук И.А. Якиревич.

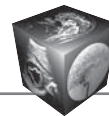


Рис. 1. Развертывание полевого лагеря после выравнивания и очистки территории от снега.

Fig. 1. Deployment of a field camp after leveling and clearing the area from snow.

Персонал и оборудование АМГ были доставлены транспортными самолетами ведомства. Компьютерная томография (КТ) является общепринятым методом первичной диагностики легких при подозрении на COVID-19. Для обеспечения миссии Департаментом здравоохранения г. Москвы был выделен мобильный КТ-комплекс (Brightspeed Elite Mobile компании General Electric), монтируемый в полуприцепе большегрузного автомобиля (использован седельный тягач Mercedes-Benz). Для доставки КТ-комплекса был задействован один водитель, преодолено расстояние 1965 км.

В состав КТ-комплекса входят встроенные системы вентиляции, отопления, кондиционирования и водоснабжения. Кузов универсальный нулевого габарита (КУНГ), по сути – прицеп, оснащенный рентгеновской защитой. Изменяемая геометрия кузова позволяет увеличить объем рабочего пространства. Энергоснабжение КТ-комплекса в рабочем положении автономное (от дизель-генератора на 450 кВт) или осуществляется от внешней трехфазной сети. Для долгосрочного бесперебойного использования КТ-комплекса возникла необходимость в проведении выделенной линии электропередач, что было выполнено в кратчайшие сроки.

Одной из проблем при установке мобильного КТ-комплекса была необходимость точного позиционирования на рыхлом грунте, покрытом снегом (рис. 2). Установка комплекса строго по горизонтали является одним из условий для правильной и безаварийной работы сканера. Комплекс оснащен полуавтоматической системой самовыравнивания, но для этого необходимо, чтобы лапы КУНГа не проваливались в грунт, а основание было достаточно выровненным. Для обеспечения



Рис. 2. Мобильный компьютерный томограф (Brightspeed Elite Mobile, GE); неблагоприятные погодные условия и заснеженный грунт.

Fig. 2. Mobile CT scanner (Brightspeed Elite Mobile, GE); adverse weather conditions and snowy ground.

этой задачи потребовалось доставить и установить бетонные плиты, что позволило достичь выравнивания КТ-комплекса строго горизонтально (рис. 3).

Следует отменить наличие трудностей в координации врача-рентгенолога АМГ и врача-рентгенолога центральной локации. В процессе работы возникли сложности с обеспечением устойчивости и настройкой защищенных каналов связи для



Рис. 3. Мобильный компьютерный томограф (Brightspeed Elite Mobile, GE), установленный на предварительно выровненном грунте и бетонных плитах для обеспечения оптимального позиционирования по горизонтали.

Fig. 3. Mobile CT scanner (Brightspeed Elite Mobile, GE) mounted on pre-leveled ground and concrete slabs for optimal horizontal positioning.

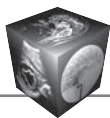


Рис 4. а – вид мобильного КТ-комплекса изнутри, персонал за работой; **б** – пультовая мобильного КТ-комплекса, врач-рентгенолог и рентгенолаборант за работой.

Fig. 4. a – view of the mobile CT complex from the inside, staff at work; **б** – control room of a mobile CT complex, a radiologist and X-ray technician at work.

передачи персональных данных и медицинских изображений в ЕРИС ЕМИАС – Единый радиологический информационный сервис Единой медицинской информационно-аналитической системы Москвы.

Проведение исследований и анализ КТ-данных на протяжении всего периода работы АМГ обеспечивали 1 врач и 1 техник-рентгенолаборант (рис. 4а, б). У одного медицинского работника (второй врач-рентгенолог), прибывшего самостоятельно для работы на мобильном КТ-комплексе, через несколько дней от старта миссии были отмечены повышение температуры, озноб и кашель, т.е. клиническая картина коронавирусной инфекции. Выполненные сiто КТ и ПЦР-тест подтвердили диагноз, и медицинский специалист был госпитализирован в инфекционное отделение для стационарного лечения. Прибывший с ним рентгенолаборант как контактное лицо был изолирован и отстранен от работы. ПЦР-тест и результаты КТ-исследования у него были отрицательными, клинических проявлений и жалоб не отмечено.

Длительность миссии АМГ составила 54 дня. За это время было обследовано 1678 вахтовиков и 408 сотрудников МЧС Мурманской области. Средний возраст пациентов 37,8 года, преобладали мужчины. За период работы было выполнено 2086 КТ-исследований. Продолжительность КТ-исследования, включая укладку, составляла в среднем 10 мин. КТ органов грудной клетки проводили с толщиной среза 3 мм, с последующей реконструкцией изображений по 1,25 мм в средостенном и легочном режимах с использованием стандартных режимов сканирования.

Проводимое нами исследование является ретроспективным анализом клинических и рентгенологических данных пациентов, обратившихся с подозрением на COVID-19 во время работы АМГ. Нами проанализированы ежедневные медицинские отчеты о работе подразделений АМГ и результаты данных КТ-исследований на протяжении всего периода работы. Результаты обращений пациентов и исследований были задокументированы, а КТ-данные заархивированы для дальнейшего анализа и лучшего понимания закономерностей течения COVID-19.

Результаты

Для обеспечения долгосрочной бесперебойной работы КТ-сканера в полевых условиях Крайнего Севера были поставлены и решены следующие задачи:

- проведена выделенная линия электропередач, которая по истечении миссии АМГ будет использоваться на предстоящих строительных объектах;

- произведена установка мобильного КТ-сканера строго по линии горизонта на рыхлом заснеженном грунте, что потребовало доставки и установки бетонных плит для возможности точного выравнивания комплекса;

- ситуация, связанная с заболеванием второго врача КТ-комплекса и вынужденной изоляцией второго рентгенолаборанта, рассматривалась как непредвиденная, но управляемая и была решена за счет повышения нагрузки на оставшуюся часть КТ-команды.

Наше исследование имело несколько ограничений: во-первых, у большинства пациентов за-

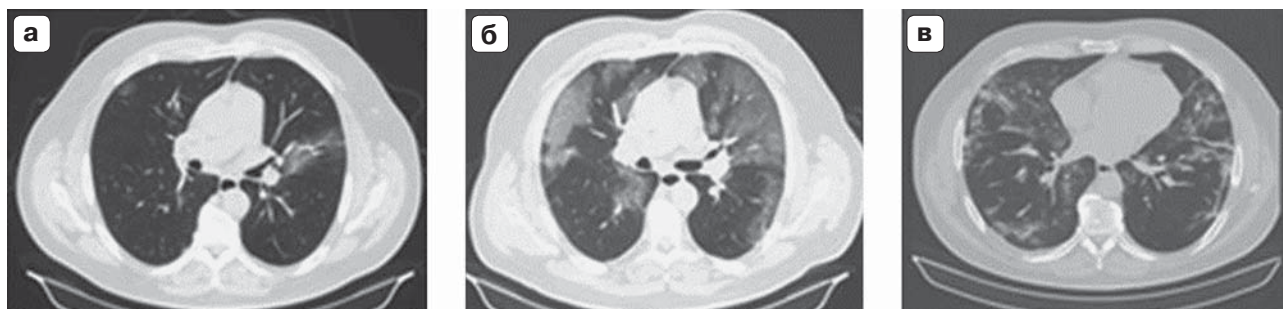
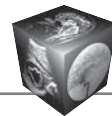


Рис. 5. Пациент Д., 38 лет, динамика КТ-проявлений COVID-19. **а** – одиночные участки уплотнения в виде “матового стекла”, КТ-1; **б** – быстрое, в течение нескольких дней, прогрессирование заболевания, КТ-3; **в** – контрольное исследование через 3,5 нед, положительная динамика, частичный регресс инфильтратов.

Fig. 5. Patient D., 38 years old: changes in CT findings of COVID-19 pneumonia over time. **a** – CT shows scattered ground-glass opacities, CT-1-stage; **б** – CT shows a rapid progression to the CT-3-stage (within a few days); **в** – Follow-up CT scan shows partial infiltrate regression within 3.5 weeks (positive dynamics).

болевание протекало в относительно легкой форме. Во-вторых, следует отметить особенность выборки пациентов, в которой преобладали трудоспособные мужчины молодого и среднего возраста, прошедшие медицинский отбор до получения работы на строительных объектах в условиях Крайнего Севера. В-третьих, в силу сложившихся обстоятельств все КТ-исследования оценивались только одним опытным рентгенологом. Единичные случаи были консультированы дистанционно.

Из общих клинических проявлений обратившиеся пациенты указывали лихорадку и респираторные симптомы, включая сухой кашель, одышку, боль в горле, мышечные и суставные боли, слабость, усталость. Аносмию пациенты отмечали редко. Ежедневная термометрия всем вахтовикам, персоналу АМГ и сотрудникам МЧС проводилась 2 раза в сутки. У большинства пациентов именно лихорадка была первым симптомом заболевания. Среди заболевших пациентов повышенная температура наблюдалась в 92% случаев, преобладали субфебрильные значения. Наиболее высокая температура среди обследованных пациентов зафиксирована на отметке 38,9 °С. Диапазон уровня сатурации по данным пульсоксиметрии составил от 92 до 99%. Все пациенты с уровнем сатурации ниже 96% были доставлены скорой помощью в стационары.

У всех пациентов с температурой более 37,5 °С были выявлены рентгенологические симптомы COVID-19. Артефакты КТ-изображений были связаны с затруднением задержки дыхания у некоторых пациентов с выраженной одышкой. У остальных пациентов качество изображений не имело отличий по сравнению со стационарными сканерами. Характерной чертой COVID-19 является на-

личие уплотнений легочной паренхимы по типу “матового стекла” различной протяженности, которые могут объединяться в плотные консолидирующие поражения с преимущественно периферическим распределением под плеврой. Прежде всего, диагностический алгоритм был направлен на “поиск” подобных патологических зон [3]. В задачи рентгенолога входило не только выявление потенциальной вирусной инфекции, но и предположение о серьезности заболевания, вероятном развитии острого респираторного дистресс-синдрома и возможной бактериальной коинфекции, а также определение динамики процесса (рис. 5а–в).

Результаты КТ органов грудной клетки обследованных пациентов с указанием степени тяжести поражения легких (КТ 0–4) приведены в таблице.

Среди прочей выявленной патологии наблюдали случаи мочекаменной болезни, язвенной болезни желудка, дестабилизации течения сахарного диабета. У одного рабочего был выявлен перелом руки. Один из обратившихся пациентов имел установленный кардиостимулятор.

За период работы АМГ в полевых условиях КТ органов грудной полости была выполнена 1678 вахтовикам и 408 сотрудникам МЧС Мурманской области. Подтверждающие данные о наличии COVID-19 выявлены у 500 человек, в том числе в легкой форме – у 328, средней степени тяжести – у 98, тяжелой – у 74, летальных исходов не было. Маршрутизация осуществлялась исходя из комплексного анализа клинических и рентгенологических данных обследованных пациентов.

Лица со средней и тяжелой формой заболевания были направлены на госпитализацию в специализированные стационары. Лица с легкой формой, как правило, проходили лечение амбулатор-

**Таблица.** Распределение пациентов по тяжести поражения легких на основании данных КТ**Table.** Distribution of patients by the severity of lung damage based on CT data

	КТ-0		КТ-1		КТ-2		КТ-3		КТ-4		Всего	
	абс.	%	абс.	%	абс.	%	абс.	%	абс.	%	абс.	%
Рабочие (с жалобами и клиническими проявлениями, контактные) Workers (with complaints and clinical manifestations, contact persons)	1178	70,2	328	19,6	98	5,8	74	4,4	0	0	1678	100
Сотрудники МЧС (Мурманск) EMERCOM employees (Murmansk)	403	98,8	5	1,2	0	0	0	0	0	0	408	100

но в условиях медицинского пункта (изолятора) под медицинским наблюдением в вахтовом городке. Они были изолированы от остальных работников и им проводилось амбулаторное лечение. Госпитализация в специализированные стационары потребовалась 206 больным. Из 408 обследованных в этот период сотрудников МЧС России у 5 человек по данным КТ выявлены патологические изменения, соответствующие КТ-1, у которых ПЦР-тест был отрицательный. Они прошли амбулаторное лечение в связи с пневмонией.

Вспышка и распространение новой коронавирусной инфекции COVID-19 как ЧС в субъекте России и на крупном промышленно-строительном объекте были локализованы, летальных исходов не зафиксировано.

Обсуждение

При быстром увеличении числа больных в зонах с неблагоприятной эпидемиологической обстановкой КТ грудной клетки играет важную роль для оценки состояния легких, так как позволяет обеспечить немедленную визуализацию легочных аномалий и контролировать развитие поражений на различных стадиях. КТ-сканирование доказало свою эффективность в выявлении COVID-19, в том числе при первичных ложноотрицательных тестах. Ранняя диагностика COVID-19 имеет решающее значение для выявления заболевания, определения тактики лечения, контроля его распространения и правильной маршрутизации пациентов. Использование мобильных КТ-сканеров позволяет сделать качественные рентгенологические исследования доступными на удаленных территориях, в том числе в полевых условиях [4, 5, 7]. Использование автомобильного КТ-сканера в полевых условиях хорошо себя зарекомендовало, несмотря на первоначальные сложности с установкой КТ-комплекса, связанные с «рыхлостью» и проседанием грунта. Неопределенные сроки

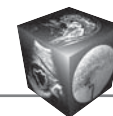
миссии на старте работы АМГ стали основанием для проведения отдельной выделенной линии электроснабжения для обеспечения бесперебойной работы сканера на протяжении всего необходимого периода [1].

На сегодняшний день внимание технических специалистов и рентгенологов приковано к разработкам более компактных моделей с возможностью передачи получаемых данных дистанционно. Подобные сканеры давно и широко используются для сканирования головы и шеи, активно используются в операционных и палатах интенсивной терапии. Разработка компактных сканеров для исследования всего тела открывает новые диагностические перспективы для работы на удаленных территориях, позволяет оперативно получать столь необходимую диагностическую информацию, от своевременности и качества которой напрямую зависит результат лечения [7].

Заключение

Получен позитивный опыт применения мобильного КТ-сканера в составе полевого АМГ, развернутого в неблагоприятных эпидемиологических условиях Крайнего Севера России. Показаны особенности установки компьютерного томографа в полевых условиях, его функционирование в составе АМГ, интегрированного в региональное лечебно-профилактическое учреждение.

Использование мобильного КТ-сканера позволило своевременно получать качественную диагностическую информацию. Скоординированная работа подразделений АМГ и местных учреждений здравоохранения позволила локализовать очаг COVID-19, не допустить возникновения эпидемии и летальность среди пациентов. При планировании длительной работы мобильного КТ-сканера в полевых условиях Крайнего Севера целесообразно акцентировать внимание на решении следующих задач:



– необходимо заблаговременно подготовить площадку с выровненным основанием для правильной установки КТ-сканера строго по линии горизонта, что необходимо для его корректной и безаварийной работы;

– следует обеспечить бесперебойное энерго-снабжение;

– нужно учитывать возможные непредвиденные ситуации, приводящие к увеличению нагрузки на персонал и своевременно наладить защищенные каналы связи для передачи медицинских данных дистанционно с целью привлечения стороннего персонала для их оценки и консультирования.

Участие авторов

Александр С.С. – утверждение окончательного варианта статьи.

Кротова О.А. – проведение исследования, написание текста, ответственность за целостность всех частей статьи.

Рыбников В.Ю. – концепция и дизайн исследования, утверждение окончательного варианта статьи.

Нестеренко Н.В. – участие в научном дизайне.

Гарбар Н.М. – сбор и обработка данных.

Authors' participation

Aleksanin S.S. – approval of the final version of the article.

Krotova O.A. – conducting research, writing text, responsibility for the integrity of all parts of the article.

Rybnikov V.Yu. – concept and design of the study, approval of the final version of the article.

Nesterenko N.V. – participation in scientific design.

Garbar N.M. – collection and analysis of data.

Список литературы

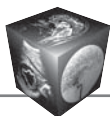
1. Александр С.С., Рыбников В.Ю., Нестеренко Н.В., Якирев И.А., Попов А.С. Аэромобильный госпиталь МЧС России: задачи, основные подразделения, оснащение, варианты развертывания при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. *Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях*. 2021; 3: 5–15.
2. Рыбников В.Ю., Нестеренко Н.В., Якирев И.А. Опыт развертывания и функционирования аэромобильного госпиталя МЧС России при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций биолого-социального характера (угроза вспышки коронавирусной инфекции). *Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях*. 2020; 4: 5–15. <https://doi.org/10.25016/2541-7487-2020-0-3-05-15>
3. Морозов С.П., Проценко Д.Н., Сметанина С.В. и др. Лучевая диагностика коронавирусной болезни (COVID-19): организация, методология, интерпретация результатов: препринт № ЦДТ – 2020 – II. Версия

2 от 17.04.2020. М.: НПКЦ ДиТ ДЗМ, 2020. 78 с. (Серия "Лучшие практики лучевой и инструментальной диагностики". Вып. 65).

4. Chen Z., He S., Li F., Yin J., Chen X. Mobile field hospitals, an effective way of dealing with COVID-19 in China: sharing our experience. *Biosci. Trends*. 2020; 14 (3): 212–214. <https://doi.org/10.5582/bst.2020.01110>
5. Zhou Man, Chen Yaying, Su Xiaolong, An Ling. Rapid construction and advanced technology for a Covid-19 field hospital in Wuhan, China. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers*. 2021; 174 (1): 29–34. <https://doi.org/10.1680/jcien.20.00024>
6. Wang D., Hu B., Hu C., Zhu F., Liu X., Zhang J., Wang B., Xiang H., Cheng Z., Xiong Y., Zhao Y., Li Y., Wang X., Peng Z. Clinical characteristics of 138 hospitalized patients with 2019 novel coronavirus-infected pneumonia in Wuhan, China. *JAMA*. 2020; 323 (11): 1061–1069. <http://doi.org/10.1001/jama.2020.1585>
7. Kim H. Outbreak of novel coronavirus (COVID-19): What is the role of radiologists? *Eur. Radiol*. 2020; 30 (6): 3266–3267. <http://doi.org/10.1007/s00330-020-06748-2>

References

1. Aleksanin S.S., Rybnikov V.Yu., Nesterenko N.V., Yakirevich I.A., Popov A.S. Airmobile hospital EMERCOM of Russia: tasks, main units, equipment, deployment options for emergency response. *Medico-Biological and Socio-Psychological Problems of Safety in Emergency Situations*. 2021; 3: 5–15. (In Russian)
2. Rybnikov V.Yu., Nesterenko N.V., Yakirevich I.A. Experience in deployment and functioning of aeromobile hospital of Emercom of Russia when eliminating the consequences of biosocial emergency situations (in a coronavirus outbreak area). *Medico-Biological and Socio-Psychological Problems of Safety in Emergency Situations*. 2020; 4: 5–15. <https://doi.org/10.25016/2541-7487-2020-0-3-05-15> (In Russian)
3. Morozov S.P., Protsenko D.N., Smetanina S.V. et al. Medical imaging of coronavirus disease (COVID-19): organization, methodology, interpretation of results: Preprint No. CDT – 2020 – II. Version 2 dated 04/17/2020. Moscow: NPKTs DiT DZM, 2020. 78 p. (Series "Best Practices of Radiological and Instrumental Diagnostics". Issue 65). (In Russian)
4. Chen Z., He S., Li F., Yin J., Chen X. Mobile field hospitals, an effective way of dealing with COVID-19 in China: sharing our experience. *Biosci. Trends*. 2020; 14 (3): 212–214. <https://doi.org/10.5582/bst.2020.01110>
5. Zhou Man, Chen Yaying, Su Xiaolong, An Ling. Rapid construction and advanced technology for a Covid-19 field hospital in Wuhan, China. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers*. 2021; 174 (1): 29–34. <https://doi.org/10.1680/jcien.20.00024>
6. Wang D., Hu B., Hu C., Zhu F., Liu X., Zhang J., Wang B., Xiang H., Cheng Z., Xiong Y., Zhao Y., Li Y., Wang X., Peng Z. Clinical characteristics of 138 hospitalized patients with 2019 novel coronavirus-infected pneumonia in Wuhan, China. *JAMA*. 2020; 323 (11): 1061–1069. <http://doi.org/10.1001/jama.2020.1585>
7. Kim H. Outbreak of novel coronavirus (COVID-19): What is the role of radiologists? *Eur. Radiol*. 2020; 30 (6): 3266–3267. <http://doi.org/10.1007/s00330-020-06748-2>



Для корреспонденции*: Кротова Ольга Александровна – 194044 Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 4/2. Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины имени А.М. Никифорова МЧС России. E-mail: medicine@nrcerm.ru

Алексанин Сергей Сергеевич – член-корр. РАН, доктор мед. наук, профессор, директор ФГБУ “Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины имени А.М. Никифорова” МЧС России, Санкт-Петербург. SPIN-код: 1256-5967. <https://orcid.org/0000-0001-6998-1669>. E-mail: medicine@nrcerm.ru

Кротова Ольга Александровна – канд. мед. наук, врач-рентгенолог кабинета неотложной компьютерной томографии ФГБУ “Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины имени А.М. Никифорова” МЧС России, Санкт-Петербург. E-mail: medicine@nrcerm.ru

Рыбников Виктор Юрьевич – доктор мед. наук, доктор психологических наук, профессор, заместитель директора по научной и учебной работе, медицине катастроф ФГБУ “Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины имени А.М. Никифорова” МЧС России, Санкт-Петербург. SPIN: 3720-0458. <https://orcid.org/0000-0001-5527-9342>. E-mail: rvikirina@mail.ru

Нестеренко Наталия Владимировна – канд. мед. наук, начальник Управления медико-психологического обеспечения МЧС России, Москва. SPIN: 4061-8102. <https://orcid.org/0000-0002-0066-9500>. E-mail: umpo08@yandex.ru

Гарбар Николай Михайлович – врач-рентгенолог городской поликлиники №2 ДЗ города Москвы, Москва. E-mail: garbar_88@mail.ru

Contact*: Olga A. Krotova – 4/2, Academic Lebedev str., St. Petersburg, 194044, Russian Federation. Nikiforov Russian Center of Emergency and Radiation Medicine, EMERCOM of Russia. E-mail: medicine@nrcerm.ru

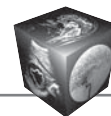
Sergej S. Aleksanin – Corresponding Member of Russian Academy of Sciences, Dr. of Sci. (Med.), Professor, Director of the Nikiforov Russian Center of Emergency and Radiation Medicine, EMERCOM of Russia, St. Petersburg. SPIN: 1256-5967. <https://orcid.org/0000-0001-6998-1669>. E-mail: medicine@nrcerm.ru

Olga A. Krotova – Cand. of Sci. (Med.), radiologist, department of emergency computed tomography, Nikiforov Russian Center of Emergency and Radiation Medicine, EMERCOM of Russia, St. Petersburg. <https://orcid.org/0000-0003-3793-6163>. E-mail: medicine@nrcerm.ru

Victor Yu. Rybnikov – Doct. of Sci. (Med.), Doct. of Sci. (Psychol.), Professor, Deputy Director on Science, Education, and Disaster Medicine, Nikiforov Russian Center of Emergency and Radiation Medicine, EMERCOM of Russia, St. Petersburg. SPIN-код: 3720-0458. <https://orcid.org/0000-0001-5527-9342>. E-mail: rvikirina@mail.ru

Nataliya V. Nesterenko – Cand. of Sci. (Med.), Head of the Department of Medical and Psychological Support, EMERCOM of Russia, Moscow. SPIN-код: 3720-0458. <https://orcid.org/0000-0001-5527-9342>. E-mail: umpo08@yandex.ru

Nikolay M. Garbar – radiologist of the city polyclinic №2 of the Department of Healthcare of the city of Moscow. <https://orcid.org/0000-0001-9617-466X>



Брюшная полость | Abdomen

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

<https://doi.org/10.24835/1607-0763-875>

Значение ультразвукового исследования в диагностике острой странгуляционной тонкокишечной непроходимости

© Шаврина Н.В.^{1*}, Ярцев П.А.^{1,2}, Лебедев А.Г.¹, Левитский В.Д.¹,
Драйер М.Н.¹, Цулеискири Б.Т.¹, Хамидова Л.Т.¹, Антонян С.Ж.¹

¹ ГБУЗ города Москвы "Научноисследовательский институт скорой помощи имени Н.В. Склифосовского ДЗ города Москвы"; 129090, Москва, Большая Сухаревская площадь, д. 3, 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: выявление и оценка эффективности сонографических признаков ишемии кишечника у пациентов со странгуляционной тонкокишечной непроходимостью.

Материал и методы. За период 2017–2019 гг. в НИИ скорой помощи имени Н.В. Склифосовского проходили лечение 115 пациентов со странгуляционной кишечной непроходимостью. Женщин было 64 (55,6%), мужчин – 51 (44,4%). Средний возраст составил 62 ± 15 лет. У всех больных диагноз верифицирован интраоперационно. Всем пациентам было выполнено ультразвуковое исследование (УЗИ) брюшной полости в В-режиме с оценкой кровотока стенки кишки в режиме ЦДК. На основании интраоперационных данных о состоянии ущемленной кишки пациенты были разделены на 2 основные группы: 1-я группа – 63 (54,8%) пациента с признаками ишемии ущемленной петли кишки, 2-я группа – 21 (18,1%) пациент, у которого выявлен некроз кишки. В 3-ю группу (сравнения) был включен 31 (26,7%) пациент со спаечной тонкокишечной непроходимостью без странгуляции кишки.

Результаты. Наиболее информативными ультразвуковыми признаками ишемии ущемленной кишки петли являются инфильтративные изменения ее брыжейки: во 2-й и 3-й группах выявлен у 9 (14,3%) и 12 (57,1%) пациентов соответственно тяжести ишемии кишки по сравнению с 1 (3,2%) в 1-й группе. Следующие по информативности критерии – утолщение более 0,4 см и отек стенки кишки: во 2-й и 3-й группах 30 (47,6%) и 14 (66,6%), в группе сравнения (3-й) – 4 (12,9%), акинез ущемленной петли и парез всей тонкой кишки также напрямую коррелируют с ишемией кишки. Отсутствие дифференцировки слоев кишечной стенки встречается в 23,8%, отсутствие кровотока в стенке кишки в режиме ЦДК – в 19%, газовые включения в стенке кишки – в 4,3%.

Заключение. Оценка комплекса сонографических симптомов позволяет в ранние сроки диагностировать наличие ишемических изменений стенки кишки и выполнить хирургическое вмешательство до развития некроза. А в случаях позднего поступления пациента в стационар, с наступившим некрозом кишки и связанной с этим стертой клинической картиной УЗИ позволяет установить показания к операции до развития перитонита.

Ключевые слова: ультразвуковая диагностика, странгуляционная тонкокишечная непроходимость, ишемия кишки, некроз кишки

Авторы подтверждают отсутствие конфликтов интересов.

Для цитирования: Шаврина Н.В., Ярцев П.А., Лебедев А.Г., Левитский В.Д., Драйер М.Н., Цулеискири Б.Т., Хамидова Л.Т., Антонян С.Ж. Значение ультразвукового исследования в диагностике острой странгуляционной тонкокишечной непроходимости. *Медицинская визуализация*. 2021; 25 (3): 31–42.
<https://doi.org/10.24835/1607-0763-875>

Поступила в редакцию: 14.04.2020.

Принята к печати: 05.04.2021.

Опубликована online: 15.09.2021.



Value of the ultrasound research in the diagnostic of acute strangulated small bowel obstruction

© Natalya V. Shavrina^{1*}, Petr A. Yartsev^{1,2}, Alexander G. Lebedev¹, Vladislav D. Levitsky¹, Maria N. Drayer¹, Bakur T. Tsuleiskiri¹, Layla T. Khamidova¹, Sevak Zh. Antonyan¹

¹ Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine of Health Department of Moscow; 3, Bolshaya Suharevskaya pl., Moscow, 129090, Russian Federation

² Russian Medical Academy of Continuous Professional Education; 2/1, bld. 1, Barrikadnaya str., Moscow, 125993, Russian Federation

Purpose. To identify and evaluate the effectiveness of sonographic signs of intestinal ischemia in patients with strangulated small bowel obstruction.

Materials and methods. For the period 2017–2019, 115 patients with SIO were treated at the N.V. Sklifosovsky Federal Research Institute of Emergency Medicine. There were 64 women (55.6%) and 51 men (44.4%). The mean age was 62 ± 15 years. In all patients, the diagnosis was verified intraoperatively. All patients underwent ultrasound examination of the abdominal cavity in B-mode with the assessment of blood flow of the intestinal wall in the mode of CDI. Patients were divided on the basis of intraoperative data into 2 groups. The first group: 63 (54.8%) patients with signs of ischemia of the strangulated loop of the intestine. The second group consisted of 21 (18.1%) patients in whom intestinal necrosis was detected. The comparison group included 31 (26.7%) patients with adhesive small bowel obstruction without intestinal strangulation.

Results. The most informative signs of ischemia of the strangulated intestine of the loop are infiltrative changes of its mesentery. In the second and third groups 9 (14.3%) and 12 (57.1%) participants, respectively, showed severity of intestinal ischemia, compared with 1 participant (3.2%) in the first group. The next informative criterion is the thickening of more than 0.4 cm and edema of the intestinal wall. In the second and third groups 30 (47.6%) and 14 (66.6%), in the comparison group 4 (12.9%), akinesis of the strangulated loop and paresis of the entire small intestine also directly correlated with intestinal ischemia. The absence of differentiation of intestinal wall layers occurs in (23.8%), the absence of blood flow in the intestinal wall in the CDI mode (19%), gas inclusions in the intestinal wall (4.3%).

Conclusion. The assessment of sonographic symptoms allows to diagnose the presence of ischemic changes in the intestinal wall and perform surgery before the development of necrosis in the early period. In cases of late admission of the patient to the hospital, with the onset of intestinal necrosis and the associated erased clinical picture, ultrasound allows to establish indications for surgery before the development of peritonitis.

Keywords: ultrasound diagnostics, strangulation, small bowel obstruction, intestinal ischemia, intestinal necrosis

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

For citation: Shavrina N.V., Yartsev P.A., Lebedev A.G., Levitsky V.D., Drayer M.N., Tsuleiskiri B.T., Khamidova L.T., Antonyan S.Zh. Value of the ultrasound research in the diagnostic of acute strangulated small bowel obstruction. *Medical Visualization*. 2021; 25 (3): 31–42. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-875>

Received: 14.04.2020.

Accepted for publication: 05.04.2021.

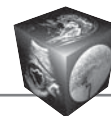
Published online: 15.09.2021.

Введение

Странгуляционная кишечная непроходимость (СКН) является одной из наиболее тяжелых форм острой кишечной непроходимости (ОКН). Средняя частота странгуляции из общего числа пациентов с тонкокишечной непроходимостью, по данным отечественных и зарубежных авторов, составляет около 10%, из которых в 28–33% наблюдений причиной является невправимая грыжа, в 8–9% – спаечная тонкокишечная непроходимость [1]. Летальность при СКН составляет от 4 до 25% [2], по данным зарубежных авторов, уровень смертности может достигать 40% [3]. По данным В.С. Савельева (2005), данная патология по летальным исходам занимает одно из первых мест среди

острых заболеваний органов брюшной полости и может возникать во всех возрастных группах Р.М. Евтихов и соавт. (2001). Высокие цифры летальности и значительное число послеоперационных осложнений 21–53% [4], прежде всего, связаны с тяжестью состояния больных на поздних стадиях заболевания, что обусловлено несвоевременным обращением больных, а также диагностическими и тактическими ошибками, частота которых в условиях стационара достигает 16–34%.

Таким образом, ранняя, точная диагностика нарушения кровообращения кишечника чрезвычайно важна для выставления показаний к экстренной операции, чтобы сохранить ишемизиро-



ванный сегмент кишечника или удалить уже участки некроза. Задержка диагноза и неправильная диагностика СКН приводят к развитию некроза кишечника и перитониту.

Предположительный диагноз СКН может быть сделан на основе клинической картины, физикального обследования, традиционно первичными инструментами диагностики являются обзорная рентгенография брюшной полости и УЗИ. Однако симптомы, лабораторные данные неспецифичны, нет универсально надежных клинических параметров, которые могли бы предсказать необратимую ишемию кишки на фоне ОКН. До 50% пациентов с СКН имеют стертую клиническую картину некроза кишки [4]. Поэтому для верификации диагноза СКН представляется целесообразным разработать симптомокомплекс лучевой диагностики, определяющий местоположение обструкции и признаки ишемии кишки.

Обзорная рентгенография брюшной полости не всегда позволяет выявить причину ОКН и различить механическую и странгуляционную ОКН [5]. По данным зарубежных авторов, обзорная рентгенография информативна лишь в 50–60% случаев, в 20–30% изменения не определяются, а в 10–20% случаев изменения трактуются как сомнительные [6].

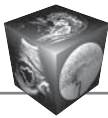
К основным рентгенологическим признакам СКН относят: наличие множественных (не менее двух) уровней жидкости [7], расширение более 30 мм, но менее 50 мм в диаметре петель кишечника с отеком складок, отсутствие или резкое снижение содержания газа в дистальных отделах [5]. По данным Э.А. Бересневой (2004), специфические рентгенологические признаки СКН в первые часы заболевания – преобладание в просвете петель газа над жидкостью, нечеткость горизонтальных уровней жидкости, тонкокишечные арки обычно более пологие за счет снижения тонуса пораженной петли. При некрозе стенки кишки возможно выявление интрамурального газа в стенке [7].

До недавнего времени задачей сонографии также являлось выявление неспецифических признаков ОКН, однако развитие технических возможностей УЗИ (более совершенное изображение в серой шкале, ЦДК, CEUS) позволило оценить не только состояние петель тонкой кишки (диаметр, депонирование жидкости в просвете, толщина стенки), но и выявить изменения брыжейки, оценить кровоснабжение кишечной стенки и ее брыжейки, а значит, своевременно выявить ишемию кишечной стенки до развития необратимых изменений [8–11].

В отечественных и зарубежных публикациях разрозненно представлены следующие соногра-

фические критерии СКН: изолированный конгломерат расширенных петель тонкой кишки; С- или U-образная деформация растянутой петли тонкой кишки; утолщение кишечной стенки; парез расширенной петли; свободная жидкость в брюшной полости; внутрипросветное депонирование жидкости; увеличение индекса резистентности на верхней брыжеечной артерии [8–11]. По данным исследования [12], выявление ишемии возможно с помощью дуплексного ультразвукового сканирования, при котором частота выявляемости изменений в верхней брыжеечной артерии составляет более 90%. Кроме того, ряд авторов [10, 11] отмечают изменения брыжейки кишки, обусловленные венозным застоем, в виде повышения ее эхогенности и утолщения. К сонографическим признакам спаечного процесса в брюшной полости относят неравномерно расширенные петли кишечника, не смещаемые относительно друг друга при дыхании и компрессии датчиком, фиксацию петель к передней брюшной стенке в области послеоперационного рубца [13, 14], визуализацию гиперэхогенных линейных структур (спайки) в межпетельных промежутках [5, 15]. Эффективность УЗИ в диагностики странгуляции составляет 53,3–87% [4, 16, 17]. Для повышения эффективности ультразвуковой диагностики исследование целесообразно дополнить доплерографией сосудов тонкой кишки (в том числе внутристеночных) с целью верификации странгуляционного характера непроходимости [18–20]. Однако все приведенные признаки не объединены в единый симптомокомплекс, учитывающий данные рентгенографии и клинической картины.

МСКТ является эффективным методом диагностики кишечной непроходимости и выявления ранних признаков странгуляции с зарегистрированной чувствительностью более 90% и специфичностью почти 100% [2]. Но МСКТ является дорогостоящим и небезопасным диагностическим методом вследствие лучевой нагрузки, а применение контрастных препаратов весьма ограничено при явлениях полиорганной недостаточности, часто сопровождающих ишемию кишечника. Некоторые МСКТ-признаки СКН коррелируют с УЗИ, при томографии также выявляют изолированный конгломерат из заполненных жидкостью и расширенных петель тонкой кишки; С- или U-образную деформацию петель; местный пневматоз; свободную перитонеальную жидкость. Но МСКТ с контрастированием позволяет оценить состояние сосудов брыжейки и выявить их деформацию в виде “вихревого знака; знака клюва”; радиальное схождение брыжеечных сосудов; утолщение кишечной стенки; высокое затухание стен-



ки кишечника; снижение контрастности [21–25]. Однако УЗИ имеет свои преимущества: УЗИ более доступно и широко распространено, а также обладает высокой степенью информативности и отсутствием ионизирующего воздействия на пациента, исследователя. Метод позволяет многократно и полипозиционно оценить зону интереса, перистальтику кишки в реальном времени, оценить динамику процесса, а методы доплеровского сканирования дают возможность определить кровоснабжение кишки.

В исследованиях, посвященных сравнению возможностей УЗИ и МСКТ в диагностике СКН, были получены следующие результаты: диагностическая точность определения места обструкции у больных со спаечной кишечной непроходимостью для УЗИ и МСКТ составляет 90,7 и 75% соответственно, частота выявляемости спаек для УЗИ и МСКТ – 68,3 и 26,8% соответственно [26]. По данным J.J. Kim и соавт. [26], в случае выявления признаков странгуляции МСКТ более информативна в оценке перфузии кишечника с чувствительностью обнаружения ишемии и странгуляции до 96%.

Цель исследования

Выявление и оценка эффективности сонографических признаков ишемии кишечника у пациентов со странгуляционной тонкокишечной непроходимостью (СТКН).

Материал и методы

За период 2017–2019 гг. в НИИ скорой помощи имени Н.В. Склифосовского проходили лечение 115 пациентов с СКН. Женщин было 64 (55,6%), мужчин – 51 (44,4%). Средний возраст составил 62 ± 15 лет. У всех больных диагноз верифицирован интраоперационно.

Число пациентов со странгуляцией в результате спаечной тонкокишечной непроходимости – 96 (83,4%), ущемленной наружной грыжи – 16 (14%), причиной СТКН был заворот тонкой кишки у 3 (2,6%) пациентов. На основании интраоперационных данных о состоянии ущемленной кишки пациенты были разделены на 2 основные группы: 1-я группа – 63 (54,8%) пациента с признаками ишемии ущемленной петли кишки пациенты, 2-я группа – 21 (18,1%) пациент, у которого выявлен некроз кишки. В 3-ю группу (сравнения) был включен 31 (26,7%) пациент со спаечной тонкокишечной непроходимостью без странгуляции кишки.

На основании наших интраоперационных наблюдений к признакам ишемии относили отек, утолщение стенки кишки, синюшно-багровый цвет серозной оболочки вследствие венозного стаза и множественных геморрагий, отек, инфильтра-

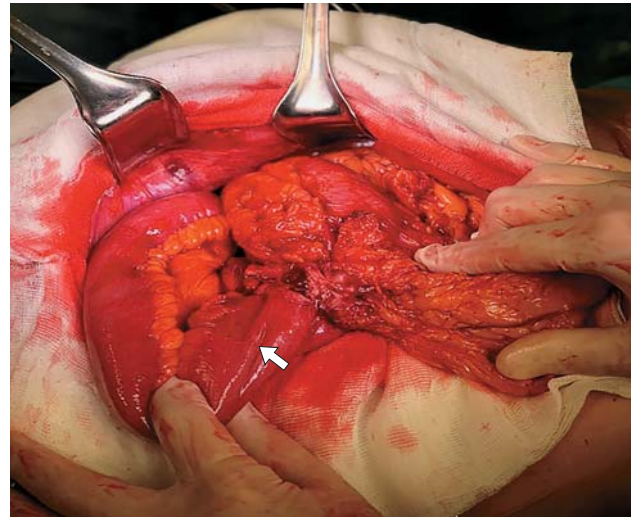


Рис. 1. Ишемия ущемленной кишки (отек, утолщение стенки кишки указано белой стрелкой).

Fig. 1. Strangulated bowel ischemia (edema, thickening of the intestinal wall is indicated by a white arrow).

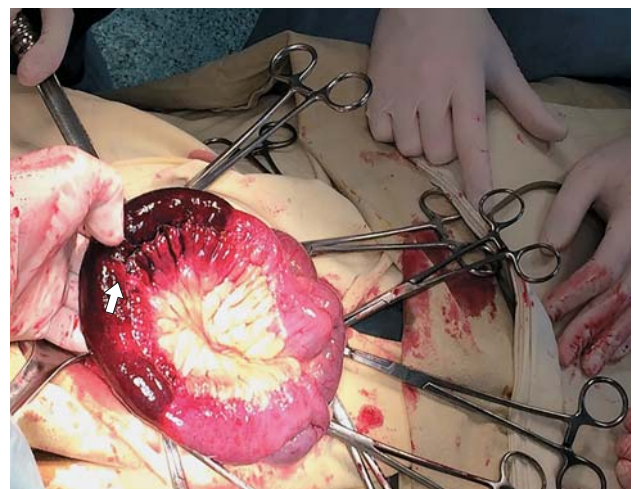
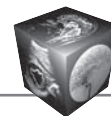


Рис. 2. Некроз ущемленной кишки (темно-багровый цвет серозной оболочки, геморрагическое пропитывание брыжейки указано белой стрелкой).

Fig. 2. Strangulated bowel necrosis (dark purple color of the serous membrane, hemorrhagic impregnation of the mesentery is indicated by a white arrow).

цию брыжейки, наличие странгуляционной борозды на кишке, выпот в брюшной полости (рис. 1). После устранения механического препятствия отсутствие перистальтики кишки и пульсации сосудов брыжейки, темно-багровый, черный цвет серозной оболочки, геморрагическое пропитывание брыжейки указывало на некроз ущемленной кишки (рис. 2).

Распределение групп пациентов по полу и возрасту представлено в табл. 1.

**Таблица 1.** Распределение групп пациентов по полу и возрасту**Table. 1.** Distribution of patient groups by gender and age

Пол, возраст	Группы пациентов		
	1-я группа (ишемия)	2-я группа (некроз)	3-я группа (сравнения)
Всего	63	21	31
Мужской	27 (43%)	7 (33%)	13 (42%)
Женский	36 (57%)	14 (67,1%)	18 (58%)
Средний возраст, годы	59,7 ± 16	73,2 ± 10	58,7 ± 11

Таблица 2. Распределение групп пациентов по давности заболевания**Table. 2.** Distribution of patient groups by disease prescription

Давность заболевания	Группы пациентов		
	1-я группа (ишемия)	2-я группа (некроз)	3-я группа (сравнения)
До 24 ч	37 (58,7%)	14 (66,6%)	21 (67,7%)
Более 24 ч	22 (34,9%)	5 (23,8%)	8 (25,8%)

Таблица 3. Тяжесть состояния пациентов при поступлении в стационар**Table. 3.** The severity of the patients' condition upon admission to the hospital

Тяжесть состояния при поступлении в стационар	Группы пациентов		
	1-я группа (ишемия)	2-я группа (некроз)	3-я группа (сравнения)
Удовлетворительное	4 (6,3%)	1 (4,8%)	–
Средней тяжести	44 (69,8%)	12 (57,1%)	24 (77,4%)
Тяжелое	11 (17,5%)	6 (28,6%)	5 (16,1%)

Из табл. 1 видно, что странгуляционная непроходимость чаще развивается у женщин, чем у мужчин, а средний возраст пациентов в случаях некроза значительно превышает аналогичные показатели при ишемии.

Давность заболевания составила в среднем 30,7 ± 17 ч – от 4 до 172 ч, в 1-й группе – 28 ± 8 ч, во 2-й группе – 49,4 ± 16 (от 4 до 72) ч, в 3-й – 50 ± 36 (от 6 до 172) ч.

Распределение групп пациентов по давности заболевания представлено в табл. 2.

Представленные данные опровергают предположение, что наличие некроза связано в большей степени с давностью заболевания, и по полученным данным больше коррелирует с возрастом пациента.

Распределение групп пациентов по тяжести состояния при поступлении в стационар представлено в табл. 3.

Из приведенных данных видно, что наличие некроза определило более тяжелое состояние пациентов.

Всем пациентам было выполнено УЗИ брюшной полости в первые 2 ч госпитализации в эк-

тренном порядке без предварительной подготовки кишечника, в В-режиме с оценкой кровотока стенки кишки, брыжейки, верхней брыжеечной артерии (ВБА) в режиме ЦДК и PW доплеровского картирования для определения индекса резистентности ВБА. Использовали ультразвуковой аппарат Siemens Acuson Antares и Logiq с конвексным датчиком 3,5 МГц и линейным датчиком 5–7 МГц.

При проведении УЗИ брюшной полости для оценки состояния кишки и ее брыжейки анализировали следующие группы сонографических признаков:

1. Оценка состояния брюшной полости:

- свободная жидкость в брюшной полости (рис. 3);
- наличие спаек в брюшной полости, фиксация, деформация петель кишки, спаечный конгломерат (рис. 4).

2. Оценка состояния кишечника:

- расширение тонкой кишки более 3 см (рис. 5);
- маятникообразная гиперперистальтика;
- депонирование внутрипросветной жидкости (см. рис. 5).



Рис. 3. Свободная жидкость в брюшной полости (свободная жидкость в брюшной полости указана стрелкой, разобщение листков брюшины до 7,6 см указано метками).

Fig. 3. Free peritoneal fluid (free peritoneal fluid indicated by arrow, separation of the peritoneum to 7.6 cm indicated by labels).

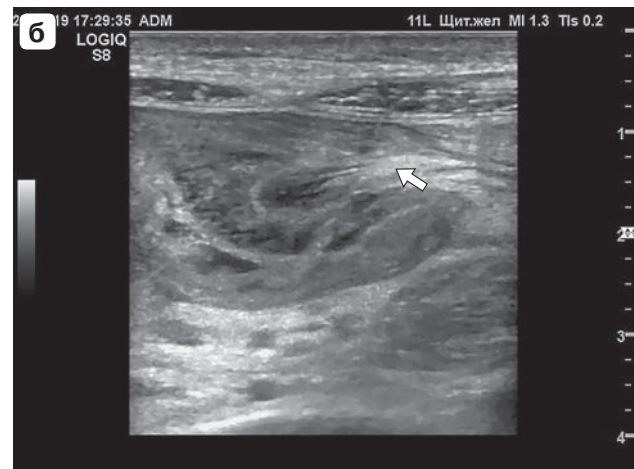
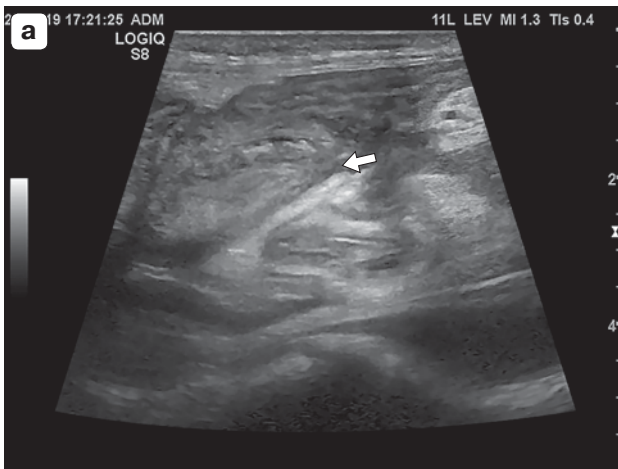
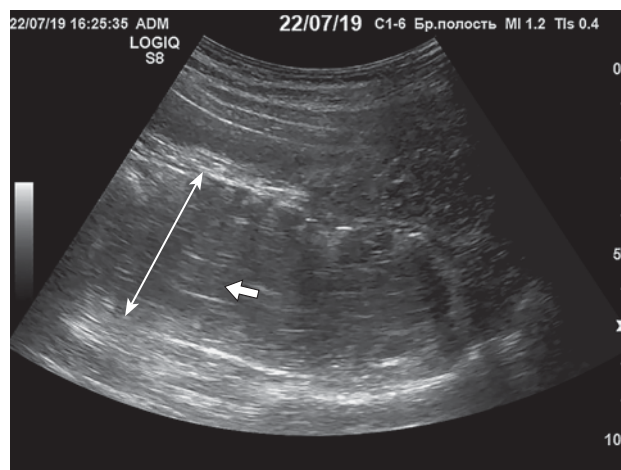


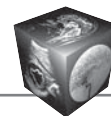
Рис. 4. Деформация петель кишки по типу “птичьего клюва”. **а** – спаечный конгломерат (указан стрелкой); **б** – деформация петель и брыжейки кишки по типу “птичий клюв” (указана стрелкой).

Fig. 4. Bowel loop deformation type “bird's beak”. **a** – adhesive conglomerate (Indicated by arrow); **б** – deformation type “bird's beak” (indicated by arrow).

Рис. 5. Отек и утолщение стенки тонкой кишки (расширение кишки с жидкостным содержимым (стрелка) до 5,0 см (диаметр указан тонкой стрелкой).

Fig. 5. Edema and thickening of the small intestine wall (expansion of the intestine with liquid contents (arrow) to 5.0 cm (diameter – thin arrow).





3. Оценка состояния кишечника и брыжейки в зоне предполагаемого ущемления:

- акинез ущемленной петли;
- парез тонкой кишки;
- толщина кишечной стенки (рис. 6);
- отек стенки кишки (см. рис. 6);
- дилатация сосудов брыжейки (рис 7);

- отсутствие дифференцировки слоев кишечной стенки (рис. 8);
- отсутствие кровотока в стенке кишки в режиме ЦДК (см. рис. 8);
- газовые включения в стенке кишки (рис. 9);
- инфильтративные изменения брыжейки;
- отсутствие кровотока в сосудах брыжейки ущемленной кишки в режиме ЦДК.



Рис. 6. Признаки ишемии кишки: отек и утолщение стенки до 0,8 см, дифференцировка слоев и кровоток в стенке кишки сохранен (стрелка).

Fig. 6. Signs of intestinal ischemia: swelling and thickening of the wall up to 0.8 cm, differentiation of the layers and blood flow in the intestinal wall is preserved (arrow).



Рис. 7. Дилатация сегментарной брыжеечной вены (стрелка), диаметр вены 0,48 см (указан метками).

Fig. 7. Dilation of the segmental mesenteric vein (arrow), the diameter of the vein is 0.48 cm (indicated by labels).

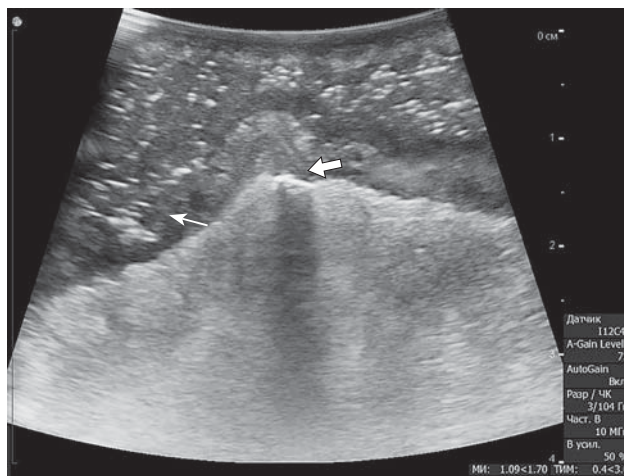


Рис. 9. Признаки некроза кишки: отсутствие дифференцировки слоев кишечной стенки (стрелка), газовые включения в стенке и брыжейке кишки (тонкая стрелка).

Fig. 9. Signs of intestinal necrosis: lack of differentiation of the layers of the intestinal wall (arrow), gas inclusions in the wall and mesentery (thin arrow).

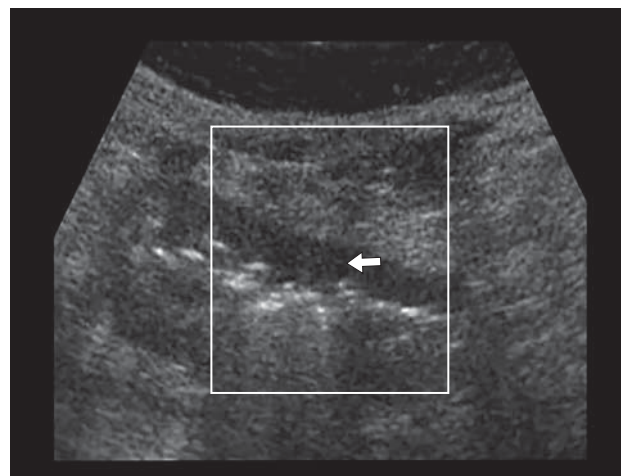
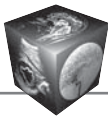


Рис. 8. Признаки некроза кишки: отсутствие дифференцировки слоев кишечной стенки и кровотока в режиме ЦДК (стрелка).

Fig. 8. Signs of intestinal necrosis: lack of differentiation of the layers of the intestinal wall and blood flow in the CDI (arrow).



Результаты

Результаты анализа частоты выявления сонографических признаков по группам представлены в табл. 4.

Наиболее информативными ультразвуковыми признаками ишемии ущемленной кишки петли являются инфильтративные изменения ее брыжейки: во 2-й и 3-й группах выявлены у 9 (14,3%) и 12 (57,1%) пациентов соответственно тяжести ишемии кишки по сравнению с 1 (3,2%) в 1-й группе. Следующие по информативности критерии – утолщение более 0,4 см и отек стенки кишки: во 2-й и 3-й группах 30 (47,6%) и 14 (66,6%), в группе сравнения – 4 (12,9%), акинез ущемленной петли и парез всей тонкой кишки также напрямую коррелируют с ишемией кишки.

Неспецифичный признак в виде свободной жидкости в брюшной полости наблюдается практически у всех пациентов с ОКН, но для СКН характерно ее значительное количество (более 200 мл).

К надежным признакам некроза можно отнести отсутствие дифференцировки слоев кишечной стенки (23,8%), отсутствие кровотока в стенке кишки в режиме ЦДК (19%), газовые включения в стенке кишки (4,3%).

Обсуждение

Полученные данные подтверждают корреляцию появления и нарастания свободной жидкости в брюшной полости с ишемией кишки при СКН, другими достоверными признаками являются расширение, утолщение стенки, акинез ущемленной петли, что также совпадает с данными литературы [5, 11–14, 17, 22].

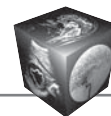
Однако самыми информативными ультразвуковыми признаками ишемии ущемленной кишки петли в нашем исследовании являются инфильтративные изменения ее брыжейки, что также описано А. Hollerweger (2016) [25], в отечественной литературе этот сонографический критерий странгуляции не освещен. К дополнительным признакам, которые ранее не встречались в литературе как ультразвуковые критерии странгуляции, нами отнесены деформация брыжейки и сосудов по типу “птичьего клюва”, а также дилатация сосудов брыжейки ущемленной петли кишки. Ранее эти критерии описаны в зарубежной литературе [23, 24] как МСКТ-признаки СКН.

Объективный признак некроза – отсутствие кровотока в стенке кишки в режиме ЦДК – нами выявлен в 19% (по данным литературы, может достигать 50–90% [14, 22]). Низкий процент выявля-

Таблица 4. Частота выявления сонографических признаков по группам

Table. 4. Frequency of detection of sonographic signs by groups

Сонографический критерий	Группы пациентов		
	1-я группа (ишемия) (N ₁ = 63)	2-я группа (некроз) (N ₂ = 21)	3-я группа (сравнения) (N ₃ = 31)
Свободная жидкость в брюшной полости	55 (87,3%) До 50 мл – 18 До 100 мл – 14 Более – 23	19 (90,5%) До 50 мл – 3 До 100 мл – 3 Более – 13	28 (90,3%) До 50 мл – 8 До 100 мл – 7 Более – 13
Отсутствие перистальтики в ущемленной петле	5 (8%)	4 (19%)	–
Парез тонкой кишки	20 (31,7%)	13 (61,9%)	2 (6,5%)
Маятникообразная гиперперистальтика	38 (60,3%)	8 (38,1%)	26 (83,9%)
Толщина стенки кишки более 0,3 см	30 (47,6%)	14 (66,6%)	4 (12,9%)
Отсутствие дифференцировки слоев кишечной стенки	–	5 (23,8%)	–
Отсутствие кровотока в стенке кишки в режиме ЦДК	–	4 (19%)	–
Инфильтративные изменения брыжейки	9 (14,3%)	12 (57,1%)	1 (3,2%)
Дилатация сосудов брыжейки	3 (4,8%)	–	1 (3,2%)
Расширение петель более 3 см	44 (69,8%)	15 (71,4%)	23 (74,2%)
Газовые включения в стенке кишки	–	3 (4,3%)	–
Спайки, фиксация, деформация петель, конгломерат	21 (33,3%)	9 (42,9%)	11 (35,5%)
Отсутствие кровотока в сосудах брыжейки	–	3 (14,3%)	–
Отек стенки кишки	25 (39,7%)	7 (33,3%)	1 (3,2%)
Депонирование внутрипросветной жидкости	48 (76,2%)	19 (90,5%)	21 (67,7%)



ния этого критерия, вероятно, связан с затруднением визуализации на фоне пневматоза кишечника и инфильтрации прилежащей клетчатки, кроме того, иногда в стенке кишки можно наблюдать сигналы артериального спектра, в то время как венозный застой уже привел к инфаркту кишечника и ситуация может быстро ухудшиться (A. Hollerweger (2016)). Повышение индекса резистентности при импульсной доплерографии ВБА, как описано [5, 9, 11], вероятно, происходит только при поражении более длинных сегментов кишечника, нами было выявлено только у 1 пациента.

Такие сонографические признаки некроза стенки кишки, как отсутствие дифференцировки слоев кишечной стенки, интрамуральные газовые включения, весьма специфичны, но их визуализация трудоемка и значительно затруднена, что объясняет их малую выявляемость при экстренном УЗИ.

Заключение

Оценка комплекса сонографических симптомов позволяет в ранние сроки от момента странгуляции диагностировать наличие ишемических изменений стенки кишки и выполнить хирургическое вмешательство до развития некроза. А в случаях позднего поступления пациента в стационар, с наступившим некрозом кишки и связанной с этим стертой клинической картиной УЗИ позволяет установить показания к операции до развития перитонита.

Участие авторов

Шаврина Н.В. – проведение исследования, написание текста, сбор и обработка данных, статистическая обработка данных, написание текста, подготовка и редактирование текста, участие в научном дизайне, подготовка, создание опубликованной работы.

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

Лебедев А.Г. – анализ и интерпретация полученных данных, участие в научном дизайне.

Левитский В.Д. – анализ и интерпретация полученных данных, участие в научном дизайне.

Драйер М.Н. – анализ и интерпретация полученных данных.

Цулеискири Б.Т. – анализ и интерпретация полученных данных.

Хамидова Л.Т. – концепция и дизайн исследования, ответственность за целостность всех частей статьи, утверждение окончательного варианта статьи.

Антонян С.Ж. – анализ и интерпретация полученных данных.

Authors' participation

Shavrina N.V. – conducting research, collection and analysis of data, statistical analysis, writing text, text preparation and editing, participation in scientific design, preparation and creation of the published work.

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

Lebedev A.G. – analysis and interpretation of the obtained data, participation in scientific design.

Levitsky V.D. – analysis and interpretation of the obtained data participation in scientific design.

Drayer M.N. – analysis and interpretation of the obtained data.

Tsuleiskiri B.T. – analysis and interpretation of the obtained data.

Khamidova L.T. – concept and design of the study, responsibility for the integrity of all parts of the article, approval of the final version of the article.

Antonyan S.Zh. – analysis and interpretation of the obtained data.

Список литературы

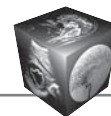
1. Сажин А.В., Тягунов А.Е., Ларичев С.Е., Лебедев И.С., Махуова Г.Б., Марченко И.П., Полушкин В.Г., Тягунов А.А., Сажин И.В., Нечай Т.В., Ивахов Г.Б., Титкова С.М., Ануров М.В., Гасанов М.М., Колыгин А.В., Мирзоян А.Т., Глаголев Н.С., Курашинова Л.С. Выбор срока оперативного лечения при острой спаечной тонкокишечной непроходимости. *Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова*. 2018; 3: 24–30.
2. Легостаева Т.Б., Кириллова Н.Ю. Ультразвуковая диагностика острой тонкокишечной непроходимости. *Радиология–практика*. 2002; 2: 17–21.
3. Millet I., Taourel P., Ruyer A., Molinari N. Value of CT findings to predict surgical ischemia in small bowel obstruction: a systematic review and meta-analysis. *Eur. Radiol.* 2015; 25 (6): 1823–1835. <https://doi.org/10.1007/s00330-014-3440-2>
4. Шаповальянц С.Г., Ларичев С.Е., Житарева И.В., Бабкова И.В., Сафаров А.Н. Современная диагностика странгуляционной формы острой спаечной тонкокишечной непроходимости. *Вестник Российского государственного медицинского университета*. 2013; 1: 23–27.
5. Манафов С.С., Герайзаде Р.Б. Возможности ультразвукового исследования в диагностике острой кишечной непроходимости. *Вестник рентгенологии и радиологии*. 2012; 6: 48–52.
6. Тараканов В.А., Старченко В.М., Надгериев В.М., Чулков О.Э., Исаев Х.У. Диагностика и лечение спаечной кишечной непроходимости у детей. Неотложная хирургия органов брюшной полости (острый аппендицит и непроходимость кишечника): Материалы науч.-практ. конф. Краснодар, 1994; 101–104.
7. Береснева Э.А. Возможности и значение обзорного рентгенологического исследования при клинической картине “острый живот”. *Медицинская визуализация*. 2004; 3: 6–37.



8. Cho K.C., Hoffman-Tretin J.C., Alterman D.D. Closed-loop obstruction of the small bowel: CT and sonographic appearance. *J. Comput. Assist. Tomogr.* 1989; 13 (2): 256–258. <https://doi.org/10.1097/00004728-198903000-00013>
9. Ogata M., Imai S., Hosotani R., Aoyama H., Hayashi M., Ishikawa T. Abdominal ultrasonography for the diagnosis of strangulation in small bowel obstruction. *Br. J. Surg.* 1994; 81 (3): 421–424. <https://doi.org/10.1002/bjs.1800810333>
10. Cozza S., Ferrari F.S., Stefani P., Saporetti N., Fagioli A., Lenucci U., Isolani G. Ileal occlusion with strangulation: importance of ultrasonography findings of the dilated loop with intraluminal fluid-fluid resulting from sedimentation. *Radiol. Med.* 1996; 92 (4): 394–397. (Article in Italian)
11. Okada T., Yoshida H., Iwai J., Matsunaga T., Ohtsuka Y., Kouchi K., Tanabe M., Ohnuma N. Pulsed Doppler sonography for the diagnosis of strangulation in small bowel obstruction. *J. Pediatr. Surg.* 2001; 36 (3): 430–435. <https://doi.org/10.1053/jpsu.2001.21602>
12. Marinček B., Dondelinger R.F. Emergency radiology: Imaging and intervention. Berlin: Springer-Verlag, 2007. 650 p.
13. Легостаева Т.Б., Кириллова Н.Ю. Возможности сонографии в дифференциальной диагностике странгуляционной и обтурационной форм спаечной тонкокишечной непроходимости. *Вестник рентгенологии и радиологии.* 2001; 1: 37–42.
14. Кириллова Н.Ю. Ультразвуковая диагностика острой кишечной непроходимости: Дис. канд. мед. наук. М., 2002. 128 с.
15. Schmidt G. Ultrasound. Stuttgart; New York: Georg Thieme Verlag, 2007. 484 p.
16. Czechowski J. Conventional radiography and ultrasonography in the diagnosis of small bowel obstruction and strangulation. *Acta Radiol.* 1996; 37 (2): 186–189. <https://doi.org/10.1177/02841851960371p138>
17. Grassi R., Romano S., D'Amario F., Giorgio Rossi A., Romano L., Pinto F., Di Mizio R. The relevance of free fluid between intestinal loops detected by sonography in the clinical assessment of small bowel obstruction in adults. *Eur. J. Radiol.* 2004; 50 (1): 5–14. <https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2003.11.009>
18. Ультразвуковая диагностика в абдоминальной и сосудистой хирургии. Под ред. Г.И. Кунцевич. М.: Кавалер Пабlishерс, 1999. 252 с.
19. Бабкова И.В., Ларичев С.Е., Мишукова Л.Б. Ультразвуковая диагностика нарушений внутристеночного кровотока при острой тонкокишечной непроходимости с помощью доплерографии. *Медицинская визуализация.* 2002; 3: 5–9.
20. Balthazar E.J., Birnbaum B.A., Megibow A.J., Rachael R.G., Whelan C.J. Closed-loop and strangulating intestinal obstruction: CT signs. *Radiology.* 1992; 185 (3): 769–775. <https://doi.org/10.1148/radiology.185.3.1438761>
21. Barbiera F., Ciraulo R., Cusmà S., Pardo S., Lo Casto A. Closed loop intestinal obstruction: role of computerized tomography. *Radiol. Med.* 1999; 97 (1–2): 54–59.
22. Завадовская В.Д., Завьялова Н.Г., Осина И.И., Чернышова Г.Е., Окунева Л.И., Березина Т.Е. Ультразвуковая диагностика кишечной непроходимости. *Медицинская визуализация.* 2005; 4: 76–83.
23. Namada T., Yamauchi M., Tanaka M., Hashimoto Y., Nakai K., Suenaga K. Prospective evaluation of contrast-enhanced ultrasonography with advanced dynamic flow for the diagnosis of intestinal ischemia. *Br. J. Radiol.* 2007; 80 (956): 603–608. <https://doi.org/10.1259/bjr/59793102>
24. Hayakawa K., Tanikake M., Yoshida S., Yamamoto A., Yamamoto E., Morimoto T. CT findings of small bowel strangulation: the importance of contrast enhancement. *Emerg. Radiol.* 2013; 20 (1): 3–9. <https://doi.org/10.1007/s10140-012-1070-z>
25. Hollerweger A., Rieger S., Mayr N., Mittermair C., Schaffler G. Strangulating Closed-Loop Obstruction: Sonographic Signs. *Ultraschall. Med.* 2016; 37 (3): 271–276. <https://doi.org/10.1055/s-0034-1398988>
26. Kim J.J., Lim J.K., Kim G.Ch., Ryeom H.K., Lee H.J. Usefulness of US in adhesive small-bowel obstruction: Comparison with CT. 12th World congress of the World Federation for ultrasound in Medicine and Biology, Sydney, Australia, August 30–September 3, 2009. *Ultrasound Med. Biol.* 2009; 35 (8): 163–164. <https://doi.org/10.1016/j.ultrasmedbio.2009.06.622>

References

1. Sazhin A.V., Tjagunov A.E., Larichev S.E., Lebedev I.S., Mahuova G.B., Marchenko I.P., Polushkin V.G., Tjagunov A.A., Sazhin I.V., Nechaj T.V., Ivahov G.B., Titkova S.M., Anurov M.V., Gasanov M.M., Kolygin A.V., Mirzozan A.T., Glagolev N.S., Kurashinova L.S. The choice of the duration of surgical treatment for acute commissural small bowel obstruction. *Pirogov Russian Journal of Surgery = Khirurgiya. Zhurnal imeni N.I. Pirogova.* 2018; 3: 24–30. (In Russian)
2. Legostayeva T.B., Kirillova N.YU. Ultrasound diagnosis of acute small bowel obstruction. *Radiology–Practice.* 2002; 2: 17–21. (In Russian)
3. Millet I., Taourel P., Ruyer A., Molinari N. Value of CT findings to predict surgical ischemia in small bowel obstruction: a systematic review and meta-analysis. *Eur. Radiol.* 2015; 25 (6): 1823–1835. <https://doi.org/10.1007/s00330-014-3440-2>
4. Shapoval'yants S.G., Larichev S.Ye., Zhitareva I.V., Babkova I.V., Safarov A.N. Modern diagnostics of the strangulation form of acute commissural small bowel obstruction. *Bulletin of Russian State Medical University = Bulletin of RSMU.* 2013; 1: 23–27. (In Russian)
5. Manafov S.S., Gerayzade R.B. The possibilities of ultrasound in the diagnosis of acute intestinal obstruction. *Vestnik rentgenologii i radiologii.* 2012; 6: 48–52. (In Russian)
6. Tarakanov V.A., Starchenko V.M., Nadgeriyev V.M., Chulkov O.E., Isayev Kh.U. Diagnosis and treatment of adhesive intestinal obstruction in children. Emergency surgery of abdominal organs (acute appendicitis and bowel obstruction): Materials scientific. conf. Krasnodar, 1994; 101–104. (In Russian)
7. Beresneva E.A. Possibilities and significance of a panoramic X-ray examination in the clinical picture “acute abdomen”. *Medical Visualization = Meditsinskaya vizualizatsiya.* 2004; 3: 6–37. (In Russian)
8. Cho K.C., Hoffman-Tretin J.C., Alterman D.D. Closed-loop obstruction of the small bowel: CT and sonographic appearance. *J. Comput. Assist. Tomogr.* 1989; 13 (2): 256–258. <https://doi.org/10.1097/00004728-198903000-00013>



9. Ogata M., Imai S., Hosotani R., Aoyama H., Hayashi M., Ishikawa T. Abdominal ultrasonography for the diagnosis of strangulation in small bowel obstruction. *Br. J. Surg.* 1994; 81 (3): 421–424. <https://doi.org/10.1002/bjs.1800810333>
10. Cozza S., Ferrari F.S., Stefani P., Saporetto N., Fagioli A., Lenucci U., Isolani G. Ileal occlusion with strangulation: importance of ultrasonography findings of the dilated loop with intraluminal fluid-fluid resulting from sedimentation. *Radiol. Med.* 1996; 92 (4): 394–397. (Article in Italian)
11. Okada T., Yoshida H., Iwai J., Matsunaga T., Ohtsuka Y., Kouchi K., Tanabe M., Ohnuma N. Pulsed Doppler sonography for the diagnosis of strangulation in small bowel obstruction. *J. Pediatr. Surg.* 2001; 36 (3): 430–435. <https://doi.org/10.1053/jpsu.2001.21602>
12. Marinček B., Dondelinger R.F. Emergency radiology: Imaging and intervention. Berlin: Springer-Verlag, 2007. 650 p.
13. Legostayeva T.B., Kirillova N.YU. Possibilities of sonography in the differential diagnosis of strangulation and obstructive forms of adhesive small bowel obstruction. *Journal of radiology and nuclear medicine.* 2001; 1: 37–42. (In Russian)
14. Kirillova N.Yu. Ultrasound diagnosis of acute intestinal obstruction: Dis. ... cand. of med. sci. M., 2002. 128 p. (In Russian)
15. Schmidt G. Ultrasound. Stuttgart; New York: Georg Thieme Verlag, 2007. 484 p.
16. Czechowski J. Conventional radiography and ultrasonography in the diagnosis of small bowel obstruction and strangulation. *Acta Radiol.* 1996; 37 (2): 186–189. <https://doi.org/10.1177/02841851960371p138>
17. Grassi R., Romano S., D'Amario F., Giorgio Rossi A., Romano L., Pinto F., Di Mizio R. The relevance of free fluid between intestinal loops detected by sonography in the clinical assessment of small bowel obstruction in adults. *Eur. J. Radiol.* 2004; 50 (1): 5–14. <https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2003.11.009>
18. Ultrasound diagnosis in abdominal and vascular surgery. Ed. G.I. Kuntsevich. M.: Cavalier Publishers, 1999. 252 p. (In Russian)
19. Babkova I.V., Larichev S.Ye., Mishukova L.B. Ultrasound diagnosis of intraventricular blood flow disorders in acute small bowel obstruction using dopplerography. *Medical Visualization = Meditsinskaya vizualizatsiya.* 2002; 3: 5–9. (In Russian)
20. Balthazar E.J., Birnbaum B.A., Megibow A.J. Rachael R.G., Whelan C.J. Closed-loop and strangulating intestinal obstruction: CT signs. *Radiology.* 1992; 185 (3): 769–775. <https://doi.org/10.1148/radiology.185.3.1438761>
21. Barbiera F., Ciraulo R., Cusmà S., Pardo S., Lo Casto A. Closed loop intestinal obstruction: role of computerized tomography. *Radiol. Med.* 1999; 97 (1–2): 54–59.
22. Zavadovskaya V.D., Zavjalova N.G., Osina I.I., Chernyshova G.E., Okuneva L.I., Berezina I.E. Ultrasonic Diagnostics of an Ileus. *Medical Visualization = Meditsinskaya vizualizatsiya.* 2005; 4: 76–83. (In Russian)
23. Hamada T., Yamauchi M., Tanaka M., Hashimoto Y., Nakai K., Suenaga K. Prospective evaluation of contrast-enhanced ultrasonography with advanced dynamic flow for the diagnosis of intestinal ischemia. *Br. J. Radiol.* 2007; 80 (956): 603–608. <https://doi.org/10.1259/bjr/59793102>
24. Hayakawa K., Tanikake M., Yoshida S., Yamamoto A., Yamamoto E., Morimoto T. CT findings of small bowel strangulation: the importance of contrast enhancement. *Emerg. Radiol.* 2013; 20 (1): 3–9. <https://doi.org/10.1007/s10140-012-1070-z>
25. Hollerweger A., Rieger S., Mayr N., Mittermair C., Schaffler G. Strangulating Closed-Loop Obstruction: Sonographic Signs. *Ultraschall. Med.* 2016; 37 (3): 271–276. <https://doi.org/10.1055/s-0034-1398988>
26. Kim J.J., Lim J.K., Kim G.Ch., Ryeom H.K., Lee H.J. Usefulness of US in adhesive small-bowel obstruction: Comparison with CT. 12th World congress of the World Federation for ultrasound in Medicine and Biology, Sydney, Australia, August 30-September 3, 2009. *Ultrasound Med. Biol.* 2009; 35 (8): 163–164. <https://doi.org/10.1016/j.ultrasmedbio.2009.06.622>

Для корреспонденции*: Шаврина Наталья Викторовна – 129090 Москва, Бол. Сухаревская пл., д. 3 стр. 21. НИИ скорой помощи имени Н.В. Склифосовского ДЗ города Москвы. Тел.: +7-916-921-88-33. E-mail: teruzi@mail.ru

Шаврина Наталья Викторовна – научный сотрудник отдела неотложной хирургии, эндоскопии и интенсивной терапии, врач ультразвуковой диагностики ГБУЗ г. Москвы “НИИ скорой помощи имени Н.В. Склифосовского ДЗ города Москвы”, Москва. <https://orcid.org/0000-0002-3766-4674>

Ярцев Петр Андреевич – доктор мед. наук, руководитель научного отдела неотложной хирургии, эндоскопии и интенсивной терапии ГБУЗ г. Москвы “НИИ скорой помощи имени Н.В. Склифосовского ДЗ города Москвы”; профессор кафедры неотложной хирургии ФГБОУ ДПО Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования Минздрава России, Москва.

Лебедев Александр Георгиевич – доктор мед. наук, главный научный сотрудник научного отдела неотложной хирургии, эндоскопии и интенсивной терапии ГБУЗ г. Москвы “НИИ скорой помощи имени Н.В. Склифосовского ДЗ города Москвы”, Москва.

Левитский Владислав Дмитриевич – канд. мед. наук, ведущий научный сотрудник научного отдела неотложной хирургии, эндоскопии и интенсивной терапии ГБУЗ г. Москвы “НИИ скорой помощи имени Н.В. Склифосовского ДЗ города Москвы”, Москва.

Драйер Мария Ненадовна – канд. мед. наук, младший научный сотрудник научного отдела неотложной хирургии, эндоскопии и интенсивной терапии ГБУЗ г. Москвы “НИИ скорой помощи имени Н.В. Склифосовского ДЗ города Москвы”, Москва.

Цулеискири Бакур Темурович – канд. мед. наук, старший научный сотрудник научного отдела неотложной хирургии, эндоскопии и интенсивной терапии ГБУЗ г. Москвы “НИИ скорой помощи имени Н.В. Склифосовского ДЗ города Москвы”, Москва.

Хамидова Лайла Тимарбековна – канд. мед. наук, руководитель отделения ультразвуковой и функциональной диагностики ГБУЗ г. Москвы “НИИ скорой помощи имени Н.В. Склифосовского ДЗ города Москвы”, Москва.

Антонян Севак Жораевич – научный сотрудник отдела неотложной хирургии, эндоскопии и интенсивной терапии ГБУЗ г. Москвы “НИИ скорой помощи имени Н.В. Склифосовского ДЗ города Москвы”, Москва.



Contact*: Natalya V. Shavrina – 3/21, Bol. Sukharevskaya square, Moscow, 129090, Russian Federation. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine. Phone: +7-916-921-88-33. E-mail: teruzi@mail.ru

Natalya V. Shavrina – Researcher, Department of Emergency Surgery, Endoscopy and Intensive Care, Ultrasound Diagnostic Doctor of Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine of Health Department of Moscow, Russia. <https://orcid.org/0000-0002-3766-4674>

Petr A. Yartsev – Doct. of Sci. (Med.), Head of the Scientific Department of Emergency Surgery, Endoscopy and Intensive Care of Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine of Health Department of Moscow; Professor, Department of Emergency Surgery Federal State budgetary Educational Institution of Further Professional Education “Russian Medical Academy of Continuous Professional Education” of the Ministry of Healthcare of Russian Federation, Moscow, Russia.

Alexander G. Lebedev – Doct. of Sci. (Med.), Chief Researcher at the Scientific Department of Emergency Surgery, Endoscopy and Intensive Care of Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine of Health Department of Moscow, Russia.

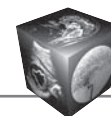
Vladislav D. Levitsky – Cand. of Sci. (Med.), Leading Researcher at the Scientific Department of Emergency Surgery, Endoscopy and Intensive Care of Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine of Health Department of Moscow, Russia.

Maria N. Drayer – Cand. of Sci. (Med.), Junior Researcher, Scientific Department of Emergency Surgery, Endoscopy and Intensive Care of Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine of Health Department of Moscow, Russia.

Bakur T. Tsuleiskiri – Cand. of Sci. (Med.), Research Associate in the Scientific Department of Emergency Surgery, Endoscopy and Intensive Care of Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine of Health Department of Moscow, Russia.

Layla T. Khamidova – Cand. of Sci. (Med.), Head of the Scientific Department of ultrasound and functional diagnostics of Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine of Health Department of Moscow, Russia.

Sevak Zh. Antonyan – Researcher, Department of Emergency Surgery, Endoscopy and Intensive Care of Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine of Health Department of Moscow, Russia.



Брюшная полость | Abdomen

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

<https://doi.org/10.24835/1607-0763-1030>

Синхронное опухолевое поражение поджелудочной железы

© Романова К.А. *, Лукьянченко А.Б., Медведева Б.М., Поляков А.Н.

ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр онкологии имени Н.Н. Блохина» Минздрава России; 115478 Москва, Каширское шоссе, д. 23, Российская Федерация

Представлено редкое клиническое наблюдение пациентки 66 лет с наличием синхронных опухолевых процессов в поджелудочной железе: внутрисекреторной папиллярной муцинозной опухоли и нейроэндокринной опухоли. Типичность КТ/МРТ-отображения каждой из них по отдельности не представляла особых сложностей в дооперационной диагностике, но их одновременное проявление может затруднять оценку характера изменений. Произведенная пункция с последующей операцией и морфологическим исследованием позволили подтвердить синхронное опухолевое поражение поджелудочной железы.

Ключевые слова: поджелудочная железа, муцинозная опухоль, нейроэндокринная опухоль, КТ, МРТ**Авторы подтверждают отсутствие конфликтов интересов.****Для цитирования:** Романова К.А., Лукьянченко А.Б., Медведева Б.М., Поляков А.Н. Синхронное опухолевое поражение поджелудочной железы. *Медицинская визуализация*. 2021; 25 (3): 43–49.<https://doi.org/10.24835/1607-0763-1030>**Поступила в редакцию:** 12.05.2021. **Принята к печати:** 19.07.2021. **Опубликована online:** 15.09.2021.

Concomitant intraductal papillary mucinous neoplasm (IPMN) and neuroendocrine tumor (NET) of pancreas

© Ksenia A. Romanova *, Alexander B. Lukianchenko, Bela M. Medvedeva, Aleksander N. Polyakov

N.N. Blokhin National Medical Research Center of oncology; Kashirskoe shosse, 23, 115478 Moscow, Russian Federation

We present a rare clinical case of a 66-year-old woman who had two different synchronous tumors of pancreas: intraductal papillary mucinous neoplasm (IPMN) and neuroendocrine cancer. The preoperative CT/MRI diagnosis was not too difficult, because of the typical presentations, but the combination of features was very unusual. A morphological examination after surgical operation followed by fine-needle biopsy confirmed the preoperative diagnosis of combined the two different tumors.

Keywords: pancreas, mucinous tumor, intraductal papillary mucinous neoplasm, IPMN, neuroendocrine tumor, NET, CT, MRI**Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interest. The study had no sponsorship.**For citation:** Romanova K.A., Lukianchenko A.B., Medvedeva B.M., Polyakov A.N. Concomitant intraductal papillary mucinous neoplasm (IPMN) and neuroendocrine tumor (NET) of pancreas. *Medical Visualization*. 2021; 25 (3): 43–49. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-1030>**Received:** 12.05.2021.**Accepted for publication:** 19.07.2021.**Published online:** 15.09.2021.



Цель сообщения: продемонстрировать редкое наблюдение синхронного развития двух совершенно различных опухолевых процессов в поджелудочной железе (ПЖ).

Общеизвестно, что все новообразования ПЖ в зависимости от их морфологии делятся на доброкачественные и злокачественные, которые в свою очередь могут быть подразделены на солидные и кистозные в зависимости от их проявления при диагностических исследованиях [1].

К солидным опухолевым процессам относят: разновидности протокового рака, в первую очередь, протоковую аденокарциному, нейроэндокринные опухоли, солидные псевдопапиллярные опухоли и ряд других более редких опухолей. Но следует упомянуть, что практически все из них могут подвергаться кистозной перестройке.

К кистозным опухолевым процессам относят: 1) доброкачественные, в частности серозные цистаденомы; 2) предзлокачественные, в частности внутрипротоковые папиллярные муцинозные опухоли и муцинозные кистозные опухоли; 3) истинно злокачественные, в частности цистаденокарциномы. Кистозные опухолевые образования ПЖ отличаются не только внешними и гистологическими проявлениями, но и клиническими признаками, биологическим поведением, характером роста и потенциалом озлокачествления [2, 3].

Внутрипротоковые папиллярные муцинозные опухоли (ВПМО) относятся к эпителиальным предзлокачественным поражениям ПЖ и характеризуются внутрипротоковыми папиллярными разрастаниями с обильной секрецией муцина, приводящей к кистозному расширению главного и/или боковых панкреатических протоков. Биологический характер данных опухолей может быть различным – от неинвазивных образований с разной степенью эпителиальной дисплазии до инвазивных аденокарцином [1, 4, 5]. Различная степень атипии часто обнаруживается в пределах одной и той же опухоли, что отражает современные представления о постепенной прогрессии данного патологического процесса от доброкачественной ВПМО до инвазивного рака [6, 7].

В соответствии с исходной локализацией и степенью распространенности ВПМО подразделяются на 3 типа: опухоли главного панкреатического протока (ГПП), опухоли бокового протока и опухолевые поражения смешанного типа [8–10]. При этом различают 4 варианта расширения протоков железы:

- диффузное расширение ГПП;
- сегментарное расширение ГПП;
- расширение бокового протока (обычно в головке или крючковидном отростке);

– множественные кисты (>5 мм), сообщающиеся с ГПП.

Преимущественная локализация ВПМО – головка ПЖ (50%), хвост (7%) и крючковидный отросток (4%) [10–12].

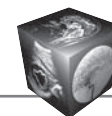
МРТ в диагностике ВПМО в настоящее время по праву считается методом выбора [1, 4–12]. Тип и локализацию ВПМО определяют их МРТ-проявления. Неинвазивные опухоли вовлекают либо главный, либо боковой панкреатический протоки, вызывая их расширение, что является надежным диагностическим признаком и отображается гиперинтенсивностью выявленных формирований в Т2 и их гипоинтенсивностью в Т1.

Однако и при УЗИ, и при КТ также можно выявить единичные или множественные кистозные формирования в ПЖ либо диффузное или сегментарное расширение ГПП с наличием полиповидных образований (или без них), изредка с наличием кальцинатов. Значительное расширение протока при нормальной или утолщенной паренхиме может указывать на злокачественность процесса, что подкрепляется выявлением папиллярной пролиферации. Наличие кистозной эктазии в боковых протоках вместе с выбухающим сосочком облегчает диагноз диффузных форм опухолевого процесса [9, 13].

Нейроэндокринные опухоли ПЖ (НЭО) подразделяются на функционирующие и нефункционирующие. Среди вновь выявленных НЭО ПЖ преобладают нефункционирующие опухоли (до 60–80%), а среди функционирующих опухолей наиболее частыми считаются инсулиномы (32%) и гастриномы (9%) [14, 15]. Биологическая активность НЭО значительно варьирует – от доброкачественных к высокозлокачественным.

Как известно, степень и особенности контрастирования НЭО при РКТ/МРТ определяются их размерами и внутренней структурой, в типичных случаях опухоли малых размеров (1–2 см) уже в артериальную фазу обычно контрастируются целиком и гомогенно (вследствие их богатой капиллярной сети), более крупные – негомогенно. При МРТ во время портальной (венозной) фазы эти опухоли могут быть гипер-, изо- или гипоинтенсивны относительно нормальной паренхимы ПЖ. Некоторые опухоли отличаются атипичным отсроченным усилением, лучше определяемым в портальную фазу [16, 17].

В современной литературе нам удалось найти лишь несколько обзорных статей с описаниями единичных наблюдений одновременного развития двух упомянутых выше опухолевых процессов в ПЖ [18, 19], из которых особого внимания заслуживает аналитический обзор 16 соответствующих



случаев японских авторов М. Ishida и соавт., 2013 [18]. Согласно данному обзору, такое сочетание опухолей наблюдалось в основном у женщин 40–76 лет (в среднем около 63 лет) при соотношении мужчины/женщины 5 : 11. Основными клиническими жалобами были абдоминальные или поясничные боли (у 8 пациентов, у 2 из них – в сочетании с желтухой) либо потеря массы тела (у 3 пациентов). В 5 случаях клинические жалобы отсутствовали. Размеры выявленных НЭО были невелики (3–30 мм), в среднем около 15 мм. Предоперационный диагноз у данных 16 больных с сочетанным опухолевым поражением ПЖ был различным: только у 6 из них обнаружен синхронный опухолевый процесс, у 7 – были выявлены только ВПМО, у остальных 3 – только НЭО. Заключительный диагноз синхронного опухолевого процесса в ПЖ у 10 последних пациентов установлен только в послеоперационном периоде на основании морфологического исследования удаленных макропрепаратов. Таким образом, корректная диагностика особенностей опухолевого поражения ПЖ в предоперационном периоде не всегда возможна.

Мы наблюдали пациентку К., 66 лет, которая предъявляла жалобы на боли в эпигастрии и левом подреберье в течение 5 мес, кроме того, отметила появление слабоформленного стула и похудание на 4–5 кг за последний месяц. Самостоятельно заподозрила наличие объемного образования в эпигастриальной области.

При обследовании по месту жительства с помощью УЗИ и КТ с внутривенным контрастированием был выявлен “поликистоз” ПЖ с подозрением на наличие кистозной опухоли в ее головке. Произведена пункционная биопсия, результаты которой позволяли заподозрить “рак поджелудочной железы”. Направлена для консультации и лечения в НМИЦ онкологии имени Н.И. Блохина.

При поступлении: живот мягкий, безболезненный, патологических объемных образований в брюшной полости достоверно не пальпировалось, перитонеальные симптомы отсутствовали.

Результаты общего и биохимического анализов крови: без особенностей. Уровень опухолевых маркеров был не повышен: РЭА 2,3 нг/мл (N 0–5 нг/мл), СА19-9 5,61 ед/мл (N 0–37 ед/мл), хромогранин А 86 нг/мл (N 0–108 нг/мл), серотонин 159 нг/мл (N 0–200 нг/мл).

При МРТ (от 16.05.2019): диффузная (тотальная) перестройка всей паренхимы ПЖ (что придавало ей ячеистый вид) за счет множественных разновеликих кист (от 5 до 20 мм), среди которых деформированный главный панкреатический проток отчетливо не дифференцировался. На этом фоне в крючковидном отростке определялся округлый мягкотканый узел (размерами около 3 × 3,5 см в поперечнике) с довольно четкими и ровными контурами. Структура узла: однородно гипо-

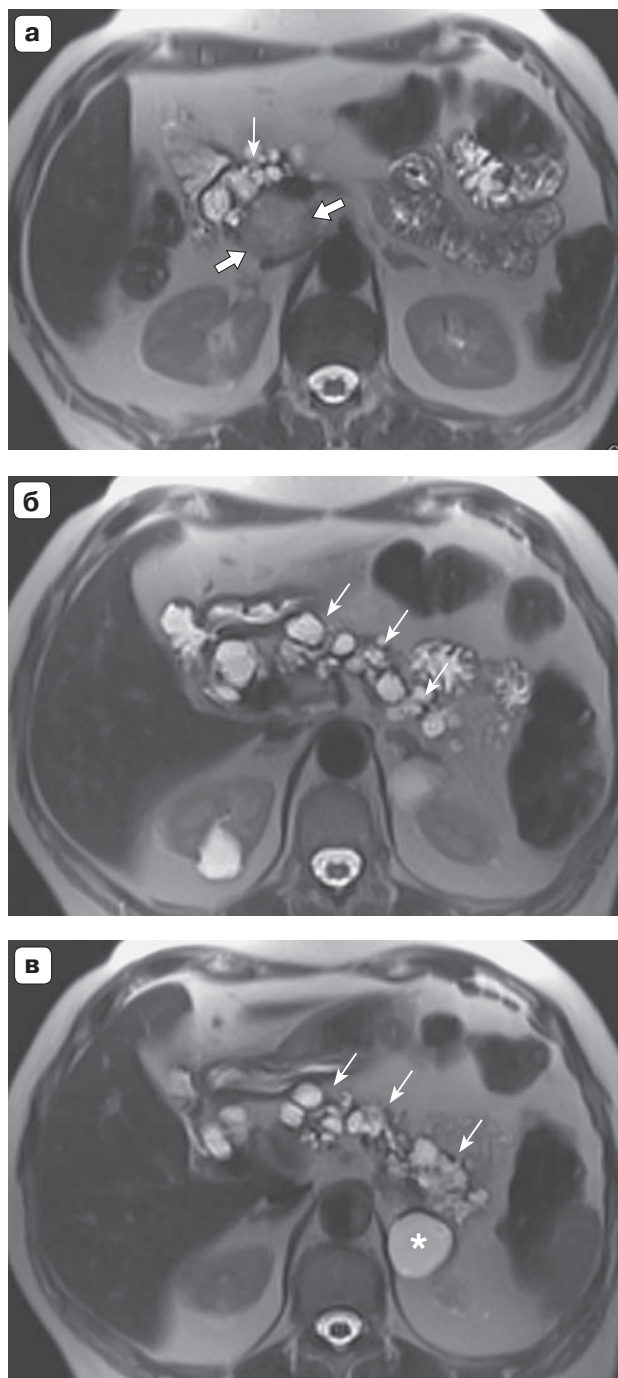


Рис. 1. Аксиальные МР-томограммы брюшной полости больной К., 66 лет.

а–в – T2-томограммы на различных уровнях. Диффузная (тотальная) перестройка всей паренхимы ПЖ (что придает ей ячеистый вид) за счет множественных, разновеликих кист (от 5 до 20 мм), среди которых деформированный главный панкреатический проток практически не дифференцируется. На этом фоне в крючковидном отростке определяется округлый мягкотканый узел (размерами около 3 × 3,5 см в поперечнике) с довольно четкими и ровными контурами с однородной, несколько повышенной интенсивности (в T2) внутренней структурой (стрелки). Звездочкой помечена киста в почке.

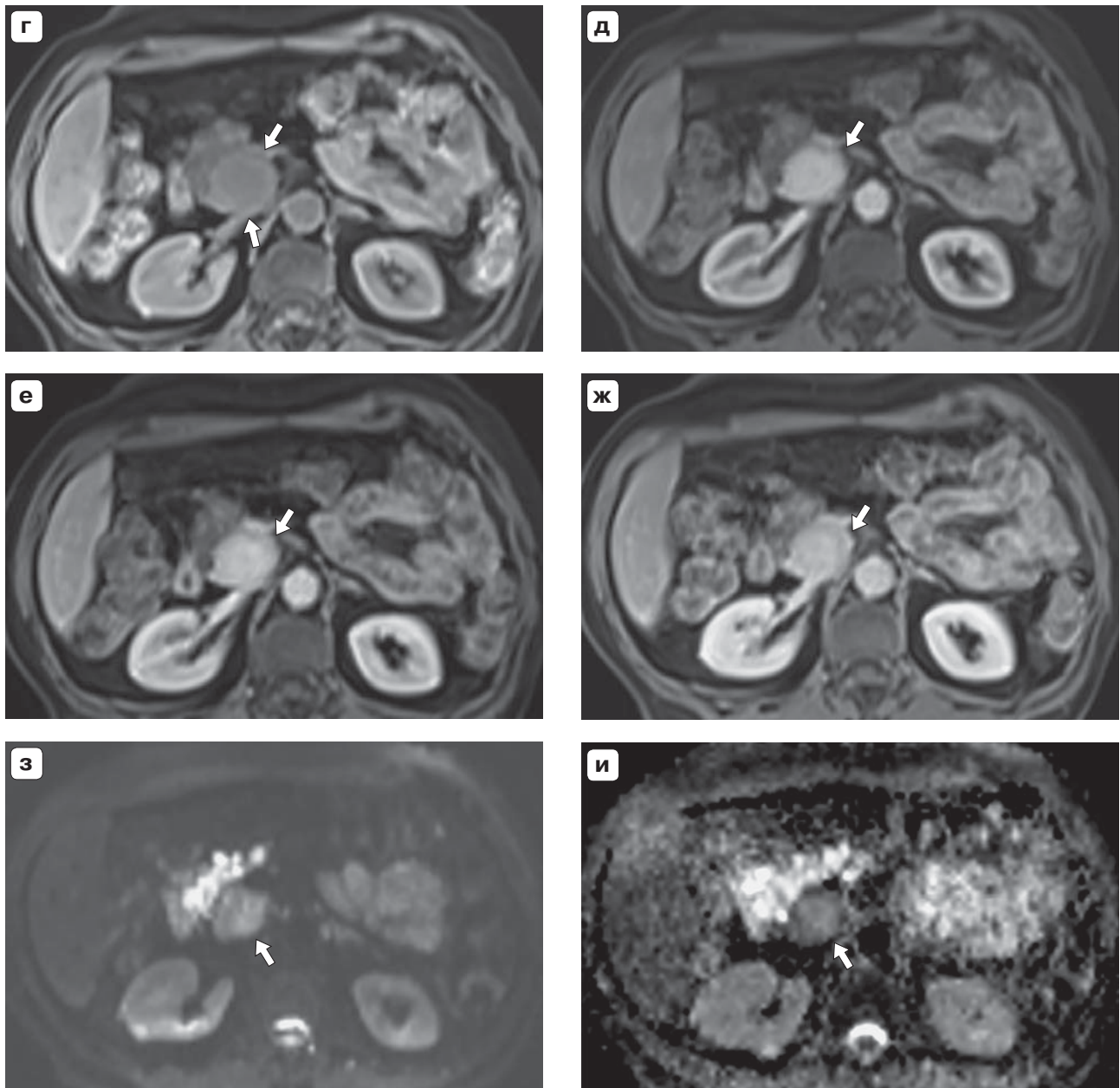
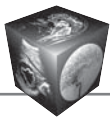


Рис. 1 (окончание).

г–ж – T1-томограммы: **г** – нативная фаза: структура узла однородно гипоинтенсивна (стрелка); **д** – артериальная фаза: выраженное равномерное усиление всей массы узла, которое в несколько меньшей степени сохраняется и в последующие фазы – венозную (**е**) и отсроченную (5 мин) (**ж**) (стрелки); **з** – ДВ-МРТ (при b-факторе 50 с/мм²) – умеренно выраженная гиперинтенсивность структуры определяемого узла (стрелка); **и** – ИКД-карта – несколько повышенная интенсивность отображения структуры узла (стрелка).

Fig. 1. Axial T1- and T2-weighted images of a 66-year-old woman.

а–в – axial T2-weighted images show diffuse (total) restructuring of the entire pancreatic parenchyma due to multiple, different-sized cysts (5–20 mm). The main pancreatic duct is deformed and hardly differentiated. Additionally, a round shaped soft tissue node (3 × 3.5 cm) with sharp and even contours with a homogeneous, slight hyperintensity (on T2 WI) of internal structure is detected in the unciform processus (arrows). A kidney cyst (star).

г–ж: **г** – prior to contrast administration (time – 12:56,41): the structure of the node is homogeneously hypointensive (arrows); **д** – arterial phase (time – 12:58,16): significant homogeneous enhancement of the whole node, persisting in subsequent phases in lesser extent: **е** – venous phase (time – 12:58,51); **ж** – delayed phase (in 3 mins / time – 13:11,48) (arrow); **з** – DW MRI (b = 50 s/мм²) – moderate hyperintensity of the whole node (arrow); **и** – ADC-mildly increased intensity of the whole node (arrow).

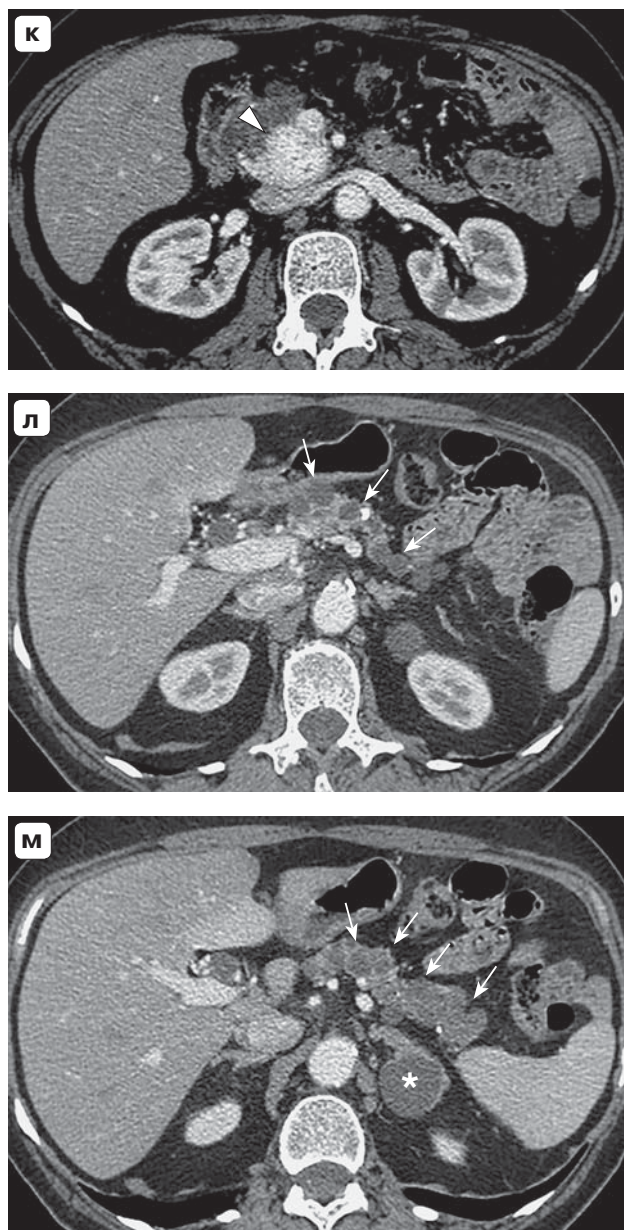
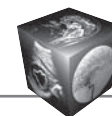


Рис. 2. Аксиальные компьютерные томограммы брюшной полости (**к, л, м**) в артериальную фазу (на различных уровнях) той же больной К., 66 лет. Кистозная (ячеистая) перестройка структуры всей паренхимы ПЖ (тонкие стрелки) с наличием в крючковидном отростке округлого гипervasкулярного мягкотканного узла с выраженным однородным усилением всей его массы (головка стрелки). Звездочкой помечена киста в почке.

Fig. 2. Axial CT images on different levels of the same 66-year-old woman (**к, л, м**) arterial phase: cystic restructuring of the entire pancreatic parenchyma (thin arrows) with a round shaped, hypervasculature soft tissue nodule in the unciform process with significant homogeneous enhancement of the whole mass (arrow head). A kidney cyst (star).

интенсивная в T1, гиперинтенсивная при диффузионно-взвешенной (ДВ) МРТ с различными значениями $b\text{-value} = 50, 400, 800 \text{ с/мм}^2$, повышенной интенсивности в T2 и на ИКД-картах. При внутривенном контрастировании: выраженное и однородное усиление всей массы узла уже в артериальную фазу с последующим равномерным и постепенным уменьшением степени усиления к отсроченной (через 5 мин) фазе (рис. 1).

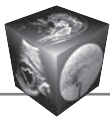
При КТ (от 24.07.2019): картина изменений в ПЖ была практически идентичная вышеописанной (но менее наглядной). Кистозная (ячеистая) перестройка структуры всей паренхимы ПЖ с наличием округлого мягкотканного узла в крючковидном отростке. Размеры узла и особенности его контрастирования (описанные выше) не изменились, поэтому мы сочли возможным представить лишь отдельные КТ-срезы (рис. 2).

Выполнена биопсия объемного образования в головке ПЖ, при цитологическом исследовании: клетки нейроэндокринной опухоли.

На основании всех полученных данных принято решение об оперативном лечении. 26.08.2019 осуществлена лапаротомия. Произведена мобилизация двенадцатиперстной кишки по Кохеру, пересечена желудочно-ободочная связка. При ревизии на фоне многочисленных кист (до 5 мм), замещивших практически всю паренхиму ПЖ, в ее крючковидном отростке выявлен мягкотканый узел (размером около 3 см) без видимой связи с магистральными сосудами. Выполнена гастропанкреатодуоденальная резекция, лимфодиссекция гепатодуоденальной связки, а также по ходу общей печеночной артерии, правой полуокружности чревного ствола, за головкой поджелудочной железы. Сформированы панкреатикоэнтеро-, гепатикоэнтеро- и гастроэнтероанастомозы.

При макроскопическом исследовании удаленного комплекса: в рассеченной головке ПЖ на расстоянии 2 см от края резекции определялся темно-бордового цвета опухолевый узел солидного строения и эластичной консистенции размерами $3 \times 2 \times 2,5 \text{ см}$. На остальном протяжении ткань ПЖ с множественными полостями до 0,5 см, заполненными слизистым содержимым.

При плановом микроскопическом исследовании: в ПЖ – разрастание эпителиальной опухоли альвеолярно-трабекулярного строения, состоящей из небольших относительно однотипных клеток, вероятнее всего, нейроэндокринной природы. В остальной ткани ПЖ на всем протяжении определялись множественные кистозные полости, выстланные однорядным кубическим эпителием, внутрипротоковые папиллярные разрастания с мало- или умеренной выраженной дисплазией (with low- or intermediate-grade dysplasia), что соответствует проявлениям ВПМО. В краях резекции – без признаков опухолевого роста. В удаленных лимфатических узлах – реактивные изменения.



При дополнительном иммуногистохимическом исследовании: в клетках опухоли выявлена экспрессия синаптофизина, хромогранина А, CD56, Ki-67 – 2%. Заключение: на фоне ВПМО иммунофенотип мягкотканного узлового образования соответствует НЭО (G1). Морфологический тип опухоли по МКБ-О: 8246/3.

В послеоперационном периоде отмечены явления гастростаза, которые были купированы на фоне консервативной терапии. От предложенного дообследования (для решения вопроса о целесообразности адъювантной терапии аналогами соматостатина) пациентка отказалась. На момент оформления статьи (май 2021 г., т.е. почти через 2 года после операции) пациентка – без признаков прогрессирования.

Следует отметить, что представленное нами клиническое наблюдение полностью соответствует результатам аналитического обзора подобных редких случаев, отраженных в упомянутой выше работе японских авторов М. Ishida и соавт., 2013 [18].

Заключение

Выявленная при КТ/МРТ диффузная перестройка всей структуры ПЖ за счет наличия множественных мелких разновеликих кист (>5 мм), отображающих расширенные боковые протоки ПЖ, полностью соответствует проявлениям ВПМО. А особенности проявления и контрастирования округлого мягкотканного узла в головке ПЖ, а именно: однородное усиление сразу всего узла в артериальную фазу с последующим равномерным вымыванием контрастного препарата в последующие фазы исследования – типичны для НЭО. Поэтому корректный диагноз у данной пациентки был возможен изначально с учетом наличия в литературе единичных подобных наблюдений. Можно упомянуть, что в современной классификации опухолей ПЖ (ВОЗ, 2019) представлен лишь вариант ВПМО, ассоциированной с инвазивной карциномой.

Участие авторов

Романова К.А. – сбор и обработка данных, написание текста, подготовка и редактирование текста, участие в научном дизайне.

Лукьянченко А.Б. – концепция и дизайн исследования, проведение исследования, анализ и интерпретация полученных данных, написание текста, участие в научном дизайне.

Поляков А.Н. – написание текста, участие в научном дизайне.

Медведева Б.М. – утверждение окончательного варианта статьи.

Authors' participation

Romanova K.A. – collection and analysis of data, writing text, text preparation and editing, participation in scientific design.

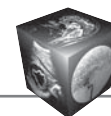
Lukianchenko A.B. – concept and design of the study, conducting research, analysis and interpretation of the obtained data, writing text, participation in scientific design.

Polyakov A.N. – writing text, participation in scientific design.

Medvedeva B.M. – approval of the final version of the article.

Список литературы [References]

1. WHO classification of tumours. 5th ed. Digestive system tumours edited by the WHO Classification of Tumours Editorial Board. Lyon, IARC Press, 2019.
2. Demos T.C., Posniak H.V., Harmath C., Olson M.C., Aranha G. Cystic Lesions of the Pancreas. *Am J. Roentgenol.* 2002; 179: 1375–1388. <https://doi.org/10.2214/ajr.179.6.1791375>
3. Sahani D.V., Kambadakone A., Macari M., Takahashi N., Chari S., Fernandez-del Castillo C. Diagnosis and Management of Cystic Pancreatic Lesions. *Am J. Roentgenol.* 2013; 200: 343–354. <https://doi.org/10.2214/ajr.12.8862>
4. Adsay N.V. Cystic neoplasia of the pancreas: pathology and biology. *J. Gastrointest. Surg.* 2008; 12 (3): 401–404. <https://doi.org/10.1007/s11605-007-0348-z>
5. Wang Yi., Miller F.H., Chen Z.E., Merrick L., Morteale K.J., Hoff F.L., Hammond N.A., Yaghamai V., Nikolaidis P. Diffusion-weighted MR Imaging of Solid and Cystic Lesions of the Pancreas. *RadioGraphics.* 2011; 31: 47–65. <https://doi.org/10.1148/rg.313105174>
6. Kucera J.N., Kucera S., Perrin S.D., Caracciolo J.T., Scmulewitz N., Kedar R.P. Cystic Lesions of the Pancreas: Radiologic-Endosonographic Correlation. *RadioGraphics.* 2012; 32: 283–301. <https://doi.org/10.1148/rg.327125019>
7. Salvia R., Fernández-del Castillo C., Bassi C., Thayer S.P., Falconi M., Matovania W., Pederzoli P., Warshaw A.L. Main-duct intraductal papillary mucinous neoplasms of the pancreas: Clinical predictors of malignancy and long-term survival following resection. *Ann. Surg.* 2004; 239: 678–687. <https://doi.org/10.1097/01.sla.0000124386.54496.15>
8. Tanaka M., Fernandez-del Castello C., Adsay V., Chari S., Falconi M., Jang J.Y., Kimura W., Levy P., Pitman M.B., Schmidt C.M., Shimizu M., Wolfgang C.L., Yamaguchi K., Yamao K. International Association of Pancreatology. International consensus guidelines 2012 for the management of IPMN and MCN of the pancreas. *Pancreatology.* 2012; 12: 183–197. <https://doi.org/10.1016/j.pan.2012.04.004>
9. Hwang D.W., Jang J.Y., Lee S.E., Lim C.S., Lee K.U., Kim S.W. Clinicopathologic analysis of surgically proven intraductal papillary mucinous neoplasms of the pancreas in SNUH: A 15-year experience at a single academic institution. *Langenbecks Arch. Surg.* 2012; 397: 93–102. <https://doi.org/10.1007/s00423-010-0674-6>
10. Лукьянченко А.Б., Романова К.А. Современная тактика распознавания новообразований поджелудочной железы. М., 2018. 112 с.
Lukyanchenko A.B., Romanova K.A. Modern approaches to imaging of focal pancreas lesions. Moscow, 2018. 112 p. (In Russian)
11. Machado N.O., al Qadhi H., al Wahibi K. Intraductal Papillary Mucinous Neoplasm of Pancreas. *N. Am. J.*



- Med. Sci.* 2015; 7 (5): 160–175.
<https://doi.org/10.4103/1947-2714.157477>
12. Jeurnink S.M., Vlegaar F.P., Siersema P.D. Overview of the clinical problem: Facts and current issues of mucinous cystic neoplasms of the pancreas. *Dig. Liver Dis.* 2008; 40: 837–46. <https://doi.org/10.1016/j.dld.2008.03.018>
 13. Gupta R., Mortel K.J., Tatli S., Girshman J., Glickman J.N., Levy A.D., Erturk S.M., Heffess C.S., Banks P.A., Stuart G. Pancreatic intraductal mucinous neoplasms: Role of CT in predicting pathologic subtypes. *Am J. Roentgenol.* 2008; 191: 1458–1464. <https://doi.org/10.2214/ajr.07.3302>
 14. Tan E.H. Imaging of gastroenteropancreatic neuroendocrine tumors. *Wld J. Clin. Oncol.* 2011; 2 (1): 28–43. <https://doi.org/10.5306/wjco.v2.i1.28>
 15. Oberg K. Pancreatic endocrine tumors. *Sem. Oncol.* 2010; 37 (6): 594–618. <https://doi.org/10.1053/j.seminoncol.2010.10.014>
 16. Noone T.C., Hosey J., Firat Z., Semelka R.C. Imaging and localization of islet-cell tumours of the pancreas on CT and MRI. *Best Pract. Res. Clin. Endocrinol. Metab.* 2005; 19 (2): 195–211. <https://doi.org/10.1016/j.beem.2004.11.013>
 17. Степанова Ю.А., Дубова Е.А., Кармазановский Г.Г., Сидорова Е.Е., Икрамов Р.З. Лучевая диагностика нейроэндокринных опухолей поджелудочной железы с кистозной трансформацией структуры. *Медицинская визуализация.* 2009; 4: 98–109. Stepanova J.A., Dubova E.A., Karmazanovsky G.G., Sidorova E.E., Ikramov R.Z. Radiology Diagnostics of Neuroendocrine Tumors of the Pancreas with Cystic Transformation of Structure. *Medical Visualization.* 2009; 4: 98–109. (In Russian)
 18. Ishida M., Shiomi H., Naka S., Tani T., Okabe H. Concomitant intraductal papillary mucinous neoplasm and neuroendocrine tumor of the pancreas. *Oncol. Lett.* 2013; 5: 63–67 (In Japan).
 19. Vazquez A.M., Ramia J.M., Lattore-Fragua R., Valle-Rubio A., Arteaga-Peralta V., Ramiro-Perez C., Plaza-Llamas R.P. Pancreatic Neuroendocrine Tumors and Intraductal Papillary Mucinous Neoplasm of the Pancreas: A Systematic Review. *Pancreas.* 2018; 47 (5): 551–555. <https://doi.org/10.1097/mpa.0000000000001048>

Для корреспонденции*: Романова Ксения Александровна – 115478 Москва, Каширское шоссе, д. 23. НИИ клинической и экспериментальной радиологии ФГБУ “НМИЦ онкологии имени Н.Н. Блохина” Минздрава России. Тел.: +7-926-079-20-00. E-mail: luxenia@gmail.com

Романова Ксения Александровна – канд. мед. наук, научный сотрудник рентгенодиагностического отделения НИИ клинической и экспериментальной радиологии ФГБУ “НМИЦ онкологии имени Н.Н. Блохина” Минздрава России, Москва. <https://orcid.org/0000-0002-8938-3313>

Лукьянченко Александр Борисович – доктор мед. наук, профессор, ведущий научный сотрудник рентгенодиагностического отделения НИИ клинической и экспериментальной радиологии ФГБУ “НМИЦ онкологии имени Н.Н. Блохина” Минздрава России, Москва. <https://orcid.org/0000-0002-7021-6419>

Медведева Бэла Михайловна – доктор мед. наук, ведущий научный сотрудник рентгенодиагностического отделения НИИ клинической и экспериментальной радиологии ФГБУ “НМИЦ онкологии имени Н.Н. Блохина” Минздрава России, Москва. <https://orcid.org/0000-0003-1779-003X>

Поляков Александр Николаевич – канд. мед. наук, старший научный сотрудник онкологического отделения хирургических методов лечения №7 (опухолей гепатопанкреатодуоденальной зоны) НИИ клинической онкологии ФГБУ “НМИЦ онкологии имени Н.Н. Блохина” Минздрава России, Москва. <https://orcid.org/0000-0001-5348-5011>

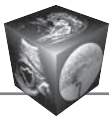
Contact*: Ksenia A. Romanova – 23, Kashirskoye shosse, 115478 Moscow, Russian Federation. National medical research center of oncology of N.N. Blokhin. Phone: +7-926-079-20-00. E-mail: luxenia@gmail.com

Ksenia A. Romanova – Cand. of Sci. (Med.), researcher of the Diagnostic radiology department, N.N. Blokhin National medical research center of oncology, Moscow. <https://orcid.org/0000-0002-8938-3313>

Alexander B. Lukianchenko – Doct. of Sci. (Med.), Professor, Leading researcher of the Diagnostic radiology department, N.N. Blokhin National medical research center of oncology, Moscow. <https://orcid.org/0000-0002-7021-6419>

Bela M. Medvedeva – Doct. of Sci. (Med.), Leading researcher of the Diagnostic radiology department, N.N. Blokhin National medical research center of oncology, Moscow. <https://orcid.org/0000-0003-1779-003X>

Aleksander N. Polyakov – Cand. of Sci. (Med.), senior researcher of the Oncology department of surgical treatment methods №7 (tumors of the hepatopancreatobiliary zone) of N.N. Trapeznikov Clinical oncology institute, N.N. Blokhin National medical research center of oncology, Moscow. <https://orcid.org/0000-0001-5348-5011>



Стандартизация методики контраст-усиленного ультразвукового исследования почек у пациентов с сахарным диабетом 2 типа

© Борсуков А.В., Горбатенко О.А. *

Проблемная научно-исследовательская лаборатория “Диагностические исследования и малоинвазивные технологии” ФГБОУ ВО “Смоленский государственный медицинский университет” Минздрава России, Смоленск, Российская Федерация

Цель исследования: стандартизация количественной оценки проведения методики контраст-усиленного ультразвукового исследования (КУУЗИ) почек у пациентов с сахарным диабетом (СД) 2 типа.

Материал и методы. На базе Проблемной научно-исследовательской лаборатории “Диагностические исследования и малоинвазивные технологии” ФГБОУ ВО “Смоленский государственный медицинский университет” Минздрава России в 2020 г. было обследовано 12 пациентов с СД 2 типа. Возраст обследованных пациентов составил 36–64 года. Средний возраст – $44 \pm 1,8$ года, из них 7 (58,33%) женщин и 5 (41,67%) мужчин. Все пациенты были исследованы по единому диагностическому алгоритму, который включал в себя 2 этапа. 1-й этап: ультразвуковое исследование почек (Aloka Hitachi Arietta 850 (Hitachi Medical Corporation, Япония) в В-режиме; 2-й этап: КУУЗИ почек. Все пациенты были разделены на 2 группы: 1-ю группу составили пациенты с СД 2 типа ($n = 6$), которым было проведено КУУЗИ с последующей оценкой паренхимы почек разных участках коркового и мозгового вещества; 2-ю группу – пациенты с СД 2 типа ($n = 6$), которым было проведено КУУЗИ с последующей стандартизированной оценкой в указанных 5 точках артериального русла и 3 точках венозного русла.

Результаты и их обсуждение. С учетом сложившейся эпидемиологической ситуации в 2020 г. количество проведенных методов лучевой диагностики, таких как рентгенологическое и компьютерное томографическое исследования органов грудной клетки, значительно увеличило общий фон лучевой нагрузки на основную массу пациентов. С учетом индекса тревожности пациентов проведение ионизирующих методов исследования для диагностики ангионеврологического нежелательно. Стандартизированная методика количественных параметров КУУЗИ показала хорошую согласованность (0,61–0,76). В свою очередь оценка количественных параметров КУУЗИ почек при использовании рутинной методики показала низкую согласованность (0,21–0,3). Значения критериев согласованности Cohen’s kappa от 0 до 0,2 указывают на отсутствие согласованности между врачами; 0,21–0,4 – слабая согласованность; 0,41–0,6 – умеренная согласованность между врачами; 0,61–0,8 – хорошая согласованность; 0,81–1,0 – полная согласованность.

Кровеносная система почек отличается наличием развитой капиллярной сети, что подтверждает важность использования стандартизированного подхода в проведении данного исследования для диагностики функции почек. В результате проведения КУУЗИ почек по рутинной методике в 50% ($n = 3$) случаев выявлена гипоперфузия правой почки и в 50% ($n = 3$) случаев данные интерпретировались как норма. В результате проведения КУУЗИ почек по предложенной методике в 100% ($n = 6$) случаев выявлена выраженная гипоперфузия правой почки. В качестве референтного метода была использована динамическая нефросцинтиграфия для определения функциональной работы почек. По результатам динамической нефросцинтиграфии почек во всех случаях в обеих группах пациентов была выявлена гипоперфузия правой почки.

Выводы. 1. Стандартизированная методика оценки количественных параметров при КУУЗИ почек более воспроизводима врачами УЗД, чем рутинная.

2. Проведение КУУЗИ может быть использовано для оценки гипоперфузии с целью снижения эффективной эквивалентной дозы для пациента.

Ключевые слова: контраст-усиленное ультразвуковое исследование, ангионеврологический склероз

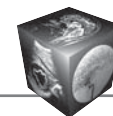
Авторы данной статьи сообщают об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Борсуков А.В., Горбатенко О.А. Стандартизация методики контраст-усиленного ультразвукового исследования почек у пациентов с сахарным диабетом 2 типа. *Медицинская визуализация*. 2021; 25 (3): 50–65. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-978>

Поступила в редакцию: 13.12.2020.

Принята к печати: 08.07.2021.

Опубликована online: 15.09.2021.



Standardization of the method of contrast-enhanced ultrasound of kidneys in patients with type 2 diabetes

© Alexey V. Borsukov, Olga A. Gorbatenko*

Fundamental research laboratory "Diagnostic researches and minimally invasive technologies", Smolensk State Medical University, the Ministry of Health of the Russian Federation, Smolensk, Russian Federation

Aim of the research. Standardization of the quantitative assessment of the contrast-enhanced ultrasound examination of the kidneys in patients with type 2 diabetes.

Materials and methods. On the basis of the Fundamental research laboratory "Diagnostic researches and minimally invasive technologies", of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Smolensk State Medical University" of Smolensk State Medical University, the Ministry of Health of the Russian Federation, 12 patients with type 2 diabetes were examined in 2020. The age of the examined patients was 36–64 years old. Average age – 44 ± 1.8 years, of which 7 women (58.33%) and 5 men (41.67%). All patients were examined using a single diagnostic algorithm, which included 2 stages: 1 stage. Ultrasound examination of the kidneys (Aloka Hitachi Arietta 850 (Hitachi Medical Corporation, Japan) in B-mode; stage 2 – contrast-enhanced ultrasound examination (CEUS) of the kidneys. All patients were divided into 2 groups: the 1st group consisted of patients with type 2 diabetes type (n = 6), who underwent CEUS with subsequent assessment of the renal parenchyma in different areas of the cortex and medulla; group 2 consisted of patients with type 2 diabetes (n = 6) who underwent CEUS with subsequent standardized assessment in the indicated 5-th points of the arterial bed and 3 points of the venous bed.

Results and discussions. Taking into account the current epidemiological situation in 2020, the number of performed radiation diagnostic methods, such as X-ray and computer examinations of the chest organs, significantly increased the overall background of radiation exposure on the bulk of patients. Taking into account the anxiety index of patients, ionizing research methods for the diagnosis of angionephrosclerosis are undesirable. The standardized method for quantitative parameters of CEUS showed good agreement (0.61–0.76). In turn, the assessment of the quantitative parameters of renal CEUS when using the routine technique showed low consistency (0.21–0.3). Cohen's kappa (CK) scores of 0 to 0.2 indicate a lack of agreement among clinicians; 0.21–0.4 – weak consistency; 0.41–0.6 – moderate agreement between doctors; 0.61–0.8 – good consistency; 0.81–1.0 – complete consistency.

The circulatory system of the kidneys is characterized by the presence of a developed capillary network and, accordingly, low peripheral resistance, which confirms the importance of a standardized approach in conducting this study. In the context of the prevailing epidemiological circumstances, we understand that it is necessary to choose a reference research method that would allow us to accurately assess the characteristics of the experimental evaluation of this method. As a result of renal CEUS using a routine technique, hypoperfusion of the right kidney was revealed in 50% (n = 3) cases and the data were interpreted as normal in 50% (n = 3) cases. As a result of the renal CEUS using the proposed method, pronounced hypoperfusion of the right kidney was revealed in 100% (n = 6) cases. Dynamic nephroscintigraphy was used as a reference method to determine the functional work of the kidneys. According to the results of dynamic nephroscintigraphy of the kidneys, hypoperfusion of the right kidney was revealed in all cases in both groups of patients.

Conclusion. 1. The standardized method for assessing the quantitative parameters of the kidney CEUS is more reproducible by the ultrasound doctors than the routine one. 2. Enhanced ultrasound can be used to assess the efficacy of hypoperfusion with the maximum efficacy of an equivalent dose per patient.

Keywords: contrast-enhanced ultrasound, angionephrosclerosis

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

For citation: Borsukov A.V., Gorbatenko O.A. Standardization of the method of contrast-enhanced ultrasound of kidneys in patients with type 2 diabetes. *Medical Visualization*. 2021; 25 (3): 50–65. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-978>

Received: 13.12.2020.

Accepted for publication: 08.07.2021.

Published online: 15.09.2021.

Введение

Во всем мире неуклонно прогрессирует распространённость сахарного диабета (СД) 2 типа [1, 2]. По данным М.В. Шестаковой и соавт. (2019), общая численность населения с СД на 2019 г. в Российской Федерации составила 4 584 575, из которых 4,24 млн человек с подтвержденным СД 2 типа [1–3]. По официальным источникам IDF

(International Diabetes Federation) при сохранении текущих трендов урбанизации и прироста населения к 2045 г. людей с диабетом будет около 10,9% (700 млн) [1, 2]. По данным P. Saedi и соавт., каждый второй (50,1%) человек, имеющий СД, не догадывается о своем заболевании [1, 2, 4]. В связи с масштабными демографическими сдвигами в сторону смещения возрастной пирамиды в сто-



рону снижения возрастной группы пациентов с СД 2 типа, особенную актуальность обретает значимость детальной перфузии почек у данных пациентов [4–6]. Известен факт корреляции между продолжительностью течения СД и вариабельностью уровня глюкозы у пациентов с диабетической нефропатией (ДН). В отличие от СД 1 типа, у 40–45% пациентов с СД 2 типа ДН проявляется в сжатые сроки, примерно через 10–15 лет [3]. Поскольку ДН вовлекает изменения всех структур клубочков, наличие микроальбуминурии (МАУ) и активного снижения скорости клубочковой фильтрации (СКФ) является предиктором развития изменений на уровне клубочков, канальцев и интерстициальной ткани [7, 8]. Тем не менее есть статьи, результаты которых демонстрируют наличие альбуминурии как при значимых изменениях гломерулярных структур, так и при полном отсутствии изменений гломерул [3, 4]. Длительное отсутствие клинической картины и медицинского консультирования пациентов врачом-эндокринологом может спровоцировать развитие хронической болезни почек (ХБП) [9–11]. В настоящее время СД является первенствующей причиной развития ХБП [12]. С увеличением роста СД 2 типа соответственно возрастает число новых случаев ХБП [3, 12]. Имеются работы, в которых распространенность ХБП среди пациентов с СД 2 типа составляет порядка 35,4% [8]. Поскольку в настоящее время, когда цветное доплеровское картирование (ЦДК), КТ-ангиография широко применяются в повсеместной практике, остается открытым вопрос о возможном методе лучевой диагностики, позволяющем проведение исследования без лучевой нагрузки и нефротоксичности контрастного препарата, а также детальной оценки почечного кровотока [5, 13–15]. На сегодняшний день таким методом является контраст-усиленное ультразвуковое исследование (КУУЗИ), способное исключить два главных недостатка одновременно [6, 16–19]. Усовершенствование ультразвукового метода в оценке почечного кровотока открывают новые возможности в прогнозировании ангионепро-склероза у пациентов с СД 2 типа [6, 20].

Цель исследования

Стандартизация количественной оценки проведения методики КУУЗИ почек у пациентов с СД 2 типа.

Материал и методы

На базе Проблемной научно-исследовательской лаборатории “Диагностические исследования и малоинвазивные технологии” ФГБОУ ВО “Смоленский государственный медицинский университет” Минздрава России в 2020 г. было обследовано 12 пациентов с СД 2 типа. Возраст обследованных пациентов составил 36–64 года. Средний возраст – $44 \pm 1,8$ года, из них 7 женщин (58,33%) и 5 мужчин (41,67%). Пациенты были выбраны исходя из результатов имеющихся клинико-лабораторных данных (СКФ, креатинина, мочевины, гликозилированного гемоглобина). Все пациенты были обследованы в эндокринологическом отделении по основному заболеванию (табл. 1). Настоящее исследование проведено в соответствии с Европейскими рекомендациями для клинической практики по КУУЗИ [21].

Все пациенты были исследованы по единому диагностическому алгоритму, который включал в себя 2 этапа:

1-й этап. УЗИ (Aloka Hitachi Arietta 850 (Hitachi Medical Corporation, Япония)) в В-режиме с оценкой длины, толщины и ширины правой и левой почек (мм); эхогенности в сравнении с печенью или селезенкой соответственно; звукопроводимости. В области данного метода для визуализации сосудов различного калибра было использовано ЦДК (рис. 1). УЗИ почек проводилось полипозиционно. Каждое исследование проводилось из трансабдоминального доступа с использованием продольных, поперечных и косых срезов в положении пациента лежа на правом или левом боку соответственно. При исследовании правой почки для более комфортного введения контрастного препарата пациента укладывали на левый бок. При исследовании левой почки просили пациента сделать то же самое, но в противоположном варианте.

Таблица 1. Распределение больных клинической группы по возрасту и полу

Table 1. Distribution of patients in the clinical group by age and sex

Группа	Всего		Мужчины		Женщины		Средний возраст, годы
	абс.	%	абс.	%	абс.	%	
1-я	6	50,0	3	25	3	25	$44 \pm 1,7$
2-я	6	50,0	2	16,66	4	33,34	$45 \pm 0,8$
Всего	12	100,0	5	41,67	7	58,33	$43 \pm 1,3$

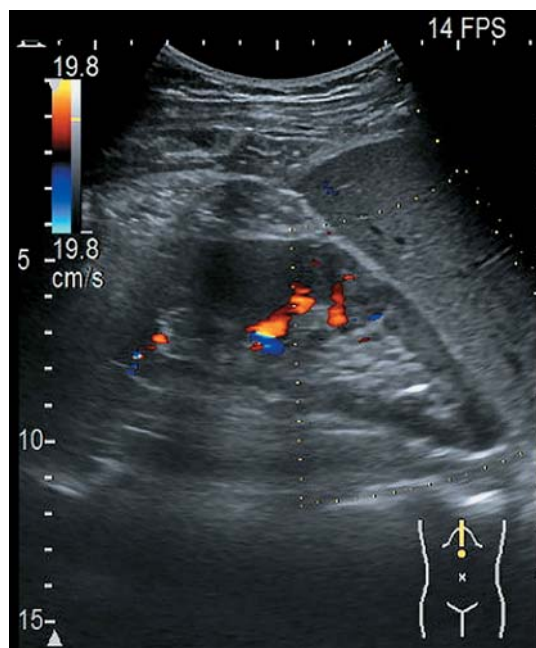
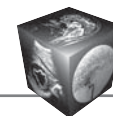


Рис. 1. Ультразвуковое исследование сосудов правой почки, режим ЦДК с умеренной гипоперфузией (тип 3 по пятибалльной шкале M. Bertolotto).

Fig. 1. Ultrasound examination of the vessels of the right kidney, Color Doppler mode with moderate hypoperfusion (type 3 on a five-point scale M. Bertolotto).

Для изображения сосудов почки в режимах ЦДК проводилась качественная оценка кровотока почек по продольной оси. Для оценки васкуляризации паренхимы почек по данным ЦДК у пациентов с СД 2 типа в исследовании применялась пятибалльная шкала M. Bertolotto, усовершенствованная А.В. Борсуковым и соавт. [22, 23]. Исследование ангиоархитектоники почек проводилось в положении пациента лежа на спине путем поперечного сканирования для лучшей оценки устьев артерий. Для оценки дистальных сегментов почечных артерий и интратенальных сосудов исследование проводилось в заднелатеральном доступе в положении пациента лежа на боку с последующей оценкой ультразвуковой семиотики.

Разнообразная степень реактивности интрапаренхиматозных сосудов к эндогенным агентам на фоне СД 2 типа обуславливает вариабельность кровотока в корковом и мозговом веществе почек.

2-й этап. КУУЗИ почек в соответствии с Европейскими рекомендациями для клинической практики по КУУЗИ [21].

Все пациенты были разделены на 2 группы: 1-ю группу составили пациенты с СД 2 типа ($n = 6$), которым было проведено КУУЗИ с последующей оценкой паренхимы почек в различных участках коркового и мозгового вещества; 2-ю группу –

пациенты с СД 2 типа ($n = 6$), которым было проведено КУУЗИ с последующей стандартизированной оценкой в указанных 5 точках артериального русла и 3 точках венозного русла.

Оценка качественных и количественных показателей КУУЗИ каждой группы проводилась 6 врачами ультразвуковой диагностики: 3 человека в каждой группе со стажем больше 5 лет (см. табл. 7).

КУУЗИ почек проводили на ультразвуковом аппарате Aloka Hitachi Arietta 850 (Hitachi Medical Corporation, Япония) в компетентном режиме с низкоамплитудным механическим индексом 0,06 и конвексным датчиком с частотой 3–6 МГц. Для проведения настоящего исследования использовался эхоконтрастный препарат SonoVue (Бракко Свисс СА, Швейцария). Данный препарат представляет собой лиофилизированный порошок гексафторида серы, 1,5 мг, который необходимо растворить в 5,0 мл растворителя 0,9% раствора натрия хлорида.

Свежеприготовленный раствор вводили внутривенно струйно через локтевую вену (*v. ulnaris*), используя двухпортовый периферический венозный катетер G19 (диаметр 0,9 мм). Для достижения более эффективного и быстрого результата болюсного введения эхоконтраста дополнительно вводили 5,0 мл 0,9% раствора натрия хлорида. Перед началом контрастирования на монитор ультразвукового аппарата выводят почку, почечную артерию, сегментарные артерии, междольковые артерии, дуговые артерии и междольковые артерии. При получении устойчивой ультразвуковой картины определяют зоны для оценки количественных параметров КУУЗИ. Предпочтительными вариантами для проведения исследования являются верхний передний сегмент, нижний передний сегмент или задний сегмент почки.

Во время исследования оценивали качественные показатели, где оценивали однородность/неоднородность контрастирования, симметричность/асимметричность накопления эхоконтрастного препарата в корковом и мозговом слоях, однородность/неоднородность вымывания ультразвукового контрастного препарата и симметричность/асимметричность вымывания контрастного препарата. Данные показатели необходимо просматривать в режиме off-line для более детальной оценки исследования путем анализа записанных ранее видеопетель.

Методика стандартизированного подхода построения кривых заключается в целенаправленном алгоритме КУУЗИ в определенных 5 точках по ходу (А) артериального русла и 3 точках (В) по ходу венозного русла (рис. 2).

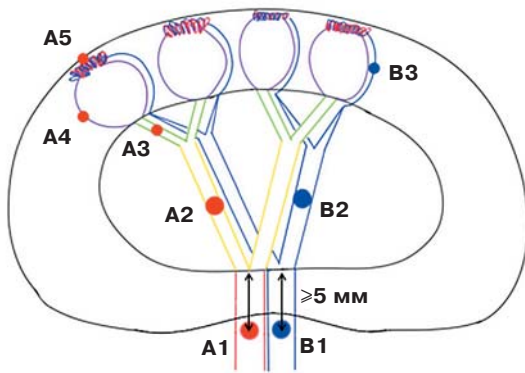
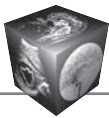


Рис. 2. Схематическое изображение стандартизации точек при КУУЗИ почек.

Fig. 2. Schematic representation of point standardization of CEUS of kidneys.

A1 – расположена на расстоянии не менее 5 мм от места деления почечной артерии на сегментарные сосуды в срединном сегменте в проекции ворот почки; A2 – в срединном сегменте проекции *aa. segmentae*; A3 – в срединном сегменте проекции *aa. interlobares*; A4 – в срединном сегменте проекции *aa. interlobulares*; A5 – в срединном сегменте проекции *aa. arcuatae*; B1 – расположена на расстоянии не менее 5 мм от места деления почечной вены на сегментарные в срединном сегменте в проекции *v. renalis*; B2 – в срединном сегменте проекции *vv. segmentae*; B3 – в срединном сегменте проекции *vv. interlobulares*.

Измерение параметров контрастирования (начало артериальной фазы (TOA), время достижения

максимальной интенсивности накопления контрастного препарата (ТТР), максимальная интенсивность накопления контрастного препарата (PI)) производится в проекции A1 на расстоянии не менее 5 мм от места деления почечной артерии на сегментарные сосуды в срединном сегменте в проекции ворот почки, A2 сегментарной артерии мозгового слоя почки, A3 междольковых артерий мозгового слоя почки, A4 дуговых артерий и междольковых артерий коркового слоя почки. Параметр времени полувыведения контрастного препарата (HTWo) определяется в проекции B3 дуговых вен коркового слоя почки, B2 сегментарной вены мозгового слоя почки и B1 почечной вены на уровне ворот почки.

Чем лучше имеется возможность фиксировать фазы контрастирования (начало артериальной фазы (TOA), время достижения максимальной интенсивности накопления контрастного препарата (ТТР), максимальная интенсивность накопления контрастного препарата (PI), время полувыведения контрастного препарата (HTWo)), тем детальнее производится оценка требуемых параметров. На основании полученных результатов оценивается количественная перфузия почки.

После окончания исследования оценивались количественные показатели КУУЗИ путем построения кривых интенсивности – время для оценки накопления (wash-in) / вымывания контрастного препарата (wash-out), где анализировали начало артериальной и венозной фаз (рис. 3). По завершении исследования оценивали количественные показатели КУУЗИ путем построения кривых для

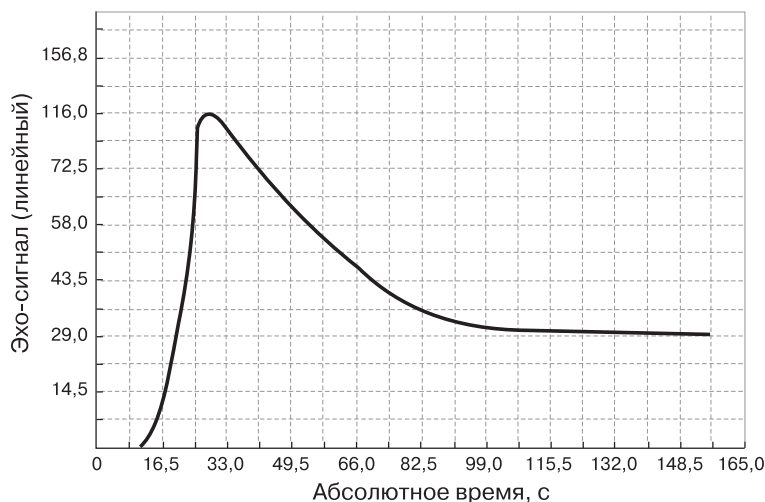
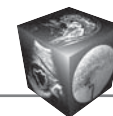


Рис. 3. КУУЗИ почек: кривые интенсивность–время. Время отображается в секундах по оси абсцисс, а среднее значение эхосигнала (относительные единицы) – по шкале ординат [13, 21].

Примечание. Основные количественные параметры КУУЗИ у пациента с СД 2 типа в стадии субкомпенсации отображены в следующем порядке: TAO = 14,34 с, ТТР = 20,97 с, PI = 101,48 с, HTWo = 76,68 с. Полученные результаты подтверждают наличие умеренной гипоперфузии почки.

Fig. 3. CEUS of the kidneys: Curves intensity-time. Time is displayed in seconds on the abscissa, and the average value of the echo (relative units) on the ordinate [13, 21].

Note. The main quantitative parameters of CEUS in patient with type 2 diabetes in subcompensation stage are displayed in the following order: TAO = 14.34 s, TTP = 20.97 s, PI = 101.48 s, HTWo = 76.68 s. The results obtained confirm the presence of renal hypoperfusion.



оценки накопления (wash-in) / вымывания контрастного препарата (wash-out) (табл. 2).

Статистическая обработка проводилась по программе Statistica 6.0 с оценкой критериев согласованности Cohen's kappa (СК). Значения СК от 0 до 0,2 указывают на отсутствие согласованности между врачами; 0,21–0,4 – слабая согласованность; 0,41–0,6 – умеренная согласованность между врачами; 0,61–0,8 – хорошая согласованность; 0,81–1,0 – полная согласованность.

Исследование в точках A1 и B1 должно быть проведено на расстоянии не менее 5 мм от места деления почечной артерии (A1) и почечной вены (B1) на сегментарные сосуды. За счет того, что почечная артерия, почечная вена, сегментарная артерия и сегментарная вена имеют диаметр, позволяющий с помощью ЦДК точно спроектировать место фиксации точек, то в этом случае необходимо заданные количественные параметры измерять в срединных отделах этих сосудов. Поскольку междольковые артерии (A3), дуговые артерии (A4) и междольковые артерии (A5), а также дуговые вены (B3) имеют диаметр малого калибра, то это не позволяет определить точную визуализацию отдельного сосуда [24]. В этом случае проводится оценка ангиоархитектоники почки по пятибалльной шкале M. Bertolotto [22, 23] с последующей фиксацией заданных точек в срединном сегменте предположительной проекции исследуемых артерий.

Результаты и их обсуждение

Основной целью работы была демонстрация проведения стандартизированной оценки количественных параметров КУУЗИ почек у пациентов с СД 2 типа. С учетом сложившейся эпидемиологической ситуации в 2020 г. количество проведенных лучевых методов диагностики, таких как рентгенологическое и компьютерное исследования органов грудной клетки, значительно увеличило общий фон лучевой нагрузки на основную массу пациентов. Из 12 (100%) исследуемых пациентов на момент КУУЗИ у 8 (66,6%) пациентов в анамнезе значился диагноз COVID-19. С учетом индекса тревожности пациентов проведение ионизирующих методов исследования для диагностики ангиофосклерозанежелательно. Традиционная ультразвуковая диагностика в режиме ЦДК уже много лет является основой визуализации почечного кровотока [15]. С развитием новых технологий для визуализации почечного кровотока в рутинную практику активно входят более точные методы визуализации, такие как МР-ангиография, МРТ с использованием ASL, КТ-ангиографии, КТ-перфузия. Несмотря на качественность и достоверность представленных выше методов лучевой

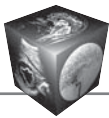
Таблица 2. Количественные показатели контрастно-усиленного ультразвукового исследования почек

Table 2. Quantitative indicators of contrast-enhanced ultrasound examination of the kidneys

Показатель		1-я группа (n = 6)	2-я группа (n = 6)
A1	TOA	12,1 ± 10,6	10,5 ± 2,4
	TTP	17,2 ± 9,3	14,0 ± 1,9
	PI	102,1 ± 47,4	98,1 ± 1,1
	HTWo	85,2 ± 28,6	79,3 ± 1,5
A2	TOA	12,4 ± 12,6	10,1 ± 3,2
	TTP	15,3 ± 29,4	14,3 ± 3,7
	PI	101,1 ± 32,6	98,3 ± 2,6
	HTWo	86,2 ± 24,6	79,3 ± 3,5
A3	TOA	12,5 ± 18,5	10,5 ± 2,4
	TTP	16,5 ± 22,6	14,5 ± 3,9
	PI	104,1 ± 44,4	99,4 ± 2,2
	HTWo	86,3 ± 21,7	80,3 ± 3,4
A4	TOA	12,5 ± 22,4	11,3 ± 2,0
	TTP	15,2 ± 26,5	14,5 ± 3,1
	PI	97,2 ± 36,3	96,1 ± 2,7
	HTWo	89,3 ± 24,1	86,3 ± 1,5
A5	TOA	11,3 ± 35,8	11,4 ± 2,5
	TTP	14,1 ± 41,3	15,5 ± 1,9
	PI	91,1 ± 39,3	97,5 ± 3,1
	HTWo	87,5 ± 34,1	83,3 ± 2,5
B1	TOA	14,2 ± 30,4	12,4 ± 2,5
	TTP	15,5 ± 49,3	15,3 ± 4,0
	PI	104,1 ± 37,5	85,4 ± 3,8
	HTWo	84,1 ± 46,1	84,5 ± 2,5
B2	TOA	12,0 ± 37,0	12,3 ± 2,4
	TTP	13,1 ± 47,3	15,4 ± 3,9
	PI	93,5 ± 40,3	88,4 ± 2,9
	HTWo	88,3 ± 36,1	85,3 ± 3,6
B3	TOA	12,2 ± 48,0	12,3 ± 2,6
	TTP	14,0 ± 27,4	15,2 ± 3,5
	PI	92,2 ± 39,3	99,4 ± 4,1
	HTWo	89,5 ± 39,1	84,3 ± 3,6

Примечание. Представленные показатели: начало артериальной фазы (TOA) (с); время достижения максимальной интенсивности накопления контрастного препарата TTP (с); максимальная интенсивность накопления контрастного препарата PI (с); время полувыведения контрастного препарата HTWo (с) – являются обязательными во всех точках исследования при диагностике ангиофосклероза у пациентов с СД 2 типа. При проведении статистического исследования результатов примем две гипотезы: H0 – зависимость между выборками и группами при проведении оценок случайна; H1 – зависимость между двумя группами при проведении оценок существует. В табл. 3–6 сгруппированы результаты исследования по показателям.

диагностики, они ограничены в клинических применениях за счет высокой стоимости, токсичности использованных контрастных веществ, а также длительной продолжительности исследования. КУУЗИ в свою очередь является неионизирующей



методикой с отсутствием нефротоксичности на эхоконтрастный препарат, что позволяет его использовать у пациентов на всех стадиях ХБП [17, 21, 25–27]. В Европейских клинических рекомендациях по внепеченочному применению ультразвуковых контрастных препаратов [21] отмечена значимость применения эхоконтрастных препаратов у пациентов с прогрессирующей ХБП, что позволяет расширять зону исследований в этой области. Согласно Рекомендациям Европейского общества урогенитальной радиологии (SEUR) по безопасному применению контрастных веществ (версия 10.0) [28], необходимо учитывать риски развития постконтрастного острого повреждения почек у пациентов в исследуемых группах. Ввиду представленных рисков обязательным этапом является подписанное пациентом информированное добровольное согласие на данное исследование, а также разрешение этического комитета при лечебно-профилактическом учреждении, на базе которого проводят КУУЗИ почек. В каждом случае дизайн исследования был предварительно рассмотрен на заседании Независимого этического комитета при ОГБУЗ “Клиническая городская больница №1” Смоленска (протокол заседания №18 от 14.02.2019).

По мнению коллектива ученых Н.Е. Уоон и соавт. (2020), разработка стандартизированной оценки перфузии почек позволяет оценить состояние паренхиматозной перфузии у пациентов с острым повреждением почек, а также прогнозирование ХБП [27].

В табл. 2 представлены количественные показатели, полученные по результатам КУУЗИ почек у пациентов с СД 2 типа в исследуемых группах.

На рис. 4 представлена структура распределения показателей начала артериальной фазы (ТОА) в зависимости от принадлежности к группе.

На основании проведенного однофакторного дисперсионного анализа было выявлено, что между группами существует значительная дисперсия для 1-й группы и допустимая и статистически значимая для 2-й группы (табл. 3А–3Б).

Таким образом, графическая интерпретация подтверждает, что для 2-й группы оценки являются достоверными и статистически значимыми в отличие от 1-й группы, для которой характерен широкий диапазон отклонений, что затрудняет его последующее использование для диагностики.

В табл. 4 представлены исходные данные для исследования показателя время достижения максимальной интенсивности накопления контрастного препарата (ТТР).

В табл. 4А–4Б представлен однофакторный дисперсионный анализ по показателю время достижения максимальной интенсивности накопления контрастного препарата (ТТР) (с).

На основании проведенного однофакторного дисперсионного анализа было выявлено, что между группами существует значительная дисперсия для 1-й группы и допустимая и статистически значимая для 2-й группы. На рис. 5 представлено распределение показателя в зависимости от принадлежности к группе.

Полученные результаты дисперсионного анализа подтверждаются графической интерпретацией, представленной на рис. 5.

В табл. 5 представлены исходные данные для оценки показателя максимальная интенсивность накопления контрастного препарата (PI) (с).

В табл. 5А–5Б представлены результаты однофакторного дисперсионного анализа.

На основании проведенного однофакторного дисперсионного анализа было выявлено, что между группами существует значительная дисперсия для 1-й группы и допустимая и статистически значимая для 2-й группы.

На рис. 6 представлена графическая интерпретация выборки оценок.

Таким образом, представленные результаты подтверждают оценку, что 2-я группа оптимальная для исследования.

В табл. 6 представлены исходные данные для показателя время полувыведения контрастного препарата (HTWo).

В табл. 6А–6Б представлены результаты однофакторного дисперсионного анализа.

На рис. 7 представлена графическая интерпретация выборки оценок.

На основании проведенного однофакторного дисперсионного анализа было выявлено, что между группами существует значительная дисперсия для 1-й группы и допустимая и статистически значимая для 2-й группы, что подтверждается графической интерпретацией.

Все результаты и выводы идентичны для всех показателей: начало артериальной фазы (ТОА) (с); время достижения максимальной интенсивности накопления контрастного препарата (ТТР) (с); максимальная интенсивность накопления контрастного препарата (PI) (с); время полувыведения контрастного препарата (HTWo) (с) – являются обязательными во всех точках исследования при диагностике ангионеврофросклероза у пациентов с СД 2 типа.

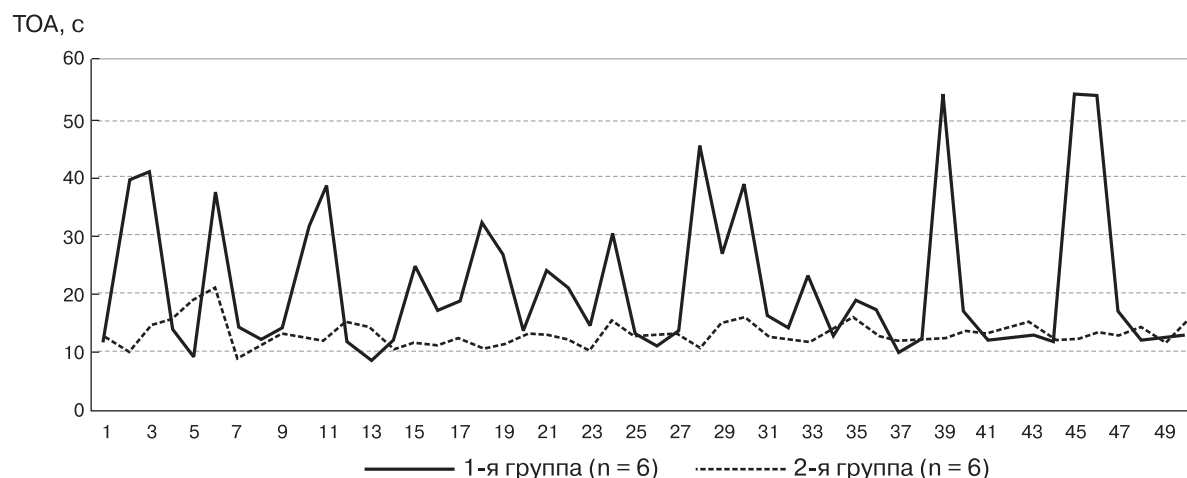
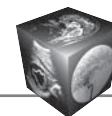


Рис. 4. Структура распределения показателя начало артериальной фазы (TOA) (с) в зависимости от принадлежности к группе.

Fig. 4. The structure of the distribution of the indicator onset of the arterial phase (TOA) (s), depending on belonging to the groups.

Таблица 3. Исходные данные для расчета по показателю начало артериальной фазы (TOA) (с)

Table 3. Initial data for calculation according to the indicator of the beginning of the arterial phase (TOA) (s)

Оценка	1-я группа (n = 6)	2-я группа (n = 6)
A1	12,1 ± 10,6	10,5 ± 2,4
A2	12,4 ± 12,6	10,1 ± 3,2
A3	12,5 ± 18,52	10,5 ± 2,4
A4	12,5 ± 22,47	11,3 ± 2,0
A5	11,3 ± 35,88	11,4 ± 2,5
B1	14,2 ± 30,46	12,4 ± 2,5
B2	12,0 ± 37,01	12,3 ± 2,4
B3	12,2 ± 48,0	12,3 ± 2,6

Таблица 3А. Однофакторный дисперсионный анализ по показателю начало артериальной фазы (TOA) (с)

Table 3A. One-way analysis of variance for the onset of arterial phase (TOA) (s)

Группа	Счет	Сумма	Среднее	Дисперсия
1-я	50	1082	21,64	160,0816
2-я	50	662,9	13,258	4,627792

Таблица 3Б. Дисперсионный анализ по показателю начало артериальной фазы (TOA) (с)

Table 3B. Analysis of variance in terms of the beginning of the arterial phase (TOA) (s)

Источник вариации	SS	df	MS	F	P-значение	F критическое
Между группами	1756,448	1	1756,44	21,3278	1,17694E	3,938111078
Внутри групп	8070,761	98	82,3547			
Итого	9827,209	99				

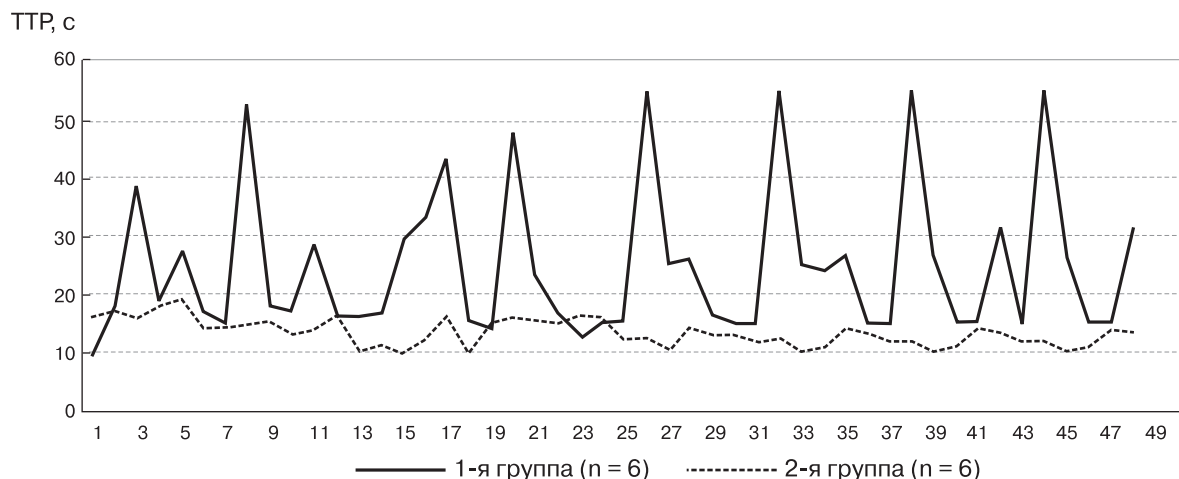


Рис. 5. Распределение показателя время достижения максимальной интенсивности накопления контрастного препарата (ТТР) (с) в зависимости от принадлежности к группе.

Fig. 5. Distribution of the indicator time to reach the maximum intensity of accumulation of the contrast agent (TTP) (s), depending on belonging to the group.

Таблица 4. Исходные данные для исследования показателя время достижения максимальной интенсивности накопления контрастного препарата ТТР (с)

Table 4. Initial data for the study of the indicator time to reach the maximum intensity of the accumulation of the contrast agent TTP (s)

Оценка	1-я группа (n = 6)	2-я группа (n = 6)
A1	17,2 ± 9,3	14,0 ± 1,9
A2	15,3 ± 29,4	14,3 ± 3,7
A3	16,5 ± 22,64	14,5 ± 3,9
A4	15,2 ± 26,54	14,5 ± 3,1
A5	14,1 ± 41,37	15,5 ± 1,9
B1	15,5 ± 49,38	15,3 ± 4,0
B2	13,1 ± 47,37	15,4 ± 3,9
B3	14,0 ± 27,46	15,2 ± 3,5

Таблица 4А. Однофакторный дисперсионный анализ по показателю время достижения максимальной интенсивности накопления контрастного препарата ТТР (с)

Table 4A. One-way analysis of variance in terms of time to reach the maximum intensity of accumulation of a contrast agent TTP (s)

Группа	Счет	Сумма	Среднее	Дисперсия
1-я	48	1192,4	24,84167	164,5765
2-я	48	652,9	13,60208	5,295953

Таблица 4Б. Дисперсионный анализ по показателю время достижения максимальной интенсивности накопления контрастного препарата (ТТР) (с)

Table 4B. Analysis of variance in terms of time to reach the maximum intensity of accumulation of a contrast agent (TTP) (s)

Источник вариации	SS	df	MS	F	P-значение	F критическое
Между группами	3031,878	1	3031,878	35,69592	4,1E-08	3,942303
Внутри групп	7984,006	94	84,93624			
Итого	11015,88	95				

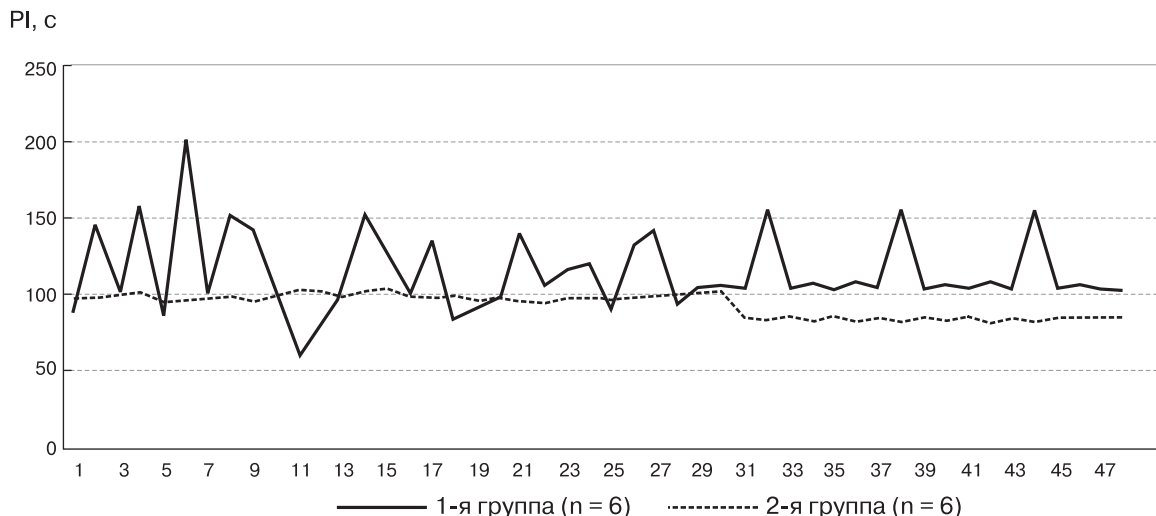
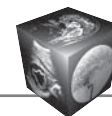


Рис. 6. Распределение показателя максимальная интенсивность накопления контрастного препарата (PI) (с) в зависимости от принадлежности к группе.

Fig. 6. Distribution of the indicator maximum intensity of accumulation of contrast agent (PI) (s) depending on belonging to the group.

Таблица 5. Исходные данные для оценки показателя максимальная интенсивность накопления контрастного препарата (PI) (с)

Table 5. Initial data for assessing the indicator maximum intensity of contrast agent accumulation (PI) (s)

Оценка	1-я группа (n = 6)	2-я группа (n = 6)
A1	102,1 ± 47,4	98,1 ± 1,1
A2	101,12 ± 32,6	98,3 ± 2,6
A3	104,1 ± 44,4	99,4 ± 2,2
A4	97,2 ± 36,39	96,1 ± 2,7
A5	91,1 ± 39,37	97,5 ± 3,1
B1	104,1 ± 37,56	85,4 ± 3,8
B2	93,5 ± 40,37	88,4 ± 2,9
B3	93,5 ± 40,37	88,4 ± 2,9

Таблица 5А. Однофакторный дисперсионный анализ для оценки показателя максимальная интенсивность накопления контрастного препарата (PI) (с)

Table 5A. One-way analysis of variance to assess the indicator maximum intensity of accumulation of contrast agent (PI) (s)

Группа	Счет	Сумма	Среднее	Дисперсия
1-я	48	5523,8	115,0792	696,9868
2-я	48	4498,4	93,71667	57,07333

Таблица 5Б. Дисперсионный анализ для оценки показателя максимальная интенсивность накопления контрастного препарата (PI) (с)

Table 5B. Analysis of variance to assess the indicator maximum intensity of contrast agent accumulation (PI) (s)

Источник вариации	SS	df	MS	F	P-значение	F критическое
Между группами	10952,55	1	10952,55	29,04955	5,22E-07	3,942303
Внутри групп	35440,83	94	377,0301			
Итого	46393,38	95				

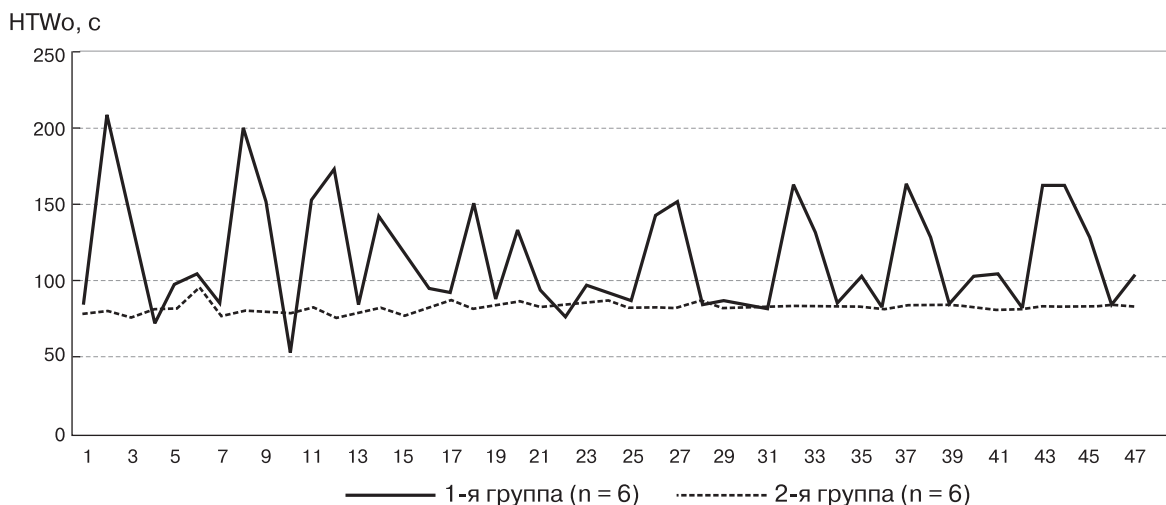


Рис. 7. Распределение показателя время полувыведения контрастного препарата (HTWo) (с) в зависимости от принадлежности к группе.

Fig. 7. Distribution of the indicator half-life of the contrast agent (HTWo) (s) depending on belonging to the group.

Таблица 6. Исходные данные для показателя время полувыведения контрастного препарата (HTWo) (с)

Table 6. Initial data for the indicator half-life of the contrast agent (HTWo) (s)

Оценка	1-я группа (n = 6)	2-я группа (n = 6)
A1	85,2 ± 28,6	79,3 ± 1,5
A2	86,2 ± 24,6	79,3 ± 3,5
A3	86,3 ± 21,76	80,3 ± 3,4
A4	89,3 ± 24,11	86,3 ± 1,5
A5	87,5 ± 34,13	83,3 ± 2,5
B1	84,1 ± 46,12	84,5 ± 2,5
B2	88,3 ± 36,13	85,3 ± 3,6
B3	89,5 ± 39,14	84,3 ± 3,6

Таблица 6А. Однофакторный дисперсионный анализ для показателя время полувыведения контрастного препарата (HTWo) (с)

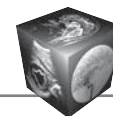
Table 6A. One-way analysis of variance for the indicator half-life of the contrast agent (HTWo) (s)

Группа	Счет	Сумма	Среднее	Дисперсия
1-я	47	5427,1	115,4702	1279,824
2-я	47	3932,4	83,66809	11,45005

Таблица 6Б. Дисперсионный анализ для показателя время полувыведения контрастного препарата (HTWo) (с)

Table 6B. Analysis of variance for the indicator half-life of the contrast agent (HTWo) (s)

Источник вариации	SS	df	MS	F	P-значение	F критическое
Между группами	23767,32	1	23767,32	36,81219	2,86E-08	3,944539
Внутри групп	59398,62	92	645,6372			
Итого	83165,94	93				

**Таблица 7.** Оценка критерия согласованности (Cohen's kappa) работы врачей УЗД при КУУЗИ (n = 6)**Table 7.** Assessment of the criterion of consistency (Cohen's kappa) of the work of ultrasound doctors in CEUS (n = 6)

Группа пациентов при КУУЗИ почек	Показатели Cohen's kappa	
	врачи УЗД с опытом работы >5 лет	доверительный интервал 95%
Рутинная методика	0,25	0,2–0,31
Стандартизированная методика	0,65	0,61–0,76

Как следует из табл. 7, стандартизированная методика количественных параметров КУУЗИ показала хорошую согласованность (0,61–0,76). В свою очередь оценка количественных параметров КУУЗИ почек при использовании рутинной методики показала низкую согласованность (0,21–0,3). Объяснением более низких показателей согласованности Cohen's kappa оценки количественных параметров рутинной методики является, по нашему мнению, анатомически не обоснованное измерение заданных параметров почечного кровотока во время исследования. Поскольку элементы ангиоархитектоники почки не могут быть идентично расположены в каждом отдельном случае, для возможности лучшей визуализации ограниченных участков почечной паренхимы необходимо оценивать отдельные сегменты почек непосредственно в точках наибольшей вероятности прохождения трубчатых структур. Кровеносная система почек отличается наличием развитой капиллярной сети и соответственно низким периферическим сопротивлением, что подтверждает важность стандартизированного подхода в проведении данного исследования. В качестве референсного метода была использована динамическая нефросцинтиграфия для определения функциональной работы почек.

Качественные показатели, полученные по результатам КУУЗИ почек у пациентов исследуемых групп, представлены на рис. 8. Оценка качественных характеристик контрастного усиления является субъективной, следовательно, имеет риск ложноположительных и ложноотрицательных результатов ввиду операторозависимости. Для снижения субъективизма необходима одновременная запись кинопетли с последующей интерпретацией результатов.

Анализ рис. 8 показал, что при проведении методик оценки количественных параметров КУУЗИ в двух группах исследуемых пациентов были выявлены разные варианты в согласованности.

Выраженная несогласованность оказалась в группе, где количественная оценка проводилась посредством рутинной методики (0,25). На рис. 8б, г количественная оценка ангиоархитектоники

правой почки проводилась в 4 различных точках у пациентов с СД 2 типа в стадии компенсации. Основные количественные параметры КУУЗИ у пациентов с СД 2 типа в стадии компенсации отображены в следующем порядке: ТАО = $14,34 \pm 32,5$ с; ТТР = $20,97 \pm 29,41$ с; PI = $101,48 \pm 37,98$ с; HTWo = $76,68 \pm 18,71$ с. Высокая погрешность количественных показателей данной группы не позволила дать точную оценку перфузии почек, а также возможность прогнозирования ХБП у пациентов с СД 2 типа в стадии компенсации.

Противоположные результаты в виде согласованности в интерпретации количественных показателей врачей (0,65) были получены в группах, где результаты гемодинамики почек оценивались по стандартизированной методике, которая включала оценку ангиоархитектоники почек в 8 фиксируемых точках у пациентов с ХБП в терминальной стадии (в 5 артериальных и 3 венозных). На рис. 8а, в можно проследить вариант полученного исследования. Все точки были фиксированы в срединном сегменте почки. Точки А1 и В1 фиксированы в воротах почки на расстоянии не менее 5 мм от деления на сегментарные артерии и сегментарные вены, точки А2, А3, А4, А5, В2 и В3 – в проекции срединного сегмента визуализируемых сосудов. Основные количественные параметры КУУЗИ у пациентов с ХБП в терминальной стадии в точке А1 отображены в следующем порядке: ТАО = $15,12 \pm 2,8$ с; ТТР = $22,45 \pm 3,1$ с; PI = $103,13 \pm 2,1$ с; HTWo = $77,58 \pm 3,7$ с. Низкая погрешность позволяет достоверно оценивать количественные показатели в данной группе.

В результате проведения КУУЗИ почек по рутинной методике в 50% (n = 3) случаев выявлена гипоперфузия правой почки и в 50% (n = 3) случаев данные интерпретировались как норма. В результате проведения КУУЗИ почек по предложенной методике в 100% (n = 6) случаев выявлена выраженная гипоперфузия правой почки.

По результатам динамической нефросцинтиграфии почек во всех случаях в обеих группах пациентов была выявлена гипоперфузия правой почки. В результате консилиума врачей нефрологов и эндокринологов, а также клинико-лабораторных

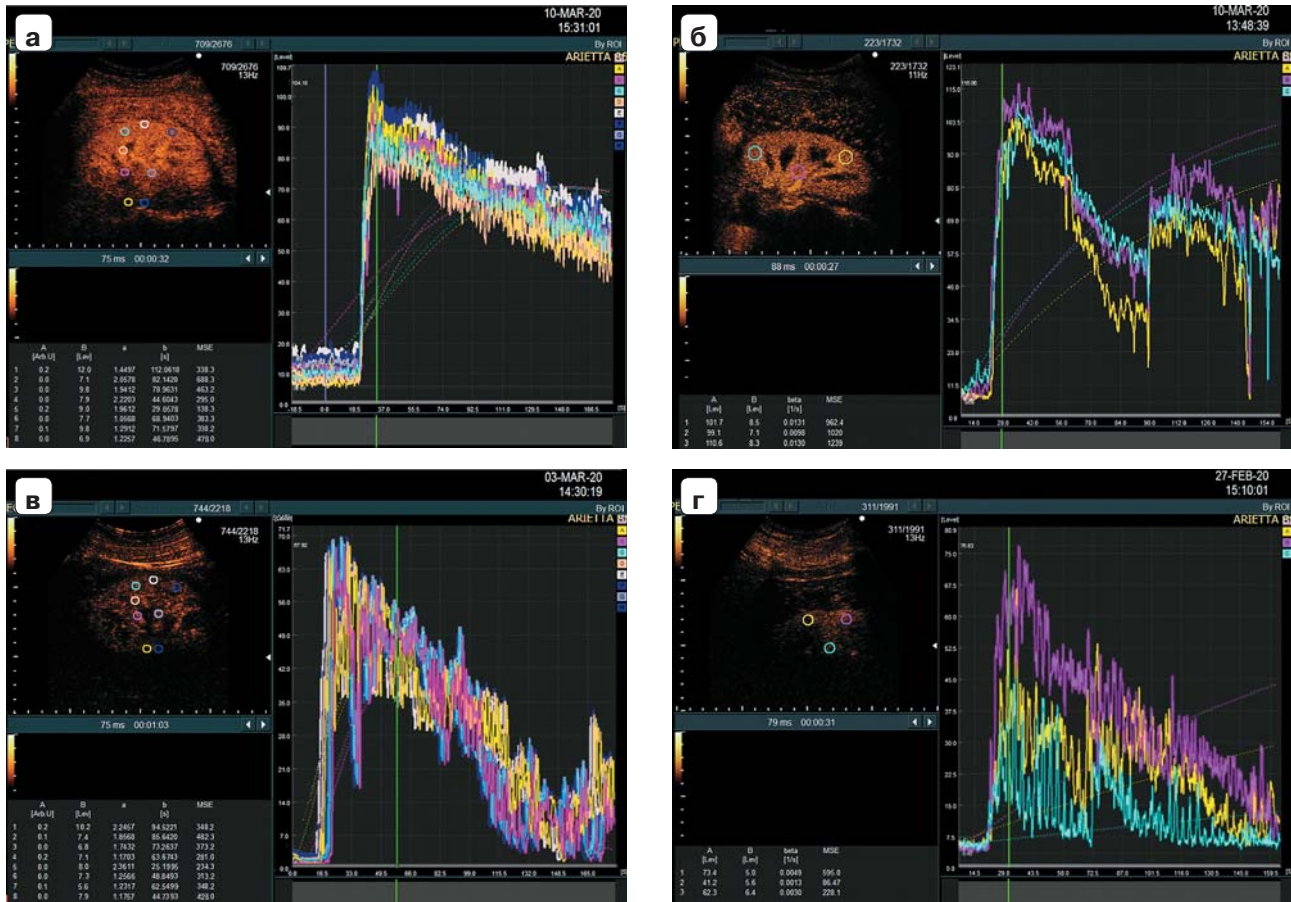
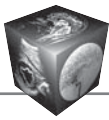


Рис. 8. Сравнительная качественная оценка КУУЗИ почек у пациентов с СД 2 типа в группах с использованием стандартизированной и рутинной методик исследования. **а** – стандартизированная методика проведения КУУЗИ правой почки у пациента с ХБП I стадии, СД 2 типа (стаж течения >10 лет) в стадии компенсации; **б** – рутинная методика проведения КУУЗИ правой почки у пациента с ХБП I стадии, СД 2 типа в стадии компенсации; **в** – стандартизированная методика проведения КУУЗИ правой почки у пациента с ХБП, терминальная стадия, СД 2 типа, тяжелое течение; **г** – рутинная методика проведения КУУЗИ правой почки у пациента с ХБП, терминальная стадия, СД 2 типа, тяжелое течение.

Fig. 8. Comparative qualitative assessment of contrast-enhanced ultrasound examination of the kidneys in patients with type 2 diabetes in groups using standardized and routine research methods. **a** – standardized method of conducting CEUS of the right kidney in a patient with chronic kidney disease grade 1, type 2 diabetes (course of history > 10 years) in the stage of compensation; **б** – routine method of conducting CEUS of the right kidney in a patient with chronic kidney disease grade I, type 2 diabetes in the stage of compensation; **в** – standardized technique for conducting CEUS of the right kidney in a patient with chronic kidney disease, terminal stage, severe type 2 diabetes; **г** – routine method of conducting CEUS of the right kidney in a patient with chronic kidney disease, terminal stage, severe type 2 diabetes.

и инструментальных методов исследования был скорректирован дальнейший индивидуальный для каждого пациента план лечения с принятием решения о начале диализной терапии.

Выводы

1. Стандартизированная методика оценки количественных параметров при КУУЗИ почек более воспроизводима врачами УЗД, чем рутинная.
2. Проведение КУУЗИ может быть использовано для оценки гипоперфузии с целью снижения эффективной эквивалентной дозы для пациента.

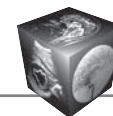
Участие авторов

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

Горбатенко О.А. – проведение исследования, сбор и обработка данных, статистическая обработка данных, анализ и интерпретация полученных данных, написание текста, подготовка, создание опубликованной работы.

Authors' participation

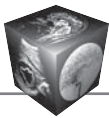
Borsukov A.V. – concept and design of the study, approval of the final version of the article, responsibility for the integrity of all parts of the article.



Gorbatenko O.A. – conducting research, collection and analysis of data, statistical analysis, analysis and interpretation of the obtained data, writing text, preparation and creation of the published work.

Список литературы

1. International Diabetes Federation, 2019. URL: <https://www.idf.org/>
2. Дедов И.И., Шестакова М.В., Майоров А.Ю. Алгоритмы специализированной медицинской помощи больным сахарным диабетом. 9-й выпуск (дополненный). М., 2019.
3. Шестакова М.В. Сахарный диабет и хроническая болезнь почек: возможности прогнозирования, ранней диагностики и нефропротекции в XXI веке. *Терапевтический архив*. 2016; 6: 84–88. <http://doi.org/10.17116/terarkh201688684-88>
4. Практические рекомендации KDIGO по диагностике, профилактике и лечению минеральных и костных нарушений при хронической болезни почек (ХБП-МKN). Краткое изложение рекомендаций. *Нефрология*. 2011; 15 (1): 88–95.
5. Targher G., Bertolini L., Rodella S., Lippi G., Zoppini G., Chonchol M. Relationship between kidney function and liver histology in subjects with nonalcoholic steatohepatitis. *Clin. J. Am. Soc. Nephrol.* 2010; 5: 2166–2171.
6. Борсуков А.В., Горбатенко О.А., Венидиктова Д.Ю., Пулатова И.З. Препарат для контраст-усиленного исследования: новое направление в ранней диагностике ангионеврофросклероза у пациентов с СД 2 типа на фоне неалкогольной жировой болезни печени. *Медицинский алфавит*. 2020; 30: 37–41. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2020-30-37-41>
7. Das U., Dakshimurthy K.V., Prayaga A., Uppin M.S. Nondiabetic kidney disease in type 2 diabetic patients: A single center experience. *Indian J. Nephrol.* 2012; 22 (5): 358–362.
8. Муркамилов И.Т., Айтбаев К.А., Фомин В.В., Кудайбергенова И.О., Муркамилова Ж.А., Юсупов Ф.А. Диабетическая нефропатия: распространенность и факторы риска. *Вестник Волгоградского государственного медицинского университета*. 2021; 1 (77).
9. Шейман Джеймс А. Патофизиология почки: Пер. с англ. М.: Издательство БИНОМ, 2019. 192 с.
10. Sit D., Kadiroglu A. K., Kayabasi H., Yilmaz M.E. The prevalence of insulin resistance in nondiabetic nonobese patients with chronic kidney disease. *Adv. Ther.* 2000; 23 (6): 988–998.
11. Бикбов Б.Т., Томилина Н.А. Заместительная терапия больных с хронической почечной недостаточностью в Российской Федерации в 1998–2011 гг. *Нефрология и диализ*. 2014; 16 (1): 11–117.
12. Kittikulnam P., Thokanit N.S., Katavetin P., Susanthipong P., Srisawat N., Praditpornsilpa K., Tungsanga K., Eiam-Ong S. The magnitude of obesity and metabolic syndrome among diabetic chronic kidney disease population: A nationwide study. *PLoS One*. 2018; 13 (5): e0196332. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0196332>
13. Weskott H.-P. Контрастная сонография. 1-е изд. Бремен: UNI-MED, 2014. 284 с.
14. Соловьев Я.А., Митина Л.А., Митькова М.Д. Ультразвуковое исследование с контрастным усилением в дифференциальной диагностике злокачественных и доброкачественных опухолей почек *Ультразвуковая и функциональная диагностика*. 2018; 4: 46–64.
15. Громов А.И. Диагностическая эффективность новых методик ультразвукового исследования в урологии. *Радиология-практика*. 2012; 2: 45–52.
16. Зубарев А.В., Фёдорова А.А., Чернышев В.В. и др. Применение эхоконтрастных препаратов в клинике и перспективы синхронизации УЗИ, КТ-/МРТ-изображений (собственный опыт и обзор литературы). *Медицинская визуализация*. 2015; 1: 94–114.
17. Claudon M., Dietrich C.F., Choi B.I. et al. Guidelines and good clinical practice recommendations for contrast enhanced ultrasound (CEUS) in the liver – update 2012: a WFUMB-EFSUMB initiative in cooperation with representatives of AFSUMB, AIUM, ASUM, FLAUS and ICUS. *Ultraschall Med.* 2013; 34 (1): 11–29. <http://doi.org/10.1055/s-0032-1325499>
18. Борсуков А.В., Буеверов А.О., Тиханкова А.В. Полуколичественная оценка контраст-усиленного ультразвукового исследования при хронических вирусных гепатитах. *Доктор.Ру*. 2019; 8 (163): 28–34. <http://doi.org/10.31550/1727-2378-2019-163-8-28-34>
19. Como G., Da Re J., Adani G.L., Zuiani Ch., Girometti R. Role for contrast-enhanced ultrasound in assessing complications after kidney transplant. *Wld J. Radiol.* 2020; 12 (8): 156–171. <http://doi.org/10.4329/wjr.v12.i8.156>
20. Сенча А.Н., Могутов М.С., Патрунов Ю.Н., и др. Ультразвуковое исследование с использованием контрастных препаратов. М.: Видар-М, 2015. 144 с.
21. Sidhu P.S., Cantisani V., Dietrich C.F. et al. The EFSUMB guidelines and recommendations for the clinical practice of contrast-enhanced ultrasound (CEUS) in non-hepatic applications: update 2017 (long version). *Ultraschall Med.* 2018; 39(2): e2–e44. <http://doi.org/10.1055/a-0586-1107>
22. Bertolotto M., Quaiia E., Galli G., Martinoli C., Locatelli M. Color Doppler sonographic appearance of renal perforating vessels in subjects with normal and impaired renal function. *J. Clin. Ultrasound.* 2000; 28 (6): 267–276.
23. Козлова Е.Ю. Особенности структурно-функционального состояния почек у детей подросткового возраста с ожирением: Дис. ... канд. мед. наук. Смоленск, 2018. 147 с.
24. Постнов Д.Э., Шишкин А.В., Щербakov П.А. Нелинейные эффекты в ансамблях осцилляторов со связью через распределение ресурса: часть 1. Динамические режимы авторегуляции кровотока в васкулярном дереве нефронов. *Известия вузов. ПНД*. 2007; 5.
25. Westwood M., Joore M., Grutters J., Redekop K., Armstrong N., Lee K., Gloy V., Raatz H., Misso K., Severens J., Kleijnen J. Contrast-enhanced ultrasound using SonoVue® (sulphur hexafluoride microbubbles) compared with contrast-enhanced computed tomography and contrast-enhanced magnetic resonance imaging for the characterisation of focal liver lesions and detection of liver metastases: a systematic review and cost-effectiveness analysis. *Health Technol. Assess.* 2013; 17 (16): 1–243. <http://doi.org/10.3310/hta17160>
26. Emanuel A.L., Meijer R.I., van Poelgeest E., Spoor P., Serné E.H., Eringa E.C. Contrast-enhanced ultrasound for quantification of tissue perfusion in humans. 2020; 27 (1): e12588. <http://doi.org/10.1111/micc.12588>
27. Yoon H.E., Kim D.W., Kim D., Kim Y., Shin S.J., Shin Y.R. A pilot trial to evaluate the clinical usefulness of contrast-enhanced ultrasound in predicting renal outcomes in



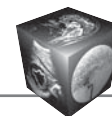
patients with acute kidney injury. *PLoS ONE*. 2020, 15 (6): e0235130.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0235130>

28. Website of the European Society of Uroradiology. <http://www.esur.org>

References

1. International Diabetes Federation, 2019. URL: <https://www.idf.org/>
2. Dedov I.I., Shestakova M.V., Mayorov A.Yu. *Algorithms for specialized medical care for patients with diabetes mellitus*. 9th edition (amended). Moscow, 2019. (In Russian)
3. Shestakova M.V. Diabetes mellitus and chronic kidney disease: possibilities of prediction, early diagnosis and nephroprotection in the XXI century. *Therapeutic archive*. 2016; 6: 84–88. <http://doi.org/10.17116/terarkh201688684-88> (In Russian)
4. Practical recommendations of KDIGO for diagnosis, prevention and treatment of mineral and bone disorders in chronic kidney disease (CKD-MCD). Summary of recommendations. *Nephrology*. 2011; 15 (1): 88–95. (In Russian)
5. Targher G., Bertolini L., Rodella S., Lippi G., Zoppini G., Chonchol M. Relationship between kidney function and liver histology in subjects with nonalcoholic steatohepatitis. *Clin. J. Am. Soc. Nephrol.* 2010; 5: 2166–2171.
6. Borsukov A.V., Gorbatenko O.A., Venidiktova D.Yu., Pulatova I.Z. Drug for contrast-enhanced ultrasound examination: new dimension in early diagnosis of angioneurosis in patients with type 2 diabetes on the non-alcoholic fatty liver disease. *Medical alphabet*. 2020, 30: 37–41. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2020-30-37-41> (In Russian)
7. Das U., Dakshimurthy K.V., Prayaga A., Uppin M.S. Nondiabetic kidney disease in type 2 diabetic patients: A single center experience. *Indian J. Nephrol.* 2012; 22 (5): 358–362.
8. Murkamilov I.T., Aitbaev K.A., Fomin V.V., Kudaiberge-nova I.O., Murkamilova Zh.A., Yusupov F.A. Diabetic nephropathy: prevalence and risk factors. *Bulletin of the Volgograd Medical State University*. 2021; 1 (77). (In Russian)
9. James A. Sheiman Renal Pathophysiology. J.B. Lippincott, 1995. 189 p. ISBN 0397513720, 9780397513727
10. Sit D., Kadiroglu A. K., Kayabasi H., Yilmaz M.E. The prevalence of insulin resistance in nondiabetic nonobese patients with chronic kidney disease. *Adv. Ther.* 2000; 23 (6): 988–998.
11. Bikbov B.T., Tomilina N.A. Replacement therapy for patients with chronic renal failure in the Russian Federation in 1998–2011. *Nephrology and dialysis*. 2014; 16 (1): 11–117. (In Russian)
12. Kittikulnam P., Thokanit N.S., Katavetin P., Susanthaphong P., Srisawat N., Praditpornsilpa K., Tungsanga K., Eiam-Ong S. The magnitude of obesity and metabolic syndrome among diabetic chronic kidney disease population: A nationwide study. *PLoS One*. 2018; 13 (5): e0196332. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0196332>
13. Weskott H.-P. Contrast sonography. 1st ed. Bremen: UNI-MED, 2014. 284 p.
14. Solovov Ya.A., Mitina L.A., Mitkova M.D. Contrast-enhanced ultrasound (CEUS) in differential diagnosis of benign and malignant renal tumors. *Ultrasound and Functional Diagnostics*. 2018; 4: 46–64. (In Russian)
15. Gromov A.I. Diagnostical efficacy of new methods of ultrasound in urology. *Radiology-practice*. 2012; 2: 45–52. (In Russian)
16. Zubarev A.V., Fedorova A.A., Chernyshev V.V. and others. The use of echocontrast drugs in the clinic and the prospects for synchronization of ultrasound, CT/MRI images (own experience and literature review). *Medical Visualization*. 2015; 1: 94–114. (In Russian)
17. Claudon M., Dietrich C.F., Choi B.I. et al. Guidelines and good clinical practice recommendations for contrast enhanced ultrasound (CEUS) in the liver – update 2012: a WFUMB-EFSUMB initiative in cooperation with representatives of AFSUMB, AIUM, ASUM, FLAUS and ICUS. *Ultraschall Med.* 2013; 34 (1): 11–29. <http://doi.org/10.1055/s-0032-1325499>
18. Borsukov A.V., Bueverov A.O., Tikhankova A.V. Semi-quantitative estimation of contrast-enhanced ultrasound examination in chronic viral hepatitis. *Doctor.ru*. 2019; 8 (163): 28–34. <http://doi.org/10.31550/1727-2378-2019-163-8-28-34> (In Russian)
19. Como G., Da Re J., Adani G.L., Zuiani Ch., Girometti R. Role for contrast-enhanced ultrasound in assessing complications after kidney transplant. *Wld J. Radiol.* 2020; 12 (8): 156–171. <http://doi.org/10.4329/wjr.v12.i8.156>
20. Sencha A.N., Mogutov M.S., Patrunov Yu.N., et al. Ultrasound examination using contrast agents. M.: Vidar-M, 2015. 144 p. (In Russian)
21. Sidhu P.S., Cantisani V., Dietrich C.F. et al. The EFSUMB guidelines and recommendations for the clinical practice of contrast-enhanced ultrasound (CEUS) in non-hepatic applications: update 2017 (long version). *Ultraschall Med.* 2018; 39(2): e2–e44. <http://doi.org/10.1055/a-0586-1107>
22. Bertolotto M., Quaia E., Galli G., Martinoli C., Locatelli M. Color Doppler sonographic appearance of renal perforating vessels in subjects with normal and impaired renal function. *J. Clin. Ultrasound*. 2000; 28 (6): 267–276.
23. Kozlova E.Yu. *Features of the structural and functional state of the kidneys in adolescent children with obesity*: dissertation PhD. Smolensk, 2018. 147 p. (In Russian)
24. Postnov D.E., Shishkin A.V., Shcherbakov P.A. Nonlinear effects in ensembles of oscillators with resource distribution coupling. Part 1: Dynamical regimes of blood flow autoregulation in vascular nephron tree. *Izvestiya Vuzov. HDPE*. 2007; 5. (In Russian)
25. Westwood M., Joore M., Grutters J., Redekop K., Armstrong N., Lee K., Gloy V., Raatz H., Misso K., Severens J., Kleijnen J. Contrast-enhanced ultrasound using SonoVue® (sulphur hexafluoride microbubbles) compared with contrast-enhanced computed tomography and contrast-enhanced magnetic resonance imaging for the characterisation of focal liver lesions and detection of liver metastases: a systematic review and cost-effectiveness analysis. *Health Technol. Assess.* 2013; 17 (16): 1–243. <http://doi.org/10.3310/hta17160>
26. Emanuel A.L., Meijer R.I., van Poelgeest E., Spoor P., Serné E.H., Eringa E.C. *Contrast-enhanced ultrasound for quantification of tissue perfusion in humans*. 2020; 27 (1): e12588. <http://doi.org/10.1111/micc.12588>
27. Yoon H.E., Kim D.W., Kim D., Kim Y., Shin S.J., Shin Y.R. A pilot trial to evaluate the clinical usefulness of contrast-enhanced ultrasound in predicting renal outcomes in patients with acute kidney injury. *PLoS ONE*. 2020, 15 (6): e0235130. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0235130>
28. Website of the European Society of Uroradiology. <http://www.esur.org>



Для корреспонденции*: Горбатенко Ольга Александровна – 214025 Смоленск, ул. Николаева, д. 34А, кв. 36. Тел.: +7-903-892-41-57. E-mail: o.gorbatenkon@gmail.com

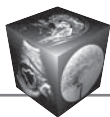
Борсуков Алексей Васильевич – доктор мед. наук, профессор, директор Проблемной научно-исследовательской лаборатории “Диагностические исследования и малоинвазивные технологии” ФГБОУ ВО СГМУ Минздрава России, Смоленск. <https://orcid.org/0000-0003-4047-7252>. E-mail: bor55@yandex.ru

Горбатенко Ольга Александровна – аспирант Проблемной научно-исследовательской лаборатории “Диагностические исследования и малоинвазивные технологии” ФГБОУ ВО СГМУ Минздрава России, Смоленск. <https://orcid.org/0000-0002-8820-7713>. E-mail: o.gorbatenkon@gmail.com

Contact*: Olga A. Gorbatenko – 34A, apt. 36, Nikolaeva str., 214025 Smolensk, Russian Federation. Phone: +7-903-892-41-57. E-mail: o.gorbatenkon@gmail.com

Alexey V. Borsukov – Doct. of Sci. (Med.), Professor, Head of the Fundamental research laboratory “Diagnostic researches and minimally invasive technologies”, Smolensk State Medical University, the Ministry of Health of the Russian Federation, Smolensk

Olga A. Gorbatenko – postgraduate student of the Fundamental research laboratory “Diagnostic researches and minimally invasive technologies”, Smolensk State Medical University, the Ministry of Health of the Russian Federation, Smolensk



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

<https://doi.org/10.24835/1607-0763-940>

Перфузия головного мозга при сахарном диабете 1 типа и когнитивной дисфункции

© Самойлова Ю.Г.*, Матвеева М.В., Тонких О.С., Фимушкина Н.Ю.

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный медицинский университет»; 634050 Томск, Московский тракт, 2, Российская Федерация

Цель исследования: оценка микроциркуляции головного мозга с помощью контрастной и бесконтрастной магнитно-резонансной перфузии у пациентов с сахарным диабетом (СД) 1 типа и когнитивной дисфункцией.

Материал и методы. Исследование соответствует общепринятым этическим правилам. В исследование включили 45 пациентов с СД 1 типа с когнитивной дисфункцией, 20 пациентов без. Всем проводили непрерывный мониторинг гликемии с оценкой коэффициентов вариальности. Магнитно-резонансную томографию (МРТ) выполняли на магнитно-резонансном томографе Signa Creator “E” фирмы GE Healthcare, 1,5 Тл, China: методики – динамическая контрастная и метки артериальных спинов. Для статистического анализа использовали программу SPSS Statistic.

Результаты. Показано снижение скорости кровотока в области белого и серого вещества лобной, затылочных и височных долей, а также скорлупы ($p \leq 0,05$) у пациентов с СД 1 типа и когнитивной дисфункцией. Наибольшее влияние на корковые структуры по данным перфузии оказывают гипергликемия и следующие индексы вариальности гликемии: индекс длительного повышения гликемии, риск гипергликемии и гипогликемии, скорость изменения гликемии, индикатор качества контроля гликемии, а при бесконтрастной – качество контроля гликемии и скорость ее изменения, риски гипо- и гипергликемии. Основными факторами изменения микроциркуляции головного мозга являются эпизоды тяжелой гипогликемии в анамнезе, длительность заболевания, артериальная гипертензия (АГ), повышенный уровень холестерина. Отдельных маркеров для оценки когнитивных нарушений при СД 1 типа выявлено не было.

Заключение. В основе микроциркуляторных нарушений головного мозга при СД 1 типа – уровень гликированного гемоглобина (HbA_{1c}) и вариальность гликемии, а также острые осложнения, длительность СД и ассоциированные состояния (АГ и гиперхолестеринемия).

Ключевые слова: сахарный диабет 1 типа, микроциркуляция, магнитно-резонансная перфузия, когнитивная дисфункция

Авторы подтверждают отсутствие конфликтов интересов.

Для цитирования: Самойлова Ю.Г., Матвеева М.В., Тонких О.С., Фимушкина Н.Ю. Перфузия головного мозга при сахарном диабете 1 типа и когнитивной дисфункции. *Медицинская визуализация*. 2021; 25 (3): 66–72. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-940>

Поступила в редакцию: 27.08.2020.

Принята к печати: 13.09.2021.

Опубликована online: 15.09.2021.

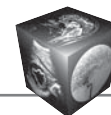
Brain perfusion in type 1 diabetes and cognitive dysfunction

© Yulia G. Samoilova*, Maria V. Matveeva, Olga S. Tonkikh, Natalia Yu. Fimushkina

Siberian State medical University; Moskovskii trakt, 2, Tomsk 634050, Russian Federation

The purpose. To evaluate brain microcirculation using contrast and non-contrast magnetic resonance perfusion in patients with type 1 diabetes and cognitive dysfunction.

Material and methods. The study complies with generally accepted ethical rules. The study included 45 patients with type 1 diabetes and cognitive dysfunction and 20 patients without. Every patient included in the study was continuously monitoring glycemia with evaluation of variability coefficients. MRI was performed using a magnetic resonance imaging scanner Signa Creator “E”, GE Healthcare, 1.5 Tl, China: methods – dynamic



contrast ("Gadovist", w/w, bolusno, 5 ml) and arterial spin marks. SPSS Statistic software package was used for statistical analysis.

Results. Blood flow decreased in patients with type 1 type and cognitive dysfunction in the areas of white and gray matter of frontal, occipital and temporal lobes, and shells ($p \leq 0.05$). According to perfusion data, hyperglycemia and the following glycemic variability indices have the greatest influence on cortical structures: glycemic index of prolonged glycemia increase, risk of hyperglycemia and hypoglycemia, glycemic rate of change, glycemic control quality indicator, and in case of non-contrast glycemic control quality and glycemic rate of change, risks of hypo and hyperglycemia. The main factors of changes in brain microcirculation are episodes of severe hypoglycemia in the anamnesis, duration of the disease, arterial hypertension, high cholesterol levels. No separate markers for the evaluation of cognitive disturbances in type 1 diabetes were revealed.

Conclusions. The basis of microcirculatory brain disorders in type 1 diabetes is the level of HbA_{1c} and variability of glycemia as well as acute complications, duration of diabetes and associated conditions (arterial hypertension and hypercholesterolemia). The most important data were obtained during contrast perfusion.

Keywords: type 1 diabetes, microcirculation, magnetic resonance perfusion, cognitive dysfunction

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

For citation: Samoilova Y.G., Matveeva M.V., Tonkikh O.S., Fimushkina N.Yu. Brain perfusion in type 1 diabetes and cognitive dysfunction. *Medical Visualization*. 2021; 25 (3): 66–72. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-940>

Received: 27.08.2020.

Accepted for publication: 13.09.2021.

Published online: 15.09.2021.

Введение

Центральная нервная система является одной из основных мишеней сахарного диабета (СД) [1]. Наиболее частым проявлением дисфункции головного мозга при СД являются когнитивные нарушения. Дисгликемия, являющаяся прямым следствием СД 1 типа, несомненно, играет определенную роль в развитии церебральных расстройств, которые приводят к активации многоступенчатого каскада метаболических нарушений, общей конечной точкой которых являются ухудшение кровотока, гипоксия, клеточная энергетическая недостаточность, эндотелиальная дисфункция [2]. Электронная микроскопия позволила выявить в эндотелиоцитах дегенерацию пептицитов – клеток, формирующих наружный слой по отношению к эндотелию микрососудов и, возможно, участвующих в поддержании гематоневрального барьера, а также удвоение базальной мембраны. Утолщение базальной мембраны приводит к сужению просвета капилляров. Как следствие, повышается внутрисосудистое сопротивление и нарушается микроциркуляция в пораженных областях [3].

Установлено, что при СД 1 типа гипоперфузия головного мозга и лейкоареоз в исходном состоянии были связаны с более низкими когнитивными функциями с течением времени независимо от возраста, пола, уровня HbA_{1c} и тяжелой гипогликемии [4]. В другом исследовании пациентов с СД 1 типа показано увеличение церебрального кровотока в гипоталамусе, стволе головного мозга, передней части поясной извилины коры и бледном шаре при снижении гликемии от 5,2 до 4,3 ммоль/л. Это свидетельствует о том, что эти регионы наиболее чувствительны к небольшим изменениям

глюкозы крови [5]. В связи с актуальностью изучения роли вариабельности гликемии и модифицируемых факторов в нарушении микроциркуляции головного мозга требуется проведение более специализированных исследований с применением современных технологий.

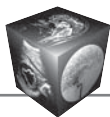
Цель исследования

Оценка микроциркуляции головного мозга с помощью контрастной и бесконтрастной магнитно-резонансной перфузии у пациентов с СД 1 типа и когнитивной дисфункцией.

Гипотеза: у пациентов с СД 1 типа с когнитивной дисфункцией регистрируется нарушение микроциркуляции головного мозга.

Материал и методы

Исследование одобрено этическим комитетом ФГБОУ ВО СибГМУ Минздрава России, все испытуемые подписали информированное согласие. Исследование одномоментное, сплошное. Критерии исключения: другие виды СД (СД 2 типа или гестационный СД), органические заболевания головного мозга, психиатрические заболевания, противопоказания к проведению МРТ, скорость клубочковой фильтрации менее 60 мл/мин, выраженная степень потери зрения и слуха. Методом простой рандомизации все пациенты были разделены на 2 группы: основная – пациенты с СД 1 типа и когнитивной дисфункцией ($n = 45$), контрольная – пациенты с СД 1 типа без когнитивных нарушений ($n = 20$) в возрасте 18–45 лет с различной длительностью заболевания. Помимо общеклинического обследования проводили непрерывный мониторинг гликемии – аппараты iPro, Guardian Real-Time (Медтроник, США), Free Style Libre



(Abbot, США) и оценивали коэффициенты вариабельности (mean – среднее значение гликемии, SD – стандартное отклонение гликемии, CONGA – индекс длительного повышения гликемии, LI – индекс лабильности гликемии, индекс J – индикатор качества контроля гликемии, LBGI – индекс риска гипогликемии, HBGI – индекс риска гипергликемии, M-value – качество контроля, MAG – скорость изменения гликемии, MAGE – средняя амплитуда колебаний гликемии, TIR – время нахождения в целевых значениях гликемии). Скрининг когнитивных расстройств проводили с помощью Монреальской шкалы оценки когнитивных функций (MoCA-тест). Степень когнитивных нарушений устанавливалась в строгом соответствии с общепринятыми критериями, согласно классификации академика РАМН Н.Н. Яхно (2005), выделяют тяжелые, умеренные и легкие когнитивные нарушения.

MPT проводилась на магнитно-резонансном томографе Signa Creator “E” фирмы GE Healthcare, 1,5 Тл, China. Оценивалась T2 MP-перфузия, основанная на изменении T2-сигнала от мозговой ткани во время прохождения по сосудом болюса контрастного вещества, вычислялся региональный объем кровенаполнения или региональный церебральный объем крови (CBV) – общий объем крови, проходящий через данный регион мозга (мл /100 г), региональный мозговой кровоток (CBF) – объем крови, проходящий через заданный регион мозга в единицу времени, среднее время транзита (MTT – mean transit time) – среднее время, которое требуется крови, чтобы пройти между артериальным и венозным руслом. Все три параметра соотносятся друг с другом согласно общему соотношению, которое определяет, что $MTT = CBV/CBF$. Контрастное вещество – Гадовист® (Gadovist®, действующее вещество Gadobutrolum), 5 мл, вводили со скоростью 5 мл/с двухголовочным автоматическим инжектором (MEDRAD Spectris Solaris), тотчас вслед за болюсом с той же скоростью вводилось 20 мл физиологического раствора, время эхо/время повторения 8/500, поле обзора 230 мм, матрица 128×128 , толщина среза 3 мм, время экспозиции динамического скана 1,5 с. Также оценивали бесконтрастную перфузию головного мозга – метод спиновой маркировки артериальной крови (Arterial Spin Labeling, ASL), поле обзора 250 мм, матрица 64×64 , TR 2500, TE 12,0, количество повторов сканирования 1, толщина среза 8 мм. В референтных регионах размеры области интереса (ROI) очерчивались таким образом, чтобы исключить попадание в нее крупных сосудов, как артериальных, так и венозных.

Для статистического анализа использовали программу SPSS Statistic и методы – анализ частот, коэффициент ранговой корреляции Кендала для выборок, не подчиняющихся нормальному закону распределения, непараметрический дисперсионный анализ Крускала–Уоллиса для сравнения медиан выборок, p считалось значимым при уровне менее 0,05.

Результаты

В ходе анализа у пациентов с СД 1 типа и когнитивными нарушениями были выявлены различия в уровне глюкозы, индексов длительности повышения гликемии, ее лабильности и качестве контроля (табл. 1).

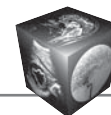
В результате проведенного исследования было выявлено снижение скорости кровотока у пациентов с СД и когнитивной дисфункцией в области белого и серого вещества лобной, затылочных и височных долей, скорлупы (табл. 2).

При анализе влияния метаболических параметров выяснилось, что гликемия была ассоциирована с изменением микроциркуляции только в нескольких областях, в отличие от данных непрерывного мониторингирования гликемии. Что интересно: повышенный уровень холестерина влияет на нарушение микроциркуляции во всех отделах головного мозга ($p \leq 0,05$). Коэффициенты вариационности связаны с нарушением кровообращения как в корковых структурах белого и серого вещества, так и в отдельных подкорковых (амигдала, бледный шар, хвостатое ядро, скорлупа и таламус).

При оценке особенностей контрастной перфузии лобной доли выявлено нарушение кровотока только серого вещества. При этом снижаются скорость и объем кровотока, среднее время прохождения крови ассоциировано с увеличением индексов: CONGA, MAG. Кроме того, наибольшее влияние на изменение кровотока в лобной доле оказывали следующие факторы: в большей степени уровень HbA_{1c} , глюкозы крови, артериальная гипертензия (АГ), эпизоды тяжелых гипогликемий в анамнезе, длительность заболевания.

При анализе микроциркуляции теменной доли выявлена ассоциация с индексами CONGA, HBGI, MAG, что выражалось в снижении пика и средней скорости прохождения. Можно выделить следующие факторы, влияющие на кровоток в теменной доле: уровень HbA_{1c} , эпизоды тяжелых гипогликемий в анамнезе, длительность заболевания.

В исследовании верифицирована гипоперфузия затылочной доли серого и белого вещества, при этом отмечается снижение среднего времени прохождения крови при изменении индексов

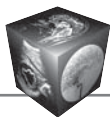
**Таблица 1.** Характеристика пациентов с СД 1 типа (Me [Q1–Q3])**Table 1.** Characteristics of patients with type 1 DM (Me [Q1–Q3])

Параметры	Пациенты с СД 1 типа и когнитивными нарушениями, n = 45	Пациенты с СД 1 типа с нормальными когнитивными функциями, n = 20	p
Возраст, годы	27 [18;45]	26 [23;39]	0,2
Длительность заболевания, годы	11 [1;32]	13 [2;24]	0,2
Глюкоза, ммоль/л	9,1 [6,4;16,4]	7,9 [5,5;18,3]	0,05
HbA _{1c} , %	7,6 [6;12,4]	6,9 [4,5;10,3]	0,2
Индекс массы тела	22,6 [17,4;30,6]	21,8 [16;30,4]	0,2
Средний уровень гликемии (Mean), ммоль/л	8,06 [5,3;11,3]	7,1 [5,7;10,56]	0,2
Стандартное отклонение (SD) гликемии, ммоль/л (норма 0–3,0)	3,17 [0,68;6,3]	2,85 [1,7;4,6]	0,2
Индекс длительного повышения гликемии (CONGA), ммоль/л (норма 3,6–5,5)	8,8 [1,8;16,7]	4,49 [3;10,08]	0,01
Индекс лабильности гликемии (LI), (ммоль/л) ² /ч (норма 0,0–4,7)	10,7 [3;102]	21,2 [5,04;68]	0,01
Индикатор качества контроля гликемии (индекс J) (ммоль/л) ² (норма 4,7–23,6)	45 [16,4;89,9]	41,5 [19,96;68,07]	0,01
Индекс риска гипогликемии (LBGI) (норма 0,0–6,9)	6,4 [0,2;18,3]	7 [3;17]	0,2
Индекс риска гипергликемии (HBGI) (норма – 0,0–7,7)	12,1 [2,08;25,4]	9,4 [2,08;14,02]	0,2
Скорость изменения гликемии (MAG), ммоль/л/ч (норма 0,5–2,2)	3,02 [0,78;52,7]	13,2 [5,8;29,84]	0,2
Средняя амплитуда колебаний гликемии (MAGE), ммоль/л (норма 0,0–2,8)	3,5 [2,25;5,53]	3,37 [2,6;8,4]	0,497
Качество контроля (M-value), ммоль/л (норма 4,4–5,6)	6,6 [2;25,4]	2,6 [1,8;9,7]	0,005
Продолжительность нахождения в целевом уровне гликемии (TIR), % (норма более 70%)	25 [21;28]	28,5 [21;34]	0,000

Таблица 2. Значимые различия показателей МР-перфузии головного мозга у пациентов с СД 1 типа с когнитивной дисфункцией и без (Me [Q1–Q3])**Table 2.** Significant differences in brain MR perfusion in type 1 diabetic patients with and without cognitive dysfunction (Me [Q1–Q3])

Анатомическая структура	Пациенты с СД 1 типа с когнитивной дисфункцией	Пациенты с СД 1 типа без когнитивной дисфункции	p
Серое вещество правой лобной доли, CBV	0,35 [0,4–103]	0,35 [1–16]	0,0009
Белое вещество левой лобной доли, МТТ	9,5 [3–20]	11 [4–9]	0,0029
Белое вещество левой лобной доли, CBV	0,4 [0,5–6]	0,5 [1–2]	0,0007
Белое вещество левой теменной доли, CBF	0,2 [0,2–3]	0,45 [0,5–2]	0,0086
Серое вещество левой затылочной доли, CBV	0,4 [0,5–4]	0,7 [1–4]	0,0027
Серое вещество левой затылочной доли, МТТ	9,5 [4–6]	10,5 [3–12]	0,0063
Серое вещество левой затылочной доли, CBF	3 [3–48]	4 [12–54]	0,0010
Серое вещество правой затылочной доли, CBV	0,1 [0,3–4]	0,6 [0,4–2]	0,0014
Серое вещество правой затылочной доли, CBF	0,7 [2–40]	4 [4–34]	0,0020
Серое вещество левой височной доли, МТТ	11,5 [4–8]	12 [4–14]	0,0030
Белое вещество правой височной доли, МТТ	9 [4–8]	11,5 [4–16]	0,0060
Белое вещество правой височной доли, CBF	1,5 [0,7–20]	2,5 [5–28]	0,0032
Скорлупа справа, CBV	0,35 [0,3–4]	0,8 [2–3]	0,0013
Скорлупа справа, CBF	1,5 [0,4–35]	4,5 [18–25]	0,0021
Скорлупа слева, CBV	0,35 [0,3–4]	0,6 [2–3]	0,0020
Скорлупа слева, CBF	1,5 [0,3–59]	4,4 [12–34]	0,0014

Примечание. CBV – церебральный объем кровотока, CBF – церебральный кровоток.



JINDEX, LBG1. Основные факторы, которые имеют значение в качестве микроциркуляции, это уровень HbA_{1c}, АГ, уровень глюкозы, тяжелые эпизоды гипогликемий в анамнезе, длительность заболевания.

Изменение кровотока височной доли серого вещества связано с показателями mean, LI, JINDEX, HBG1, MAG, что характеризуется снижением церебрального кровотока и его объема, а также средней скоростью прохождения крови, которое связано с уровнем HbA_{1c}, содержанием глюкозы крови, диабетическим кетоацидозом в анамнезе, тяжелыми эпизодами гипогликемии, со степенью АГ, длительностью заболевания.

При оценке подкорковых структур – скорлупы и амигдалы, выделили только чувствительные к вариабельности гликемии – CONGA, JINDEX, HBG1, MAG, MAGE, при этом наблюдалось снижение по всем микроциркуляторным показателям. При оценке микроциркуляции в области головки хвостатого ядра, бледного шара и таламуса отмечено влияние mean, JINDEX, LBG1, HBG1, MVALUE на все индексы перфузии. Васкуляризация подкорковых образований головного мозга наиболее была подтверждена факторами: содержание HbA_{1c}, уровень глюкозы крови, тяжелые гипогликемии в анамнезе, наличие АГ, длительность заболевания.

По данным бесконтрастной перфузии головного мозга отмечена ассоциация с индексами CONGA, LI, LBG1, HBG1, MVALUE, MAG. При этом фактором риска нарушения кровотока при проведении бесконтрастной перфузии является уровень АГ.

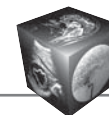
Обсуждение

Патологические механизмы, лежащие в основе когнитивных нарушений, связанных с СД 1 типа, сложны и многофакторны: как гипогликемия, так и гипергликемия могут способствовать когнитивным нарушениям при данной патологии [6]. Многие исследования брали за основу роль гипогликемии в данном процессе, однако крупное продольное эпидемиологическое исследование не выявило такой связи [7]. В последних исследованиях постепенно признается роль вызванных гипергликемией церебральных микрососудистых изменений, таких как нарушение гематоэнцефалического барьера и церебральной ауторегуляции [8], влияющих на локальный мозговой кровоток [9]. Адекватный общий церебральный кровоток необходим для поддержания нормальной нейронной активности и метаболизма, и любое его нарушение приведет к потенциальному повреждению мозга и когнитивной дисфункции [10]. В прове-

денном исследовании показана роль вариабельности гликемии, которая в настоящее время играет роль в развитии микроангиопатий при СД 1 типа [11].

Показано, что СД является независимым предиктором развития региональной гипоперфузии и когнитивных нарушений при СД, особенно 2 типа [12]. Предыдущие исследования с использованием в основном полуколичественных методов для сравнения регионального мозгового потока с глобальным мозговым кровообращением у больных СД 1 типа показали снижение CBF в целом [13, 14]. Некоторые работы показали снижение микроциркуляции в лобной, теменной и затылочной долях головного мозга при СД 1 типа [15]. Так, в проведенном исследовании отмечено нарушение кровотока во всех долях головного мозга, затрагивающее белое и серое вещество. Что интересно: к основным факторам, влияющим на данный процесс, ученые отнесли возраст, гипергликемию и гиперинсулинемию [16]. В данном исследовании наибольшее значение, кроме гипергликемии, имели анамнестические данные, длительность заболевания, уровень холестерина и степень АГ, которые являются общими для развития нейродегенеративного процесса [17]. Дисгликемия была подтверждена не во всех работах, так, при манифестации уровень HbA_{1c} не показал ассоциацию с гипоперфузией головного мозга, тогда как хроническая гипергликемия при СД 2 типа была связана с более низким общим церебральным кровотоком в височной области [6, 18].

Что касается подкорковых образований, то известно, что таламус активируется на ранней стадии умеренной гипогликемии у пациентов с СД 1 типа, что отображается увеличением церебрального кровотока, которое происходит в таламусе здоровых людей в ранней фазе умеренной гипогликемии [19, 20]. Рабочая память при гипогликемии была нарушена, при этом нарушение выполнения нейропсихологического тестирования было достоверно связано с повышенной активностью в лобной, теменной долях и таламусе, а также со снижением активности в височной доле. Активация рабочей памяти статистически значимо увеличивала кровоток в стриатуме при гипогликемии [21]. Однако в данном исследовании различия в микроциркуляции таламуса выявлено не было в группах с когнитивными нарушениями и без, хотя гипогликемии играли роль и встречались у обследованных пациентов, но отмечались различия в области скорлупы. В работе Н. Toprak и соавт. также отмечена роль снижения перфузии таламуса, тогда как существенной разницы в маркерах перфузии хвостового ядра выявлено не было. В данном



исследовании при проведении мониторингования гликемии влияние некоторых коэффициентов приводило к изменениям в данном ядре [22].

Подводя итог и отмечая ограничения, необходимо отметить, что сложность сравнения полученных результатов связана с тем, что исследований в данной области проведено немного и группы сравнения достаточно различны, например группы с чувствительностью или ее отсутствием к гипогликемии, или СД 1 типа и здоровые добровольцы после ночной смены, что, конечно, затрудняет оценку репрезентативности данных. Однако полученные результаты показывают роль вариабельности гликемии и зачастую бессимптомного нарушения микроциркуляции при СД 1 типа и требуют дальнейшего изучения.

Заключение

Микроциркуляторные нарушения при СД 1 типа больше связаны как с повышением уровня HbA_{1c}, так и с вариабельностью гликемии. Наибольшее влияние на корковые структуры по данным перфузии оказывают гипергликемия и следующие индексы вариабельности гликемии: индекс длительного повышения гликемии, риск гипергликемии и гипогликемии, скорость изменения гликемии, индикатор качества контроля гликемии, а при бесконтрастной – качество контроля гликемии и скорость ее изменения, риски гипо- и гипергликемии. Основными факторами изменения микроциркуляции головного мозга являются эпизоды тяжелой гипогликемии в анамнезе, длительность заболевания, АГ, повышенный уровень холестерина. Отдельных маркеров для оценки когнитивных нарушений при СД 1 типа выявлено не было.

Финансирование

При поддержке гранта Президента РФ, соглашение 075-15-2020-192 от 19.03.2020.

Участие авторов

Самойлова Ю.Г. – концепция и дизайн исследования, проведение исследования, написание текста, ответственность за целостность всех частей статьи, утверждение окончательного варианта статьи.

Матвеева М.В. – концепция и дизайн исследования, проведение исследования, статистическая обработка данных, анализ и интерпретация полученных данных, написание текста, подготовка и редактирование текста, подготовка, создание опубликованной работы.

Тонких О.С. – проведение исследования, сбор и обработка данных, участие в научном дизайне, написание текста, подготовка и редактирование текста.

Фимущкина Н.Ю. – сбор и обработка данных, статистическая обработка данных.

Authors' participation

Samoilova Yu.G. – concept and design of the study, conducting research, writing text, responsibility for the integrity of all parts of the article, approval of the final version of the article

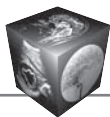
Matveeva M.V. – concept and design of the study, conducting research, statistical analysis, analysis and interpretation of the obtained data, writing text, text preparation and editing, preparation and creation of the published work.

Tonkikh O.S. – collection and analysis of data, collection and analysis of data, participation in scientific design, writing text, text preparation and editing.

Fimushkina N.Yu. – сбор и обработка данных, statistical analysis.

Список литературы [References]

- Li W., Huang E., Gao S. Type 1 Diabetes Mellitus and Cognitive Impairments: A Systematic Review. *J. Alzheimers. Dis.* 2017; 57 (1): 29–36. <http://doi.org/10.3233/JAD-161250>
- Forbes J.M., Cooper M.E. Mechanisms of diabetic complications. *Physiol. Rev.* 2013; 93 (1): 137–188.
- Wu D., Wu C., Zhong Y. The association between para-oxonase 1 activity and the susceptibilities of diabetes mellitus, diabetic macroangiopathy and diabetic microangiopathy. *J. Cell. Mol. Med.* 2018; 22 (9): 4283–4291. <http://doi.org/10.1111/jcmm.13711>
- Emanuel A.L., van Duinkerken E., Wattjes M.P., Klein M., Barkhof F., Snoek F.J., Diamant M., Eringa E.C., Ijzerman R.G., Serné E.H. The presence of cerebral white matter lesions and lower skin microvascular perfusion predicts lower cognitive performance in type 1 diabetes patients with retinopathy but not in healthy controls-A longitudinal study. *Microcirculation.* 2019; 26 (3): e12530. <http://doi.org/10.1111/micc.12530>
- Page K.A., Arora J., Qiu M., Relwani R., Constable R.T., Sherwin R.S. Small decrements in systemic glucose provoke increases in hypothalamic blood flow prior to the release of counterregulatory hormones. *Diabetes.* 2009; 58: 448–452.
- Song J., Cui S., Chen Y., Ye X., Huang X., Su H., Zhou Y., Liu X., Chen W., Shan X., Yan Z., Liu K. Disrupted Regional Cerebral Blood Flow in Children With Newly-Diagnosed Type 1 Diabetes Mellitus: An Arterial Spin Labeling Perfusion Magnetic Resonance Imaging Study. *Front. Neurol.* 2020; 11: 572.
- Diabetes Control and Complications Trial/Epidemiology of Diabetes Interventions and Complications Study Research Group, Jacobson AM, Musen G, Ryan CM, Silvers N, Cleary P, Waberski B, Burwood A, Weinger K, Bayless M, Dahms W, Harth J. Long-term effect of diabetes and its treatment on cognitive function. *N. Engl. J. Med.* 2007; 356 (18): 1842–1852. <http://doi.org/10.1056/NEJMoa066397>. Erratum in: *N. Engl. J. Med.* 2009; 361 (19): 1914.
- Hardigan T., Ward R., Ergul A. Cerebrovascular complications of diabetes: focus on cognitive dysfunction. *Clin. Sci. (Lond.).* 2016; 130 (20): 1807–1822. <http://doi.org/10.1042/CS20160397>



9. Mogi M., Horiuchi M. Neurovascular coupling in cognitive impairment associated with diabetes mellitus. *Circ. J.* 2011; 75 (5): 1042–1048. <http://doi.org/10.1253/circj.cj-11-0121>
10. Toth P., Tarantini S., Csiszar A., Ungvari Z. Functional vascular contributions to cognitive impairment and dementia: mechanisms and consequences of cerebral autoregulatory dysfunction, endothelial impairment, and neurovascular uncoupling in aging. *Am. J. Physiol. Heart Circ. Physiol.* 2017; 312 (1): H1–H20. <http://doi.org/10.1152/ajpheart.00581.2016>
11. Lachin J.M., Bebu I., Bergenstal R.M., Pop-Busui R., Service F.J., Zinman B., Nathan D.M.; DCCT/EDIC Research Group. Association of Glycemic Variability in Type 1 Diabetes With Progression of Microvascular Outcomes in the Diabetes Control and Complications Trial. *Diabetes Care.* 2017; 40 (6): 777–783. <http://doi.org/10.2337/dc16-2426>
12. Képes Z., Nagy F., Budai Á., Barna S., Esze R., Somodi S., Káplár M., Garai I., Varga J. Age, BMI and diabetes as independent predictors of brain hypoperfusion. *Nucl. Med. Rev.* 2021; 24 (1): 11–15.
13. van Golen L.W., Huisman M.C., Ijzerman R.G., Hoetjes N.J., Schwarte L.A., Lammertsma A.A., Diamant M. Cerebral blood flow and glucose metabolism measured with positron emission tomography are decreased in human type 1 diabetes. *Diabetes.* 2013; 62 (8): 2898–2904. <http://doi.org/10.2337/db12-1159>
14. Bronson-Castain K.W., Bearse M.A. Jr, Neuville J., Jonasdottir S., King-Hooper B., Barez S., Schneck M.E., Adams A.J. Early neural and vascular changes in the adolescent type 1 and type 2 diabetic retina. *Retina.* 2012; 32: 92–102.
15. Brands A.M., Kessels R.P., de Haan E.H., Kappelle L.J., Biessels G.J. Cerebral dysfunction in type 1 diabetes: effects of insulin, vascular risk factors and blood-glucose levels. *Eur. J. Pharmacol.* 2004; 490: 159–168.
16. Káplár M., Paragh G., Erdei A., Csongrádi E., Varga E., Garai I., Szabados L., Galuska L., Varga J. Changes in cerebral blood flow detected by SPECT in type 1 and type 2 diabetic patients. *J. Nucl. Med.* 2009; 50 (12): 1993–1998. <http://doi.org/10.2967/jnumed.109.066068>
17. Daulatzai M.A. Cerebral hypoperfusion and glucose hypometabolism: Key pathophysiological modulators promote neurodegeneration, cognitive impairment, and Alzheimer's disease. *J. Neurosci. Res.* 2017; 95 (4): 943–972. <http://doi.org/10.1002/jnr.23777>
18. Last D., Alsop D.C., Abduljalil A.M., Marquis R.P., de Bazelaire C., Hu K., Cavallerano J., Novak V. Global and regional effects of type 2 diabetes on brain tissue volumes and cerebral vasoreactivity. *Diabetes Care.* 2007; 30 (5): 1193–1199. <http://doi.org/10.2337/dc06-2052>; Song J-2020
19. van Elderen S.G., Brandts A., van der Grond J., Westenberg J.J., Kroft L.J., van Buchem M.A., Smit J.W., de Roos A. Cerebral perfusion and aortic stiffness are independent predictors of white matter brain atrophy in type 1 diabetic patients assessed with magnetic resonance imaging. *Diabetes Care.* 2011; 34 (2): 459–463. <http://doi.org/10.2337/dc10-1446>
20. Mangia S., Tesfaye N., De Martino F., Kumar A.F., Kollasch P., Moheet A.A., Eberly L.E., Seaquist E.R. Hypoglycemia-induced increases in thalamic cerebral blood flow are blunted in subjects with type 1 diabetes and hypoglycemia unawareness. *J. Cereb. Blood. Flow. Metab.* 2012; 32 (11): 2084–2090. <http://doi.org/10.1038/jcbfm.2012.117>
21. Gejl M., Gjedde A., Brock B., Møller A., van Duinkerken E., Haahr H.L., Hansen C.T., Chu P.L., Stender-Petersen K.L., Rungby J. Effects of hypoglycaemia on working memory and regional cerebral blood flow in type 1 diabetes: a randomised, crossover trial. *Diabetologia.* 2018; 61 (3): 551–561. <http://doi.org/10.1007/s00125-017-4502-1>
22. Toprak H., Yetis H., Alkan A., Filiz M., Kurtcan S., Aralasmak A., Aksu M.Ş., Cesur Y. Relationships of DTI findings with neurocognitive dysfunction in children with Type 1 diabetes mellitus. *Br J Radiol.* 2016; 89 (1059): 20150680. <http://doi.org/10.1259/bjr.20150680>

Для корреспонденции*: Матвеева Мария Владимировна – 634050 Томск, Московский тракт, 2. ФГБОУ ВО «Сибирский государственный медицинский университет» Минздрава России, кафедра детских болезней. Тел.: +7-913-815-25-52. E-mail: matveeva.mariia@yandex.ru

Самойлова Юлия Геннадьевна – доктор мед. наук, профессор, заведующая кафедрой детских болезней ФГБОУ ВО «Сибирский государственный медицинский университет» Минздрава России, Томск. <https://orcid.org/0000-0002-2667-4842>

Матвеева Мария Владимировна – доктор мед. наук, доцент кафедры детских болезней ФГБОУ ВО «Сибирский государственный медицинский университет» Минздрава России, Томск. <https://orcid.org/0000-0001-9966-6686>

Тонких Ольга Сергеевна – канд. мед. наук, заведующая отделением томографических методов ФГБОУ ВО «Сибирский государственный медицинский университет» Минздрава России, Томск. <https://orcid.org/0000-0003-0589-0260>

Фимушкина Наталья Юрьевна – аспирант кафедры факультетской терапии с курсом клинической фармакологии ФГБОУ ВО «Сибирский государственный медицинский университет» Минздрава России, Томск. <https://orcid.org/0000-0002-6452-6584>

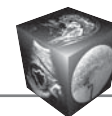
Contact*: Maria V. Matveeva – Moskovskii trakt, 2, Tomsk 634050, Russian Federation. Siberian State Medical University; Department of Children's Diseases. Phone: +7-913-815-25-52. E-mail: matveeva.mariia@yandex.ru

Yulia G. Samoilova – Doct. of Sci. (Med.), Professor, Head of the Department of Children's Diseases Siberian State medical University, Tomsk. <https://orcid.org/0000-0002-2667-4842>

Maria V. Matveeva – Doct. of Sci. (Med.), Associate Professor, Department of Pediatric Medicine Siberian State medical University, Tomsk. <https://orcid.org/0000-0001-9966-6686>

Olga S. Tonkikh – Cand. of Sci. (Med.), Head of the Department of Tomographic Methods Siberian State medical University, Tomsk. <https://orcid.org/0000-0003-0589-0260>

Natalia Yu. Fimushkina – Postgraduate student, Department of Department of Internal Medicine with a course of clinical pharmacology, Siberian State medical University, Tomsk. <https://orcid.org/0000-0002-6452-6584>



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

<https://doi.org/10.24835/1607-0763-960>

Количественная оценка изображений ОФЭКТ с ^{99m}Tc -технетрилом и МРТ с парамагнитным контрастным усилением в прогнозе выживаемости пациентов с глиальными опухолями головного мозга после комбинированного лечения

© Бабилов В.Ю.^{1,2}, Удуд В.В.¹, Усова А.В.³, Лишманов Ю.Б.^{4,5},
Веснина Ж.В.⁴, Чириков А.С.⁶, Усов В.Ю.^{4,5}

¹ НИИ фармакологии и регенеративной медицины имени Е.Д. Гольдберга Томского национального исследовательского медицинского центра РАН; 634028 Томск, пр. Ленина, 3, Российская Федерация

² ООО "ПЭТ-Технолоджи"; 119034 Москва, ул. Тимура Фрунзе, д. 24? Российская Федерация

³ НИИ онкологии Томского национального исследовательского медицинского центра РАН; 634009 Томск, пер Кооперативный, 5, Российская Федерация

⁴ НИИ кардиологии Томского национального исследовательского медицинского центра РАН; 634012 Томск, ул. Киевская, 111А, Российская Федерация

⁵ Национальный исследовательский Томский политехнический университет; 634050 Томск, пр. Ленина, 30, Российская Федерация

⁶ ФГАУЗ "Томская областная клиническая больница"; 634063 Томск, ул. И. Черных, 96, Российская Федерация

Цель исследования: изучить возможность использования показателей накопления ^{99m}Tc -метоксиизобутилизонитрила (^{99m}Tc -МИБИ) при однофотонной эмиссионной компьютерной томографии (ОФЭКТ) и парамагнитных контрастных средств (ПМКС) при МРТ для прогноза выживаемости нейроонкологических больных при глиальных поражениях головного мозга на этапе после комплексного химиотерапевтического и лучевого лечения.

Материал и методы. У 19 пациентов, наблюдавшихся после адъювантной химиотерапии и дистанционной лучевой терапии (ДЛТ) опухолевых новообразований головного мозга – глиом 3-й и 4-й степени, были проведены МРТ головного мозга с ПМКС и ОФЭКТ с ^{99m}Tc -МИБИ (набор для мечения ^{99m}Tc -технетрил – производства НПО "ДиаМед", Москва). Проведенная терапия включала в себя ДЛТ и адъювантную химиотерапию темозоломидом. Доза облучения при этом составила 60 Гр (30 фракций по 2 Гр $\times$ 1 раз в день). Препарат Темодал назначали в разовой дозе 75 мг/м² (120–140 мг) за час до проведения гамма-терапии в течение до 40 дней (в суммарной дозе 5000–5900 мг) и в постлучевом периоде по схеме – 6 курсов препарата по 5 дней через каждые 23 дня в разовой дозе 200 мг/м² (280–400 мг). Суммарная доза Темодала за 1 курс составляла 1400–2000 мг. Во всех случаях по данным первичного звена здравоохранения или онкологического амбулаторного диспансерного наблюдения был известен срок выживаемости пациентов.

Результаты. После хирургического удаления глиальной опухоли, адъювантной химиотерапии и ДЛТ в случае одновременно низких величин индекса "очаг/здоровая ткань" менее 1,15 для ОФЭКТ с ^{99m}Tc -МИБИ и менее 1,19 для МРТ с ПМКС – спустя 1–3,5 мес после лечения – последующий срок безрецидивной выживаемости составил более 20 мес. При индексе "очаг/здоровая ткань" $> 1,25$ для ОФЭКТ с ^{99m}Tc -МИБИ и $> 1,35$ для МРТ с ПМКС срок выживаемости составил менее года. При сохранявшемся длительном повышении для МРТ с ПМКС, но нормализации картины ОФЭКТ с ^{99m}Tc -МИБИ срок выживаемости составлял также более 19 мес.

Заключение. Таким образом, сочетанная оценка поглощения РФП и парамагнитных контрастов при МРТ с ПМКС и ОФЭКТ с ^{99m}Tc -МИБИ у пациентов с глиальными опухолями головного мозга после комплексного химиолучевого лечения обладает прогностическим значением и обоснованно должна использоваться для контроля эффективности такой терапии. При этом точность ОФЭКТ с ^{99m}Tc -МИБИ для прогноза выживаемости пациентов с глиальными опухолями головного мозга после комбинированного лечения оказывается более высокой, чем МРТ с ПМКС.

Ключевые слова: МРТ, парамагнитное контрастное усиление, ОФЭКТ, ^{99m}Tc -МИБИ, визуализация опухолей мозга, опухоли мозга, прогноз выживаемости



Авторы подтверждают отсутствие конфликтов интересов. Финансирование проведенного исследования отсутствует

Для цитирования: Бабиков В.Ю., Удут В.В., Усова А.В., Лишманов Ю.Б., Веснина Ж.В., Чириков А.С., Усов В.Ю. Количественная оценка изображений ОФЭКТ с ^{99m}Tc -технетрилом и МРТ с парамагнитным контрастным усилением в прогнозе выживаемости пациентов с глиальными опухолями головного мозга после комбинированного лечения. *Медицинская визуализация*. 2021; 25 (3): 73–82. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-960>

Поступила в редакцию: 04.11.2020. Принята к печати: 01.06.2021. Опубликовано online: 15.09.2021.

Quantification of SPECT with ^{99m}Tc -techneteryl and of contrast-enhanced MRI scans in survival prognosis of patients with glial brain tumors after combined chemo – radiation treatment

© Viktor Yu. Babikov^{1, 2}, Vladimir V. Udut¹, Anna V. Usova³, Yuri B. Lishmanov^{4, 5}, Zhanneta V. Vesnina⁴, Aleksandr S. Chirikov⁶, Wladimir Yu. Ussov^{4, 5}

¹ E.D. Goldberg research Institute of pharmacology and regenerative medicine, Tomsk National medical research Center of the Russian Academy of Sciences; 3, Lenina prosp., Tomsk 634028, Russian Federation

² PET-Technology Ltd.; 24, Timur Frunze str., Moscow 119034, Russian Federation

³ Research Institute of Oncology, Tomsk National medical research Center of the Russian Academy of Sciences; 5, Kooperativny per., Tomsk 634009, Russian Federation

⁴ Cardiology research Institute, Tomsk National medical research Center of the Russian Academy of Sciences; 111A, Kievskaya str., Tomsk 634012, Russian Federation

⁵ National Research Tomsk Polytechnic University; 30, Lenina prosp., Tomsk 634050, Russian Federation

⁶ Tomsk regional clinical hospital; 96, I. Tshernykh str., Tomsk 634063, Russian Federation

Purpose of study. The possibility of simultaneous and combined use of magnetic resonance imaging (MRI) with paramagnetic contrast enhancement (CE-MRI) and single-photon emission computed tomography (SPECT) with ^{99m}Tc -MIBI in assessing the prognosis in patients with glial brain tumors after complex chemo – and radiotherapy treatment was studied.

Material and methods. Contrast-enhanced MRI of the brain and SPECT with ^{99m}Tc -Techneteryl were performed in 19 patients who were observed after complex chemoradiotherapy of brain tumors (gliomas of grade 3 and 4). The treatment included remote gamma irradiation and chemotherapy with temozolomide. The radiation dose was 60 Gy (30 fractions of 2 Gy $\times$ 1 once a day). The drug Temodal was prescribed in a single dose of 75 mg/sq. m. (120–140 mg) an hour before gamma therapy for up to 40 days (in a total dose of 5000–5900 mg) and in the post – radiation period according to the scheme – 6 courses of the drug for 5 days every 23 days in a single dose of 200 mg/sq.m. (280–400 mg). The total dose of Temodal for 1 course was 1400–2000 mg. In everybody, after the study, the time period of subsequent survival of patients was registered from to the primary health care data.

Results. The survival time was over 20 months in case of patients after surgical removal of glial tumor and with subsequent adjuvant chemotherapy if simultaneous low values of “Tumor-to Normal Tissue” index for both ^{99m}Tc -Techneteryl SPECT and CE-MRI were met, i.e. if $< 1,15$ for ^{99m}Tc -Techneteryl SPECT and $< 1,19$ for CE-MRI. If index “Tumor-to Normal Tissue” was over $> 1,25$ ^{99m}Tc -Techneteryl SPECT and $> 1,35$ for CE-MRI then the survival time was below one year. If the “Tumor-to Normal Tissue” ratio on ^{99m}Tc -Techneteryl SPECT scan was in benefit ranges whereas the on CE-MRI kept itself in high pathologic ranges the survival time was also over 19 months.

Conclusion. Thus, the concomitant quantification and fusion of uptake of ^{99m}Tc -Techneteryl and paramagnetic contrast agents on SPECT and MRI scans provides prognostic data on survival of patients and is worth routine use for therapy control.

Keywords: Contrast-enhanced MRI, paramagnetic contrast enhancement, ^{99m}Tc -MIBI, SPECT, brain tumors’ imaging, survival prognosis

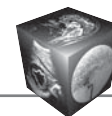
Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest. The study had no sponsorship.

For citation: Babikov V.Yu., Udut V.V., Usova A.V., Lishmanov Yu.B., Vesnina Zh.V., Chirikov A.S., Ussov W.Yu. Quantification of SPECT with ^{99m}Tc -techneteryl and of contrast-enhanced MRI scans in survival prognosis of patients with glial brain tumors after combined chemo – radiation treatment. *Medical Visualization*. 2021; 25 (3): 73–82. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-960>

Received: 04.11.2020.

Accepted for publication: 01.06.2021.

Published online: 15.09.2021.



Введение

Использование широкого спектра диагностических радиофармацевтических (РФП) и контрастных препаратов для визуализации новообразований представляет собой одно из важнейших современных направлений оценки результатов лечения в онкологии [1].

Парамагнитные контрастные препараты на основе линейных и циклических полиацетатных комплексов гадолиния (парамагнитные контрастные средства – ПМКС) используются для усиления T1-взвешенного (T1-взв.) сигнала при МРТ-визуализации поврежденного опухолевым процессом гистогематического барьера [2].

В рутинной практике онкологического учреждения нашей страны для визуализации опухоли мозга, начиная с работ Н.А. Костеникова и соавт. [3] и Л.А. Тютина, широко применяется также метод однофотонной эмиссионной компьютерной томографии (ОФЭКТ) с ^{99m}Tc -метоксиизобутизонитрилом (^{99m}Tc -МИБИ). В последнее время благодаря росту числа лабораторий позитронной эмиссионной томографии (ПЭТ), развитию отечественных и адаптированных к отечественной практике технологий производства ряда РФП для ПЭТ, таких как ^{18}F -ФДГ (2- ^{18}F -2-дезоксид-Д-глюкоза), ^{11}C -метионин, ^{18}F -фторэтилтирозин и ряда других, доступности патофизиологически обоснованной визуализации опухолей и в первую очередь опухолей головного мозга резко расширилась [4]. Благодаря этому повышается не только возможность диагностики опухолей мозга, но и детальной оценки их метаболических особенностей [5]. Однако относительно низкая стоимость и в то же время далеко не исчерпанные пока возможности совершенствования ОФЭКТ с ^{99m}Tc -МИБИ сохраняют за этим методом устойчивые позиции.

^{99m}Tc -МИБИ является по своим фармакологическим и фармакокинетическим характеристикам маркером опухолевого кровотока [6]. Определение уровня опухолевого кровотока и оценку повреждения гистогематического барьера обоснованно считать информативными способами прогнозирования дальнейшего развития онкологического заболевания, выживания пациента, а также определения тактики лечения у нейроонкологических больных [7, 8].

Перспективное неоднократное использование МРТ с ПМКС и ОФЭКТ головного мозга с ^{99m}Tc -МИБИ в динамике лечения церебральных глиальных опухолей головного мозга позволило установить, что эффективная химиотерапия сопровождается как достоверным снижением кровотока в опухоли, вплоть до уровня рубцовой ткани, так и снижением накопления в ней ПМКС [3, 6]. Однако до сих пор

не изучено прогностическое значение количественных показателей, получаемых при ОФЭКТ с ^{99m}Tc -МИБИ и при МРТ с ПМКС у пациентов, наблюдаемых однократно, уже после комплексного лечения глиальных новообразований мозга. Между тем такое исследование прогностической роли МРТ с ПМКС и ОФЭКТ с ^{99m}Tc -МИБИ, очевидно, важно именно для частых в клинической практике ситуаций однократного посттерапевтического обследования, для точной патофизиологически обоснованной оценки риска прогрессирования опухолевого процесса [9, 10].

Цель исследования

Изучить возможность использования показателей накопления ^{99m}Tc -МИБИ при ОФЭКТ и ПМКС при МРТ для прогноза выживаемости нейроонкологических больных при глиальных поражениях головного мозга на этапе после комплексного химиотерапевтического и лучевого лечения.

Материал и методы

Пациенты. В исследование было включено 19 пациентов с глиальными опухолями головного мозга (13 пациентов с глиомами 2–4-й степени аноплазии и 6 – с глиобластомами). Из них 14 пациентов с глиальными опухолями головного мозга (13 – глиомы и 1 – глиобластома) были обследованы после условно-радикального удаления опухоли с последующим проведением дистанционной лучевой терапии гамма-облучением (ДЛТ) и неоперабельными глиобластомами после комплексного химиолучевого лечения [11] без хирургического удаления новообразования.

ДЛТ проводили на аппарате Рокс-М в режиме стандартного фракционирования. При этом разовая очаговая доза составляла 2,0 Гр, 5 раз в неделю до достижения суммарной очаговой дозы 56–60 Гр, размер полей 10×10 см. При этом вся зона интереса была охвачена 95% изодозой. Как компонент комплексной химиолучевой терапии больные получали препарат Темодал в разовой дозе 75 мг/м^2 (120–140 мг) за час до проведения ДЛТ в течение до 40 дней (в суммарной дозе 5000–5900 мг). Далее в постлучевом периоде проводили 6 курсов химиотерапии Темодалом по схеме 200 мг/м^2 (280–400 мг) 5 дней через каждые 23 дня, суммарная доза за курс составляла 1400–2000 мг. Пациенты проходили лечение в специализированных онкологических учреждениях (НИИ онкологии ТНМЦ РАН, Томский областной онкологический диспансер) и обследовались после проведения лучевой терапии амбулаторно спустя 25–40 дней.



ОФЭКТ головного мозга с ^{99m}Tc -МИБИ выполняли на одно- и двухдетекторной гамма-камерах (Gemini, Technicare с компьютерной системой Сцинти 3.3 производства НПФ Гелмос и Philips Brilliance производства Philips Medical) спустя 12–15 мин после введения 540–720 МБк РФП (приготовленного и введенного пациенту согласно прилагаемой инструкции к применению стандартного набора для мечения “Технетрил” производства НПО “Диамед” (Москва) и молибденового генератора производства ВО “Изотоп”) с записью 32–64 планарных проекций на 360° оборота детектора с набором не менее 50 000 импульсов на одну позицию в матрицу 64×64 с последующей реконструкцией срезов в аксиальной, фронтальной и сагиттальной плоскостях. Обработку нативных изображений выполняли с помощью пакетов прикладных программ соответствующих гамма-камер. Во всех случаях при этом выделяли очаги патологической аккумуляции ^{99m}Tc -МИБИ, определяли величину среднего счета сцинтилляций в опухолевой ткани и в таком же по площади участке здоровой ткани в противоположном полушарии, рассчитывая индекс “очаг/здоровая ткань”, как соотношение средних величин счета в очаге и в референсной области интактной ткани мозга.

МРТ с парамагнитным контрастным усилением выполняли на МР-томографах с напряженностью магнитного поля 0,2 и 1,5 Тл в T1-взвешенном (T1-взв.) спин-эхо режиме до- и спустя 10–12 мин после введения гадолиниевых 0,5 М ПМКС (Оптимарк, Дотарем) из расчета 2 мл 0,5 М раствора на 10 кг массы тела пациента с последующим выделением зон патологической опухо-

левой аккумуляции ПМКС и расчетом индекса усиления, как соотношения интенсивностей изображения в опухолевом очаге после введения ПМКС и исходного: $\text{ИУ} = \frac{\text{Инт.очаг}_{\text{ПМКС}}}{\text{Инт.очаг}_{\text{Исходн.}}}$. Также на T1-взв. изображениях МРТ рассчитывали величины индекса “очаг/здоровая ткань”, как соотношение интенсивностей сигнала в области опухолевой ткани и таком же по площади участке здоровой ткани в противоположном полушарии, совершенно аналогично такому же показателю для ОФЭКТ.

Статистический анализ результатов выполнялся с использованием пакета прикладных программ для параметрического и непараметрического анализа и графического отображения результатов Origin 6.1 (OriginLab, Техас). Критический уровень значимости при проверке статистических гипотез в данном исследовании принимали равным 0,05.

Результаты и их обсуждение

Из общего количества обследованных после хирургического удаления и/или адъювантной химиотерапии и ДЛТ срок выживаемости составил более двух лет у 10 из 19 с глиальными опухолями (25–34 мес, медиана 28 мес), а менее двух лет прожили 9 из 19 пациентов (3–22 мес, медиана 12 мес).

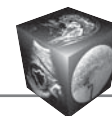
При этом у 17 из 19 пациентов показатели интенсивности накопления контраста-парамагнетика и ^{99m}Tc -МИБИ были, очевидно, взаимосвязаны, когда низкому накоплению парамагнетика соответствовал и низкий счет ^{99m}Tc -Технетрила в очаге. Полученные результаты в зависимости от сроков выживания пациентов представлены в таблице.

Таблица. Показатели накопления ^{99m}Tc -Технетрила и парамагнитного контрастного усиления у пациентов с глиальными опухолями головного мозга в зависимости от сроков выживания (среднее $\pm$ среднеквадратичное отклонение)

Table. Indexes of uptake of ^{99m}Tc -Technetrit and paramagnetic contrast enhancement in patients with gliomas as dependent from survival time (mean $\pm$ standart deviation)

		Выживаемость > 2 лет Survival > 2 years n = 8	Выживаемость < 2 лет Survival < 2 years n = 9
“Очаг/здоровая ткань”, ОФЭКТ с ^{99m}Tc -Технетрилом “Focus / intact brain”, SPECT with ^{99m}Tc -Technetrit		1,09 $\pm$ 0,08 (<1,15)	1,39 $\pm$ 0,12 (>1,23) p < 0,02
МРТ с ПМКС CE-MRI	Индекс усиления в опухолевом очаге Enhancement index in focus	1,14 $\pm$ 0,06 (<1,21)	1,38 $\pm$ 0,10 (>1,29) p < 0,05
	Индекс усиления в интактном мозге Enhancement index in intact brain	1,04 $\pm$ 0,02 1,01–1,07, медиана 1,04	1,05 $\pm$ 0,03 1,01–1,08, медиана 1,05 p > 0,05
	“Очаг/здоровая ткань” “Focus / intact brain”	1,10 $\pm$ 0,08 (<1,19)	1,32 $\pm$ 0,05 (>1,27) p < 0,005

Примечание. p — достоверность различия при сравнении групп между собой.



На рис. 1 представлен типичный пример глиальной опухоли правого полушария у пациента с продолжительностью жизни после химиотерапии и ДЛТ менее года. Следует отметить, что индекс “очаг/здоровая ткань” при этом был 1,43 для ОФЭКТ с ^{99m}Tc -МИБИ и 1,32 для МРТ с ПМКС. Индекс усиления для опухоли при оценке МРТ-изображения оказался равным 1,41.

У двух пациентов картина характеризовалась низкими значениями накопления РФП в очаге при ОФЭКТ с ^{99m}Tc -МИБИ и повышением показателя очагового накопления при МРТ с ПМКС. Длительность жизни к настоящему моменту в обоих случаях превысила 2 года, причем оба пациента живы и клинически стабильны и до настоящего времени. Клинический пример картины при сочетанном использовании ОФЭКТ с ^{99m}Tc -МИБИ и МРТ с ПМКС у такого пациента представлен на рис. 2. Следует подчеркнуть, что у этих двух пациентов благоприятный прогноз был установлен именно по данным ОФЭКТ с ^{99m}Tc -МИБИ, тогда как при неоднократных МРТ с ПМКС врачи, не осведомленные о результате ОФЭКТ, неизменно выставляли заключение о рецидиве или продолженном росте опухоли и склонялись к негативному прогнозу. Впоследствии у них подтвердился именно прогноз по данным ОФЭКТ с ^{99m}Tc -МИБИ.

Таким образом, полученные результаты позволяют полагать, что даже при отсутствии или недоступности исходных данных до начала лечения МРТ с ПМКС и/или ОФЭКТ с ^{99m}Tc -МИБИ имеют прогностическое значение при однократном сочетанном использовании у пациентов с глиомой после комплексной химиолучевой терапии. При этом преимуществом в спорных и сложных случаях в отношении прогноза жизни пациента обладает ОФЭКТ с ^{99m}Tc -МИБИ, как, в частности, можно видеть на представленном примере (см. рис. 2).

Применение МРТ с ПМКС в клинике нейроонкологии сегодня является рутинным стандартным методом и во многих случаях “золотым стандартом” [12]. Однако в большинстве случаев нейроонкологи и нейрохирурги стремятся использовать МРТ с ПМКС проспективно, оценивая результаты исследования в динамике, в обязательном сравнении исходных предоперационных и послеоперационных данных [6, 13–15]. Это естественно и целесообразно, поскольку повышает показатели диагностической точности, чувствительности и специфичности исследования [6, 12]. Между тем далеко не редки ситуации, когда после проведения комплексного хирургического и/или химиолучевого лечения приходится оценивать текущее посттерапевтическое состояние изолированно, по факту амбулаторной явки пациента с выпиской, но

без первичных визуальных томографических данных, что, безусловно, затрудняет и диагностику как таковую, и прогностическое использование результатов МРТ с ПМКС.

Это обусловлено в большой степени неспецифическим характером накопления контрастопарамагнетиков в первичных или рецидивных опухолевых структурах, поскольку механизм их экстравазального накопления обусловлен повреждением гистогематического барьера и повышением его проницаемости, что типично не только для опухолевых процессов [12].

Существенно более специфичным для патологических опухолевых процессов в головном мозге является такой РФП, как ^{99m}Tc -МИБИ [3, 12, 13]. Это, в первую очередь, обусловлено тем, что фактором, лимитирующим устойчивую задержку ^{99m}Tc -МИБИ в глиальной опухоли, является активность митохондрий в клетках опухолевой ткани наряду с повышенной проницаемостью гематоэнцефалического барьера [3, 12].

ОФЭКТ с ^{99m}Tc -МИБИ достаточно широко используют в диагностике как первичных, так и рецидивных опухолей головного мозга [8], причем не только в изолированном варианте, но и как компонент сочетанного МРТ/ОФЭКТ исследования с вычислительным совмещением компонентных томограмм и получением новой мультимодальной картины [13, 16]. Высокие диагностические показатели ОФЭКТ с ^{99m}Tc -МИБИ подтверждены отечественными [3] и зарубежными [6, 8] исследованиями. Однако в широкой практике нейроонкологии результаты этих исследований до сих пор слабо воплощены и в повседневной практике, и в нормативных документах.

Наши результаты показывают, что ОФЭКТ с ^{99m}Tc -МИБИ важна, в первую очередь, возможностью выявления рецидивных поражений головного мозга после первоначально успешного хирургического удаления или комбинированной химиолучевой терапии, а также для определения прогноза жизни таких пациентов. Обоснованно предполагать, что низкие величины коэффициентов “очаг/здоровая ткань” или полное отсутствие накопления ^{99m}Tc -МИБИ в области очагов повышенной аккумуляции контраста-парамагнетика (см. рис. 2) в случае его ложноположительной природы позволяют с высокой точностью исключить рецидив.

Это указывает на первостепенную важность ОФЭКТ с ^{99m}Tc -МИБИ именно для оценки состояния пациентов после комплексного лечения для прогноза их жизни и возможной коррекции лечения. Несомненно, практическая роль МРТ с ПМКС у таких пациентов также может быть усилена за

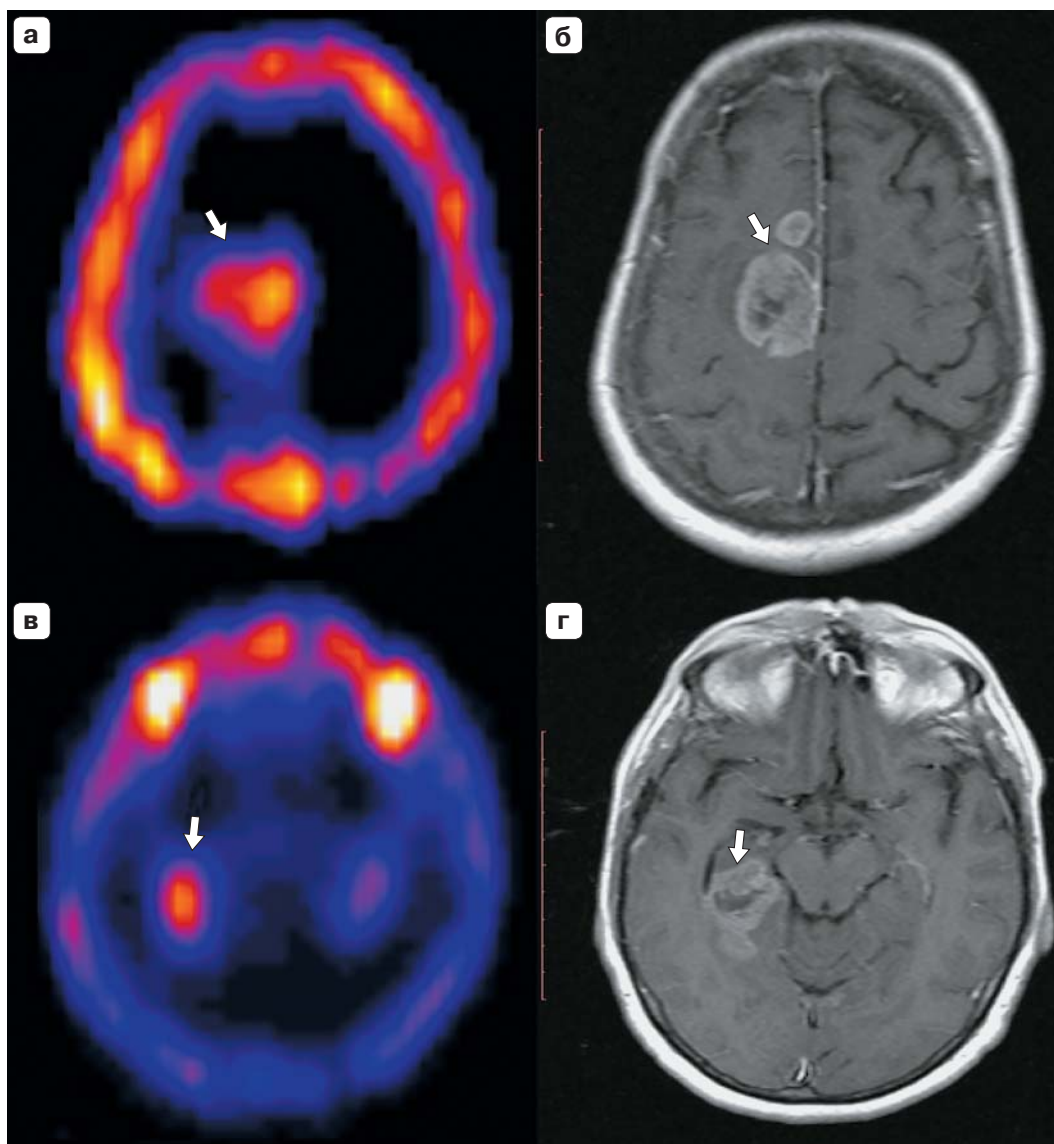


Рис. 1. Картина ОФЭКТ с ^{99m}Tc -Технетрилом и МРТ головного мозга пациентки Н-ой, 54 лет, у которой ранее, за 5 мес до данного исследования, было выявлено глиальное новообразование – низкодифференцированная глиома 3–4-й степени с диссеминацией в пределах правого полушария, частыми судорожными приступами. В связи с этим были проведены курсы дистанционного гамма-облучения и терапии темозоломидом (см. “Материал и методы”). Представлены томографические срезы на уровнях: на 70 мм выше основания мозга (теменная область), **а** – ОФЭКТ с ^{99m}Tc -Технетрилом, **б** – МРТ с ПМКС в T1-взв. режиме и на 10 мм выше основания мозга (уровень ножек мозга), **в** – ОФЭКТ с ^{99m}Tc -Технетрилом, **г** – МРТ с ПМКС в T1-взв. режиме. Участки патологического включения ^{99m}Tc -Технетрила на сканах ОФЭКТ и ПМКС – при МРТ отмечены стрелками. Пациентка на фоне химиотерапии темозоломидом скончалась спустя 4 мес после представленного исследования.

Fig. 1. The picture of SPECT with ^{99m}Tc -Technetrit and MRI of the brain of patient N-o, 54 years old, who previously, 5 months before this study, had a glial neoplasm – a low-grade glioma of degree 3–4, with dissemination within the right hemisphere, frequent convulsive seizures. Due to these remote gamma-irradiation and treatment with temozolomide (see “materials and methods”) were carried out. Tomographic slices are presented at the following levels: 70 mm above the base of the brain (parietal region). **a** – SPECT with ^{99m}Tc -Technetrit, **б** – CE-MRI in T1-w. mode; and 10 mm above the base of the brain (the level of the cerebral crurae), **в** – SPECT with ^{99m}Tc -Technetrit, **г** – CE-MRI in T1-w. mode. Areas of pathological uptake of ^{99m}Tc -Technetrit on the SPECT and on CE-MRI scans are marked with arrows. The patient, who was still at chemotherapy with temozolomide, died 4 months after the presented study.

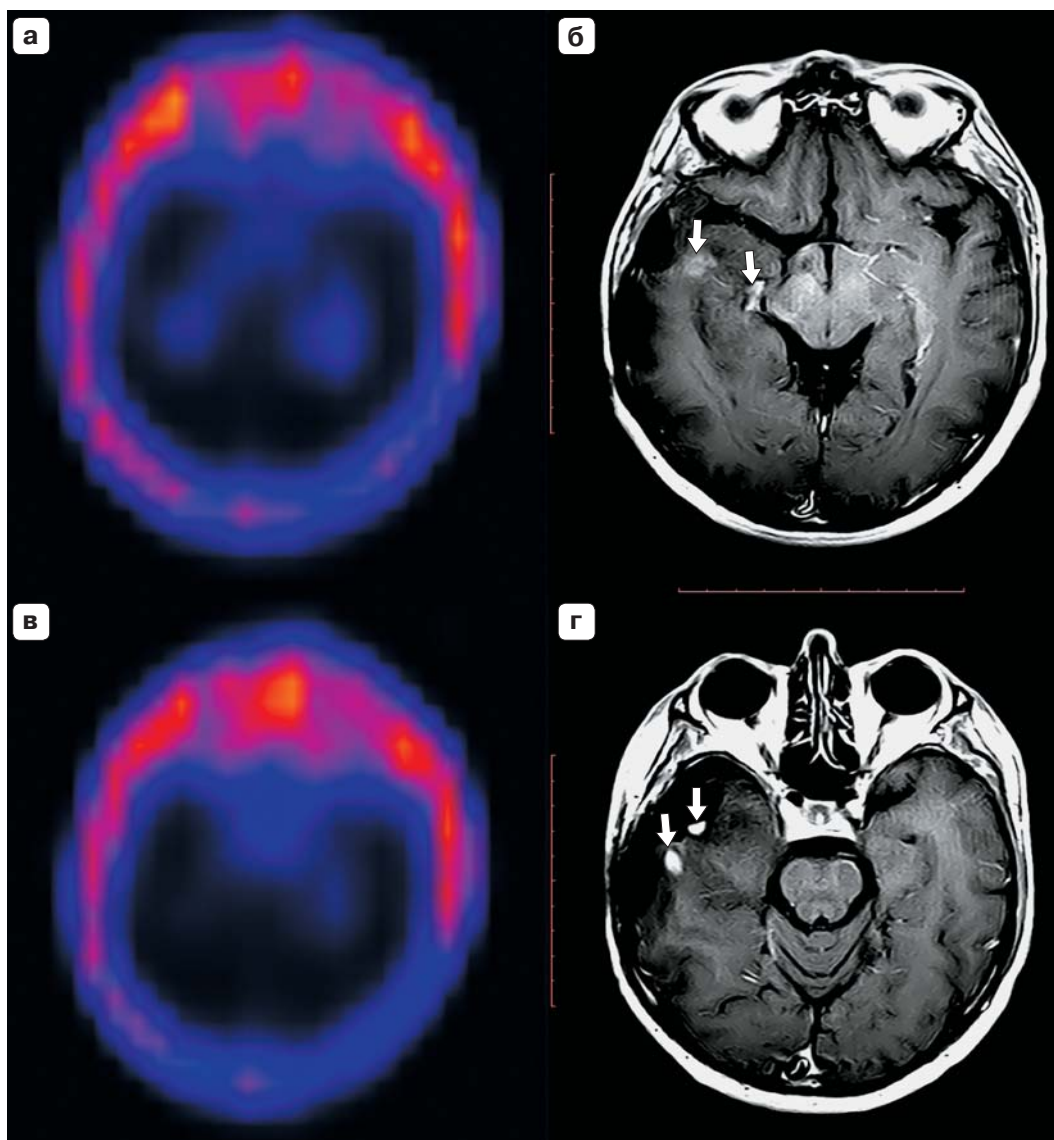
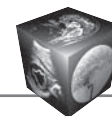


Рис. 2. Картина ОФЭКТ и МРТ головного мозга пациента М., 52 лет, у которого была исходно выявлена низкодифференцированная глиома височной области справа, сопровождавшаяся судорожными приступами, радикально удаленная затем при нейрохирургическом вмешательстве, а после проведены курсы ДЛТ и терапии темозоломидом. При контрольном послеоперационном МРТ-исследовании с ПМКС выставлен диагноз продолженного роста опухоли, в связи с чем пациент был направлен для проведения контрольной МРТ головного мозга с ПМКС и для ОФЭКТ с ^{99m}Tc -Технетрилом. Представлены томографические срезы на уровнях верхнего края глазниц (а, б) и их середины (в – хорошо видны зрительные нервы), а и в – ОФЭКТ с ^{99m}Tc -Технетрилом, б и г – МРТ с ПМКС в T1-взв. режиме. Участки патологического включения ^{99m}Tc -Технетрила на сканах ОФЭКТ отсутствуют, визуализируется только умеренное межполушарно-симметричное усиление радиоактивности в области сосудистых сплетений боковых желудочков. Включения ПМКС на сканах МРТ отмечены стрелками. Пациент, несмотря на оказавшееся ложноположительным первоначальное заключение МРТ о продолженном росте, вернулся к высококвалифицированной работе, счастлив в семейной жизни – после операции и комплексной терапии пациента у него родился здоровый и прекрасно развивающийся ребенок (спустя год и 2 мес после терапии). В настоящее время больной находится под неврологическим и нейроонкологическим наблюдением.

Fig. 2. A picture of the SPECT and MRI of the brain of patient M., 52 years old, who was diagnosed with a low-grade glioma of the temporal region on the right, accompanied by convulsive seizures, radically removed during neurosurgical intervention, and then underwent courses of distant radiation therapy and temozolamide therapy. In the control follow-up postoperative MRI, a diagnosis of continued tumor growth was made, and the patient was referred for a control CE-MRI of the brain and for SPECT with ^{99m}Tc -Technetritil. Tomographic sections are presented at the levels of the upper edge of the eye sockets (а, б) and their middle (в – the optic nerves are clearly visible), а and в – SPECT with ^{99m}Tc -Technetritil, б and г – CE-MRI in T1-w. mode. There are no areas of pathological uptake of ^{99m}Tc -Technetritil on the SPECT scans; only a moderate

**Fig. 2. (end).**

interhemispheric-symmetrical increase in radioactivity in the area of the vascular plexus of the lateral ventricles is visualized. The uptake of the paramagnetic contrast in the MRI scans shown by the arrows. The patient, despite the false positive initial conclusion of MRI about continued growth, returned to highly qualified work, happy in family life – after the operation and complex therapy of the patient, a healthy and well-developing child was born (a year and 2 months after therapy). Currently, the patient is under neurological and neuro-oncological supervision.

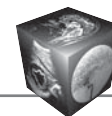
счет детального анализа соотношений патологических очагов на T1- и T2-взв. изображениях, МР-спектроскопии и специализированных МР-ангиографических протоколов [12]. Однако простота и относительная легкость проведения ОФЭКТ с ^{99m}Tc -МИБИ позволяют ответить на вполне конкретный вопрос о прогнозе заболевания с существенно меньшими затратами. Поэтому появляются основания рекомендовать проведение ОФЭКТ с ^{99m}Tc -МИБИ у всех пациентов, перенесших комплексное химиолучевое и хирургическое лечение глиальных опухолей головного мозга, на предмет более чувствительного и специфического выявления рецидивных опухолевых поражений головного мозга с возможностью прогноза для данного пациента.

Заключение

Изображения МРТ с ПМКС и ОФЭКТ с ^{99m}Tc -МИБИ и сочетанная оценка накопления РФП и ПМКС патологическими очагами в ходе лечения больных с глиальными опухолями головного мозга обладают высокой значимостью для определения прогноза жизни пациента. Отсутствие признаков патологического опухолевого кровотока в области удаленной опухоли по данным ОФЭКТ с ^{99m}Tc -МИБИ является основным прогностическим фактором выживаемости сроком более двух лет при комплексной противоопухолевой терапии. Необходимы дальнейшие исследования на более многочисленных группах пациентов для уточнения диагностического и прогностического значения ОФЭКТ и МРТ с ПМКС при химио- и радиотерапии глиальных опухолей головного мозга.

Список литературы

1. Шимановский Н.Л., Епинетов М.А., Мельников М.Я. Молекулярная и нанофармакология. М.: ФМЛ, 2009. 624 с.
2. Панов В.О., Шимановский Н.Л. Диагностическая эффективность и безопасность макроциклических гадолиний-содержащих магнитно-резонансных контрастных средств. *Вестник рентгенологии и радиологии*. 2017; 98 (3): 159–166.
3. Костеников Н.А., Поздняков А.В., Илющенко Ю.Р., Станжевский А.А., Михетько А.А. Современные технологии ядерной медицины в диагностике опухолей головного мозга. *Трансляционная медицина*. 2018; 5 (5): 37–45.
4. Леонтьев А.В., Рубцова Н.А., Халимон А.И., Хамадева Г.Ф., Кулиев М.Т., Пылова И.В., Лазутина Т.Н., Костин А.А., Каприн А.Д. Биохимические основы визуализации при позитронной эмиссионной томографии в онкологии. Часть 1. *Медицинская визуализация*. 2019; 23 (4): 114–130. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-2019-4-114-130>
5. Леонтьев А.В., Рубцова Н.А., Халимон А.И., Хамадева Г.Ф., Кулиев М.Т., Пылова И.В., Лазутина Т.Н., Костин А.А., Каприн А.Д. Биохимические основы визуализации при позитронной эмиссионной томографии в онкологии. Часть 2. *Медицинская визуализация*. 2020; 24 (1): 119–132. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-2020-1-119-132>.
6. Ussov W.Y., Riannel Y.E., Slonimskaya E.M., Velichko S.A., Kalashnikov S.D., Mihailovic J.M., Scopinaro F. Quantification of breast cancer blood flow in absolute units using Gjedde-Rutland-Patlak analysis of ^{99m}Tc -MIBI uptake. *Nuclear Med. Rev.* 1999; 2 (1): 4–12.
7. Mabray M.C., Barajas R.F.Jr., Cha S. Modern Brain Tumor Imaging. *Brain Tumor Res. Treat.* 2015; 3 (1): 8–23.
8. Декан В.С., Парфенов В.Е., Труфанов Г.Е., Мартынов Б.В., Свистов Д.В., Романов Г.Г. Выявление злокачественных новообразований головного мозга методом однофотонной эмиссионной компьютерной томографии и совмещенной ОФЭКТ-МРТ. *Лучевая диагностика и терапия*. 2010; 4 (1): 28–33.
9. Inubushi M., Tatsumi M., Yamamoto Y., Kato K., Tsujikawa T., Nishii R. European research trends in nuclear medicine. *Ann. Nucl. Med.* 2018; 32 (9): 579–582. <http://doi.org/10.1007/s12149-018-1303-7>
10. Harat M., Malkowski B., Makarewicz R. Preirradiation Tumour Volumes Defined by MRI and Dual Time-Point PET-PET for the Prediction of Glioblastoma Multiforme Recurrence: A Prospective Study. *Radiother. Oncol.* 2016; 120 (2): 241–247.
11. Зырянов С.К., Затолочина К.Э. Перспективы применения радионуклидных лекарственных препаратов при лечении злокачественных новообразований в России. *Качественная клиническая практика*. 2018. (2): 51–57. <http://doi.org/10.24411/2588-0519-2018-10044>
12. Трофимова Т.Н., Скворцова Т.Ю., Савинцева Ж.И., Журавлева М.А. Радиология церебральных глиом: диагностика и мониторинг. СПб: Фолиант, 2020. 564 с.
13. Оноприенко А.В., Величко О.Б., Минин С.М., Григорьев В.П., Усов В.Ю. Визуальная картина эффективного медикаментозного лечения низкодифференцированной глиобластомы головного мозга при совмещении контрастированной МРТ и ОФЭКТ с ^{99m}Tc -Технетрилом. *Медицинская визуализация*. 2006; 2: 99–103.
14. Измайлов Т.Р., Панышин Г.А., Даченко П.В. Выбор программ лучевой терапии при глиомах высокой степени злокачественности. *Нейрохирургия*. 2013; (4): 26–32.



15. Осин И.К., Мусабаева Л.И., Нечитайло М.Н., Чойн-
зон Е.Л. Химиолучевое лечение злокачественных
глиом головного мозга с применением препарата те-
модал. *Сибирский онкологический журнал*. 2009;
6 (36): 5–11.
16. Измайлов Т.Р., Паншин Г.А., Даченко П.В. Прог-
ностические факторы лучевой терапии при глиомах
центральной нервной системы высокой степени зло-
качественности. *Поволжский онкологический вест-
ник*. 2013; 2: 17–27.

References

1. Shimanovskiy N.L., Epintov M.A., Melnikov M.Ya. Molecular and nano-pharmacology. M.: FML Publ, 2009. 624 p. (In Russian)
2. Panov V.O., Shimanovskiy N.L. Diagnostic Efficiency and Safety of Macrocyclic Gadolinium-Containing Magnetic Resonance Contrast Agents. *Vestnik Radiologii i Rentgenologii = Journal of Radiology and Nuclear Medicine*. 2017; 98 (3): 159–166. (In Russian)
3. Kostenkov N.A., Pozdnyakov A.V., Iliushenko Yu.R., Stanzhevskiy A.A., Mihetko A.A. Modern Technologies of Nuclear Medicine in Diagnosis of Brain Tumors. *Translyatsionnaya meditsina = Translational Medicine*. 2018; 5 (5): 37–45. (In Russian)
4. Leontyev A.V., Rubtsova N.A., Khalimon A.I., Khamadeeva G.F., Kuliev M.T., Pylova I.V., Lazutina T.N., Kostin A.A., Kaprin A.D. Biochemical basics of imaging in positron emission tomography in oncology. Part 1. *Medical Visualization*. 2019; 23 (4): 114–130. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-2019-4-114-130> (In Russian)
5. Leontyev A.V., Rubtsova N.A., Khalimon A.I., Khamadeeva G.F., Kuliev M.T., Pylova I.V., Lazutina T.N., Kostin A.A., Kaprin A.D. Biochemical basics of imaging in positron emission tomography in oncology. Part 2. *Medical Visualization*. 2020; 24 (1): 119–132. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-2020-1-119-132> (In Russian)
6. Ussov W.Y., Riannel Y.E., Slonimskaya E.M., Velichko S.A., Kalashnikov S.D., Mihailovic J.M., Scopinaro F. Quantification of breast cancer blood flow in absolute units using Gjedde-Rutland-Patlak analysis of ^{99m}Tc-MIBI uptake. *Nuclear Med. Rev.* 1999; 2 (1): 4–12.
7. Mabray M.C., Barajas R.F.Jr., Cha S. Modern Brain Tumor Imaging. *Brain Tumor Res. Treat.* 2015; 3 (1): 8–23.
8. Dekan V.S., Parfenov V.E., Trufanov G.E., Martynov B.V., Svistov D.V., Romanov G.G. SPECT and SPECT/MRI Fusion in Evaluation of Brain Malignant Neoplasms. *Luchevaya Diagnostika i Terapiya = Radiation Diagnostic and Therapy*. 2010; 4 (1): 28–36. (In Russian)
9. Inubushi M., Tatsumi M., Yamamoto Y., Kato K., Tsujikawa T., Nishii R. European research trends in nuclear medicine. *Ann. Nucl. Med.* 2018; 32 (9): 579–582. <http://doi.org/10.1007/s12149-018-1303-7>
10. Harat M., Malkowski B., Makarewicz R. Preirradiation Tumour Volumes Defined by MRI and Dual Time-Point PET for the Prediction of Glioblastoma Multiforme Recurrence: A Prospective Study. *Radiother. Oncol.* 2016; 120 (2): 241–247.
11. Zyryanov S.K., Zatolochina K.E. Perspectives for use of the radionuclide Drugs in the Treatment of Malignant Tumors in Russia. *Kachestvennaya Klinicheskaya Praktika = Quality Clinical Praxis*. 2018. (2): 51–57. <http://doi.org/10.24411/2588-0519-2018-10044> (In Russian)
12. Trofimova T.N., Skvortsova T.Yu., Savintseva Zh.I., Zhuravleva M.A. Radiology of cerebral gliomas. Saint-Peterburg: Foliant Publ., 2020. 564 p. (In Russian)
13. Onoprienko A.V., Velichko O.B., Minin S.M., Grigoriev V.P., Usov V.Yu. Imaging of a successful medical treatment of a multiple glioblastoma by means of combination of contrast-enhanced MRI and SPECT with ^{99m}Tc-Technetium. *Medical Visualization*. 2006; (2): 99–103. (In Russian)
14. Izmailov T.R., Pan'shin G.A., Dachenko P.V. The selection of radiotherapy strategy for high-grade gliomas treatment. *Neurosurgery*. 2013; 4: 26–32. (In Russian)
15. Osinov I.K., Musabaeva L.I., Nechitailo M.N., Choyzonov E.L. Chemoradiotherapy with temodal in malignant gliomas. *Siberian Oncologic Journal*. 2009; 6 (36): 5–11. (In Russian)
16. Izmailov T.R., Panshin G.A., Datsenko P.V. Prognostic factors of beam therapy of high-grade malignant gliomas of central nervous system. *Oncology Bulletin of the Volga Region*. 2013; 2: 17–27. (In Russian)

Для корреспонденции*: Усов Владимир Юрьевич – 634012 Томск, ул. Киевская, 111. НИИ кардиологии ТНИМЦ РАН. Тел.: +7-903-951-26-76. E-mail: ussov1962@yandex.ru

Бабилов Виктор Юрьевич – аспирант лаборатории физиологии, молекулярной и клинической фармакологии НИИФиРМ имени Е.Д. Гольдберга Томского НИМЦ РАН, Томск; ведущий специалист ООО “ПЭТ-Технолоджи”, Москва. <https://orcid.org/0000-0002-9175-0290>. E-mail: babikov_vy@mail.ru

Удут Владимир Васильевич – член-корр. РАН, доктор мед. наук, профессор, заместитель директора по научной и лечебной работе, заведующий лабораторией физиологии, молекулярной и клинической фармакологии НИИФиРМ имени Е.Д. Гольдберга Томского НИМЦ РАН, Томск. <http://orcid.org/0000-0002-3829-7132>. E-mail: udutv@mail.ru

Усова Анна Владимировна – канд. мед. наук, старший научный сотрудник отдела лучевой диагностики НИИ онкологии Томского НИМЦ РАН, Томск. <http://orcid.org/0000-0001-5370-0770>. E-mail: afina.tsk@gmail.com

Лишманов Юрий Борисович – член-корр. РАН, доктор мед. наук, профессор, руководитель направления “Лучевая диагностика” НИИ кардиологии Томского НИМЦ РАН, Томск. <http://orcid.org/0000-0001-7324-504X>. E-mail: lishmanovotec@mail.ru

Веснина Жанета Владимировна – доктор мед. наук, заведующая отделением радионуклидных методов исследования НИИ кардиологии Томского НИМЦ РАН, Томск. <http://orcid.org/0000-0002-9238-6814>. E-mail: vesnina@cardio-tomsk.ru

Чириков Александр Сергеевич – врач высшей категории, заведующий отделением нейрохирургии Томской областной клинической больницы, Томск. <https://orcid.org/0000-0002-8635-9107>. E-mail: neurosurgery@okb.tomsk.ru

Усов Владимир Юрьевич – доктор мед. наук, профессор, заведующий отделением рентгеновских и томографических методов диагностики НИИ кардиологии Томского НИМЦ РАН, Томск. <http://orcid.org/0000-0002-7352-6068>. E-mail: ussov1962@yandex.ru



Contact*: Wladimir Yu. Ussov – 111, Kievskaya str., Tomsk, 634012, Russian Federation. Institute of Cardiology of the Tomsk National medical research Center. Phone: +7-903-951-26-76. E-mail: ussov1962@yandex.ru

Viktor Yu. Babikov – postgraduate student of laboratory of physiology, molecular and clinical pharmacology of the E.D. Goldberg research Institute of pharmacology and regenerative medicine, Tomsk National medical research Center of the Russian Academy of Sciences, Tomsk; leading specialist of the “PET Technologies Ltd”, Moscow. <https://orcid.org/0000-0002-9175-0290>. E-mail: babikov_vy@mail.ru

Vladimir V. Uduť – Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Doct. of Sci. (Med.), Professor, deputy director (research and clinical studies), Head of laboratory of physiology, molecular and clinical pharmacology of the E.D. Goldberg research Institute of pharmacology and regenerative medicine, Tomsk National medical research Center of the Russian Academy of Sciences, Tomsk. <http://orcid.org/0000-0002-3829-7132>. E-mail: uduťv@mail.ru

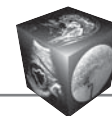
Anna V. Usova – Cand. of Sci. (Med.), Senior reseacher of department of radiology of the Institute of Oncology of the Tomsk National medical research Center of the Russian Academy of Sciences, Tomsk. <http://orcid.org/0000-0001-5370-0770>. E-mail: afina.tsk@gmail.com

Yuri B. Lishmanov – Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Doct. of Sci. (Med.), Professor, chairman of the “Diagnostic Radiology” Research Direction of Institute of Cardiology of the Tomsk National medical research Center of the Russian Academy of Sciences, Tomsk. <https://orcid.org/0000-0001-7324-504X>. E-mail: lishmanovotec@mail.ru

Zhanneta V. Vesnina – Doct. of Sci. (Med.), Head of the Department of radionuclide research methods of the research Institute of cardiology of the Tomsk National medical research Center of the Russian Academy of Sciences, Tomsk. <http://orcid.org/0000-0002-9238-6814>. E-mail: vesnina@cardio-tomsk.ru

Aleksandr S. Chirikov – doctor of the highest category, Head of the Department of neurosurgery of the Tomsk regional clinical hospital, Tomsk. <https://orcid.org/0000-0002-8635-9107>. E-mail: neurosurgery@okb.tomsk.ru

Wladimir Yu. Ussov – Doct. of Sci. (Med.), Professor, Head of X-ray and Tomographic Methods of Diagnosis, Research Institute of Cardiology of the Tomsk National medical Research Center, Tomsk. <https://orcid.org/0000-0002-7352-6068>. E-mail: ussov1962@yandex.ru



Новая балльная шкала оценки риска установления хронической сердечной недостаточности с сохраненной фракцией выброса

© Жерко О.М.^{1*}, Шкробнева Э.И.²

¹ Белорусская медицинская академия последипломного образования; 220013 Минск, ул. П. Бровки, 3, Республика Беларусь

² Минский научно-практический центр хирургии, трансплантологии и гематологии; 220045 Минск, ул. Семашко, 8, Республика Беларусь

Цель исследования: разработать балльную шкалу оценки высокого риска установления хронической сердечной недостаточности с сохраненной фракцией выброса (ХСНсохрФВ), основанную на показателях эхокардиографии (ЭхоКГ).

Материал и методы. В 2017–2018 гг. на базе УЗ “1-я городская клиническая больница” г. Минск выполнено клинично-инструментальное исследование 175 пациентов, из них 108 (61,7%) женщин и 67 (38,3%) мужчин в возрасте 69 [65; 78] лет. Для валидации балльной шкалы оценки риска установления ХСНсохрФВ в 2019–2020 гг. в ГУ “Минский научно-практический центр хирургии, трансплантологии и гематологии” проведено воспроизводящее клинично-инструментальное исследование 129 пациентов, из них 55 (42,6%) мужчин и 74 (57,4%) женщины в возрасте 65 [58; 70] лет. Критерии включения: синусовый ритм, эссенциальная артериальная гипертензия, хроническая ишемическая болезнь сердца в формах атеросклеротической болезни сердца, перенесенного в прошлом инфаркта миокарда левого желудочка (ЛЖ), после которого прошло не менее полугодия, необходимого для стабилизации структурно-функциональных показателей ЛЖ, ХСНсохрФВ, информированное согласие пациента. Критерии исключения: первичная митральная регургитация, митральный стеноз, пластика или протезирование митрального клапана, врожденные пороки сердца, острые и хронические заболевания почек, легких. ЭхоКГ выполнялась на ультразвуковых аппаратах Siemens Acuson S1000 (Германия) и Vivid E9 (GE Healthcare, США).

Результаты. Разработанная балльная шкала оценки риска установления ХСНсохрФВ у пациента с синусовым ритмом, включающая критерии: диастолическая дисфункция ЛЖ II типа – 47 баллов, время замедления пика Е трансмитрального кровотока $DT_E \leq 171$ мс – 25 баллов, скорость раннего диастолического движения септальной части митрального фиброзного кольца $e'_{septal} \leq 7$ см/с – 25 баллов, индекс раннего диастолического наполнения ЛЖ $E/e'_{septal} > 7,72$ – 20 баллов, индекс конечно-систолического объема левого предсердия $> 34,3$ мл/м² – 24 балла, обладает высокой диагностической надежностью (AUC 0,96, чувствительность (Ч) 96,6%, специфичность (С) 83,2%) и воспроизводимостью результатов на экзаменационной выборке пациентов (AUC 0,99, Ч 98,8%, С 98,0%). Суммарный балл > 45 указывает на высокий риск установления ХСНсохрФВ. При сумме баллов ≤ 45 рекомендуется выполнение 2D Speckle Tracking ЭхоКГ. Ведущими патофизиологическими механизмами развития ХСНсохрФВ являются снижение глобальных систолических продольных деформаций $GLS_{AVG} > -18,9\%$ (Ч 94,9%, С 98,0%), GLS правого желудочка (ПЖ) $> -19,9\%$ (Ч 76,5%, С 88,5%), механическая дисперсия миокарда с индексом механической дисперсии ЛЖ $> 54,69$ мс (Ч 70,7%, С 90,2%), ПЖ $> 50,29$ мс (Ч 78,1%, С 73,9%), диссинергия желудочков с глобальным постсистолическим индексом ЛЖ $> 5,59\%$ (Ч 82,6%, С 87,5%), ПЖ $> 2,17\%$ (Ч 84,5%, С 69,9%).

Выводы. Применение разработанной балльной шкалы позволит повысить эффективность ультразвуковой визуализации ХСНсохрФВ.

Ключевые слова: эхокардиография, 2D Speckle Tracking эхокардиография, хроническая сердечная недостаточность с сохраненной фракцией выброса, балльная шкала

Авторы подтверждают отсутствие конфликтов интересов.

Для цитирования: Жерко О. М., Шкробнева Э.И. Новая балльная шкала оценки риска установления хронической сердечной недостаточности с сохраненной фракцией выброса. *Медицинская визуализация*. 2021; 25 (3): 83–96. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-939>

Поступила в редакцию: 05.08.2020.

Принята к печати: 14.07.2021.

Опубликована online: 15.09.2021.



New score scale for assessing the risk of establishing chronic heart failure with preserved ejection fraction

© Olga M. Zherko^{1*}, Elina I. Shkrebnova²

¹ Belarusian Medical Academy of Postgraduate Education; 3, P. Brovka str., 220013 Minsk, Republic of Belarus

² Minsk Scientific and Practical Center for Surgery, Transplantology and Hematology; 8, Semashko str., 220045 Minsk, Republic of Belarus

The aim of the study was to develop a score scale for assessing the high risk of establishing chronic heart failure with preserved ejection fraction (HFpEF), based on echocardiography (EchoCG) evidence.

Materials and methods. A clinical and instrumental study of 175 patients, of which 108 (61.7%) women and 67 (38.3%) men, aged 71 [64; 78] years was performed in the 1st City Clinical Hospital in Minsk in 2017–2018. In order to validate the score scale for assessing the risk of HFpEF establishment in 2019–2020 a reproductive clinical and instrumental study of 129 patients was performed at the Minsk Scientific and Practical Center for Surgery, Transplantology and Hematology, of which 55 (42.6%) were men and 74 (57.4%) women aged 65 [58; 70] years. Inclusion criteria: sinus rhythm, essential arterial hypertension, chronic coronary heart disease: atherosclerotic heart disease, past myocardial infarction of left ventricle (LV), after which at least six months have passed, necessary to stabilize the structural and functional parameters of the LV, HFpEF, informed consent of the patient. Exclusion criteria: primary mitral regurgitation, mitral stenosis, mitral valve repair or prosthetics, congenital heart defects, acute and chronic diseases of the kidneys, lungs. EchoCG was performed on ultrasound machines Siemens Acuson S1000 (Germany) and Vivid E9 (GE Healthcare, USA).

Results. The developed scale for assessing the risk of establishing HFpEF in a patient with sinus rhythm including the criteria: LV diastolic dysfunction type II – 47 points, deceleration time of peak E of the transmitral blood flow $DT_E \leq 171$ ms – 25 points, the speed of early diastolic movement of the septal part of the mitral fibrous ring $e'_{septal} \leq 7$ cm/s – 25 points, LV early diastolic filling index $E/e'_{septal} > 7.72$ – 20 points, index of the end-systolic volume of the left atrium > 34.3 ml/m² – 24 points, has high diagnostic reliability (AUC 0.96, sensitivity (S) 96.6%, specificity (Sp) 83.2%) and reproducibility of results in an examination cohort of patients (AUC 0.99, S 98.8%, Sp 98.0%). A total score > 45 indicates a high probability of HFpEF. If the total score is ≤ 45 , it is recommended to perform 2D Speckle Tracking EchoCG. The leading patho-functional mechanisms for the development of HFpEF are a decrease of LV global systolic longitudinal strain $GLS_{AVG} > -18.9\%$ (S 94.9%, Sp 98.0%), GLS of the right ventricle (RV) $> -19.9\%$ (S 76.5%, Sp 88.5%), mechanical dispersion with LV mechanical dispersion index > 54.69 ms (S 70.7%, Sp 90.2%), RV mechanical dispersion index > 50.29 msec (S 78.1%, Sp 73.9%) and ventricular dyssynergy with LV global post systolic index $> 5.59\%$ (S 82.6%, Sp 87.5%), RV global post systolic index $> 2.17\%$ (S 84.5%, Sp 69.9%).

Conclusions. The use of the developed scale will improve the efficiency of ultrasound imaging of HFpEF.

Keywords: echocardiography, 2D Speckle Tracking echocardiography, chronic heart failure with preserved ejection fraction, score scale

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

For citation: Zherko O.M., Shkrebnova E.I. New score scale for assessing the risk of establishing chronic heart failure with preserved ejection fraction. *Medical Visualization*. 2021; 25 (3): 83–96.
<https://doi.org/10.24835/1607-0763-939>

Received: 05.08.2020.

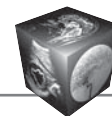
Accepted for publication: 14.07.2021.

Published online: 15.09.2021.

Введение

Около 4,9% лиц старше 60 лет имеют хроническую сердечную недостаточность (ХСН) с сохраненной фракцией выброса (ХСНсохрФВ), что составляет приблизительно 50% всех случаев ХСН [1, 2]. Качество жизни пациентов с ХСНсохрФВ серьезно страдает вследствие снижения кардиоваскулярного резерва, полиорганных нарушений и когнитивных расстройств, смертность колеблется от 30 до 60% в течение 5 лет [3].

Эссенциальная артериальная гипертензия (АГ), диагностируемая у 60–80% пациентов с ХСН, ишемическая болезнь сердца (ИБС), имеющая место в 70% наблюдений, их сочетание (не менее чем в 50% случаев), экстракардиальные коморбидности, такие как ожирение (84%), сахарный диабет (СД) 2 типа (20–45%), анемия и др., путем общих патогенетических механизмов – оксидативного стресса, системного воспаления, коронарной микроваскулярной эндотелиальной дис-



функции – стимулируют развитие интерстициального реактивного фиброза, ремоделирование левого желудочка (ЛЖ) [1, 2, 4–7]. Снижение комплаенса ЛЖ при сердечной недостаточности, помимо фиброза, обусловлено высокой жесткостью кардиомиоцитов, формирующейся вследствие падения растяжимости цитоскелетного белка титина, упругие свойства которого динамически модифицируются путем фосфорилирования, окисления, изоформных сдвигов [8]. Ведущими патогенетическими механизмами развития ХСНсохрФВ, связанными с плохим прогнозом, являются диастолическая и латентная систолическая дисфункция желудочков [1, 2, 4–7].

Диагностика ХСНсохрФВ остается сложной, прежде всего из-за коморбидности, неспецифичности клинической симптоматики [1]. Трансторакальная эхокардиография (ЭхоКГ) имеет единую максимальную оценку в части информативности при установлении болезней сердца [4, 9, 10]. В настоящий момент идет активный поиск способов определения ХСНсохрФВ, так как ведущий параметр ЭхоКГ – фракция выброса (ФВ) ЛЖ – остается в диапазоне нормальных значений.

Рекомендации Европейского общества кардиологов по сердечной недостаточности указывают на необходимость выполнения 2D Speckle Tracking ЭхоКГ (STE) для раннего выявления ХСНсохрФВ [2]. STE является чувствительным инструментом диагностики субпороговой систолической дисфункции, так как отражает сократительную способность миокарда, в то время как методика расчета ФВ ЛЖ описывает насосную функцию [1, 11]. В настоящее время не разработаны диагностические для ХСНсохрФВ критерии STE, характеризующие глобальное ремоделирование желудочков.

Цель исследования

Разработать балльную шкалу оценки высокого риска установления ХСНсохрФВ, основанную на показателях ЭхоКГ.

Материал и методы

Исследование выполнялось в два этапа. На первом этапе в 2017–2018 гг. на базе УЗ “1-я городская клиническая больница” г. Минска для разработки диагностических ультразвуковых критериев глобального ремоделирования сердца и балльной шкалы оценки высокого риска установления ХСНсохрФВ выполнено одномоментное (поперечное) комплексное исследование типа случай–контроль обучающей выборки, состоящей из 175 пациентов, из них 108 (61,7%) женщин и 67 (38,3%) мужчин в возрасте 69 [65; 78] лет. На втором этапе в 2019–2020 гг. в ГУ “Минский

научно-практический центр хирургии, трансплантологии и гематологии” для валидации шкалы оценки риска установления ХСНсохрФВ, а также разработки критериев ХСНсохрФВ на основании технологии STE выполнено независимое воспроизводящее одномоментное (поперечное) исследование экзаменационной выборки из 129 пациентов, из них 55 (42,6%) мужчин и 74 (57,4%) женщины в возрасте 64,5 [58; 70] года. Критерии включения в исследования: синусовый ритм, эссенциальная АГ, хроническая ИБС, атеросклеротическая болезнь сердца в формах перенесенного в прошлом инфаркта миокарда (ИМ) ЛЖ, после которого прошло не менее полугода, необходимого для стабилизации структурно-функциональных показателей ЛЖ, ХСНсохрФВ, информированное согласие пациента. Критерии исключения: первичная митральная регургитация, митральный стеноз, пластика или протезирование митрального клапана, врожденные пороки сердца, кардиомиопатии, острые и хронические заболевания легких и почек.

У пациентов определялся уровень N-концевого предшественника мозгового натрийуретического пептида (NT-proBNP) в сыворотке крови. Трансторакальная ЭхоКГ выполнялась на ультразвуковых аппаратах Siemens Acuson S1000 (Германия) и Vivid E9 (GE Healthcare, США). ФВ ЛЖ, конечно-систолический объем левого предсердия (ЛП) рассчитывались биплановой методикой дисков Simpson. Масса миокарда ЛЖ устанавливалась по алгоритму площадь–длина в В-режиме. Индексы массы миокарда (ИММ) ЛЖ и объема ЛП определялись путем деления показателей на площадь тела пациента. Пиковые скорости раннего диастолического и систолического движения септальной и латеральной частей митрального фиброзного кольца – e'_{septal} , e'_{lateral} , s'_{septal} и s'_{lateral} соответственно измерялись в четырехкамерной апикальной позиции в режиме тканевой импульсно-волновой доплерографии. Расчет средней скорости раннего диастолического движения e' производился путем усреднения значений скоростей e'_{septal} и e'_{lateral} . Индексы раннего диастолического наполнения ЛЖ определялись как отношения скорости пика Е трансмитрального потока и скоростей раннего диастолического движения e' . Время замедления пика Е трансмитрального кровотока DT_E рассчитывалось в режиме импульсно-волновой доплерографии при установке контрольного объема на уровне концов створок митрального клапана как время, за которое пик Е замедляется от максимума до изолинии. Пиковая систолическая скорость трикуспидальной регургитации (ТР) измерялась в режиме непрерывно-волновой доплерографии.



рографии под контролем ЦДК в четырехкамерной апикальной позиции [12, 13]. ХСНсохрФВ, типы диастолической дисфункции (ДД) ЛЖ, систолическое давление в легочной артерии (СД ЛА) диагностированы на основании рекомендаций Европейского общества кардиологов [2, 14, 15].

Среднее давление заклинивания легочных капилляров (ДЗЛК) рассчитывалось по формуле:

$$\text{ДЗЛК} = 1,24 \cdot E/e' + 1,9,$$

где E – пиковая скорость раннедиастолического трансмитрального потока в режиме импульсно-волновой доплерографии; e' – пиковая скорость раннего диастолического смещения латеральной части митрального фиброзного кольца в режиме тканевой импульсно-волновой доплерографии [13].

Легочное сосудистое сопротивление (ЛСС) в единицах Вуда определяли по формуле:

$$\text{ЛСС} = 10 \cdot (V_{\text{TR}} / V\text{TI}_{\text{RVOT}}) + 0,16,$$

где V_{TR} – скорость трикуспидальной регургитации в режиме непрерывно-волновой доплерографии, $V\text{TI}_{\text{RVOT}}$ – интеграл скорости–время систолического потока в выносящем тракте ПЖ, измеренный в режиме импульсно-волновой доплерографии [13].

STE выполнялась на ультразвуковом аппарате Vivid E9 (GE Healthcare, США). Программой постобработки изображений на рабочей станции EchoPac PC (GE Healthcare, США) произведены расчеты глобальной продольной систолической деформации ЛЖ (GLS_{Avg}), времени до пиков систолической продольной деформации, постсистолических индексов, пикового продольного смещения, пиковой систолической скорости деформации 17 сегментов ЛЖ; глобальной продольной систолической деформации (GLS) правого желудочка (ПЖ), времени до пиков систолических продольных деформаций, постсистолических индексов 6 сегментов ПЖ.

Индекс механической дисперсии миокарда ЛЖ определен как стандартное отклонение среднего значения времени до пиковых продольных деформаций 12 базальных и средних сегментов. Дельта времени до пиковых продольных деформаций рассчитывалась как разница между максимальным и минимальным периодами времени до пиковых продольных деформаций 12 сегментов ЛЖ. Глобальный постсистолический индекс ЛЖ рассчитан как средние значения соответствующих индексов 12 сегментов. Глобальное пиковое продольное смещение, глобальная пиковая систолическая скорость деформации ЛЖ получены путем расчета среднего значения соответствующих показателей 17 сегментов ЛЖ. Индекс механической

дисперсии миокарда ПЖ определен как стандартное отклонение среднего значения времени до пиковых продольных деформаций 6 сегментов ПЖ. Глобальный постсистолический индекс ПЖ рассчитан как среднее значение постсистолических индексов 6 сегментов ПЖ.

Для статистического анализа создана база данных в среде Excel-2013, ее обработку осуществляли с помощью пакета прикладных программ Statistica (v.8.0). Нормальность распределения проверяли с помощью критериев Колмогорова–Смирнова и Лилиефорса. Для большинства количественных переменных распределение отличалось от нормального, в связи с этим результаты оценивались непараметрическими методами, количественные значения изучаемых показателей представляли в виде медианы и интерквартильного размаха (Me [LQ; UQ]). Для сравнения по количественным признакам использован U-критерий Манна–Уитни. Сравнение по качественным признакам выполнялось путем построения таблиц сопряженности по методу Пирсона и максимального правдоподобия χ^2 . Для оценки зависимости между рассматриваемыми признаками рассчитывался коэффициент корреляции по Спирмену (r). ROC-анализ для разработки граничных значений ультразвуковых показателей, чувствительных и специфичных для диагностики глобального ремоделирования сердца при ХСНсохрФВ, расчет отношения шансов (ОШ) установления ХСНсохрФВ выполняли программой MedCalc Version 14.8.1. Для разработки многофакторной шкалы оценки риска установления ХСНсохрФВ в программе SPSS версии 26 провели категориальный регрессионный анализ с оптимальным шкалированием и подбором ультразвуковых критериев, имеющих статистическую значимость. Рассчитанные коэффициенты важности умножали на 100 и округляли до целых чисел. Шкала валидизирована с помощью методики Bootstrap на 1000 случайно сгенерированных выборок. Далее для получения порогового значения баллов в разработанной шкале применен ROC-анализ с использованием балла каждого пациента. Статистически значимыми считали различия при $p < 0,05$.

Результаты

У обследованных пациентов с ХСНсохрФВ обучающей выборки установлены следующие нозологические формы, явившиеся причинами развития ХСНсохрФВ: в 100% наблюдений – эссенциальная АГ, из них в 3% – АГ I степени, в 56% – II степени, в 41% – III степени, в 94,0% случаев в комбинации с хронической ИБС. У 54% пациентов с ХСНсохрФВ определено ожирение.

**Таблица 1.** Основные клинико-инструментальные характеристики пациентов обучающей выборки**Table 1.** The main clinical and instrumental characteristics characteristics of patients in the training sample

Показатели	Контрольная группа (n = 75)	Основная группа (n = 100)	p
Возраст, годы	67 [64; 75]	72 [66; 78]	U = 3077,0, p = 0,05
Пол женский, % (n)	60,5 (46)	63,0 (63)	$\chi^2 = 11,73$, p = 0,74
ИМТ, кг/м ²	30,9 [27,0; 36,1]	30,6 [27,1; 33,7]	U = 3539,5, p = 0,44
Эссенциальная АГ, % (n)	100 (75)	100 (100)	–
Эссенциальная АГ, степень	2 [2; 3]	2 [2; 3]	$\chi^2 = 3,37$, p = 0,50
ИБС, % (n)	65,3 (49)	94,0 (94)	$\chi^2 = 23,10$, p < 0,001
СД 2 типа, % (n)	33,3 (25)	23,0 (23)	$\chi^2 = 2,18$, p = 0,14
NT-proBNP, пг/мл	75 [47; 104]	284 [201; 404]	U = 0,00, p < 0,001
ДД ЛЖ I типа, % (n)	50,7 (38)	29,0 (29)	$\chi^2 = 7,72$, p = 0,004
ДД ЛЖ II типа, % (n)	0	44,0 (44)	$\chi^2 = 44,08$, p < 0,001
ИММ ЛЖ, г/м ²	117,7 [101,1; 131,7]	120,2 [102,3; 145,0]	U = 8911,5, p = 0,55
DT _E , мс	195 [163; 246]	157 [138; 177]	U = 7041,5, p < 0,001
Индекс объема ЛП, мл/м ²	32,2 [28,1; 37,9]	41,0 [35,7; 48,9]	U = 1885,0, p < 0,001
e' _{septal} , см/с	9 [7; 11]	7 [6; 8]	U = 2172,5, p < 0,001
e' _{lateral} , см/с	10 [8; 12]	7 [6; 9]	U = 2133,5, p < 0,001
E/e' _{septal}	6,0 [5,2; 7,8]	9,0 [7,0; 11,0]	U = 2149,0, p < 0,001
E/e' _{lateral}	5,5 [4,2; 6,8]	7,7 [6,4; 9,8]	U = 1972,5, p < 0,001
E/e' _{среднее}	5,3 [4,5; 7,2]	8,5 [6,6; 10,5]	U = 1906,0, p < 0,001
S' _{septal} , см/с	10 [9; 11]	8 [7; 9]	U = 2234,5, p < 0,001
S' _{lateral} , см/с	11 [9; 12]	8 [7; 9]	U = 2146,0, p < 0,001
ДЗЛК, мм рт. ст.	8,0 [7,1; 10,5]	11,7 [8,1; 14,2]	U = 1970,5, p < 0,001
Скорость ТР, м/с	1,8 [1,4; 2,4]	2,7 [2,0; 2,9]	U = 1813,5, p < 0,001
СД ЛА, мм рт.ст.	17,5 [10,9; 27,3]	31,3 [16,9; 36,9]	U = 2499,5, p = 0,0001

Ведущими симптомами ХСНсохрФВ были одышка при нагрузке (в 100% случаев), усталость (83%), быстрая утомляемость (79%). Согласно выраженности симптомов у 17% пациентов с ХСНсохрФВ, имевших одышку при повышенной нагрузке, когда привычная физическая активность не вызывала одышку, утомляемость или сердцебиение, определен I функциональный класс (ФК) по классификации Нью-Йоркской ассоциации сердца (НУНА). В 70% наблюдений при умеренном ограничении физической активности, жалобах на одышку, усталость при привычной физической нагрузке и отсутствие симптомов в покое установлен II ФК. У 13% лиц определен III ФК при отсутствии симптомов в покое и значительном ограничении физической активности, когда физическая активность меньшей интенсивности по сравнению с привычными нагрузками, сопровождалась появлением симптомов одышки, усталости. Ведущими признаками ХСНсохрФВ были смещение верхушечного толчка влево (49%), систолический шум (43%), III тон сердца (5%).

По данным электрокардиографии синусовая тахикардия установлена у 5% пациентов с ХСНсохрФВ, синусовая брадикардия – у 4%, низкий вольтаж комплекса QRS – у 25%, блокада левой ножки пучка Гиса – у 6%, передней ветви левой ножки – у 10%, правой ножки пучка Гиса – у 7%, рубцовые

изменения – у 5%, атриовентрикулярная блокада 1-й степени – у 7%, признаки гипертрофии ЛЖ – у 16%, наджелудочковые и желудочковые экстрасистолы – у 16%, изолированные изменения зубца T – у 36%. По данным рентгенографии органов грудной клетки венозное полнокровие легких определено у 18% больных ХСНсохрФВ, гипертрофия ЛЖ – у 19%, кардиомегалия – у 3%. Все пациенты с ХСНсохрФВ имели повышенные уровни гормона NT-proBNP (табл. 1), являющегося “золотым стандартом” среди биомаркеров в диагностике сердечной недостаточности [2–4].

По данным корреляционного анализа Спирмена установлены статистически значимые взаимосвязи между ХСНсохрФВ и ДД ЛЖ II типа, показателями, характеризующими глобальное структурно-функциональное и гемодинамическое ремоделирование сердца (табл. 2). Граничные значения ультразвуковых признаков ХСНсохрФВ установлены для ИММ ЛЖ у мужчин >124,8 г/м², у женщин >109,6 г/м², индекса конечно-систолического объема ЛП >34,3 мл/м², времени замедления DT_E ≤171 мс, пиковых скоростей раннего диастолического движения септальной и латеральной частей митрального фиброзного кольца e'_{septal} ≤7 см/с, e'_{lateral} ≤8 см/с, индексов раннего диастолического наполнения ЛЖ E/e'_{septal} >7,72, E/e'_{lateral} >6,4, E/e'_{среднее} >5,67, пиковых скоростей систоличе-



Таблица 2. Основные структурно-функциональные аномалии, взаимосвязанные с ХСНсохрФВ и уровнем NT-proBNP, и их коэффициенты корреляции

Table 2. The main structural and functional anomalies that are interrelated with HFpEF and level of NT-proBNP, and their correlation coefficients

Признак	ХСНсохрФВ		NT-proBNP	
	r	p	r	p
ДД ЛЖ	0,72	0,0009	0,62	<0,001
ИММ ЛЖ	0,38	<0,001	0,41	<0,001
Индекс объема ЛП	0,67	<0,001	0,53	<0,001
e' _{septal}	-0,51	<0,001	-0,49	<0,001
e' _{lateral}	-0,51	<0,001	-0,41	<0,001
E/e' _{septal}	0,62	<0,001	0,40	<0,001
E/e' _{lateral}	0,57	<0,001	0,40	<0,001
E/e' _{среднее}	0,62	<0,001	0,38	<0,001
s' _{septal}	-0,61	<0,001	-0,35	<0,001
s' _{lateral}	-0,65	<0,001	-0,30	<0,001
DT _E	-0,44	<0,001	-0,41	<0,001
ДЗЛК	0,43	<0,001	0,30	<0,001
ЛСС	0,52	<0,001	0,45	<0,001
СД ЛА	0,29	<0,001	0,35	<0,001

ского движения септальной и латеральной частей митрального фиброзного кольца $s'_{septal} \leq 8$ см/с и $s'_{lateral} \leq 9$ см/с, ДЗЛК >8,49 мм рт.ст., ЛСС >1,68 ед. Вуда, пиковой систолической скорости ТР >2,42 м/с, СД ЛА >26,4 мм рт.ст. (табл. 3).

Анализ ОШ позволяет выделить наиболее значимые структурно-функциональные и гемодинамические аномалии, являющиеся факторами риска и патофункциональным механизмом (ДД ЛЖ II типа) развития ХСНсохрФВ (табл. 4).

Для создания оптимизированной, сбалансированной, исключающей дискриминацию отдельных признаков балльной шкалы оценки высокого риска установления ХСНсохрФВ по данным ЭхоКГ выполнен ступенчатый многовариантный регрессионный анализ с оптимальным шкалированием (табл. 5), с ультразвуковыми признаками, характеризующими различные аспекты глобального структурного, функционального и гемодинамического ремоделирования сердца и имеющими мак-

Таблица 3. Граничные значения ультразвуковых показателей, характеризующих глобальное ремоделирование сердца при ХСНсохрФВ

Table 3. Cut-off values of ultrasound indices characterizing global heart remodeling in HFpEF

Ультразвуковой показатель	Граничное значение (cut-off)	AUC (95% ДИ)	Характеристика диагностического показателя				
			индекс Юдена	Ч, % (95% ДИ)	С, % (95% ДИ)	СО	p
ИММ ЛЖ у мужчин, г/м ²	>124,8	0,856 (0,791–0,907)	0,52	74,6 (66,2–81,8)	77,3 (65,3–86,7)	0,029	<0,001
ИММ ЛЖ у женщин, г/м ²	>109,6	0,877 (0,818–0,922)	0,64	88,7 (79,0–95,0)	75,5 (66,0–83,5)	0,025	<0,001
Индекс объема ЛП, мл/м ²	>34,3	0,754 (0,683–0,815)	0,52	83,0 (74,2–89,8)	62,7 (50,7–73,6)	0,037	<0,001
DT _E , мс	≤171	0,738 (0,667–0,801)	0,45	71,0 (61,1–79,6)	73,6 (61,9–83,3)	0,038	<0,001
e' _{septal} , CM/c	≤7	0,809 (0,744–0,854)	0,41	84,7 (54,4–74,5)	76,4 (64,9–85,6)	0,034	<0,001
e' _{lateral} , CM/c	≤8	0,799 (0,720–0,850)	0,42	70,0 (59,0–79,0)	75,4 (60,9–82,0)	0,034	<0,001
E/e' _{septal}	>7,72	0,851 (0,784–0,901)	0,53	67,8 (57,1–77,2)	85,7 (74,6–93,3)	0,029	<0,001
E/e' _{lateral}	>6,4	0,830 (0,764–0,892)	0,52	75,6 (65,4–84,0)	76,1 (64,1–85,7)	0,032	<0,001
E/e' _{среднее}	>5,67	0,863 (0,802–0,914)	0,59	89,0 (80,7–94,6)	70,3 (57,6–81,1)	0,030	<0,001
s' _{septal} , CM/c	≤8	0,874 (0,802–0,923)	0,56	68,2 (57,2–77,9)	88,1 (77,1–95,1)	0,025	<0,001
s' _{lateral} , CM/c	≤9	0,878 (0,815–0,925)	0,55	80,0 (56,7–77,0)	74,6 (73,9–92,5)	0,027	<0,001
ДЗЛК, мм рт.ст.	>8,49	0,832 (0,764–0,883)	0,51	86,3 (77,7–92,5)	65,2 (52,4–76,5)	0,032	<0,001
ЛСС, ед. Вуда	>1,68	0,814 (0,741–0,874)	0,52	64,0 (52,9–74,0)	87,7 (76,3–94,9)	0,035	<0,001
ТР, м/с	>2,42	0,832 (0,761–0,881)	0,42	64,1 (53,5–73,9)	78,4 (67,3–87,1)	0,032	<0,001
СД ЛА, мм рт.ст.	>26,4	0,810 (0,734–0,871)	0,51	70,2 (59,3–79,7)	80,3 (69,1–88,8)	0,031	<0,001

Примечание. AUC – площадь поля под кривой, Ч – чувствительность, С – специфичность, ДИ – доверительный интервал, СО – стандартная ошибка, p – показатель статистической значимости.

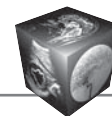


Таблица 4. ОШ установления ХСНсохрФВ при наличии ультразвуковых критериев глобального структурно-функционального ремоделирования сердца

Table 4. Odds ratio of developing HFpEF in the presence of ultrasound criteria of heart global structural and functional remodeling

Показатель	ОШ	95% ДИ	p
ДД ЛЖ II типа	120,23	7,10–2035,59	0,0009
ИММ ЛЖ >124,8 г/м ² у мужчин	3,90	1,39–10,95	0,01
ИММ ЛЖ >109,6 г/м ² у женщин	2,15	0,91–5,08	0,08
Индекс объема ЛП >34,3 мл/м ²	8,38	4,16–16,85	<0,001
DTE ≤171 мс	6,18	3,18–12,01	<0,001
e' _{septal} ≤7 см/с	4,10	2,15–7,80	<0,001
E/e' _{septal} >7,72	4,38	2,29–8,39	<0,001
e' _{lateral} ≤8 см/с	4,27	2,24–8,14	<0,001
E/e' _{lateral} >6,4	4,66	2,45–8,88	<0,001
E/e' _{среднее} >5,67	6,05	3,07–11,93	<0,001
s' _{septal} ≤8 см/с	4,50	2,34–8,67	<0,001
s' _{lateral} ≤9 см/с	4,09	2,17–7,70	<0,001
ДЗЛК >8,49 мм рт.ст.	5,49	2,77–10,88	<0,001
ЛСС >1,68 ед. Вуда	3,71	1,92–7,15	0,0001
ТР >2,42 м/с	4,64	2,38–8,99	<0,001
СД ЛА >26,4 мм рт.ст.	3,76	1,93–7,33	0,0001

симальные ОШ, с последующим систематическим обратным устранением независимых переменных. После разработки модели со статистической значимостью всех признаков определен балл для каждого из примененных в шкале ультразвуковых показателей (табл. 6). У пациентов контрольной группы суммарный балл ультразвуковых диагностических показателей составил 25 [0; 45], у пациентов с ХСНсохрФВ – 96 [69; 141], отличия достоверны (U = 321,0, p < 0,001) (рис. 1).

Для оценки качества разработанной шкалы оценки высокого риска установления ХСНсохрФВ, вычисления граничного значения суммы баллов выполнен ROC-анализ. Граничное значение суммы баллов в разработанной шкале, указывающее на высокий риск установления ХСНсохрФВ, определено более 45 с отличным качеством модели: площадью поля под ROC-кривой (AUC) 0,96 (95% ДИ 0,92–0,98), индексом Юдена 0,80, чувствительностью 96,6% (95% ДИ 90,3–99,3), специфичностью 83,2% (95% ДИ 73,7–90,2), стандартной ошибкой 0,013, p < 0,001 (рис. 2).

Таблица 5. Результаты регрессионного анализа с оптимальным шкалированием

Table 5. The results of regression analysis with optimal scaling

Показатель	β	Бутстреп (1000), среднеквад- ратичная ошибка	F	P	Корреляции			Важность
					нулевого порядка	час- тично	компо- нент	
Начальная мультивариантная модель								
ДД ЛЖ II типа	0,405	0,087	21,607	0,000	0,511	0,337	0,269	0,475
DT _E	−0,232	0,067	11,921	0,000	−0,377	−0,278	−0,217	0,200
e' _{septal}	−0,261	0,092	8,037	0,000	−0,361	−0,256	−0,199	0,216
E/e' _{septal}	−0,229	0,121	3,557	0,031	0,378	−0,170	−0,130	−0,199
Индекс объема ЛП	0,284	0,085	11,140	0,000	0,432	0,302	0,238	0,281
s' _{septal}	−0,097	0,113	0,743	0,478	−0,210	−0,125	−0,094	0,047
ТР	−0,060	0,111	0,290	0,749	0,240	−0,063	−0,048	−0,033
ИММ ЛЖ	−0,114	0,086	1,753	0,159	−0,045	−0,141	−0,107	0,012
Оптимизированная мультивариантная модель								
ДД ЛЖ II типа	0,381	0,081	22,177	<0,001	0,506	0,316	0,255	0,468
DT _E	−0,265	0,064	17,173	<0,001	−0,389	−0,311	−0,251	0,250
e' _{septal}	−0,281	0,082	11,778	<0,001	−0,361	−0,272	−0,216	0,247
E/e' _{septal}	−0,222	0,103	4,592	0,011	0,380	−0,166	−0,129	−0,204
Индекс объема ЛП	0,232	0,070	11,025	<0,001	0,423	0,260	0,207	0,238

Таблица 6. Балльная шкала оценки высокого риска установления ХСНсохрФВ

Table 6. A score scale for assessing the high risk of establishing HFpEF

Показатель	Значение	Балл
Диастолическая дисфункция ЛЖ, тип II		+47
Время замедления пика E трансмитрального потока DTE, мс	≤171	+25
Скорость пика раннего диастолического движения септальной части митрального фиброзного кольца e' _{septal} , см/с	≤7	+25
Индекс раннего диастолического наполнения ЛЖ E/e' _{septal}	>7,72	+20
Индекс конечно-систолического объема ЛП, мл/м ²	>34,3	+24
Высокий риск установления ХСНсохрФВ, сумма баллов		>45

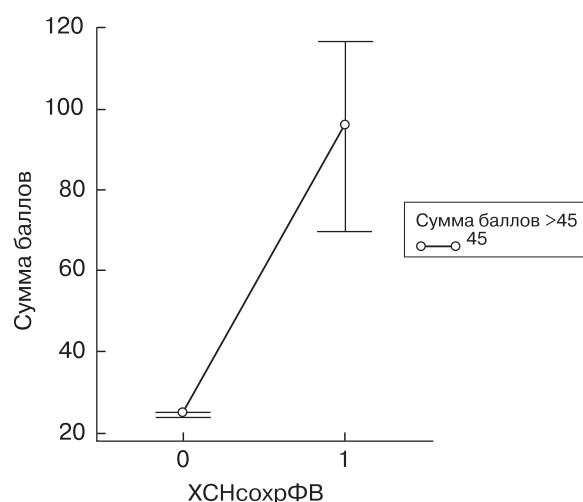


Рис. 1. Суммарные баллы ультразвуковых показателей, характеризующих глобальное ремоделирование сердца при ХСНсохрФВ, в контрольной (0) и основной (1) группах. О – медиана $\pm$ 95% доверительный интервал.

Fig. 1. The total scores of ultrasound indicators characterizing global heart remodeling in HFpEF in the control (0) and main (1) groups. O – median $\pm$ 95% confidence interval.

Результаты валидации разработанной шкалы показали, что в экзаменационной выборке (табл. 7) при присвоении диагностическим критериям аналогичного количества баллов также получен порог отсечения >45 баллов с отличным качеством модели: AUC 0,998 (95% ДИ 0,97–1,0), индексом Юдена 0,97, чувствительностью 98,8% (95% ДИ 93,2–100,0), специфичностью 98,0% (95% ДИ

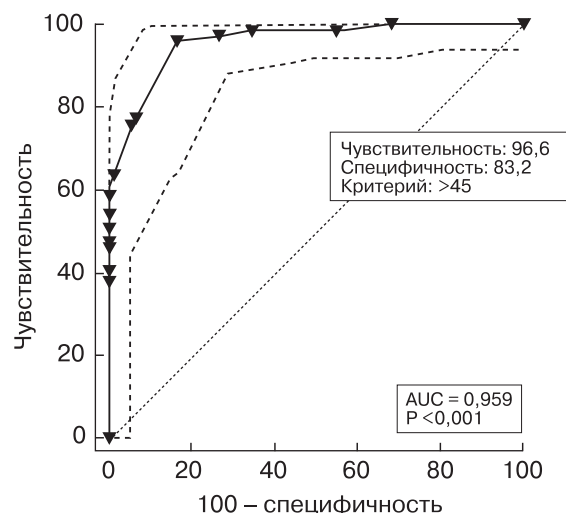


Рис. 2. ROC-кривая для расчета граничного значения суммы баллов в шкале оценки риска установления ХСНсохрФВ.

Fig. 2. ROC-curve for calculating the boundary value of the sum of points in the scale for assessing the risk of establishing HFpEF.

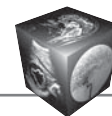
89,1–99,9), стандартной ошибкой 0,002, $p < 0,001$, правильно классифицированные случаи составили 98,8%, получен один ложноотрицательный результат у пациента с ХСНсохрФВ при сумме баллов 45.

Таким образом, разработанная шкала обладает высокой чувствительностью, специфичностью и воспроизводимостью, показанной при ее валидации при независимом исследовании пациен-

Таблица 7. Клинико-инструментальная характеристика пациентов экзаменационной выборки

Table 7. Clinical and instrumental characteristics of patients in the examination sample

Показатель	Контрольная группа (n = 49)	Основная группа (n = 80)	p
Возраст, годы	65,0 [58,0; 71,0]	64,0 [56,0; 68,0]	U = 2507,0; p = 0,12
Эссенциальная АГ, % (n)	98,0 (48)	100,0 (80)	$\chi^2 = 4,99$; p = 0,08
Эссенциальная АГ, степень	2 [2; 2]	2 [2; 2]	$\chi^2 = 2,52$; p = 0,47
ИБС, % (n)	85,7 (42)	96,0 (77)	$\chi^2 = 4,72$; p = 0,03
СД 2 типа, % (n)	12,2 (6)	26,3 (21)	$\chi^2 = 3,60$; p = 0,06
Сумма баллов по шкале оценки риска ХСНсохрФВ	0 [0; 25]	96 [69; 141]	U = 123,0; p < 0,001
Индекс механической дисперсии ЛЖ, мс	46,80 [37,03; 54,69]	60,13 [50,79; 74,52]	U = 1329,0; p < 0,001
Дельта времени до пиковых продольных деформаций ЛЖ, мс	136,0 [116,0; 175,0]	175,0 [148,0; 238,0]	U = 1746,5; p < 0,001
Глобальный постсистолический индекс ЛЖ, мс	2,83 [1,47; 5,11]	9,06 [4,47; 16,29]	U = 934,0; p < 0,001
Глобальная пиковая систолическая скорость деформации ЛЖ, с ⁻¹	-1,28 [-1,49; -1,11]	-1,04 [-1,14; -0,95]	U = 1040,5; p < 0,001
Глобальное пиковое продольное смещение ЛЖ, мм	11,47 [10,41; 12,06]	7,76 [6,29; 9,53]	U = 282,0; p < 0,001
GLS _{AVG} , %	-21,2 [-22,1; -19,8]	-15,3 [-17,3; -12,2]	U = 0,00; p < 0,001
GLS ПЖ, %	-22,4 [-24,7; -20,3]	-19,3 [-21,6; -16,5]	U = 1546,0; p < 0,001
Индекс механической дисперсии ПЖ, мс	41,37 [23,17; 60,65]	57,12 [41,43; 109,33]	U = 1648,0; p = 0,001
Глобальный постсистолический индекс ПЖ, мс	1,50 [0,17; 3,37]	4,67 [2,33; 12,83]	U = 1055,5; p < 0,001

**Таблица 8.** Граничные значения диагностических ультразвуковых показателей глобального ремоделирования сердца при ХСНсохрФВ и их характеристики**Table 8.** Boundary values of diagnostic ultrasound signs of global cardiac remodeling in HFpEF and their characteristics

Ультразвуковой показатель	Граничное значение (cut-off)	AUC (95% ДИ)	Характеристика диагностического показателя				
			индекс Юдена	Ч, % (95% ДИ)	С, % (95% ДИ)	СО	р
Индекс механической дисперсии ЛЖ, мс	>54,69	0,852 (0,782–0,906)	0,61	70,7 (60,7–79,4)	90,2 (76,9–97,3)	0,033	<0,001
Дельта времени до пиковых продольных деформаций ЛЖ, мс	>136	0,859 (0,791–0,911)	0,56	91,4 (84,4–96,0)	65,0 (48,3–79,4)	0,033	<0,001
Глобальный постсистолический индекс ЛЖ, %	>5,59	0,882 (0,817–0,930)	0,70	82,6 (73,3–89,7)	87,5 (74,8–95,3)	0,031	<0,001
Глобальная пиковая скорость деформации, с ⁻¹	>–1,1	0,837 (0,764–0,894)	0,55	75,6 (65,4–84,0)	79,6 (65,7–89,8)	0,036	<0,001
Глобальное пиковое продольное смещение ЛЖ, мм	≤10,18	0,940 (0,889–0,972)	0,79	95,1 (88,9–98,4)	83,7 (70,3–92,7)	0,019	<0,001
GLS _{AVG} , %	>–18,9	0,990 (0,940–1,000)	0,93	94,9 (82,7–99,4)	98,0 (89,1–99,9)	0,007	<0,001
GLS ПЖ, %	>–19,9	0,870 (0,774–0,911)	0,65	76,5 (66,8–87,8)	88,5 (75,9–96,2)	0,044	<0,001
Индекс механической дисперсии ПЖ, мс	>50,29	0,806 (0,700–0,887)	0,52	78,1 (60,0–90,7)	73,9 (58,9–85,7)	0,051	<0,001
Глобальный постсистолический индекс ПЖ, %	>2,17	0,858 (0,769–0,919)	0,54	84,5 (69,2–94,5)	69,9 (58,8–82,8)	0,042	<0,001

Примечание. AUC – площадь поля под кривой, Ч – чувствительность, С – специфичность, ДИ – доверительный интервал, СО – стандартная ошибка, р – показатель статистической значимости.

тов экзаменационной выборки с верифицированной ХСНсохрФВ. Однако у шкалы установлена “слепая зона”, когда сумма баллов, полученная при применении шкалы у пациентов с ХСНсохрФВ, составила ≤45. Для дальнейшего повышения диагностической эффективности ЭхоКГ рекомендуется выполнение STE, обладающей минимальной операторозависимостью и позволяющей объективно оценить субпороговую систолическую дисфункцию ЛЖ и ПЖ при ХСНсохрФВ.

Для разработки критериев STE, характеризующих функциональное ремоделирование сердца при ХСНсохрФВ, проанализированы показатели, характеризующие механическую дисперсию и диссинергию ЛЖ, ПЖ (см. табл. 7). Определены статистически значимые взаимосвязи между ХСНсохрФВ и GLS_{AVG} ($r = 0,84$, $p < 0,001$), индексом механической дисперсии ЛЖ ($r = 0,55$, $p < 0,001$), дельтой времени до пиковых продольных деформаций ЛЖ ($r = 0,56$, $p < 0,001$), глобальным постсистолическим индексом ЛЖ ($r = 0,63$, $p < 0,001$), глобальной пиковой систолической скоростью деформации ЛЖ ($r = 0,56$, $p < 0,001$), глобальным пиковым систолическим продольным смещением ЛЖ ($r = -0,71$, $p < 0,001$), GLS ПЖ ($r = 0,52$, $p < 0,001$), глобальным индексом механической дисперсии ПЖ ($r = 0,52$, $p = 0,002$), глобальным постсистолическим индексом ПЖ ($r = 0,50$, $p < 0,001$). Также между GLS_{AVG} и индексом механической дисперсии ($r = 0,47$, $p < 0,001$), глобальным постсистолическим индексом ЛЖ ($r = 0,64$, $p < 0,001$), между

глобальным постсистолическим индексом и индексом механической дисперсии ($r = 0,75$, $p < 0,001$), дельтой времени до пиковых продольных деформаций ЛЖ ($r = 0,62$, $p < 0,001$), индексом механической диссинергии ЛЖ ($r = 0,47$, $p = 0,0002$) имели место статистически значимые коэффициенты корреляции. Установленные зависимости имеют патогенетическую взаимосвязь: снижение глобальной продольной систолической деформации ЛЖ при ХСНсохрФВ обусловлено механической дисперсией и диссинергией миокарда.

Граничные значения ультразвуковых признаков, характеризующих функциональное ремоделирование миокарда желудочков при ХСНсохрФВ, определены для GLS_{AVG} > –18,9%, индекса механической дисперсии ЛЖ > 54,69 мс, дельты времени до пиковых продольных деформаций ЛЖ > 136 мс, глобального постсистолического индекса ЛЖ > 5,59%, глобальной пиковой систолической скорости деформации ЛЖ > –1,1 с⁻¹, глобального пикового продольного смещения ЛЖ ≤ 10,18 мм, GLS ПЖ > –19,9%, глобального индекса механической дисперсии ПЖ > 50,29 мс, глобального постсистолического индекса ПЖ > 2,17% (табл. 8). Наличие разработанных диагностических критериев, определяемых по данным STE, указывает на высокие ОШ установления у пациента ХСНсохрФВ (табл. 9).

Если глобальные продольные систолические деформации ЛЖ и ПЖ не достигают граничных значений, установленных в исследовании, вероятность наличия у пациента ХСНсохрФВ низкая.

**Таблица 9.** ОШ установления ХСНсохрФВ при наличии диагностических показателей глобального структурно-функционального ремоделирования сердца по данным STE**Table 9.** Odds ratio of establishing HFpEF in the presence diagnostic indicators of global structural and functional remodeling of the heart according to 2D Speckle Tracking echocardiography

Показатель	ОШ	95% ДИ	р
Индекс механической дисперсии ЛЖ >54,69 мс	6,30	2,13–18,65	0,0009
Дельта времени до пиковых продольных деформаций ЛЖ >136 мс	18,70	4,01–87,19	0,0002
Глобальный постсистолический индекс ЛЖ >5,59%	13,49	3,57–50,96	0,0001
Глобальная пиковая скорость деформации > –1,1 с ⁻¹	4,87	1,66–14,31	0,004
Глобальное пиковое продольное смещение ЛЖ <10,18 мм	39,60	10,16–154,37	<0,001
GLSAVG > –18,9%	96,30	5,57–1665,68	<0,001
GLS ПЖ > –19,9%	9,13	3,01–27,67	<0,001
Индекс механической дисперсии ПЖ >50,29 мс	3,61	1,19–10,97	0,02
Глобальный постсистолический индекс ПЖ >2,17%	7,04	2,12–23,39	0,001

Обсуждение

В настоящее время разработаны несколько алгоритмов и шкала прогнозирования и диагностики ХСНсохрФВ. Согласно диагностическому алгоритму Европейского общества кардиологов 2016 г., представленного Р. Ponikowski и соавт., при наличии типичных для ХСН жалоб и симптомов, уровня NT-proBNP ≥ 125 пг/мл, релевантной болезни сердца с гипертрофией ЛЖ или дилатацией ЛП, ключевых аномалий по данным ЭхоКГ: ИММ ЛЖ у мужчин ≥ 115 г/м², у женщин ≥ 95 г/м² или индекса раннего диастолического наполнения ЛЖ $E/e' \geq 13$ и скорости $e'_{\text{среднее}} < 9$ см/с диагностируют ХСНсохрФВ [2]. Чувствительность этого алгоритма в определении ХСНсохрФВ составляет 56,9%, специфичность – 77,5%, AUC – 0,67 (95% ДИ 0,63–0,72) [16].

Согласно разработанной Y.N.V. Reddy и соавт. шкале, содержащей 6 критериев, – ожирение с ИМТ > 30 кг/м² (2 балла), пароксизмальная или перманентная фибрилляция предсердий (3 балла), возраст > 60 лет (1 балл), лечение ≥ 2 антигипертензивными препаратами (1 балл), индекс наполнения ЛЖ $E/e' > 9$ (1 балл) и СД ЛА > 35 мм рт.ст. (1 балл), вероятность ХСНсохрФВ нарастает по мере увеличения общего балла в диапазоне от 0 до 9, при этом использование показателя NT-proBNP не добавляет диагностической надежности к баллу. Чувствительность шкалы составляет 76,0%, специфичность – 78,2%, AUC – 0,86 (95% ДИ 0,82–0,89) [16].

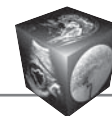
В 2019 г. В. Pieske и соавт. разработан алгоритм установления ХСНсохрФВ, содержащий 4 последовательных этапа диагностики. На 1-м этапе выполняется предтестовая оценка пациента с анализом жалоб, симптомов и признаков ХСН, электрокардиографических аномалий, лабораторных данных, уровня NT-proBNP, ЭхоКГ. На 2-м этапе при синусовом ритме производится оценка полученных результатов по шкале, имеющей порог от-

сечения ≥ 5 баллов, складывающейся из больших критериев (2 балла каждый): скорости пика $e'_{\text{septal}} < 7$ см/с или $e'_{\text{lateral}} < 10$ см/с, или индекса $E/e'_{\text{среднее}} \geq 15$, или скорости трикуспидальной регургитации $> 2,8$ м/с; индекса объема ЛП > 34 мл/м², или ИММ ЛЖ у мужчин ≥ 149 г/м², у женщин ≥ 122 г/м², NT-proBNP > 220 пг/мл; малых критериев (1 балл каждый) – $E/e'_{\text{среднее}} 9–14$, или GLS $< 16\%$, или индекса объема ЛП $29–34$ мл/м², или ИММ ЛЖ у мужчин ≥ 115 г/м², у женщин ≥ 95 г/м², или RWT $> 0,42$, или толщины стенок ЛЖ ≥ 12 мм, или NT-proBNP $125–220$ пг/мл. На 3-м этапе проводится функциональное тестирование с выполнением диастолического стресс-теста, при любых сомнениях рекомендуется выполнение инвазивного гемодинамического стресс-теста в покое и с нагрузкой. На 4-м этапе выполняется окончательная оценка этиологии ХСНсохрФВ [1]. Применение этого алгоритма, несмотря на его высокую точность, на 1-м этапе диагностики ХСНсохрФВ при выполнении ЭхоКГ невозможно.

Вышеуказанные алгоритмы и шкала адресованы кардиологам, включают различные комбинации клинических и инструментальных признаков, биомаркера ХСН NT-proBNP, не оговаривают, какими методиками следует производить расчет рассматриваемых показателей, что имеет принципиальное значение для врача, выполняющего ЭхоКГ.

Разработанная балльная шкала содержит исключительно ультразвуковые показатели, позволяет оценить высокий риск установления ХСНсохрФВ при проведении ЭхоКГ и принять решение о необходимости дальнейшей комплексной, целенаправленной оценки глобального ремоделирования сердца и патофункциональных механизмов формирования ХСНсохрФВ.

Включенные в разработанную балльную шкалу ультразвуковые показатели обладают высоким самостоятельным диагностическим весом (см. табл. 3),



характеризуют факторы риска и патофункциональный механизм развития ХСНсохрФВ (см. табл. 4).

У 100% обследованных пациентов с ДД ЛЖ II типа имела место ХСН, значения NT-proBNP составили 791 [346; 4379] пг/мл (отличия от контрольной группы статистически значимы, $U = 473,0$, $p < 0,001$). Между ДД ЛЖ II типа и уровнями NT-proBNP ($r = 0,64$, $p < 0,001$), ФК ХСН по NYHA ($r = 0,67$, $p < 0,001$) определены статистически значимые взаимосвязи. ОШ развития ХСНсохрФВ при ДД ЛЖ II типа составляет 120,23 (95% ДИ 7,10–2035,59, $p = 0,0009$) (см. табл. 4).

Параметры диастолической функции являются сильными предикторами будущей сердечно-сосудистой заболеваемости и смертности [17]. Аномалии диастолы теснее, чем аномалии систолы, взаимосвязаны с тяжестью клинического статуса пациентов с ХСН, снижением толерантности к физическим нагрузкам [13, 14]. ДД ЛЖ является ведущим патофункциональным механизмом развития ХСНсохрФВ, ХСН с умеренно сниженной ФВ [2, 4].

Время замедления DT_E трансмитрального кровотока коррелирует с общей фракцией коллагена миокарда ЛЖ ($r = 0,43$), установленной по данным эндомикардиальной биопсии [18], с оперативной жесткостью камеры ЛЖ и давлением наполнения ЛЖ [14].

Скорость движения митрального фиброзного кольца e' ($r = -0,58, -0,60, -0,45$), индекс раннего диастолического наполнения ЛЖ E/e' ($r = 0,72, 0,68, 0,63$) взаимосвязаны с общей фракцией коллагена, коллагеном I типа и мРНК, определенными по данным эндомикардиальной биопсии, что свидетельствует о том, что фиброз миокарда играет ключевую роль в развитии ХСНсохрФВ, а тканевая доплерография является методикой, отражающей уровень фиброза миокарда [18].

Хотя объем ЛП не является показателем мгновенного возрастания давления, потому что расширение предсердия требует времени, однако дилатированное ЛП является маркером повышенного давления в ЛП, особенно у пациентов с нормальной ФВ ЛЖ, значениями индекса наполнения ЛЖ E/e' , находящимися в неопределенном диапазоне, и, наоборот, небольшое ЛП предполагает нормальное давление в нем [14, 17, 19].

Снижение глобальных продольных систолических деформаций желудочков, механическая дисперсия и диссинергия миокарда характеризуют субпороговую систолическую дисфункцию желудочков и являются патофункциональными механизмами развития ХСНсохрФВ.

Электрические и механические аномалии миокарда при ХСН тесно связаны, регионарную гетерогенность сокращения можно рассматривать как

механические последствия электрических изменений ткани. Показателями, характеризующими электрические аномалии миокарда желудочков, являются индекс механической дисперсии и дельта времени до пиковых продольных деформаций [20–22]. Дисперсия и ее механические последствия – раннее систолическое растяжение сегментов с последующей гипоконтрактильностью в конце систолы и постсистолические полисегментарные деформации – являются патофункциональными аномалиями, обуславливающими развитие субпороговой систолической дисфункции желудочков (рис. 3).

Зоны миокарда со снижением локальных пиковых систолических деформаций представляют области фиброза, рубца или воспаления [22]. Негомогенная регионарная и глобальная сократимость ЛЖ и ПЖ формируется первой при увеличении требований к систолической функции желудочков при ХСНсохрФВ и на этой стадии ремоделирования может быть зарегистрирована только при применении технологии STE. Продольную систолическую функцию желудочков в значительной мере определяют сокращения субэндокардиального слоя кардиомиоцитов, снижение продольной деформации у лиц с ХСН обусловлено субэндокардиальным фиброзом. GLS_{AVG} является мощным и независимым предиктором сердечно-сосудистых событий у пациентов с нормальной ФВ ЛЖ в общей когорте; лучше, чем ФВ ЛЖ, коррелирует с морфологическими характеристиками миокарда ЛЖ – очаговым и диффузным фиброзом, определенным по данным МРТ сердца, является объективным индикатором нарушения систолической функции ЛЖ и связана с лучшей стратификацией риска, чем ФВ [13, 20, 22].

ФВ ЛЖ, широко применяемая для диагностики ХСН, лишь частично отражает структурную и функциональную перестройку ЛЖ, но не локальную и глобальную сократительную функцию миокарда, характеризуется определенной операторозависимостью, что поддерживает парадигму перехода в эхокардиографии к оценке миокардиальной механики, глобальной систолической функции миокарда желудочков на основании технологии STE.

Выводы

1. Разработанная балльная шкала оценки высокого риска установления ХСНсохрФВ у пациента с синусовым ритмом, включающая следующие критерии: диастолическую дисфункцию ЛЖ II типа – 47 баллов, время замедления пика E трансмитрального диастолического кровотока $DT_E \leq 171$ мс – 25 баллов, скорость раннего диастоли-

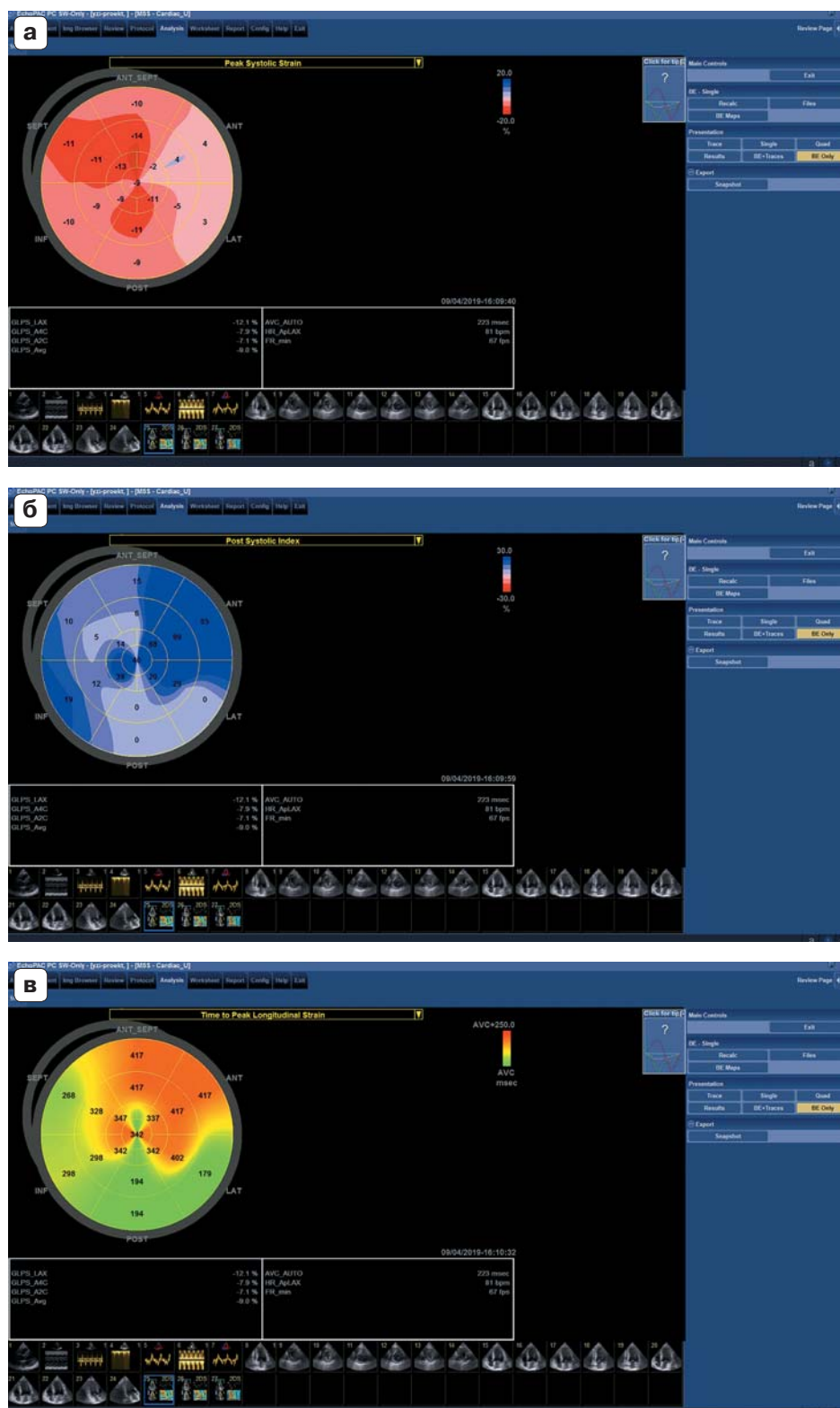
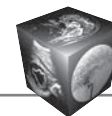


Рис. 3. Пример STE у пациента с ХСНсохрФВ при ФВ ЛЖ 57%. **а** – индекс механической диссинергии 5,5%; **б** – глобальный постсистолический индекс ЛЖ 32,7%; **в** – индекс механической дисперсии ЛЖ 74,52 мс, дельты времени до пиковых продольных деформаций ЛЖ 238 мс.

Fig. 3. An example of an STE in a patient with HFpEF with LVEF of 57%. **a** – LV mechanical dissynergy index 5.5%, **б** – LV global post-systolic index 32.7%, **в** – LV mechanical dispersion index 74.52 ms, deltas of LV time to peak longitudinal deformities 238 ms.



ческого движения септальной части митрального фиброзного кольца $e'_{\text{septal}} \leq 7$ см/с – 25 баллов, индекс раннего диастолического наполнения ЛЖ $E/e'_{\text{septal}} > 7,72$ – 20 баллов, индекс конечно-систолического объема ЛП $> 34,3$ мл/м² – 24 балла, обладает высокой диагностической надежностью (AUC 0,96, чувствительность 96,6%, специфичность 83,2%) и воспроизводимостью результатов на экзаменационной выборке пациентов (AUC 0,99, чувствительность 98,8%, специфичность 98,0%). Суммарный балл > 45 свидетельствует о высокой вероятности установления ХСНсохрФВ. Если суммарный балл, полученный при применении шкалы, равен 45 и менее, для повышения диагностической эффективности установления ХСНсохрФВ рекомендуется выполнение STE.

2. Балльная шкала оценки риска установления ХСНсохрФВ не рекомендуется к использованию у пациентов с первичной тяжелой митральной регургитацией, митральным стенозом, пластикой или протезированием митрального клапана, врожденными пороками сердца, кардиомиопатиями из-за возможного искажения результатов.

3. Ведущими патофизиологическими механизмами развития ХСНсохрФВ являются снижение глобальных систолических продольных деформаций желудочков, механическая дисперсия и диссинергия миокарда, характеризующие субпороговую систолическую дисфункцию ЛЖ и ПЖ. Диагностические для ХСНсохрФВ значения GLS_{AVG} составляют $> -18,9\%$, GLS ПЖ $> -19,9\%$, индекса механической дисперсии ЛЖ $> 54,69$ мс, дельты времени до пиковых продольных деформаций ЛЖ > 136 мс, глобального постсистолического индекса ЛЖ $> 5,59\%$, глобальной пиковой систолической скорости деформации ЛЖ $> -1,1$ с⁻¹, глобального пикового продольного смещения ЛЖ $\leq 10,18$ мм, индекса механической дисперсии ПЖ $> 50,29$ мс, глобального постсистолического индекса ПЖ $> 2,17\%$. Если глобальные продольные систолические деформации ЛЖ и ПЖ не достигают разработанных граничных значений, вероятность наличия у пациента ХСНсохрФВ низкая.

Участие авторов

Жерко О.М. – концепция и дизайн исследования, проведение исследования, сбор и обработка данных, статистическая обработка данных, анализ и интерпретация полученных данных, написание текста, подготовка и редактирование текста, участие в научном дизайне, подготовка, создание опубликованной работы, ответственность за целостность всех частей статьи, утверждение окончательного варианта статьи.

Шкробнева Э.И. – проведение исследования, сбор и обработка данных.

Authors' participation

Zherko O.M. – concept and design of the study, conducting research, statistical analysis, analysis and interpretation of the obtained data, writing text, text preparation and editing, participation in scientific design, preparation and creation of the published work, responsibility for the integrity of all parts of the article, approval of the final version of the article.

Shkrebneva E.I. – conducting research, collection and analysis of data.

Список литературы [References]

1. Pieske B., Tschöpe C., de Boer R.A., Fraser A.G., Anker S.D., Donal E., Edelmann F., Fu M., Guazzi M., Lam C.S.P., Lancellotti P., Melenovsky V., Morris D.A., Nagel E., Pieske-Kraigher E., Ponikowski P., Solomon S.D., Vasan R.S., Rutten F.H., Voors A.A., Ruschitzka F., Paulus W.J., Seferovic P., Filippatos G. How to diagnose heart failure with preserved ejection fraction: the HFA-PEFF diagnostic algorithm: a consensus recommendation from the Heart Failure Association (HFA) of the European Society of Cardiology (ESC). *Eur. Heart J.* 2019; 40 (40): 3297–3317. <http://doi.org/10.1093/eurheartj/ehz641>.
2. Ponikowski P., Voors A.A., Anker S.D., Bueno H., Cleland J.G.F., Coats A.J.S., Falk V., González-Juanatey J.R., Harjola V.P., Jankowska E.A., Jessup M., Linde C., Nihoyannopoulos P., Parissis J.T., Pieske B., Riley J.P., Rosano G.M.C., Ruilope L.M., Ruschitzka F., Rutten F.H., van der Meer P.; ESC Scientific Document Group. 2016 ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure. The Task Force for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure of the European Society of Cardiology (ESC) Developed with the special contribution of the Heart Failure Association (HFA) of the ESC. *Eur. Heart J.* 2016; 37 (27): 2129–2200. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehw128>
3. Lourenço A.P., Leite-Moreira A.F., Balligand J.L., Bauersachs J., Dawson D., de Boer R.A., de Windt L.J., Falcão-Pires I., Fontes-Carvalho R., Franz S., Giacca M., Hilfiker-Kleiner D., Hirsch E., Maack C., Mayr M., Pieske B., Thum T., Tocchetti C.G., Brutsaert D.L., Heymans S. An integrative translational approach to study heart failure with preserved ejection fraction: a position paper from the Working Group on Myocardial Function of the European Society of Cardiology. *Eur. J. Heart Fail.* 2018; 20 (2): 216–227. <http://doi.org/10.1002/ejhf.1059>
4. Сердечная недостаточность / Под общей ред. Ю.П. Островского. Минск: Беларуская навука, 2016. 503 с. Heart failure. Ed. Yu.P. Ostrovsky. Minsk: Belaruskaya navuka, 2016. 503 p. (In Russian)
5. Patel A.R., Blair J.A. Heart Failure With Preserved Ejection Fraction Have We Finally Found the Perfect Noninvasive Biomarker? *Circulation: Cardiovascular Imaging.* 2016; 9: e005905. <https://doi.org/10.1161/CIRCIMAGING.116.005905>
6. Gupta D.K. Heart Failure With Preserved Ejection Fraction: An Opportunity for Reflection. *J. Am. Heart Assoc.* 2017; 6 (2): e005595. <http://doi.org/10.1161/JAHA.117.005595>
7. Tobushi T., Nakano M., Hosokawa K., Koga H., Yamada A. Improved Diastolic Function Is Associated With Higher Cardiac Output in Patients With Heart Failure Irrespective of Left Ventricular Ejection Fraction. *J. Am. Heart Assoc.* 2017; 6: e003389. <http://doi.org/10.1161/JAHA.116.003389>



8. Shah A.M., Claggett B., Sweitzer N.K., Shah S.J., Anand I.S., Liu L., Pitt B., Pfeffer M.A., Solomon S.D. Prognostic Importance of Impaired Systolic Function in Heart Failure With Preserved Ejection Fraction and the Impact of Spironolactone. *Circulation*. 2015; 132: 402–414.
9. Garbi M., Edvardsen T., Bax J., Petersen S.E., McDonagh T., Filippatos G., Lancellotti P. EACVI appropriateness criteria for the use of cardiovascular imaging in heart failure derived from European National Imaging Societies voting. *Eur. Heart J. – Cardiovasc. Imaging*. 2016; 17: 711–721. <https://doi.org/10.1093/ehjci/jew081>
10. Douglas P.S., Carabello B.A., Lang R.M., Lopez L., Pellikka P.A., Picard M.H., Thomas J.D., Varghese P., Wang T.Y., Weissman N.J., Wilgus R. 2019 ACC/AHA/ASE Key Data Elements and Definitions for Transthoracic Echocardiography: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Clinical Data Standards (Writing Committee to Develop Clinical Data Standards for Transthoracic Echocardiography) and the American Society of Echocardiography. *Circulation: Cardiovascular Imaging*. 2019; 12: e000027. <https://doi.org/10.1161/HCI.0000000000000027>
11. Paulus W.J., Tschope C. A novel paradigm for heart failure with preserved ejection fraction: comorbidities drive myocardial dysfunction and remodeling through coronary microvascular endothelial inflammation. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2013; 62: 263–271.
12. Жерко О.М. Клиническая трансторакальная эхокардиография. Минск: Альфакнига, 2016. 832 с. Zherko O.M. Clinical transthoracic echocardiography. Minsk: Al'fakniga, 2016. 832 p. (In Russian)
13. Otto C. The practice of clinical echocardiography. 5nd ed. Philadelphia, Pennsylvania: Elsevier, 2017. 965 p.
14. Nagueh S.F., Smiseth O.A., Appleton C.P., Byrd B.F. 3rd, Dokainish H., Edvardsen T., Flachskampf F.A., Gillebert T.C., Klein A.L., Lancellotti P., Marino P., Oh J.K., Popescu B.A., Waggoner A.D. Recommendations for the Evaluation of Left Ventricular Diastolic Function by Echocardiography: An Update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. *J. Am. Soc. Echocardiography*. 2016; 29: 277–314. <https://doi.org/10.1016/j.echo.2016.01.011>
15. Galie N., Humbert M., Vachiery J.L., Gibbs S., Lang I., Torbicki A., Simonneau G., Peacock A., Vonk Noordegraaf A., Beghetti M., Ghofrani A., Gomez Sanchez M.A., Hansmann G., Klepetko W., Lancellotti P., Matucci M., McDonagh T., Pierard L., Trindade P.T., Zompatori M., Hoeper M.; ESC Scientific Document Group. 2015 ESC/ERS Guidelines for the diagnosis and treatment of pulmonary hypertension. The Joint Task Force for the Diagnosis and Treatment of Pulmonary Hypertension of the European Society of Cardiology (ESC) and the European Respiratory Society (ERS). *Eur. Heart J.* 2016; 37: 67–119. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehv317>
16. Reddy Y.N.V., Carter R.E., Obokata M., Redfield M.M., Borlaug B.A. A simple, evidence-based approach to help guide diagnosis of heart failure with preserved ejection fraction. *Circulation*. 2018; 138: 861–870. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.118.034646>
17. Flachskampf F.A., Biering-Sørensen T., Solomon S.D., Duvernoy O., Bjerner T., Smiseth O.A. Cardiac Imaging to Evaluate Left Ventricular Diastolic Function. *JACC: Cardiovascular Imaging*. 2015; 8 (9): 1071–1093. <https://doi.org/10.1016/j.jcmg.2015.07.004>
18. Kasner M., Westermann D., Lopez B., Gaub R., Escher F., Kühl U., Schultheiss H.P., Tschöpe C. Diastolic tissue Doppler indexes correlate with the degree of collagen expression and cross-linking in heart failure and normal ejection fraction. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2011; 57: 977–985. <http://doi.org/10.1016/j.jacc.2010.10.024>
19. Dokainish H., Nguyen J.S., Sengupta R., Pillai M., Alam M., Bobek J., Lakkis N. Do additional echocardiographic variables increase the accuracy of E/e' for predicting left ventricular filling pressure in normal ejection fraction? An echocardiographic and invasive hemodynamic study. *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 2010; 23: 156–161. <http://doi.org/10.1016/j.echo.2009.11.015>
20. Collier P.A., Phelan D., Klein A.A. Test in Context: Myocardial Strain Measured by Speckle-Tracking Echocardiography. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2017; 69: 1043–1056. <http://doi.org/10.1016/j.jacc.2016.12.012>
21. Vecera J., Penicka M., Eriksen M., Russell K., Bartunek J., Vanderheyden M., Smiseth O.A. Wasted septal work in left ventricular dyssynchrony: a novel principle to predict response to cardiac resynchronization therapy. *Eur. Heart J. – Cardiovasc. Imaging*. 2016; 17: 624–632. <http://doi.org/10.1093/ehjci/jew019>
22. Čelutkienė J., Plymen C.M., Flachskampf F.A., de Boer R.A., Grapsa J., Manka R., Anderson L., Garbi M., Barberis V., Filardi P.P., Gargiulo P., Zamorano J.L., Lainscak M., Seferovic P., Ruschitzka F., Rosano G.M.C., Nihoyannopoulos P. Innovative imaging methods in heart failure: a shifting paradigm in cardiac assessment. Position statement on behalf of the Heart Failure Association of the European Society of Cardiology. *EJHF*. 2018; 20: 1615–1633. <http://doi.org/10.1002/ejhf.1330>

Для корреспонденции*: Жерко Ольга Михайловна – 220013 Республика Беларусь, Минск, ул. П. Бровки, 3, корпус 3. БелМАПО, кафедра ультразвуковой диагностики. Тел.: +375-17-290-00-96. E-mail: zherco@mail.ru

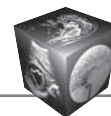
Жерко Ольга Михайловна – канд. мед. наук, доцент Белорусской медицинской академии последипломного образования, заведующая кафедрой ультразвуковой диагностики, Минск, Республика Беларусь. <https://orcid.org/0000-0001-5752-0988>

Шкробнева Элина Ивановна – заведующая отделением функциональной диагностики Минского научно-практического центра хирургии, трансплантологии и гематологии, Минск, Республика Беларусь. <https://orcid.org/0000-0001-9641-4846>

Contact*: Olga M. Zherko – 3-3 P. Brovka str., 220013 Minsk, Republic of Belarus. Belarusian Medical Academy of Postgraduate Education, Department of Ultrasound Diagnostics. Phone: +375-17-290-00-96. E-mail: zherco@mail.ru

Olga M. Zherko – Cand. of Sci. (Med.), Associate Professor, Head of the Department of Ultrasound Diagnostics of Belarusian Medical Academy of Postgraduate Education, Minsk, Belarus. <https://orcid.org/0000-0001-5752-0988>

Elina I. Shkrebneva – Head of the functional diagnostics department of Minsk Scientific and Practical Center for Surgery, Transplantation and Hematology, Minsk, Belarus. <https://orcid.org/0000-0001-9641-4846>



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

<https://doi.org/10.24835/1607-0763-981>

Современные представления о распространенности, патоморфологии и диагностике гранулематоза с полиангиитом с поражением легких (обзор литературы)

Сафонова Т.Д.¹, Шейх Ж.В.^{1, 2*}

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

² ГБУЗ “Городская клиническая больница имени С.П. Боткина” ДЗ г. Москвы; 125284 Москва, 2-й Боткинский пр-д, 5, Российская Федерация

Гранулематоз с полиангиитом (ГПА) (гранулематоз Вегенера) – это редкое системное аутоиммунное заболевание из группы васкулитов, ассоциированное с антителами к цитоплазме нейтрофилов (АНЦА) и протекающее с гранулематозным воспалением преимущественно верхних и нижних дыхательных путей и малоиммунным некротизирующим васкулитом чаще сосудов мелкого и среднего калибра почек, легких, кожи. Заболевание относится к орфанным, редко является объектом исследования, литературные данные о нем немногочисленны и разрозненны.

Цель исследования: изучение опубликованных материалов, анализ полученной информации и определение задач для дальнейшего изучения этой патологии, в первую очередь с позиции лучевой диагностики.

Материал и методы. Поиск производился в библиографических базах данных MedLine, PubMed, при необходимости использовались ссылки на внешние полнотекстовые источники. Отобрано и проработано 36 наиболее значимых публикаций, из них 8 отечественных и 28 зарубежных. Одним из критериев отбора статей было наличие в них сведений о лучевой диагностике ГПА.

Результаты. Большинство авторов акцентируют свое внимание на клинических проявлениях и особенностях лечения, не уделяя достаточного внимания диагностическим методам. Многие исследования проведены на небольшой выборке пациентов или ограничены отдельными клиническими наблюдениями, практически отсутствует информация об изменении компьютерно-томографической картины легких при ГПА в динамике. Наиболее полно семиотика поражения легких по данным КТ изложена в статье F. Martinez и соавт. (2012).

Заключение. Установлено, что при поражении легких при ГПА чаще определяются очаги и образования округлой формы, в половине случаев – с полостями распада, реже выявляются участки уплотнения легочной ткани по типу “матового стекла” и консолидации. Однако в настоящее время не существует единого подхода к трактовке рентгенологической семиотики заболевания и определению диагностического значения отдельных компьютерно-томографических паттернов поражения легких. Это требует их дальнейшего детального изучения для правильной и своевременной диагностики такого редкого, но сложного и потенциально опасного для жизни заболевания.

Ключевые слова: гранулематоз с полиангиитом, гранулематоз Вегенера, АНЦА-ассоциированный васкулит, компьютерная томография, “матовое стекло”, симптом “ободка”

Авторы подтверждают отсутствие конфликтов интересов.

Для цитирования: Сафонова Т.Д., Шейх Ж.В. Современные представления о распространенности, патоморфологии и диагностике гранулематоза с полиангиитом с поражением легких (обзор литературы). *Медицинская визуализация*. 2021; 25 (3): 97–108. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-981>

Поступила в редакцию: 19.12.2020.

Принята к печати: 13.07.2021.

Опубликована online: 15.09.2021.



Modern concepts of the prevalence, pathomorphology and diagnosis of granulomatosis with polyangiitis with pulmonary involvement (literature review)

Tatyana D. Safonova¹, Zhanna V. Sheikh^{1, 2*}

¹ Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Department of Radiology; 2/1, 1, Barrikadnaya str., Moscow, 125993, Russian Federation

² City Clinical Hospital named after S.P. Botkin, Moscow Healthcare Department; 5, 2nd Botkinskiy proezd, Moscow, 125284, Russian Federation

Granulomatosis with polyangiitis (GPA) (Wegener's granulomatosis) is a rare systemic autoimmune disease from the group of vasculitis associated with anti-neutrophil cytoplasmic antibodies (ANCA). GPA is proceeding with granulomatous inflammation, mainly of the upper and lower respiratory tract and low-immune necrotizing vasculitis that affects small- and medium-size vessels in lungs, kidneys, skin. The disease is an extremely rare long-term systemic disorder, is rarely the object of research, the literature data are few and unsystematic.

Purpose. The purpose of the literature review was to study the published materials, analyze the received information and define tasks for further study of this pathology, primarily from the standpoint of radiation diagnostics.

Materials and methods. The search was carried out in bibliographic databases MedLine, PubMed, if necessary, links to external full-text sources were used. 36 of the most significant publications were selected and worked out, including 8 domestic and 28 foreign. One of the selection criteria for articles was the availability of information about the radiological diagnosis of GPA in them.

Results. Most authors focus their attention on clinical manifestations and features of treatment, not paying sufficient attention to diagnostic methods. Many studies have been carried out on a small sample of patients or are limited to individual clinical observations; there is practically no information on changes in the computed tomographic picture of the lungs in GPA in dynamics. The most complete semiotics of lung damage according to CT data is presented in the article by F. Martinez et al. (2012).

Conclusions. It was found that in case of lung lesions by GPA, nodules, nodes and masses are more often determined, in half of cases – with cavities of decay, less often areas of ground-glass opacity and consolidation are detected. However, at present there is no unified approach to the interpretation of the radiological semiotics of the disease and the determination of the diagnostic value of individual computed tomographic patterns of lung damage. This requires their further detailed study for the correct and timely diagnosis of such a rare, but complex and potentially life-threatening disease.

Keywords: granulomatosis with polyangiitis, Wegener's granulomatosis, ANCA-vasculitis, computer tomography, ground-glass opacity, halo sign

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

For citation: Safonova T.D., Sheikh Zh.V. Modern concepts of the prevalence, pathomorphology and diagnosis of granulomatosis with polyangiitis with pulmonary involvement (literature review). *Medical Visualization*. 2021; 25 (3): 97–108. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-981>

Received: 19.12.2020.

Accepted for publication: 13.07.2021.

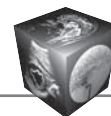
Published online: 15.09.2021.

Введение

Гранулематоз с полиангиитом (ГПА), ранее носивший название гранулематоз Вегенера, – это редкое системное аутоиммунное заболевание, относящееся к группе васкулитов с поражением преимущественно сосудов мелкого и среднего калибра, ассоциированное с антителами к цитоплазме нейтрофилов (АНЦА) [1]. ГПА – самый часто встречающийся васкулит из всей группы системных васкулитов. Он характеризуется гранулематозным

воспалением преимущественно верхних и нижних дыхательных путей и малоиммунным некротизирующим васкулитом, особенно часто затрагивающим сосуды почек, легких, кожи [2].

Первое упоминание об этом заболевании, по-видимому, относится к 1897 г., когда McBride опубликовал описание случая и фотографии деструкции носа у 28-летнего пациента. Впервые ГПА описал F. Wegener в 1936 г., очертив характерный симптомокомплекс на примере трех пациентов со сходными клиническими и гистологическими



проявлениями. До 1958 г. в научных изданиях встречались сообщения всего о 56 случаях ГПА [3], в дальнейшем число наблюдений значительно увеличилось.

В 2010 г. советом представителей Американской коллегии ревматологов (ACR), Американского общества нефрологии (ASN) и Европейской лиги против ревматизма (EULAR) классификация системных васкулитов была пересмотрена и с целью совершенствования терминологии предложено новое название гранулематоза Вегенера – гранулематоз с полиангиитом [4]. В 2012 г. на международной конференции в Чепел-Хилле (США) был принят окончательный вариант современной номенклатуры всех системных васкулитов (см. таблицу) [5]. В литературе описаны также случаи перекрестного синдрома полиангиита, при котором у пациента могут определяться клинические признаки сразу нескольких форм системного васкулита, что затрудняет постановку диагноза [6].

Эпидемиология и классификация

Затруднительно точно оценить распространенность ГПА в связи с редкостью этого заболевания. По имеющимся данным, она оценивается как 2–12 случаев на 1 млн населения, но данные по всем системным васкулитам сильно разнятся в зависимости от региона исследования [1, 2]. Заболеваемость и распространенность ГПА значительно выше в Северной Европе (Норвегия и Германия), однако в южных странах Европы (прежде всего, в Испании) преобладает микроскопический полиангиит (МПА) [7]. В России, как и в странах северной Европы, ГПА встречается значительно чаще, чем МПА и эозинофильный гранулематоз с полиангиитом (ЭГПА). Для азиатских стран характерна более высокая распространенность МПА [8].

По данным различных исследований, число больных ГПА неуклонно нарастает [2, 9]. За последние 30 лет заболеваемость в европейских странах увеличилась в 4 раза, а по данным Бри-

Таблица. Классификация системных васкулитов (Chapel Hill, 2012)

Table. Nomenclature of Systemic Vasculitides (Chapel Hill, 2012)

Васкулиты с поражением сосудов крупного калибра	Гигантоклеточный артериит Артериит Такаясу	
Васкулиты с поражением сосудов среднего калибра	Узелковый полиартериит Болезнь Кавасаки	
Васкулиты с поражением сосудов мелкого калибра	АНЦА-ассоциированные васкулиты	Микроскопический полиангиит Гранулематоз с полиангиитом Эозинофильный гранулематоз с полиангиитом
	Иммунокомплексные васкулиты	Криоглобулинемический васкулит IgA-ассоциированный васкулит (болезнь Шенлейна–Геноха) Гипокомплементный уртикарный васкулит Васкулит, ассоциированный с аутоантителами к базальным мембранам клубочковых капилляров почек
Васкулиты с переменным поражением сосудов	Болезнь Бехчета Синдром Когана	
Васкулиты с поражением одного органа	Кожный лейкоцитокластический васкулит Кожный артериит Первичный васкулит центральной нервной системы Изолированный аортит	
Васкулиты, ассоциированные с системными заболеваниями	Васкулит, ассоциированный с системной красной волчанкой Васкулит, ассоциированный с ревматоидным артритом Васкулит, ассоциированный с саркоидозом	
Васкулиты известной (предполагаемой) этиологии	HCV-ассоциированный криоглобулинемический васкулит Медикаментозно-индуцированный иммунокомплексный васкулит Медикаментозно-индуцированный АНЦА-васкулит Паранеопластический васкулит	



танского общества ревматологии на март 2020 г. ГПА достиг 32,6 случая на 100 000 госпитализаций [10]. Начало заболевания приходится на возрастной период 40–50 лет, и в детском возрасте встречается редко. Болеют в равной степени мужчины и женщины [11].

Этиология ГПА на сегодняшний день до конца не известна, но предполагается, что пусковыми механизмами при наличии генетической предрасположенности могут стать некоторые инфекции (например, парвовирус В19, вирус Эпштейна–Барр, цитомегаловирус и золотистый стафилококк) и факторы внешней среды [1, 2, 12].

Важную роль в развитии заболевания играет как клеточный, так и гуморальный иммунитет, причем образование гранул рассматривается как клеточно-опосредованный процесс, возникающий на ранних стадиях заболевания. Васкулит с поражением преимущественно мелких сосудов носит малоиммунный характер, при котором в стенке сосудов не происходит отложения иммунных комплексов. Выявление АНЦА у большинства пациентов с ГПА свидетельствует о важной роли гуморального звена иммунитета в патогенезе васкулита [1]. АНЦА-ассоциированный васкулит – это некротизирующий васкулит с преимущественным поражением мелких сосудов, ассоциированный с АНЦА к миелопероксидазе (МПО) или протеиназе-3 (ПР3) [13]. АНЦА способны вызывать в организме два взаимосвязанных патогенетических процесса: некротизирующий васкулит сосудов мелкого калибра любой локализации и своеобразное гранулематозное воспаление, сопровождающее прежде всего некротизирующий полиангиит в органах респираторного тракта [14, 15].

Патоморфологические основы изменений при гранулематозе с полиангиитом

При морфологическом исследовании почек у пациентов с ГПА имеют место проявления деструктивно-продуктивного и продуктивного васкулита, выявляются полиморфно-клеточные гранулемы с многоядерными гигантскими клетками, а также внутри- и внесосудистые гранулемы, в том числе с некрозом, секвестрацией и образованием каверн. Зоны некроза обычно имеют неровные контуры, напоминающие географическую карту, с большим количеством клеточного детрита [16, 17]. Зоны некроза окружены гистиоцитарным валом, однако гигантские клетки обычно немногочисленны и лежат разрозненно, не формируя компактные гранулемы.

Образующиеся при ГПА гигантоклеточные некротизирующие гранулемы возникают, как правило, в органах, сообщающихся с внешней средой,

это объясняет их склонность к распаду и формированию полостей [15]. При ГПА поражаются сразу нескольких структурных элементов органа: в легких это могут быть артерии, вены, капилляры, дыхательные пути, интерстиций и плевра. Патоморфологически для острых легочных проявлений характерны геморрагический капиллярит, некротический артериит и некротическое гранулематозное воспаление [18].

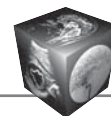
Отличительной чертой ГПА является наличие некротического васкулита с фибриноидным некрозом мышечной оболочки [16]. Особенно тяжелые гранулематозные процессы развиваются в сосудах стенок бронхов и перибронхиальной клетчатки. Деструкция сосудистой стенки приводит к развитию аррозивных легочных кровотечений, кроме того, выраженные нарушения микро- и макроциркуляции могут создавать благоприятные условия для присоединения инфекции и развития пневмонии или абсцесса легкого [17]. Именно вторичная инфекционная патология занимает ведущее место как основная причина летальности при ГПА [19].

Другими проявлениями гранулематозного поражения могут быть подскладочная гранулема гортани и трахеи, язвенно-некротический ринит, деструктивный синусит или пансинусит, мастоидит, псевдотумор орбиты [20]. По-видимому, гранулематозное воспаление и связанные с ним клинические проявления, такие как псевдотумор орбиты и подскладочная гранулема гортани, в процессе развития заболевания имеют тенденцию занимать ведущее место в клинической картине, а доля симптомов, условно относящихся к некротизирующему васкулиту, напротив, снижается [14].

Клинические проявления и критерии диагностики

Клиническая картина при ГПА весьма разнообразна. Наиболее часто заболевание поражает придаточные пазухи носа, почки и легкие, приводя к классической триаде симптомов, включающей патологию верхних дыхательных путей (синусит, отит, изъязвления и трахеобронхиальный стеноз), нижних дыхательных путей (клинически проявляется болью в груди, кровохарканьем, одышкой и кашлем) и гломерулонефрит с наличием гематурии и азотемии [20]. Системные проявления ГПА также многообразны: помимо поражения верхних и нижних дыхательных путей и почек наиболее характерны изменения в костно-мышечной и нервной системе, желудочно-кишечном тракте, глазах, коже [21–23].

ГПА имеет широкий спектр вариантов по распространенности и активности процесса – от ло-



кализованной формы (ограниченной преимущественно дыхательными путями) до тяжелой, угрожающей жизни генерализованной формы с вовлечением различных органов (преимущественно почек и легких) [23]. Поражение легких при ГПА отмечается у 65–90% больных [2, 19]. Клиническая манифестация заболевания очень вариабельна: до трети пациентов с диагностированным поражением легких не предъявляют никаких жалоб, однако кашель, одышка или аускультативные феномены могут отсутствовать даже при тяжелых изменениях в легочной ткани. Самыми частыми угрожающими жизни патологическими процессами при ГПА являются диффузное альвеолярное кровоизлияние и быстро прогрессирующий гломерулонефрит [24].

Диагностика ГПА основывается на сопоставлении данных анамнеза, клинического осмотра, результатов лабораторных и инструментальных методов исследования. Для классификации системных васкулитов исторически использовались критерии Американской коллегии ревматологов (ACR), разработанные в 1990 г. для включения пациентов в клинические исследования [25].

“Золотым стандартом” диагностики является биопсия почки, поскольку именно поражение почек встречается у подавляющего числа больных, и почечные критерии включены во все диагностические системы [25]. В клинической практике при скрининговом обследовании чаще всего используется определение уровня антинейтрофильных цитоплазматических антител. При проведении непрямой иммунофлуоресценции возможны 3 типа свечения: цитоплазматический, обусловленный антителами, связывающимися с протеиназой-3 (цАНЦА), перинуклеарный, обусловленный антителами, связывающимися с миелопероксидазой (пАНЦА), и гомогенный, чья природа остается неизвестной [23].

Однако, по данным М.А. Alba и соавт., АНЦА могут не определяться у 6–10% пациентов с АНЦА-ассоциированным системным васкулитом, цАНЦА чаще указывают на наличие ГПА, в то время как пАНЦА, хотя и с меньшей чувствительностью, дают основание предположить МПА или ЭГПА [18]. Чувствительность и специфичность АНЦА с цитоплазматическим типом свечения для диагностики ГПА составляет 90 и 98% соответственно, причем эти данные значительно варьируют в зависимости от степени активности заболевания. Чувствительность пАНЦА значительно ниже – 10–12% [26].

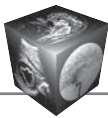
Определение активности заболевания имеет ведущее значение в выборе лечения и тактики ведения пациентов с ГПА. По данным В. Verstockt и соавт., рутинное определение уровня АНЦА

у пациентов не позволяет однозначно определить фазу активности заболевания или спрогнозировать вероятность рецидива при достижении ремиссии [27]. “Золотым стандартом” определения активности васкулита является использование шкалы BVAS (the Birmingham Vasculitis Activity Score), состоящей из 54 пунктов [28]. Первично она была разработана в 1994 г. как инструмент для клинических исследований, но ее можно применять и в рутинной практике для оценки активности ГПА, поскольку она обеспечивает стандартизацию и возможность корректной оценки динамики болезни. По шкале BVAS все признаки заболевания разделены на 9 групп с определенным набором диагностических критериев в зависимости от локализации поражения. По активности процесса выделяют следующие фазы заболевания: ремиссия, частичная ремиссия, низкая (персистирующая) активность, неактивная фаза, большое и малое обострение, рефрактерное течение [28].

У 80–90% пациентов с АНЦА-ассоциированными васкулитами, в первую очередь с ГПА, необратимые изменения внутренних органов развиваются в среднем через 7 лет: стойкие протеинурия, снижение скорости клубочковой фильтрации, артериальная гипертензия, выделение корок из носа, снижение слуха и периферическая нейропатия. Самые частые ятрогенные патологии, возникшие как осложнения терапии, – артериальная гипертензия (41,5%), остеопороз (14,1%), злокачественные опухоли (12,6%) и сахарный диабет (10,4%) [11]. Для оценки тяжести необратимых последствий системного васкулита используют индекс VDI (Vasculitis Damage Index), который включает в себя 64 признака, распределенных по 11 системам [25].

Возможности лучевых методов исследования в диагностике легочных проявлений ГПА

Для диагностики поражения легких при ГПА раньше применялись классические рентгенологические методики. При рентгеноскопии и рентгенографии грудной клетки в прямой и боковых проекциях выявлялись двусторонние изменения в виде ограниченных инфильтратов, преимущественно с четкими контурами, или воздушные полости без уровня жидкости [29, 30]. Рентгеноскопия с функциональными пробами позволяла исключить уменьшение объема пораженных отделов легких. С помощью линейной рентгеновской томографии выявлялись мелкие полости, не видимые на рентгенограммах. Однако из-за ограниченной разрешающей способности рентгенография не всегда позволяла обнаружить достаточно мелкие полости распада на фоне участков затемнения легоч-



ной ткани [30]. Возможности классической рентгенографии в диагностике геморрагического пропитывания легочной паренхимы в результате диффузного альвеолярного повреждения также ограничены, поскольку не позволяют отчетливо визуализировать участки уплотнения по типу “матового стекла” [31]. В настоящее время рентгенография органов грудной клетки практически утратила свою диагностическую функцию для выявления поражений легочной ткани при ГПА и малоинформативна в дифференциальной диагностике с другой легочной патологией, а также со вторичными инфекционными осложнениями, возникающими на фоне основного заболевания [30–32].

Ведущее значение как при первичной диагностике, так и при динамическом наблюдении имеет мультиспиральная компьютерная томография (МСКТ) органов грудной клетки, поскольку позволяет с высоким пространственным и контрастным разрешением детально визуализировать морфологические изменения в легочной ткани [32]. Клинически даже обширное поражение с образованием множественных инфильтратов с деструкцией может протекать бессимптомно или сопровождаться скудной симптоматикой, что повышает значимость своевременного выполнения КТ для проведения правильной дифференциальной диагностики [33].

Публикаций, посвященных изучению компьютерно-томографической семиотики поражения легких при ГПА, относительно немного и в них приводится широкий спектр патологических изменений в легких при ГПА [1, 23, 30–33]. К ним относятся различные по размеру и по структуре очаги без четких границ, уплотнения легочной ткани по типу “матового стекла” или участки консолидации, изменения трахеобронхиального дерева, а также выпот в плевральной полости [30, 32]. Характерна изменчивость КТ-паттерна в течение заболевания и после начала патогенетической терапии, отмечено также, что при рецидиве заболевания изменениям более подвержены те участки легочной ткани, которые поражались изначально при первичном проявлении болезни [33]. Однако остается неизвестным, являются ли эти очаги вновь возникшим патологическим процессом в ранее поврежденном, но полностью восстановившемся отделе легкого или рецидивом (прогрессией) сохранившихся в период ремиссии изменений.

По данным большинства источников [23, 30, 32, 34], наиболее частым проявлением поражения легких при ГПА являются множественные очаги и образования округлой формы, расположенные преимущественно субплеврально или хаотично,

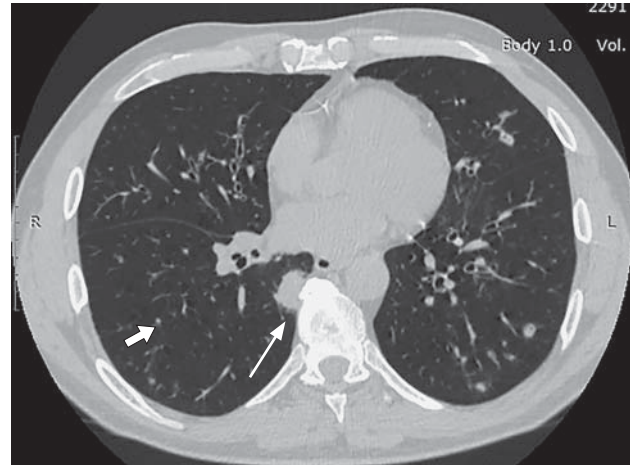


Рис. 1. Компьютерная томограмма органов грудной клетки. Очаги тканевой плотности в обоих легких размерами от 3 мм (стрелка) до 15 мм (длинная тонкая стрелка). Наибольший очаг расположен в паравертебральном отделе S_{VII} правого легкого.

Fig. 1. Computed tomography of the chest. Solid nodules in both lungs with sizes from 3 mm (arrow) to 15 mm (long thin arrow). The largest nodule is located in the paravertebral section S_{VII} of the right lung.

но без предпочтительной локализации в верхних или нижних отделах легкого (рис. 1). По данным F. Martinez и соавт., до 70% пациентов с легочными проявлениями ГПА имеют очаги в легких, которые могут быть как единичными, так и множественными [32]. J.P. Mayberry и соавт. наблюдали единичные очаги только у 25% больных [30]. Данные о размерах очагов при ГПА сильно разнятся: K.S. Lee и соавт. считают типичным размер от 2 до 4 мм [34], другие (R.J. José и соавт.) указывают средний диаметр 3 см [24]. Но большинство исследователей отмечают значительный разброс очагов по размеру от 1 мм до 10 см [22, 23, 30, 32, 33]. По мере прогрессирования заболевания размеры очагов и инфильтратов увеличиваются, а их количество возрастает. При гистопатологическом анализе образования состоят из гранулематозной ткани и выраженное накопление контрастного препарата при внутривенном контрастировании для них не характерно [32, 33].

Зона уплотнения по типу “матового стекла” вокруг солидного образования называется симптомом “гало”, или “ободка” (англ. “halo sign”) и при ГПА является признаком кровоизлияния в прилежащую к очагу легочную ткань. Патоморфологически очаг в центре соответствует гранулеме, а “матовое стекло” вокруг него – альвеолярному геморрагическому пропитыванию [35] (рис. 2). Этот симптом часто сопутствует очаговым изменениям при ГПА, но не является их обязательным

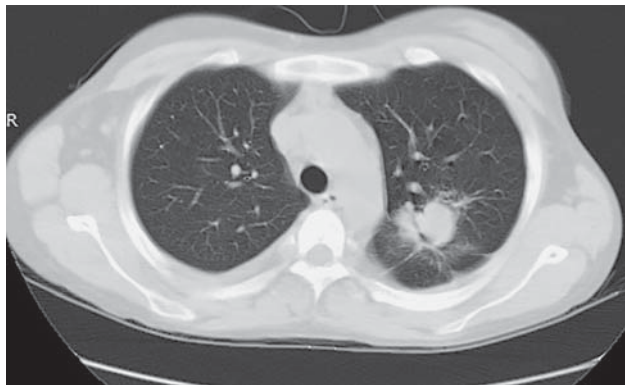
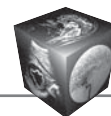


Рис. 2. Компьютерная томограмма органов грудной клетки. Симптом “ободка”: очаг в верхней доле левого легкого, по периферии которого имеется уплотнение паренхимы легкого по типу “матового стекла”, соответствующее кровоизлиянию.

Fig. 2. Computed tomography of the chest. “Halo sign”: node in the upper lobe of the left lung with the peripheral “ground glass” opacity, sign of hemorrhage.

компонентом. По данным K.S. Lee и соавт., данный признак встретился лишь у 15% пациентов [34]. Впервые симптом “ободка” описан у иммунокомпрометированных пациентов с инвазивным легочным аспергиллезом, но позже был выявлен и при других опухолевых и воспалительных процессах, поэтому не может считаться специфичным для ГПА. Подобная картина может трактоваться также как опухолевый очаг с распространением в прилежащую ткань с кровоизлиянием или без него либо как воспалительный инфильтрат.

Несколько реже при ГПА выявляется симптом обратного “гало”, или обратного “ободка” (“atoll sign”) [32, 34]. Этот признак был выявлен у пациентов с криптогенной организирующей пневмонией и ранее считался патогномоничным. Затем его обнаружили и при других инфекционных и неинфекционных заболеваниях легких, поставив под сомнение высокую специфичность. В настоящее время симптом обратного “гало” чаще всего встречается при мукормикозе. Зона уплотнения легочной ткани по типу “матового стекла” соответствует воспалительным изменениям в альвеолярных перегородках, а периферическое кольцо консолидации состоит из плотного гомогенного внутриальвеолярного воспалительного инфильтрата [35].

Достаточно частым проявлением ГПА считаются участки уплотнения легочной паренхимы по типу “матового стекла” и консолидации, которые определяются в 50% случаев [1, 23, 31, 33, 34]. “Матовое стекло” может выявляться как локально, так и диффузно по всем легочным полям, но чаще

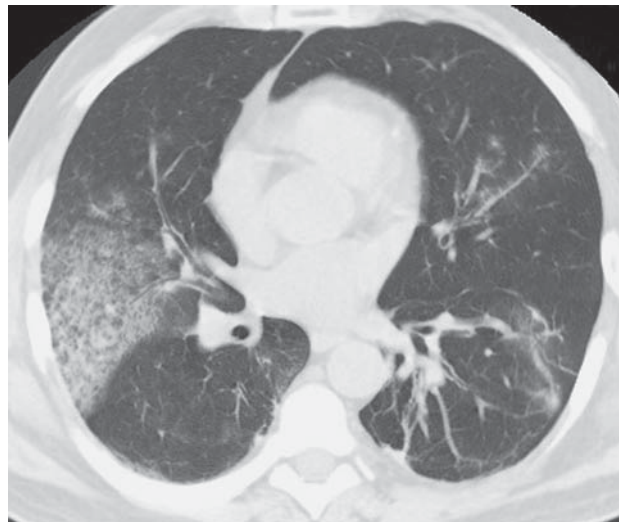


Рис. 3. Компьютерная томограмма органов грудной клетки. Множественные периваскулярные участки уплотнения легочной ткани по типу “матового стекла” в обоих легких. Зона высокоинтенсивного “матового стекла” треугольной формы в S_{VI} правого легкого.

Fig. 3. Computed tomography of the chest. Multiple perivascular areas of “ground-glass” opacity in both lungs. Triangular zone of high intensity “ground-glass” opacity in S_{VI} of the right lung.

в центральной зоне (рис. 3). Считается, что эти патологические паттерны соответствуют васкулиту в форме пневмонита либо альвеолярному кровоизлиянию [32].

Реже при КТ органов грудной клетки выявляются локальные или обширные зоны консолидации легочной ткани, в основном при далеко зашедшем процессе [31–33]. Как правило, они возникают в результате геморрагического пропитывания паренхимы при диффузном альвеолярном кровотоке, хотя подобную рентгенологическую картину может вызвать и вторичная бактериальная пневмония [30]. Такие участки консолидации имеют клиновидную форму и располагаются субплеврально в любом сегменте, имитируя инфарктную пневмонию. Слияние участков кровоизлияния между собой приводит к образованию обширных геморрагических зон. Именно массивное диффузное альвеолярное кровотока зачастую протекает остро и может привести к фатальным последствиям [1].

Очаги в легочной ткани могут подвергаться деструкции с образованием полостей, что происходит примерно в 50% узлов диаметром более 20 мм. Полости обычно имеют толстую стенку с неровным внутренним и наружным контуром [32]. Реже встречаются тонкостенные полости, исчезающие на фоне проводимого лечения [1] (рис. 4).

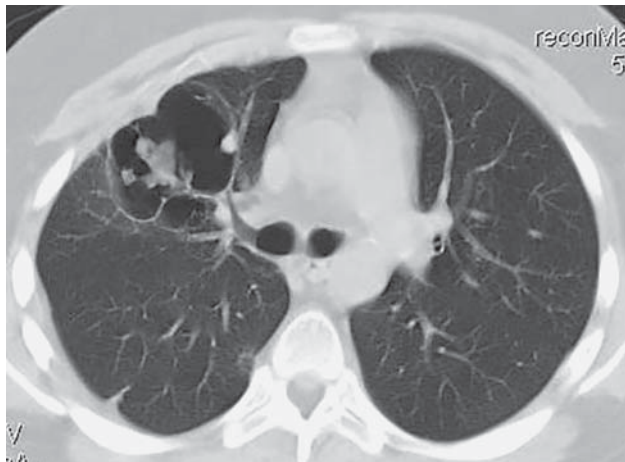
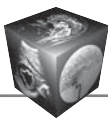


Рис. 4. Компьютерная томограмма органов грудной клетки. Воздушная полость с пристеночными узелками в правом легком при ГПА.

Fig. 4. Computed tomography of the chest. Air cavity with parietal nodules in the right lung, case of GPA.

При мультисистемном течении ГПА поражается трахеобронхиальное дерево, преимущественно в виде утолщения стенок сегментарных и субсегментарных бронхов и расширения их просвета, что, по разным данным, встречается в 15–70% случаев [15, 19, 25]. Сужение просвета субсегментарных бронхов происходит реже (до 15%) [30]. При значительном сужении сегментарного бронха формируется ателектаз соответствующего сегмента, образуются бронхоэктазы [15].

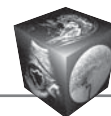
Поражение трахеи наблюдается в 16–23% случаев и носит сегментарный единичный или мультифокальный характер; чаще всего поражается ее подглоточная часть. Стеноз трахеи развивается у 15–18% пациентов с тяжелым поражением дыхательных путей [15]. Обычно утолщение стенок происходит циркулярно и может быть гладким или узелковым. Вовлечение задней мембраны трахеи является обязательным признаком, что помогает отличить ГПА от других заболеваний в этой области. Плевральный выпот возникает в 5,2–20% случаев и может носить геморрагический характер [20, 24, 32].

В настоящее время выявлена тенденция к увеличению числа больных с интерстициальными заболеваниями, сопровождаемыми АНЦА-ассоциированными васкулитами, в первую очередь – это идиопатический легочный фиброз. При этом у 45,8% пациентов в легких имеются проявления обычной интерстициальной пневмонии (ОИП), в 4,2% случаев выявляется вероятная ОИП, в 8,3% случаев – неопределенная ОИП. У 41,7% пациентов визуализируются изменения, не характерные

для идиопатического легочного фиброза, по-видимому, за счет сочетания легочного поражения при ГПА и интерстициальных изменений [36]. Хотя поражение интерстиция и ретикулярные изменения в легких более характерны для микроскопического полиангиита, наличие указанных изменений не является критерием исключения ГПА. Это следует учитывать, особенно из-за значительного ухудшения прогноза у пациентов с сочетанным ГПА и интерстициальной болезнью легких [33].

Заключение

ГПА относится к орфанным заболеваниям и редко является объектом исследования, литературные данные о нем немногочисленны и разрозненны. Многие авторы предпочитают рассматривать группу АНЦА-ассоциированных васкулитов в целом, без выделения конкретных нозологий. Большинство научных публикаций посвящены демонстрации клинических проявлениях ГПА, патоморфологических изменений в пораженных органах и анализу особенностей лечения, в том числе при сочетании с различными сопутствующими заболеваниями, лучевым методом диагностики уделяется значительно меньшее внимание. В литературе нет единого мнения о рентгенологической семиотике поражения легких при ГПА, диагностическое значение отдельных симптомов оценивается неоднозначно, а их частота сильно варьирует в разных источниках. Это обусловлено редкостью заболевания, отсутствием общепринятых диагностических критериев, сложностью проведения дифференциальной диагностики с другой легочной патологией. Практически отсутствует информация об изменении компьютерно-томографической картины у пациентов с ГПА в динамике на фоне проводимого лечения и при достижении ремиссии. Существующие по этой теме работы проведены на небольшой выборке пациентов или ограничены отдельными клиническими наблюдениями. Наиболее значимым исследованием рентгенологической картины поражения легких при ГПА является работа F. Martinez и соавт. (2012), в которой представлены основные компьютерно-томографические признаки заболевания. К сожалению, авторы не указали количество пациентов, включенных в исследование. Однако существует ряд публикаций, результаты которых существенно отличаются от данных F. Martinez. Как следует из анализа литературы, в настоящее время лучевая диагностика поражения легких при ГПА разработана недостаточно. Необходимо углубленно изучить как саму компьютерно-томографическую семиотику этого вида АНЦА-ассоциированного легочного васкулита, так и его дифференциаль-



ную диагностику с другими воспалительными заболеваниями легких, и что особенно актуально – с поражением при COVID-19. Требуется точно определить критерии ранней диагностики поражения легких при ГПА, поскольку от этого зависит своевременное начало адекватной терапии и во многом – прогноз заболевания.

Участие авторов

Сафонова Т.Д. – проведение исследования, сбор и обработка данных, анализ и интерпретация полученных данных, написание текста, подготовка, создание опубликованной работы.

Шейх Ж.В. – концепция и дизайн исследования, подготовка и редактирование текста, ответственность за целостность всех частей статьи, утверждение окончательного варианта статьи.

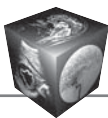
Authors' participation

Safonova T.D. – conducting research, collection and analysis of data, analysis and interpretation of the obtained data, writing text, preparation and creation of the published work.

Sheikh Zh.V. – concept and design of the study, text preparation and editing, responsibility for the integrity of all parts of the article, approval of the final version of the article.

Список литературы

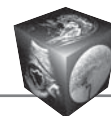
1. Шейх Ж.В., Нуднов Н.В., Кармазановский Г.Г., Асланиди И.П., Дунаев А.П. Системные васкулиты: возможности современной медицинской визуализации. М.: Крафт+, 2019. 170 с.
2. Watts R.A., Mooney J., Skinner J., Scott D.G.I., MacGregor A.J. The contrasting epidemiology of granulomatosis with polyangiitis (Wegener's) and microscopic polyangiitis. *Rheumatology (Oxford)*. 2012; 51 (5): 926–931.
3. Walton E.W. Giant-cell granuloma of the respiratory tract (Wegener's granulomatosis). *BMJ*. 1958; 2: 265–270.
4. Falk R.J., Gross W.L., Guillevin L., Hoffman G.S., Jayne D.R.W., Jennette J.C., Kallenberg C.G.M., Luqmani R., Mahr A.D., Matteson E.L., Merkel P.A., Specks U., Watts R.A., American College of Rheumatology; American Society of Nephrology; European League against Rheumatism. Granulomatosis with polyangiitis (Wegener's): an alternative name for Wegener's granulomatosis. *Arthr. Rheum.* 2011; 63 (4): 863–864. <https://doi.org/10.1002/art.30286>
5. Jennette J.C., Falk R.J., Bacon P.A., Basu N., Cid M.C., Ferrario F., Flores-Suarez L.F., Gross W.L., Guillevin L., Hagen E.C., Hoffman G.S., Jayne D.R., Kallenberg C.G.M., Lamprecht P., Langford C.A., Luqmani R.A., Mahr A.D., Matteson E.L., Merkel P.A., Ozen S., Pusey C.D., Rasmussen N., Rees A.J., Scott D.G.I., Specks U., Stone J.H., Takahashi K., Watts R.A. 2012 revised International Chapel Hill Consensus Conference Nomenclature of Vasculitides. *Arthr. Rheum.* 2013; 65 (1): 1–11. <https://doi.org/10.1002/art.37715>
6. Uematsu H., Takata S., Sueishi K., Inoue H. Polyangiitis overlap syndrome of granulomatosis with polyangiitis (Wegener's granulomatosis) and eosinophilic granulomatosis with polyangiitis (Churg-Strauss syndrome). *Case Reports. BMJ Case Rep.* 2014; bcr2013010195. <https://doi.org/10.1136/bcr-2013-010195>
7. Reinhold-Keller E., Herlyn K., Wagner-Bastmeyer R., Gross W.L. Stable incidence of primary systemic vasculitides over five years: results from the German vasculitis register. *Arthr. Rheum.* 2005; 53 (1): 93–99. <https://doi.org/10.1002/art.20928>
8. Katsuyama T., Sada K.E., Makino H. Current concept and epidemiology of systemic vasculitides. *Allergol. Int.* 2014; 63 (4): 505–513. <https://doi.org/10.2332/allergolint.14-RAI-0778>
9. Herlyn K., Buckert F., Gross W.L., Reinhold-Keller E. Doubled prevalence rates of ANCA-associated vasculitides and giant cell arteritis between 1994 and 2006 in northern Germany. *Rheumatology (Oxford)*. 2014; 53 (5): 882–889. <https://doi.org/10.1093/rheumatology/keu440>
10. Ungprasert P., Koster M.J., Cheungpasitporn W., Wijarnpreecha K., Thongprayoon C., Kroner P.T. Inpatient epidemiology and economic burden of granulomatosis with polyangiitis: a 10-year study of the national inpatient sample. *Rheumatology*. 2020; 59 (12). <https://doi.org/10.1093/rheumatology/keaa069>
11. Новиков П.И., Моисеев С.В., Кузнецова Е.И., Семенова Е.Н., Мухин Н.А. Изменения течения заболевания и прогноза гранулематоза с полиангиитом (Вегенера): результаты 40-летнего наблюдения. *Клиническая фармакология и терапия*. 2014; 1: 32–37.
12. Merkel P.A., Xie G., Monach P.A., Ji X., Ciavatta D.J., Byun J., Pinder B.D., Zhao A., Zhang J., Tadesse Y., Qian D., Weirauch M., Nair R., Tsoi A., Pagnoux C., Carette S., Chung S., Cuthbertson D., Davis J.C., Dellaripa P.F., Forbess L., Gewurz-Singer O., Hoffman G.S., Khalidi N., Koenin C., Langford C.A., Mahr A.D., McAlear C., Moreland L., Seo E.P., Specks U., Spiera R.F., Sreih A., St Clair E.W., Stone J.H., Ytterberg S.R., Elder J.T., Qu J., Ochi T., Hirano N., Edberg J.C., Falk R.J., Amos C.I., Siminovitich K.A. Vasculitis Clinical Research Consortium. Identification of functional and expression polymorphisms associated with risk for anti-neutrophil cytoplasmic autoantibody-associated vasculitis. *Arthr. Rheum.* 2017; 69 (5): 1054–1066. <https://doi.org/10.1002/art.40034>
13. Lionaki S., Blyth E. R., Hogan S. L., Hu Y., Senior B. A., Jennette C. E., Nachman P. H., Jennette J. C., Falk R. J. Classification of antineutrophil cytoplasmic autoantibody vasculitides: The role of antineutrophil cytoplasmic autoantibody specificity for myeloperoxidase or proteinase 3 in disease recognition and prognosis. *Arthr. Rheum.* 2012; 64 (10): 3452–3462. <https://doi.org/10.1002/art.34562>
14. Бекетова Т.В. Гранулематоз с полиангиитом, патогенетически связанный с антинейтрофильными цитоплазматическими антителами: особенности клинического течения. *Научно-практическая ревматология*. 2012; 50 (6): 19–28. <https://doi.org/10.14412/1995-4484-2012-1288>
15. Polychronopoulos V.S., Prakash U.B.S., Goblin J.M., Edell E.S., Specks U. Airway involvement in Wegener's granulomatosis. *Rheum. Dis. Clin. N. Am.* 2007; 33 (4): 755–775. <https://doi.org/10.1016/j.rdc.2007.09.004>



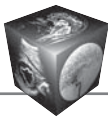
16. Самсонова М.В., Черняев А.Л. Гистологическая дифференциальная диагностика гранулематозных болезней легких (часть I). *Архив патологии*. 2019; 81 (1): 65–70. <https://doi.org/10.17116/patol20198101165>
17. Зербино Д.Д., Зимба Е.А. Патоморфология сосудов при гранулематозе с полиангиитом (болезнь Вегенера). *Архив патологии*. 2015; 77 (5): 9–13. <https://doi.org/10.17116/patol20157759-13>
18. Alba M.A., Jennette J.C., Falk R.J. Pathogenesis of ANCA-Associated Pulmonary Vasculitis. *Semin. Respir. Crit. Care Med.* 2018; 39(4): 413–424. <https://doi.org/10.1055/s-0038-1673386>
19. Lane S.E., Watts R., Scott D.G.I. Epidemiology of systemic vasculitis. *Curr. Rheumatol. Rep.* 2005; 7 (4): 270. <https://doi.org/10.1007/s11926-005-0036-5>
20. Cordier J.F., Valeyre D., Guillevin L., Loire R., Brechot J.M. Pulmonary Wegener's granulomatosis. A clinical and imaging study of 77 cases. *Chest*. 1990; 97 (4): 906–912. <https://doi.org/10.1378/chest.97.4.906>
21. Lutalo P.M.K., D'Cruz D.P. Diagnosis and classification of granulomatosis with polyangiitis (aka Wegener's granulomatosis). *J. Autoimmun.* 2014; 48–49: 94–98. <https://doi.org/10.1016/j.jaut.2014.01.028>
22. Willis D.F., Chacko B. Rash and fever in a man with granulomatosis with polyangiitis (Wegener's). *Nephrology (Carlton)*. 2016; 21 (9): 792. <https://doi.org/10.1111/nep.12683>
23. Анаев Э.Х. Легочные васкулиты: дифференциальная диагностика. *Практическая пульмонология*. 2017; 1: 51–57.
24. José R.J., Dilworth J.P., Cleverley J., Young M., Stratton R.J., Lipman M. Wegener's granulomatosis with multiple pulmonary nodules – diagnostic difficulties. *J. R. Soc. Med. Short Rep.* 2010; 1 (4): 34–36. <https://doi.org/10.1258/shorts.2010.010043>
25. Ntatsaki E., Carruthers D., Chakravarty K., D'Cruz D., Harper L., Jayne D., Luqmani R., Mills J., Mooney J., Venning M., Watts R. A. BSR and BHPR guideline for the management of adults with ANCA-associated vasculitis. *Rheumatology (Oxford)*. 2014; 53 (12): 2306–2309. <https://doi.org/10.1093/rheumatology/ket445>
26. Бекетова Т.В., Фролова Н.Ф., Столяревич Е.С., Волков М.Ю., Котенко О.Н., Александрова Е.Н. Проблемы диагностики и лечения анца-ассоциированных системных васкулитов: в фокусе анца-негативный раус-иммунный гломерулонефрит. *Научно-практическая ревматология*. 2016; 54 (5): 543–552. <https://doi.org/10.14412/1995-4484-2016-543-552>
27. Verstockt B., Bossuyt X., Vanderschueren S., Blockmans D. There is no benefit in routinely monitoring ANCA titres in patients with granulomatosis with polyangiitis. *Clin. Exp. Rheumatol.* 2015; 33 (2. Suppl. 89): S72–76.
28. Mukhtyar C., Lee R., Brown D., Carruthers D., Dasgupta B., Dubey S., Flossmann O., Hall C., Hollywood J., Jayne D., Jones R., Lanyon P., Muir A., Scott D., Young L., Luqmaniet R.A. Modification and validation of the Birmingham Vasculitis Activity Score (version 3). *Ann. Rheum. Dis.* 2009; 68 (12): 1827–832. <https://doi.org/10.1136/ard.2008.101279>
29. Крючков И.А., Чапурин А.Н. Возможности рентгенодиагностики при гранулематозе Вегенера. *Бюллетень медицинских интернет-конференций*. 2013; 3 (11): 1220.
30. Mayberry J.P., Primack S.L., Müller N.L. Thoracic manifestations of systemic autoimmune diseases: radiographic and high-resolution CT findings. *Radiographics*. 2000; 20 (6): 1623–35. <https://doi.org/10.1148/radiographics.20.6.g00nv031623>
31. Lohrmann C., Uhl M.L., Kotter E., Burger D., Ghanem N., Langer M. Pulmonary manifestations of Wegener granulomatosis: CT findings in 57 patients and a review of the literature. *Eur. J. Radiol.* 2005; 53 (3): 471–7. <https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2004.04.016>
32. Martinez F., Chung J.H., Digumarthy S.R., Kanne J.P., Abbott G.F., O Shepard J.-A., Mark E.J., Sharmaet A. Common and Uncommon Manifestations of Wegener Granulomatosis at Chest CT: Radiologic-Pathologic Correlation. *Radiographics*. 2012; 32 (1): 51–69. <https://doi.org/10.1148/rg.321115060>
33. Pesci A., Manganelli P. Respiratory system involvement in antineutrophil cytoplasmic-associated systemic vasculitides: clinical, pathological, radiological and therapeutic considerations. *Drugs R.D.* 2007; 8 (1): 25–42. <https://doi.org/10.2165/00126839-200708010-00003>
34. Lee K.S., Kim T.S., Fujimoto K., Moriya H., Watanabe H., Tateishi U., Ashizawa K., Johkoh T., Kim E.A., Kwon O.J. Thoracic manifestation of Wegener's granulomatosis: CT findings in 30 patients. *Eur. Radiol.* 2003; 13 (1): 43–51. <https://doi.org/10.1007/s00330-002-1422-2>
35. Maturu V.N., Agarwal R. Reversed halo sign: a systematic review. *Respir. Care*. 2014; 59 (9): 1440–9. <https://doi.org/10.4187/respcare.03020>
36. Sebastiani M., Manfredi A., Vacchi C., Cassone G., Faverio P., Cavazza A., Sverzellati N., Salvarani C., Luppi F. Epidemiology and management of interstitial lung disease in ANCA-associated vasculitis. *Clin. Exp. Rheumatol.* 2020; 38, Suppl 124 (2): 221–231.

References

1. Sheikh Zh.W., Nudnov N.V., Karmasanovskiy G.G., Aslanidi I.P., Dunaev A.P. Systemic vasculitis: the possibilities of modern medical imaging. Moscow: Kraft+, 2019. 170 p. (In Russian)
2. Watts R.A., Mooney J., Skinner J., Scott D.G.I., MacGregor A.J. The contrasting epidemiology of granulomatosis with polyangiitis (Wegener's) and microscopic polyangiitis. *Rheumatology (Oxford)*. 2012; 51 (5): 926–931.
3. Walton E.W. Giant-cell granuloma of the respiratory tract (Wegener's granulomatosis). *BMJ*. 1958; 2: 265–270.
4. Falk R.J., Gross W.L., Guillevin L., Hoffman G.S., Jayne D.R.W., Jennette J.C., Kallenberg C.G.M., Luqmani R., Mahr A.D., Matteson E.L., Merkel P.A., Specks U., Watts R.A., American College of Rheumatology; American Society of Nephrology; European League against Rheumatism. Granulomatosis with polyangiitis (Wegener's): an alternative name for Wegener's granulomatosis. *Arthr. Rheum.* 2011; 63 (4): 863–864. <https://doi.org/10.1002/art.30286>
5. Jennette J.C., Falk R.J., Bacon P.A., Basu N., Cid M.C., Ferrario F., Flores-Suarez L.F., Gross W.L., Guillevin L., Hagen E.C., Hoffman G.S., Jayne D.R., Kallenberg C.G.M., Lamprecht P., Langford C.A., Luqmani R.A., Mahr A.D., Matteson E.L., Merkel P.A., Ozen S., Pusey C.D., Rasmussen N., Rees A.J., Scott D.G.I., Specks U., Stone J.H., Takahashi K., Watts R.A. 2012 revised International Chapel Hill Consensus Conference



- Nomenclature of Vasculitides. *Arthr. Rheum.* 2013; 65 (1): 1–11. <https://doi.org/10.1002/art.37715>
6. Uematsu H., Takata S., Sueishi K., Inoue H. Polyangiitis overlap syndrome of granulomatosis with polyangiitis (Wegener's granulomatosis) and eosinophilic granulomatosis with polyangiitis (Churg-Strauss syndrome). Case Reports. *BMJ Case Rep.* 2014; bcr2013010195. <https://doi.org/10.1136/bcr-2013-010195>
 7. Reinhold-Keller E., Herlyn K., Wagner-Bastmeyer R., Gross W.L. Stable incidence of primary systemic vasculitides over five years: results from the German vasculitis register. *Arthr. Rheum.* 2005; 53 (1): 93–99. <https://doi.org/10.1002/art.20928>
 8. Katsuyama T., Sada K.E., Makino H. Current concept and epidemiology of systemic vasculitides. *Allergol. Int.* 2014; 63 (4): 505–513. <https://doi.org/10.2332/allergolint.14-RAI-0778>
 9. Herlyn K., Buckert F., Gross W.L., Reinhold-Keller E. Doubled prevalence rates of ANCA-associated vasculitides and giant cell arteritis between 1994 and 2006 in northern Germany. *Rheumatology (Oxford)*. 2014; 53 (5): 882–889. <https://doi.org/10.1093/rheumatology/ket440>
 10. Ungprasert P., Koster M.J., Cheungpasitporn W., Wijarnpreecha K., Thongprayoon C., Kroner P.T. Inpatient epidemiology and economic burden of granulomatosis with polyangiitis: a 10-year study of the national inpatient sample. *Rheumatology*. 2020; 59 (12). <https://doi.org/10.1093/rheumatology/keaa069>
 11. Novikov P.I., Moiseev S.V., Kusnezova E.I., Semenkova E.N., Muhin N.R. Changes in the clinical course and prognosis of granulomatosis with polyangiitis (Wegener's) over 40 years. *Klinicheskaya Farmakologiya i Terapiya = Clinical Pharmacology and Therapy*. 2014; 1: 32–6. (In Russian)
 12. Merkel P.A., Xie G., Monach P.A., Ji X., Ciavatta D.J., Byun J., Pinder B.D., Zhao A., Zhang J., Tadesse Y., Qian D., Weirauch M., Nair R., Tsoi A., Pagnoux C., Carette S., Chung S., Cuthbertson D., Davis J.C., Dellaripa P.F., Forbess L., Gewurz-Singer O., Hoffman G.S., Khalidi N., Koenin C., Langford C.A., Mahr A.D., McAlear C., Moreland L., Seo E.P., Specks U., Spiera R.F., Sreih A., St Clair E.W., Stone J.H., Ytterberg S.R., Elder J.T., Qu J., Ochi T., Hirano N., Edberg J.C., Falk R.J., Amos C.I., Siminovich K.A. Vasculitis Clinical Research Consortium. Identification of functional and expression polymorphisms associated with risk for anti-neutrophil cytoplasmic autoantibody-associated vasculitis. *Arthr. Rheum.* 2017; 69 (5): 1054–1066. <https://doi.org/10.1002/art.40034>
 13. Lionaki S., Blyth E. R., Hogan S. L., Hu Y., Senior B. A., Jennette C. E., Nachman P. H., Jennette J. C., Falk R. J. Classification of antineutrophil cytoplasmic autoantibody vasculitides: The role of antineutrophil cytoplasmic autoantibody specificity for myeloperoxidase or proteinase 3 in disease recognition and prognosis. *Arthr. Rheum.* 2012; 64 (10): 3452–3462. <https://doi.org/10.1002/art.34562>
 14. Beketova T.V. Granulomatosis with polyangiitis, which is pathogenetically associated with antineutrophil cytoplasmic antibodies: clinical features. *Nauchno-Prakticheskaya Revmatologiya = Scientific and Practical Rheumatology*. 2012; 50 (6): 19–28. <https://doi.org/10.14412/1995-4484-2012-1288> (In Russian)
 15. Polychronopoulos V.S., Prakash U.B.S., Goblin J.M., Edell E.S., Specks U. Airway involvement in Wegener's granulomatosis. *Rheum. Dis. Clin. N. Am.* 2007; 33 (4): 755–775. <https://doi.org/10.1016/j.rdc.2007.09.004>
 16. Samsonova M.V., Chernyaev A.L. Histological differential diagnosis of granulomatous lung diseases (part I). *Arkhir Patologii = Pathology Archive*. 2019; 81 (1): 65–70. <https://doi.org/10.17116/patol20198101165> (In Russian)
 17. Zerbino D.D., Zimba E.A. Morphological pathology of vessels in granulomatosis with polyangiitis (Wegener's disease). *Arkhir Patologii = Pathology Archive*. 2015; 77 (5): 9–13. <https://doi.org/10.17116/patol20157759-13> (In Russian)
 18. Alba M.A., Jennette J.C., Falk R.J. Pathogenesis of ANCA-Associated Pulmonary Vasculitis. *Semin. Respir. Crit. Care Med.* 2018; 39(4): 413–424. <https://doi.org/10.1055/s-0038-1673386>
 19. Lane S.E., Watts R., Scott D.G.I. Epidemiology of systemic vasculitis. *Curr. Rheumatol. Rep.* 2005; 7 (4): 270. <https://doi.org/275>. <https://doi.org/10.1007/s11926-005-0036-5>
 20. Cordier J.F., Valeyre D., Guillemin L., Loire R., Brechot J.M. Pulmonary Wegener's granulomatosis. A clinical and imaging study of 77 cases. *Chest*. 1990; 97 (4): 906–912. <https://doi.org/10.1378/chest.97.4.906>
 21. Lutalo P.M.K., D'Cruz D.P. Diagnosis and classification of granulomatosis with polyangiitis (aka Wegener's granulomatosis). *J. Autoimmun.* 2014; 48–49: 94–98. <https://doi.org/10.1016/j.jaut.2014.01.028>
 22. Willis D.F., Chacko B. Rash and fever in a man with granulomatosis with polyangiitis (Wegener's). *Nephrology (Carlton)*. 2016; 21 (9): 792. <https://doi.org/10.1111/nep.12683>
 23. Anaev E.Kh. Pulmonary vasculitides: differential diagnosis. *Practical pulmonology*. 2017; 1: 51–57. (In Russian)
 24. José R.J., Dilworth J.P., Cleverley J., Young M., Stratton R.J., Lipman M. Wegener's granulomatosis with multiple pulmonary nodules – diagnostic difficulties. *J. R. Soc. Med. Short Rep.* 2010; 1 (4): 34–36. <https://doi.org/10.1258/shorts.2010.010043>
 25. Ntatsaki E., Carruthers D., Chakravarty K., D'Cruz D., Harper L., Jayne D., Luqmani R., Mills J., Mooney J., Venning M., Watts R. A. BSR and BHPR guideline for the management of adults with ANCA-associated vasculitis. *Rheumatology (Oxford)*. 2014; 53 (12): 2306–2309. <https://doi.org/10.1093/rheumatology/ket445>
 26. Beketova T.V., Frolova N.F., Stolyarevich E.S., Volkov M.Yu., Kotenko O.N., Aleksandrova E.N. Problems in the diagnosis and treatment of anca-associated systemic vasculitis: in the focus of anca-negative pauci-immune glomerulonephritis. *Nauchno-Prakticheskaya Revmatologiya = Scientific and Practical Rheumatology*. 2016; 54 (5): 543–552. <https://doi.org/10.14412/1995-4484-2016-543-552> (In Russian)
 27. Verstockt B., Bossuyt X., Vanderschueren S., Blockmans D. There is no benefit in routinely monitoring ANCA titres in patients with granulomatosis with polyangiitis. *Clin. Exp. Rheumatol.* 2015; 33 (2. Suppl. 89): S72–76.
 28. Mukhtyar C., Lee R., Brown D., Carruthers D., Dasgupta B., Dubey S., Flossmann O., Hall C., Hollywood J., Jayne D., Jones R., Lanyon P., Muir A., Scott D., Young L., Luqmaniet R.A. Modification and validation of the Birmingham Vasculitis Activity Score (version 3). *Ann. Rheum. Dis.* 2009; 68 (12): 1827–832. <https://doi.org/10.1136/ard.2008.101279>



29. Kryuchkov I.A., Chapurin A.N. Possibilities of X-ray diagnostics for Wegener's granulomatosis. *Byulleten meditsinskikh internet-konferentsii = Online Medical Conference Bulletin*. 2013; 3 (11): 1220. (In Russian)
30. Mayberry J.P., Primack S.L., Müller N.L. Thoracic manifestations of systemic autoimmune diseases: radiographic and high-resolution CT findings. *Radiographics*. 2000; 20 (6): 1623–35. <https://doi.org/10.1148/radiographics.20.6.g00nv031623>
31. Lohrmann C., Uhl M.L., Kotter E., Burger D., Ghanem N., Langer M. Pulmonary manifestations of Wegener granulomatosis: CT findings in 57 patients and a review of the literature. *Eur. J. Radiol.* 2005; 53 (3): 471–7. <https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2004.04.016>
32. Martinez F., Chung J.H., Digumarthy S.R., Kanne J.P., Abbott G.F., O Shepard J.-A., Mark E.J., Sharma A. Common and Uncommon Manifestations of Wegener Granulomatosis at Chest CT: Radiologic-Pathologic Correlation. *Radiographics*. 2012; 32 (1): 51–69. <https://doi.org/10.1148/rg.321115060>
33. Pesci A., Manganelli P. Respiratory system involvement in antineutrophil cytoplasmic-associated systemic vasculitides: clinical, pathological, radiological and therapeutic considerations. *Drugs R.D.* 2007; 8 (1): 25–42. <https://doi.org/10.2165/00126839-200708010-00003>
34. Lee K.S., Kim T.S., Fujimoto K., Moriya H., Watanabe H., Tateishi U., Ashizawa K., Johkoh T., Kim E.A., Kwon O.J. Thoracic manifestation of Wegener's granulomatosis: CT findings in 30 patients. *Eur. Radiol.* 2003; 13 (1): 43–51. <https://doi.org/10.1007/s00330-002-1422-2>
35. Maturu V.N., Agarwal R. Reversed halo sign: a systematic review. *Respir. Care*. 2014; 59 (9): 1440–9. <https://doi.org/10.4187/respcare.03020>
36. Sebastiani M., Manfredi A., Vacchi C., Cassone G., Faverio P., Cavazza A., Sverzellati N., Salvarani C., Luppi F. Epidemiology and management of interstitial lung disease in ANCA-associated vasculitis. *Clin. Exp. Rheumatol.* 2020; 38, Suppl 124 (2): 221–231.

Для корреспонденции*: Шейх Жанна Владимировна – 125284 Москва, 2-й Боткинский пр-д, 5, к.1. ГКБ имени С.П. Боткина. Тел.: +7-910-453-19-32. E-mail: zhanna.sheikh@mail.ru

Сафонова Татьяна Дмитриевна – аспирант кафедры рентгенологии и радиологии ФГБОУ ДПО “Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования” Минздрава России, Москва. <https://orcid.org/0000-0002-5750-7553>. E-mail: safonova.td@mail.ru

Шейх Жанна Владимировна – доктор мед. наук, профессор, профессор кафедры рентгенологии и радиологии ФГБОУ ДПО “Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования” Минздрава России; врач-рентгенолог отдела лучевой диагностики ГБУЗ “ГКБ имени С.П. Боткина” ДЗМ, Москва. <https://orcid.org/0000-0003-1334-6652>. E-mail: zhanna.sheikh@mail.ru

Contact*: Zhanna V. Sheikh – 5-1, 2nd Botkinsky pr., Moscow, 125284, Russian Federation. S.P. Botkin City Clinical Hospital. Phone: +7-910-453-19-32. E-mail: zhanna.sheikh@mail.ru

Tatyana D. Safonova – postgraduate of Department of Radiology, Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Ministry of Healthcare of Russia, Moscow.

Zhanna V. Sheikh – Doct. of Sci. (Med.), Professor, Professor of Department of Radiology of Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Ministry of Healthcare of Russia, Radiologist in S.P. Botkin City Clinical Hospital, Moscow.



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

<https://doi.org/10.24835/1607-0763-908>

Ультранизкодозная компьютерная томография в диагностике заболеваний околоносовых пазух у детей: обзор литературы

© Лайпан А.Ш.*, Морозов С.П., Низовцова Л.А., Блохин И.А.,
Гомболевский В.А.

ГБУЗ «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения города Москвы», Москва; 109029 Москва, Средняя Калитниковская ул., д. 28, стр. 1, Российская Федерация

Актуальность. Заболевания придаточных пазух носа широко распространены в детском возрасте. Рентгенологические исследования, и в том числе рентгеновская компьютерная томография (КТ), являются оптимальным и эффективным методом диагностики. Организм ребенка более чувствителен к радиационной нагрузке, чем взрослых. Порог облучения, который может индуцировать поражение внутренних органов у детей, требует четкого выбора методики рентгенологического исследования с минимальной радиационной нагрузкой. В профессиональном сообществе в настоящее время отсутствует единая позиция по вопросу целесообразности применения ультранизкодозной КТ в педиатрии.

Цель исследования: систематизация данных о целесообразности и эффективности применения низкодозной КТ при диагностике заболеваний околоносовых пазух в педиатрии.

Материал и методы. Для выполнения поставленной цели проведен анализ 57 релевантных отечественных и зарубежных публикаций за период с января 2001 г. по ноябрь 2019 г. в научных библиотеках eLIBRARY, PubMed, Scholar.google по ключевым словам: “lowdose CT”, “children”, “paranasalsinus”, “pediatric”, “диагностика”, “дети”, “низкодозная компьютерная томография”, “синусит”, “околоносовые пазухи”.

Результаты. Изучение опубликованных в доступной литературе результатов исследований разных авторов позволило обобщить современные данные о лучевой диагностике заболеваний околоносовых пазух у детей и использовании КТ, а также определить возможные варианты снижения дозы лучевой нагрузки.

Заключение. Проведение большого количества рентгенологических исследований у ребенка приводит к риску развития онкологических заболеваний. Вместе с тем именно рентгенологические исследования являются эффективным способом диагностики заболеваний околоносовых пазух, при этом КТ является “золотым стандартом” диагностических исследований. Актуальной задачей является разработка методики КТ со снижением радиационной нагрузки без потери качества изображения. В обзоре изученных научных работ обоснована необходимость пересмотра и оптимизации стандартных протоколов рентгенологических исследований околоносовых пазух для определения эффективности и целесообразности методик лучевых исследований с минимальным риском радиационной нагрузки на ребенка.

Ключевые слова: ультранизкодозная компьютерная томография, околоносовые пазухи, синусит, диагностика, педиатрия

Авторы подтверждают отсутствие конфликтов интересов.

Исследование не имело спонсорской поддержки.

Для цитирования: Лайпан А.Ш., Морозов С.П., Низовцова Л.А., Блохин И.А., Гомболевский В.А. Ультранизкодозная компьютерная томография в диагностике заболеваний околоносовых пазух у детей: обзор литературы. *Медицинская визуализация*. 2021; 25 (3): 109–118. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-908>

Поступила в редакцию: 05.06.2020. **Принята к печати:** 07.04.2021. **Опубликована online:** 15.09.2021.



Ultra-low-dose computed tomography in the diagnosis of diseases of the paranasal sinuses in pediatric population: literature review

© Albina Sh. Laipan*, Sergey P. Morozov, Lyudmila A. Nizovtsova, Ivan A. Blokhin, Victor A. Gombolevsky

State Budget-Funded Health Care Institution of the City of Moscow "Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of Moscow Health Care Department"; 28-1, Srednyaya Kalitnikovskaya str., Moscow 109029, Russian Federation

Background. Sinonasal diseases are widespread in childhood. Radiological studies, including computer tomography, are an optimal and effective method of diagnosis. The child's body is more sensitive to radiation exposure than adults. The threshold of exposure, which may induce internal organs injury in children, requires a precise selection of the radiological method with minimal radiation dose. There is currently no unified position in the professional community on the appropriateness of the use of ultra-low-dose computed tomography in pediatrics.

We reviewed the data on the appropriateness and effectiveness of paranasal low-dose computed tomography in pediatrics.

Materials. 57 domestic and foreign publications, for the period from January 2001 to November 2019. In order to achieve the objective, we analyzed relevant domestic and foreign publications in scientific libraries e-LIBRARY, PubMed, Google Scholar per the keywords: "low-dose CT", "children", "paranasal sinus", "pediatric", "diagnosis", "children", "low-dose computed tomography", "sinusitis", "paranasal sinuses".

Results. The analysis of the available literature allowed summarizing the current data on pediatric paranasal disease diagnostics and the use of computed tomography, as well as to identify possible options for reducing radiation dose.

Conclusions. Conducting many radiological examinations in a child leads to the risk of cancer. However, these examinations are an effective way to diagnose paranasal diseases, and a CT scan is the "gold standard". The actual task is to develop a CT technique with reduced radiation exposure without compromising image quality. The need to review and optimize the standard protocols of radiological studies to determine the efficacy and feasibility of studies with minimal radiation exposure to children is justified.

Keywords: ultra-low-dose computer tomography, paranasal sinuses, sinusitis, diagnostics, publications, pediatrics

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

For citation: Laipan A.S., Morozov S.P., Nizovtsova L.A., Blokhin I.A., Gombolevskiy V.A. Ultra-low-dose computed tomography in the diagnosis of diseases of the paranasal sinuses in pediatric population: literature review. *Medical Visualization*. 2021; 25 (3): 109–118. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-908>

Received: 05.06.2020.

Accepted for publication: 07.04.2021.

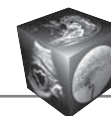
Published online: 15.09.2021.

Введение

Заболевания носа и околоносовых пазух, а также соседних анатомических структур включают различные патологии, особенно воспалительного характера. Врожденные заболевания, такие как пороки развития и структурные отклонения носовой перегородки, редко требуют медикаментозного лечения. Иммунологическая функция слизистой оболочки и генетические факторы играют роль в развитии заболеваний верхних дыхательных путей у детей, особенно из-за меняющейся анатомии во время роста [1]. Наиболее распространенными заболеваниями в педиатрической практике являются синуситы. У детей синусит определяется как внезапное появление двух или более сим-

птомов: заложенность носа, затрудненное носовое дыхание, бесцветные/светлые выделения из носа, кашель (в дневное или ночное время). Симптомы могут сохраняться в течение 12 нед, но могут наблюдаться и бессимптомные промежутки, если заболевание носит рецидивирующий характер [2].

Синусит обусловлен риногенным инфицированием и может иметь инфекционную этиологию (вирусную, бактериальную или грибковую), а также вызываться другими факторами, такими как аллергены, раздражители окружающей среды. Синусит в 2–10% случаев имеет бактериальную этиологию, а в 90–98% случаев вызывается вирусами. Вторичная бактериальная инфекция около-



носовых пазух после перенесенной вирусной инфекции верхних дыхательных путей развивается у 5% детей [3]. В воспалительный процесс может быть вовлечена любая из околоносовых пазух, но на первом месте по частоте поражения стоит верхнечелюстная, затем решетчатая, лобная, клиновидная. Такая последовательность характерна для взрослых и детей старше 7 лет. У детей в возрасте до 3 лет преобладает острое воспаление решетчатых пазух (до 80–90%), а от 3–7 лет – решетчатых и верхнечелюстных пазух [4]. К характерной анатомической особенности пазух в раннем детском возрасте относится относительная узость всех носовых ходов. Нижняя носовая раковина занимает 2/3 полости носа, спускается до дна, что обуславливает быстро наступающее затруднение носового дыхания даже при небольшой отечности слизистой оболочки при катаральном воспалении [4].

Синусит у детей может иногда иметь неспецифические признаки и симптомы. Это и делает медицинскую визуализацию главным этапом диагностики и выбора эффективного лечения. При диагностике синусита, кроме эндоскопического исследования, рекомендовано проведение ультразвукового исследования (УЗИ) околоносовых пазух [5], рентгенографии и компьютерной томографии (КТ) околоносовых пазух [6]. Как известно, КТ является наиболее информативным методом и “золотым стандартом” исследования околоносовых пазух [6]. Учитывая лучевую нагрузку при КТ, некоторые авторы отмечают возможность совершенствования этой методики – использование низкодозной КТ [7–9].

Цель исследования – систематизация имеющихся в литературе сведений о целесообразности и результативности применения низкодозной КТ в диагностике заболеваний околоносовых пазух у детей.

Материал и методы

Материал обзора составили 57 тематических публикаций отечественных и зарубежных авторов за период с января 2001 г. по ноябрь 2019 г.

Дизайн обзора выполнен в соответствии с методологией “The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions” [10]. Проведен анализ релевантных отечественных и зарубежных источников литературы в научных библиотеках eLIBRARY, PubMed, Scholar.google по ключевым словам: “lowdose CT”, “children”, “paranasalsinus”, “pediatric”, “диагностика”, “дети”, “низкодозная компьютерная томография”, “синусит”, “околоносовые пазухи”.

Результаты и их обсуждение

Изучены работы 57 отечественных и зарубежных авторов по тематике лучевых исследований в диагностике заболеваний околоносовых пазух у детей. В случаях работ с аналогичными результатами исследований в список использованной литературы включались статьи с большим количеством пациентов или более поздней датой публикации. Таким образом, прилагаемый список литературы составил 42 источника.

Ультразвуковое исследование

Проведены исследования, направленные на оценку значения ультразвука в диагностике заболеваний околоносовых пазух носа в детском возрасте. Значение УЗИ было проверено путем сравнения полученных результатов с результатами рентгенографии. Помимо попытки сопоставления результатов, была оценена специфичность и чувствительность УЗИ. Отмечена относительно высокая чувствительность и относительно низкая специфичность УЗИ [11]. Вывод: ультразвуковое обследование может служить методом скрининга у детей. Будучи чувствительным и безопасным, этот метод может быть использован у пациентов, которым требуется частое обследование на предмет хронических заболеваний или рецидивирующего гайморита [12]. Однако полученные результаты должны быть проверены с помощью рентгенографии из-за низкой специфичности УЗИ, особенно до начала терапии пациентов с неясной клинической картиной заболевания [11].

Рентгенография

Первостепенное значение при рентгенографии имеют правильная укладка пациента и соблюдение оптимального режима исследования. Обычно исследование выполняется в носоподбородочной проекции. Но за счет суммационной природы изображений интерпретация рентгенограмм может представлять определенные сложности. Например, при наложении окружающих костных структур или гипоплазии пазухи требуются дополнительные снимки для уточнения рентгенологической картины [13]. Дополнительно рентгенография может выполняться в носолобной или боковой проекции для уточнения состояния лобной и клиновидной пазух [14]. Очевидно, что выполнение дополнительных проекций увеличивает радиационную нагрузку на ребенка. Для получения более четкого отображения структуры тканей придаточных пазух назначают КТ [15]. Как показали результаты исследований, проведения рентгенографии достаточно для диагностики патологии верхнечелюстной пазухи у детей. Чувствитель-



ность для диагностики любой патологии в верхнечелюстной пазухе составила 67,7%, специфичность – 87,6%, точность – 78,6%. Чувствительность для диагностики заболеваний в лобной пазухе до 54%, в ячейках решетчатой кости до 58,9%. Чувствительность в отношении заболеваний клиновидной пазухи была очень низкой – до 3,8% [16].

Компьютерная томография

Ввиду определенных ограничений возможностей рентгенографии “золотым стандартом” на сегодняшний день в диагностике синуситов является рентгеновская КТ. КТ околоносовых пазух широко рекомендуют зарубежные стандарты диагностики синуситов, в частности European Position Paper on Rhinosinusitis and Nasal Polyps (EPOS) [17].

КТ околоносовых пазух предоставляет собой пространственное отображение внутриносовых структур и околоносовых пазух, тем самым позволяя судить о характере анатомических и морфологических изменений. Некоторые авторы рекомендуют выполнение КТ при подозрении на патологию клиновидной пазухи, при диагностике грибковых заболеваний [18]. КТ является методом выбора при подозрении на патологию орбит, а также позволяет составить планиметрическую схему выполнения хирургического вмешательства [18]. Подход к проведению КТ определяется соотношением риск/польза. В связи с этим очевидна необходимость совершенствования методики КТ с уменьшением радиационной нагрузки. Такая задача актуальна для КТ, ориентированной не только на исследование околоносовых пазух.

Магнитно-резонансная томография

Магнитно-резонансная томография (МРТ) околоносовых пазух применяется в случаях, когда предполагаются обширные или множественные осложнения синусита [18]. Неинвазивное и неионизирующее исследование, МРТ при этом является высокочувствительным методом, позволяющим выявлять изменения мягкотканых структур при синуситах. Кроме того, на магнитно-резонансных томограммах околоносовых пазух визуализируются патологические изменения после перенесенного острого синусита, которые сохраняются в течение длительного времени при отсутствии клинической симптоматики.

Стратегия оптимизации дозы лучевой нагрузки

Известно, что организм ребенка более чувствителен к радиационной нагрузке, чем взрослого человека. Вместе с тем высокая радиационная нагрузка неизбежна при проведении “золотого стандарта” – КТ околоносовых пазух. Порог облу-

чения, который может индуцировать серьезное поражение внутренних органов у детей, определяет возможность более быстрого и серьезного радиационного поражения тканей ребенка при рентгенологических исследованиях [8].

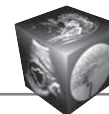
Таким образом, актуальным является поиск альтернативных методов исследования околоносовых пазух, которые удовлетворяли бы требованиям специалистов и могли применяться не только для первичной диагностики, но и в процессе динамического наблюдения. В отношении лучевой диагностики с полным основанием должен применяться принцип ALARA, который утверждает, что лучевая нагрузка должна быть настолько низкая, насколько это возможно в каждом конкретном случае при сохранении диагностического уровня изображений [19].

В 2008 г. Обществом педиатрической радиологии (SPR, Society for Pediatric Radiology), Американским обществом радиологических технологий (American Society for Radiologic Technologists), Американским радиологическим обществом (ACR American College of Radiology) и Американской ассоциацией физиков в медицине (American Association of Physicists in Medicine) была основана организация Image Gently [20–22]. Эта организация успешно развивает национальную программу повышения осведомленности о КТ в педиатрической практике.

Стратегия снижения дозы лучевой нагрузки, несомненно, актуальна, но наиболее эффективным способом снижения лучевой нагрузки является ее отсутствие.

В мире уже сделаны значительные шаги в сторону снижения дозы лучевой нагрузки при КТ-исследованиях. Разработаны различные методы и стратегии, основанные на учете индивидуальных характеристик пациента, изменении параметров протокола сканирования [8, 21, 23–27]. Некоторые производители компьютерных томографов снабжают свои сканеры алгоритмами автоматической регулировки силы тока (мА), тем самым подбирая минимально эффективное воздействие с учетом характеристик затухания излучения в определенных тканях. Члены рабочей группы SPR и Image Gently работают с производителями, чтобы оптимизировать расчет дозы облучения для детей на основе моделей антропоморфного фантома, которые лучше отражают различные размеры, формы и свойства детского тела [9].

Наиболее доступным и эффективным способом снижения лучевой нагрузки у детей являются пересмотр стандартных протоколов КТ-исследования, оптимизация параметров сканирования соответственно поставленной диагностической задаче.



Радиационная доза

Радиационная доза (доза облучения) измеряется в единицах поглощенной дозы, которая представляет собой количество энергии, поглощенной на единицу массы, и имеет единицы измерения Грей (1 Дж/кг). Поскольку различные ткани по-разному чувствительны к излучению, важно определить эффективную дозу (E), которая измеряется единицами Зиверта (Sv), и оценить стохастический риск от излучения. Эффективная доза для органа оценивается по поглощенной дозе (мГр), умноженной на специфический для органа коэффициент преобразования (k), который зависит от радиочувствительности органа и возраста сканируемого человека [28].

Чтобы получить общую оценку дозы облучения, используется DLP (Dose Length Product), которая является произведением длины излучаемого объема сканирования и среднего индекса дозы (CTDI, Computed Tomography Dose Index), и имеет единицы измерения в миллигрей-сантиметрах (мГр-см). CTDI vol и DLP зависят от анатомии пациента и соответствующих технических факторов для всей области сканирования.

Параметры КТ-сканирования, влияющие на дозу облучения

Существует несколько параметров, которые влияют на дозу облучения для современных компьютерных томографов: напряжение трубки, ток трубки, конфигурация детектора, шаг, длина сканирования и количество фаз формирования изображения одной анатомической области.

1. Напряжение трубки (единица измерения – киловольты (кВ/kVp)) выбирается при настройке протокола сканирования, показывает разность напряжения между катодом и анодом, направляющим электроны через рентгеновскую трубку. Параметр влияет как на качество, так и на количество генерируемых рентгеновских спектров. Связь между напряжением и дозой облучения нелинейная. Доза облучения меняется пропорционально квадрату напряжения. Снижение напряжения трубки при сканировании может снизить дозу облучения и улучшить контраст мягких тканей. Снижение значения напряжения трубки со 120 до 100 кВ может снизить дозу ~ на 23%, что особенно важно для детей [29].

2. Ток трубки определяет количество электронов, протекающих через катод за единицу времени (в секундах) и измеряется в миллиамперах (мА). Параметр пропорционален потоку фотонов, излучаемому из фокального пятна за единицу времени. Ток трубки – наиболее часто настраиваемый параметр сканирования для увеличения

или уменьшения дозы облучения. Его значение линейно дозе облучения. Учет размеров тела пациента позволяет добиться значительного снижения дозы за счет уменьшения мАс [29].

3. Современные КТ-сканеры используют несколько систем детекторов, тем самым значительно сокращают время сканирования, обеспечивая одинаковое разрешение в направлениях X, Y и Z [29].

4. Шаг сканирования – это отношение подачи стола к повороту гентри стола, деленное на ширину луча. Когда стол перемещается на то же расстояние, что и ширина луча, шаг равен единице. Доза обратно пропорциональна шагу, поэтому шаг меньше единицы означает увеличение дозы. Шаг больше единицы означает, что доза будет уменьшаться, но возрастает риск анизотропии вокселей, что может привести к снижению качества изображения [29].

5. Длина сканирования – это длина анатомической области пациента, которая подвергается воздействию рентгеновского луча в направлении Z. Длина сканирования всегда должна быть оптимизирована путем ограничения сканирования интересующей области [29].

Автоматическая модуляция тока в трубке, автоматический выбор напряжения трубки и итеративная реконструкция – все это может снизить дозу облучения пациента, одновременно обеспечивая высококачественные диагностические исследования [30, 31].

Снижение дозы при КТ в диагностике заболеваний придаточных пазух носа

Одним из способов щадящего применения высокотехнологичных лучевых методов является низкодозная компьютерная томография (НДКТ), позволяющая снизить дозу облучения исследуемого ребенка в несколько раз [32]. Некоторые авторы выделяют новый термин “ультранизкодозная компьютерная томография” (УНДКТ), заключающийся в получении качественного КТ-исследования при дозе лучевой нагрузки ниже 1 мЗв, однако в литературе часто термины НДКТ и УНДКТ используются как тождественные [33]. При КТ околоносовых пазух визуализируются структуры трех плотностных диапазонов: воздух, кости и мягкие ткани. При существенном снижении силы тока до 10–40 мАс (при стандартной силе тока до 150–200 мАс) качество получаемых изображений приемлемо для определения характеристик патологических изменений и решения диагностической задачи. Это позволяет использовать НДКТ как метод диагностики при заболеваниях околоносовых пазух [34–36].



Применение НДКТ стало возможным у детей с использованием алгоритмов шумоподавления при соблюдении главного условия – отсутствия потерь диагностически важной информации [26].

Итеративная реконструкция – это алгоритмический метод, который использует статистические и геометрические модели для реконструкции данных изображения со снижением шума при сохранении качества изображения. Применение этой технологии в клинических условиях может привести к снижению дозы на 20–40% по сравнению со стандартной реконструкцией обратной проекции [37].

Проведено исследование для оценки алгоритма итеративной реконструкции MBIR (model-based iterative reconstruction) в клинической практике при проведении НДКТ придаточных пазух носа у детей (J. Sun и соавт., 2018).

Для демонстрации способности MBIR в снижении шума, характерного для протоколов низкодозного КТ-сканирования (80 кВ/64 мАс), исследования реконструированы с использованием MBIR и стандартной реконструкцией FBP (filtered back-projection, отфильтрованная обратная проекция). Изображения MBIR также сравнивали с изображениями исследований околоносовых пазух со стандартным протоколом, реконструированными с помощью итеративной реконструкции ASIR (adaptive statistical iterative reconstruction) [24].

На втором этапе 14 пациентам (изображения с ASIR при первичном сканировании), направленным на динамический контроль, было проведено исследование с низкодозным протоколом и реконструкцией алгоритмом MBIR. На обоих этапах исследования измеряли шум изображения и коэффициент шума (CNR, Carrier to Noise Ratio); CTDIvol и DLP и проводили расчет эффективной дозы (J. Sun и соавт., 2018). Согласно полученному результату, MBIR обеспечил аналогичное качество изображения при значительно уменьшенной дозе облучения при КТ околоносовых пазух у детей по сравнению со стандартным протоколом исследования с алгоритмом ASIR. Значение CTDIvol для 1-й группы было на 63,9% ниже, чем в группе со стандартным протоколом ($1,09 \pm 0,01$ мГр и $3,02 \pm 0,35$ мГр соответственно). По сравнению с реконструкцией ASIR и стандартным протоколом исследования изображения с MBIR в группе с ультранизкими дозами имели на 39,9% более низкий уровень шума ($9,5 \pm 0,8$ HU и $15,8 \pm 3,3$ HU соответственно) и на 63,6% более высокое значение CNR ($14,4 \pm 4,7$ и $8,8 \pm 2,2$ соответственно) с аналогичным субъективным показателем каче-

ства изображения. Для пациентов на втором этапе было достигнуто снижение шума и дозы на 65,5% (J. Sun и соавт., 2018).

Было проведено исследование, где оценивали эффективность различных итеративных реконструкций (3D AIDR и SAFIRE) при исследовании околоносовых пазух с низкодозными протоколами [38]. В реконструированных изображениях оценивалось качество изображения. Шум был значительно ниже после реконструкции с AIDR 3D. Другие показатели (DLP, ED, CTDIvol) были ниже для реконструкции с SAFIRE. Результаты показали, что итеративная реконструкция независимо от производителя даже при самых малых дозах облучения (ниже 0,1 мЗв) обеспечивает диагностическое качество изображения [38].

Перспективы дальнейших исследований

По результатам обзора публикаций можно сделать выводы о необходимости дальнейших исследований:

- 1) определение ключевых параметров для оптимизации существующих КТ-протоколов;
- 2) сравнение стандартного КТ-протокола и УНДКТ-протокола;
- 3) уточнение возможности использования УНДКТ-протокола при динамическом контроле.

Заключение

В обзоре представлены современные данные о возможной оптимизации стандартных протоколов КТ околоносовых пазух с целью снижения лучевой нагрузки и улучшения качества полученных изображений. Из вышесказанного следует, что вопрос применения УНДКТ в диагностике околоносовых пазух у детей, несомненно, актуален и обязателен для изучения в дальнейшем.

Участие авторов

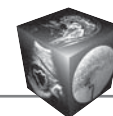
Лайпан А.Ш. – сбор и обработка данных, написание текста, анализ и интерпретация полученных данных, подготовка и редактирование текста, ответственность за целостность всех частей статьи.

Морозов С.П. – концепция и дизайн исследования, утверждение окончательного варианта статьи.

Низовцова Л.А. – концепция и дизайн исследования, подготовка, создание опубликованной работы, утверждение окончательного варианта статьи.

Блохин И.А. – сбор и обработка данных, анализ и интерпретация полученных данных, подготовка и редактирование текста.

Гомбелевский В.А. – концепция и дизайн исследования, сбор и обработка данных, утверждение окончательного варианта статьи.



Authors' participation

Laipan A.S. – collection and analysis of data, writing text, analysis and interpretation of the obtained data, text preparation and editing, responsibility for the integrity of all parts of the article.

Morozov S.P. – concept and design of the study, approval of the final version of the article.

Nizovtsova L.A. – concept and design of the study, preparation and creation of the published work, approval of the final version of the article.

Blokhin I.A. – collection and analysis of data, analysis and interpretation of the obtained data, text preparation and editing.

Gomboleviskiy V.A. – concept and design of the study, collection and analysis of data, approval of the final version of the article.

Список литературы

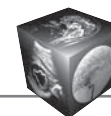
1. Stenner M., Rudack C. Erkrankungen der Nase und der Nasennebenhöhlen im Kindesalter [Diseases of the nose and paranasal sinuses in childhood]. *Laryngorhinootologie*. 2014; 93, Suppl. 1: S24–S48. <http://doi.org/10.1055/s-0033-1363211> (In Germany)
2. Крюков А.И., Студеный М.Е., Артемьев М.Е., Чумаков П.Л., Рынков Д.А., Горин Д.С. Лечение пациентов с риносинуситами: возможности консервативного и оперативного воздействия. *Медицинский совет*. 2012; 11; 92–96.
3. Национальная медицинская ассоциация оториноларингологов. Клинические рекомендации “Острый синусит”, Минздрав РФ, 2016.
4. Абдулкеримов Х.Т., Рязанцев С.В., Гаращенко Т.А., Гуров А.В., Карнеева О.В. и др. Принципы этиопатогенетической терапии острых синуситов. Клинические рекомендации. 2014.
5. Антимикробная терапия по Дж. Сэнфорду / Под ред. Д. Гилберта. М.: Гранат, 2013. 640 с.
6. Яковлев В.П., Яковлев С.В. Рациональная антимикробная фармакотерапия: Руководство для практикующих врачей. М., 2003; Т. 2. 1001 с.
7. Wuest W., May M., Saake M., Brand M., Uder M., Lell M. Low-Dose CT of the Paranasal Sinuses: Minimizing X-Ray Exposure with Spectral Shaping. *Eur. Radiol.* 2016; 26 (11): 4155–4161. <http://doi.org/10.1007/s00330-016-4263-0>
8. Brenner D., Elliston C., Hall E., Berdon W. Estimated risks of radiation-induced fatal cancer from pediatric CT. *Am. J. Roentgenol.* 2001; 176 (2): 289–296. <http://doi.org/10.2214/ajr.176.2.1760289>
9. Strauss K.J., Goske M.J., Frush D.P., Butler P.F., Morrison G. Image Gently Vendor Summit: working together for better estimates of pediatric radiation dose from CT. *Am. J. Roentgenol.* 2009; 192 (5): 1169–1175. <http://doi.org/10.2214/AJR.08.2172>
10. Liberati A., Altman D.G., Tetzlaff J., Mulrow C., Gøtzsche P.C., Ioannidis J.P.A., Clarke M., Devereaux P.J., Kleijnen J., Moher D. The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate healthcare interventions: explanation and elaboration. *Br. Med. J.* 2009; 339: b2700. <http://doi.org/10.1136/bmj.b2700>
11. Soboczyński A., Breborowicz A., Skuratowicz A., Breborowicz G. Ultrasound examination in presentation A for diagnosis of maxillary sinusitis in childhood. *Pol. Tyg Lek.* 1993; 48 (9–10): 226–228.
12. Fufezan O., Asavaoie C., Cherecheș Panta P., Mihaș G., Bursașiu E., Anca I., Iacob D., Gocan H., Valean C. The role of ultrasonography in the evaluation of maxillary sinusitis in pediatrics. *Med. Ultrason.* 2010; 12 (1): 4–11.
13. Leo G., Triulzi F., Incorvaia C. Sinus imaging for diagnosis of chronic rhinosinusitis in children. *Curr. Allergy Asthma Rep.* 2012; 12 (2): 136–143. <http://doi.org/10.1007/s11882-012-0244-9>
14. Alokken T., Hagtvedt T., Dalen I., Kolbenstvedt A. Conventional sinus radiography compared with CT in the diagnosis of acute sinusitis. *Dentomaxillofac Radiol.* 2003; 32 (1): 60–62. <http://doi.org/10.1259/dmfr/6513909>
15. Triulzi F., Zirpoli S. Imaging techniques in the diagnosis and management of rhinosinusitis in children. *Pediatr. Allergy Immunol.* 2007; 18, Suppl. 18: 46–49. <http://doi.org/10.1111/j.1399-3038.2007.00633.x>
16. Konen E., Faibel M., Kleinbaum Y., Wolf M., Lusky A., Hoffman C., Eyal A., Tadmor R. The value of the occipitomeatal (Waters') view in diagnosis of sinusitis: a comparative study with computed tomography. *Clin. Radiol.* 2000; 55 (11): 856–860. <http://doi.org/10.1053/crad.2000.0550>
17. Fokkens W.J., Lund V.J., Mullol J. et al. EPOS 2012: European position paper on rhinosinusitis and nasal polyps 2012. A summary for otorhinolaryngologists. *Rhinology*. 2012; 50 (1): 1–12. <http://doi.org/10.4193/Rhino50E2>
18. Leo G., Triulzi F., Incorvaia C. Diagnosis of chronic rhinosinusitis. *Pediatr. Allergy Immunol.* 2012; 23, Suppl. 22: 20–26. <http://doi.org/10.1111/j.1399-3038.2012.01320.x>
19. The ALARA (as low as reasonably achievable) concept in pediatric CT intelligent dose reduction. Multidisciplinary conference organized by the Society of Pediatric Radiology. August 18–19, 2001. *Pediatr. Radiol.* 2002; 32 (4): 217–313. <http://doi.org/10.1007/s00247-002-0665-z>
20. Frush D.P., Donnelly L.F., Rosen N.S. Computed tomography and radiation risks: what pediatric health care providers should know. *Pediatrics*. 2003; 112 (4): 951–957. <http://doi.org/10.1542/peds.112.4.951>
21. Goske M.J., Applegate K.E., Boylan J., Butler P.F., Callahan M.J., Coley B.D., Farley S., Frush D.P., Hernanz-Schulman M., Jaramillo D., Johnson N.D., Kaste S.C., Morrison G., Strauss K.J., Tuggle N. The Image Gently campaign: working together to change practice. *Am. J. Roentgenol.* 2008; 190 (2): 273–274. <http://doi.org/10.2214/AJR.07.3526>
22. Strauss K.J., Goske M.J., Kaste S.C., Bulas D., Frush D.P., Butler P., Morrison G., Callahan M.J., Applegate K.E. Image gently: ten steps you can take to optimize image quality and lower CT dose for pediatric patients. *Am. J. Roentgenol.* 2010; 194 (4): 868–873. <http://doi.org/10.2214/AJR.09.4091>
23. Toth T.L., Cesmeli E., Ikhlef A., Horiuchi T. Image quality and dose optimization using novel x-ray source filters tailored to patient size. *Proceedings. Vol. 5745. Medical Imaging 2005: Physics of Medical Imaging*; (2005). <https://doi.org/10.1117/12.595465>
24. Sun J., Zhang Q., Duan X., Zhang C., Wang P., Jia C., Liu Y., Peng Y. Application of a full model-based iterative reconstruction (MBIR) in 80 kVp ultra-low-dose paranasal



- sinus CT imaging of pediatric patients. *Radiol. Med.* 2018; 123 (2): 117–124. <http://doi.org/10.1007/s11547-017-0812-0>
25. Bodelle B., Wichmann J.L., Klotz N., Lehnert T., Vogl T.J., Luboldt W., Schulz B. Seventy kilovolt ultra- low dose CT of the paranasal sinus: first clinical results. *Clin. Radiol.* 2015; 70 (7): 711–715. <http://doi.org/10.1016/j.crad.2015.03.002>
26. Schulz B., Beeres M., Bodelle B., Bauer R., Al-Butmeh F., Thalhammer A., Vogl T.J., Kerl J.M. Performance of iterative image reconstruction in CT of the paranasal sinuses: a phantom study. *Am. J. Neuroradiol.* 2013; 34 (5): 1072–1076. <http://doi.org/10.3174/ajnr.A3339>
27. Linton O.W., Mettler F.A. Jr.; National Council on Radiation Protection and Measurements. National conference on dose reduction in CT, with an emphasis on pediatric patients. *Am. J. Roentgenol.* 2003; 181 (2): 321–329. <http://doi.org/10.2214/ajr.181.2.1810321>
28. McCollough C.H., Schueler B.A. Calculation of effective dose. *Med. Phys.* 2000; 27 (5): 828–837. <http://doi.org/10.1118/1.598948>
29. Nelson T.R. Practical strategies to reduce pediatric CT radiation dose. *J. Am. Coll. Radiol.* 2014; 11 (3): 292–299. <http://doi.org/10.1016/j.jacr.2013.10.011>
30. AAPM Position Statement on the Use of Bismuth Shielding for the Purpose of Dose Reduction in CT scanning. American Association of Physicists, College Park, MD, 2012. Available at: <http://www.aapm.org/publicgeneral/BismuthShielding.pdf>
31. Brenner D.J., Hall E.J. Computed tomography – an increasing source of radiation exposure. *N. Engl. J. Med.* 2007; 357 (22): 2277–2284. <http://doi.org/10.1056/NEJMr072149>
32. Abul-Kasim K., Strömbeck A., Sahlstrand-Johnson P. Low-dose computed tomography of the paranasal sinuses: radiation doses and reliability analysis. *Am. J. Otolaryngol.* 2011; 32 (1): 47–51. <http://doi.org/10.1016/j.amjoto.2009.08.004>
33. Московский скрининг рака легкого. <http://ndkt.ru/>
34. Tack D., Widelec J., De Maertelaer V., Bailly J.M., Delcour C., Gevenois P.A. Comparison between low-dose and standard-dose multidetector CT in patients with suspected chronic sinusitis. *Am. J. Roentgenol.* 2003; 181 (4): 939–944. <http://doi.org/10.2214/ajr.181.4.1810939>
35. Sohaib S.A., Peppercorn P.D., Horrocks J.A., Keene M.H., Kenyon G.S., Reznek R.H. The effect of decreasing mAs on image quality and patient dose in sinus CT. *Br. J. Radiol.* 2001; 74 (878): 157–161. <http://doi.org/10.1259/bjr.74.878.740157>
36. Hagtvedt T., Aaløkken T.M., Nøtthellen J., Kolbenstvedt A. A new low-dose CT examination compared with standard-dose CT in the diagnosis of acute sinusitis. *Eur. Radiol.* 2003; 13 (5): 976–980. <http://doi.org/10.1007/s00330-002-1652-3>
37. Seibert J.A. Iterative reconstruction: how it works, how to apply it. *Pediatr. Radiol.* 2014; 44, Suppl. 3: 431–439. <http://doi.org/10.1007/s00247-014-3102-1>
38. Schaafs L.A., Pfeil J., Köhlitz T., Hamm B., Niehues S.M. Low-dose computed tomography of the paranasal sinuses: performance of two different iterative reconstruction algorithms. *Radiat. Prot. Dosimetry.* 2019; 183 (3): 386–392. <http://doi.org/10.1093/rpd/ncy153>

References

1. Stenner M., Rudack C. Erkrankungen der Nase und der Nasennebenhöhlen im Kindesalter [Diseases of the nose and paranasal sinuses in childhood]. *Laryngorhinootologie.* 2014; 93, Suppl. 1: S24–S48. <http://doi.org/10.1055/s-0033-1363211> (In German)
2. Krjukov A.I., Studenyj M.E., Artem'ev M.E., Chumakov P.L., Rynkov D.A., Gorin D.S. Treatment of patients with rhinosinusitis: conservative and surgical intervention. *Medical Council.* 2012; 11; 92–96. (In Russian)
3. National Medical Association of Otorhinolaryngologists. Clinical guidelines “sinusitis” 2016 r. Ministry of Health of the Russian Federation (In Russian)
4. Abdulkirimov Kh., Ryazantsev S., Garashenko T., Gurov A., Karneeva O. Etiopathogenetic therapy for sinusitis. Clinical guidelines. 2014. (In Russian)
5. The Sanford guide to antimicrobial therapy. Eds D. Gilbert. Moscow: Granat, 2013. 640 p. (In Russian)
6. Yakovlev V., Yakovlev S. Rational antimicrobial pharmacotherapy: A guide for doctors. M., 2003; T. 2. 1001 p. (In Russian)
7. Wuest W., May M., Saake M., Brand M., Uder M., Lell M. Low-Dose CT of the Paranasal Sinuses: Minimizing X-Ray Exposure with Spectral Shaping. *Eur. Radiol.* 2016; 26 (11): 4155–4161. <http://doi.org/10.1007/s00330-016-4263-0>
8. Brenner D., Elliston C., Hall E., Berdon W. Estimated risks of radiation-induced fatal cancer from pediatric CT. *Am. J. Roentgenol.* 2001; 176 (2): 289–296. <http://doi.org/10.2214/ajr.176.2.1760289>
9. Strauss K.J., Goske M.J., Frush D.P., Butler P.F., Morrison G. Image Gently Vendor Summit: working together for better estimates of pediatric radiation dose from CT. *Am. J. Roentgenol.* 2009; 192 (5): 1169–1175. <http://doi.org/10.2214/AJR.08.2172>
10. Liberati A., Altman D.G., Tetzlaff J., Mulrow C., Gøtzsche P.C., Ioannidis J.P.A., Clarke M., Devereaux P.J., Kleijnen J., Moher D. The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate healthcare interventions: explanation and elaboration. *Br. Med. J.* 2009; 339: b2700. <http://doi.org/10.1136/bmj.b2700>
11. Soboczyński A., Breborowicz A., Skuratowicz A., Breborowicz G. Ultrasound examination in presentation A for diagnosis of maxillary sinusitis in childhood. *Pol. Tyg Lek.* 1993; 48 (9–10): 226–228.
12. Fufezan O., Asavaie C., Cherecheș Panta P., Mihuț G., Bursașiu E., Anca I., Iacob D., Gocan H., Valean C. The role of ultrasonography in the evaluation of maxillary sinusitis in pediatrics. *Med. Ultrason.* 2010; 12 (1): 4–11.
13. Leo G., Triulzi F., Incorvaia C. Sinus imaging for diagnosis of chronic rhinosinusitis in children. *Curr. Allergy Asthma Rep.* 2012; 12 (2): 136–143. <http://doi.org/10.1007/s11882-012-0244-9>
14. Alokken T., Hagtvedt T., Dalen I., Kolbenstvedt A. Conventional sinus radiography compared with CT in the diagnosis of acute sinusitis. *Dentomaxillofac Radiol.* 2003; 32 (1): 60–62. <http://doi.org/10.1259/dmfr/6513909>
15. Triulzi F., Zirpoli S. Imaging techniques in the diagnosis and management of rhinosinusitis in children. *Pediatr. Allergy Immunol.* 2007; 18, Suppl. 18: 46–49. <http://doi.org/10.1111/j.1399-3038.2007.00633.x>
16. Konen E., Faibel M., Kleinbaum Y., Wolf M., Lusky A., Hoffman C., Eyal A., Tadmor R. The value of the



- occipitomenal (Waters') view in diagnosis of sinusitis: a comparative study with computed tomography. *Clin. Radiol.* 2000; 55 (11): 856–860. <http://doi.org/10.1053/crad.2000.0550>
17. Fokkens W.J., Lund V.J., Mullol J. et al. EPOS 2012: European position paper on rhinosinusitis and nasal polyps 2012. A summary for otorhinolaryngologists. *Rhinology.* 2012; 50 (1): 1–12. <http://doi.org/10.4193/Rhino50E2>
 18. Leo G., Triulzi F., Incorvaia C. Diagnosis of chronic rhinosinusitis. *Pediatr. Allergy Immunol.* 2012; 23, Suppl. 22: 20–26. <http://doi.org/10.1111/j.1399-3038.2012.01320.x>
 19. The ALARA (as low as reasonably achievable) concept in pediatric CT intelligent dose reduction. Multidisciplinary conference organized by the Society of Pediatric Radiology. August 18–19, 2001. *Pediatr. Radiol.* 2002; 32 (4): 217–313. <http://doi.org/10.1007/s00247-002-0665-z>
 20. Frush D.P., Donnelly L.F., Rosen N.S. Computed tomography and radiation risks: what pediatric health care providers should know. *Pediatrics.* 2003; 112 (4): 951–957. <http://doi.org/10.1542/peds.112.4.951>
 21. Goske M.J., Applegate K.E., Boylan J., Butler P.F., Callahan M.J., Coley B.D., Farley S., Frush D.P., Hernanz-Schulman M., Jaramillo D., Johnson N.D., Kaste S.C., Morrison G., Strauss K.J., Tuggle N. The Image Gently campaign: working together to change practice. *Am. J. Roentgenol.* 2008; 190 (2): 273–274. <http://doi.org/10.2214/AJR.07.3526>
 22. Strauss K.J., Goske M.J., Kaste S.C., Bulas D., Frush D.P., Butler P., Morrison G., Callahan M.J., Applegate K.E. Image gently: ten steps you can take to optimize image quality and lower CT dose for pediatric patients. *Am. J. Roentgenol.* 2010; 194 (4): 868–873. <http://doi.org/10.2214/AJR.09.4091>
 23. Toth T.L., Csemeli E., Ikhlef A., Horiuchi T. Image quality and dose optimization using novel x-ray source filters tailored to patient size. *Proceedings. Vol. 5745. Medical Imaging 2005: Physics of Medical Imaging;* (2005). <https://doi.org/10.1117/12.595465>
 24. Sun J., Zhang Q., Duan X., Zhang C., Wang P., Jia C., Liu Y., Peng Y. Application of a full model-based iterative reconstruction (MBIR) in 80 kVp ultra-low-dose paranasal sinus CT imaging of pediatric patients. *Radiol. Med.* 2018; 123 (2): 117–124. <http://doi.org/10.1007/s11547-017-0812-0>
 25. Bodelle B., Wichmann J.L., Klotz N., Lehnert T., Vogl T.J., Luboldt W., Schulz B. Seventy kilovolt ultra- low dose CT of the paranasal sinus: first clinical results. *Clin. Radiol.* 2015; 70 (7): 711–715. <http://doi.org/10.1016/j.crad.2015.03.002>
 26. Schulz B., Beeres M., Bodelle B., Bauer R., Al-Butmeh F., Thalhammer A., Vogl T.J., Kerl J.M. Performance of iterative image reconstruction in CT of the paranasal sinuses: a phantom study. *Am. J. Neuroradiol.* 2013; 34 (5): 1072–1076. <http://doi.org/10.3174/ajnr.A3339>
 27. Linton O.W., Mettler F.A. Jr.; National Council on Radiation Protection and Measurements. National conference on dose reduction in CT, with an emphasis on pediatric patients. *Am. J. Roentgenol.* 2003; 181 (2): 321–329. <http://doi.org/10.2214/ajr.181.2.1810321>
 28. McCollough C.H., Schueler B.A. Calculation of effective dose. *Med. Phys.* 2000; 27 (5): 828–837. <http://doi.org/10.1118/1.598948>
 29. Nelson T.R. Practical strategies to reduce pediatric CT radiation dose. *J. Am. Coll. Radiol.* 2014; 11 (3): 292–299. <http://doi.org/10.1016/j.jacr.2013.10.011>
 30. AAPM Position Statement on the Use of Bismuth Shielding for the Purpose of Dose Reduction in CT scanning. American Association of Physicists, College Park, MD, 2012. Available at: <http://www.aapm.org/publicgeneral/BismuthShielding.pdf>
 31. Brenner D.J., Hall E.J. Computed tomography – an increasing source of radiation exposure. *N. Engl. J. Med.* 2007; 357 (22): 2277–2284. <http://doi.org/10.1056/NEJMr072149>
 32. Abul-Kasim K., Strömbeck A., Sahlstrand-Johnson P. Low-dose computed tomography of the paranasal sinuses: radiation doses and reliability analysis. *Am. J. Otolaryngol.* 2011; 32 (1): 47–51. <http://doi.org/10.1016/j.amjoto.2009.08.004>
 33. Moscow lung cancer screening. <http://ndkt.ru> (In Russian)
 34. Tack D., Widelec J., De Maertelaer V., Bailly J.M., Delcour C., Gevenois P.A. Comparison between low-dose and standard-dose multidetector CT in patients with suspected chronic sinusitis. *Am. J. Roentgenol.* 2003; 181 (4): 939–944. <http://doi.org/10.2214/ajr.181.4.1810939>
 35. Sohaib S.A., Peppercorn P.D., Horrocks J.A., Keene M.H., Kenyon G.S., Reznick R.H. The effect of decreasing mAs on image quality and patient dose in sinus CT. *Br. J. Radiol.* 2001; 74 (878): 157–161. <http://doi.org/10.1259/bjr.74.878.740157>
 36. Hagtvedt T., Aaløkken T.M., Nøtthellen J., Kolbenstvedt A. A new low-dose CT examination compared with standard-dose CT in the diagnosis of acute sinusitis. *Eur. Radiol.* 2003; 13 (5): 976–980. <http://doi.org/10.1007/s00330-002-1652-3>
 37. Seibert J.A. Iterative reconstruction: how it works, how to apply it. *Pediatr. Radiol.* 2014; 44, Suppl. 3: 431–439. <http://doi.org/10.1007/s00247-014-3102-1>
 38. Schaafs L.A., Pfeil J., Köhlitz T., Hamm B., Niehues S.M. Low-dose computed tomography of the paranasal sinuses: performance of two different iterative reconstruction algorithms. *Radiat. Prot. Dosimetry.* 2019; 183 (3): 386–392. <http://doi.org/10.1093/rpd/ncy153>

Для корреспонденции*: Лайпан Альбина Шурумовна – Тел: +7-926-419-64-44. Dr.laipan@mail.ru

Лайпан Альбина Шурумовна – младший научный сотрудник отдела развития качества радиологии ГБУЗ “НПЦ медицинской радиологии Департамента здравоохранения города Москвы”, Москва. <https://orcid.org/0000-0002-9934-2400>

Морозов Сергей Павлович – доктор мед. наук, профессор, директор ГБУЗ “НПЦ медицинской радиологии Департамента здравоохранения города Москвы”, Москва. <https://orcid.org/0000-0001-6545-6170>

Низовцова Людмила Арсеньевна – доктор мед. наук, профессор, главный научный сотрудник отдела развития качества радиологии ГБУЗ “НПЦ медицинской радиологии Департамента здравоохранения города Москвы”, Москва. <https://orcid.org/0000-0002-9614-4505>



Блохин Иван Андреевич – младший научный сотрудник отдела развития качества радиологии ГБУЗ “НПЦ медицинской радиологии Департамента здравоохранения города Москвы”, Москва. <https://orcid.org/0000-0002-2681-9378>

Гомболевский Виктор Александрович – канд. мед. наук, руководитель отдела развития качества радиологии ГБУЗ “НПЦ медицинской радиологии Департамента здравоохранения города Москвы”, Москва. <https://orcid.org/0000-0003-1816-1315>

Contact*: Albina Sh. Laipan – Phone: +7-926-419-64-44. E-mail: dr.laipan@mail.ru

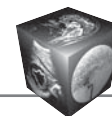
Albina Sh. Laipan – researcher of Department of quality of radiology, Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of Moscow Health Care Department, Moscow. <https://orcid.org/0000-0002-9934-2400>

Sergey P. Morozov – Doct. of Sci. (Med.), Professor, CEO, Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of Moscow Health Care Department, Moscow. <https://orcid.org/0000-0001-6545-6170>

Lyudmila A. Nizovtsova – Doct. of Sci. (Med.), Professor, Leading Researcher, Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of Moscow Health Care Department, Moscow. <https://orcid.org/0000-0002-9614-4505>

Ivan A. Blokhin – researcher of Department of quality of radiology, Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of Moscow Health Care Department, Moscow. <https://orcid.org/0000-0002-2681-9378>

Victor A. Gombolevisky – Cand. of Sci. (Med.), Head of Department of development of quality of radiology, Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of Moscow Health Care Department, Moscow. <https://orcid.org/0000-0003-1816-1315>



Компьютерная томография при переломах голеностопного сустава у детей

© Серова Н.Ю., Ахадов Т.А., Мельников И.А., Божко О.В., Костикова Т.Д.,
Семенова Н.А., Дмитренко Д.М., Никишов С.О., Манжурцев А.В.,
Ублинский М.В.*, Хусаинова Д.Н.

НИИ неотложной детской хирургии и травматологии ДЗ города Москвы; 119180 Москва, ул. Большая Полянка, д. 22, Российская Федерация

Введение. Правильная диагностика базируется на визуализации и знании паттернов переломов, характерных для детей. Традиционно для визуализации костных повреждений используется рентгенография. При переломах у детей из-за высокого риска повреждения ростковых зон необходимо иметь четкую и достоверную информацию об их состоянии, которая не всегда может быть получена при рентгенографии. Для этих целей и требований современной хирургии используется компьютерная томография (КТ), которая с высокой диагностической точностью уточняет степень смещения отломков, позволяет представить качественную характеристику переломов, выявляет сопутствующие повреждения.

Цель исследования: показать возможности КТ в диагностике переломов голеностопного сустава.

Материал и методы. Представлены результаты КТ у 226 детей и подростков в возрасте от 3 до 17 лет. Мальчиков было 142 (62,8%), девочек 84 (37,2%). Сканирование проводилось в зависимости от массы тела и возраста пациента с минимальными показателями kV и mAS, толщиной среза 0,75 мм.

Результаты. Среднее время обращения за медицинской помощью составило 32 ч от момента травмы. Среди причин травматизма на первом месте была бытовая травма (73, 8%), далее – спортивная травма (22, 3%) и дорожно-транспортные происшествия (3,9%). Правосторонние переломы голеностопного сустава были у 147 (65,1%), левосторонние – у 79 (34,9%) детей. Наиболее частыми видами переломов костей голени были метаэпифизиолиз дистального отдела большеберцовой кости и метаэпифизеолизы дистальных отделов обеих костей голени, которые в сумме составили 67,7% (n = 153) от всех переломов голени.

Заключение. КТ необходимо выполнять во всех случаях внутрисуставных переломов голеностопного сустава. Особенно она важна для оценки переломов с повреждением ростковых зон. Сканирование необходимо проводить с толщиной среза не более 1 мм. КТ с мультипланарным переформатированием данных является важным фактором в определении того, нуждается ли пациент в хирургическом лечении. В результате проведения КТ устанавливался окончательный диагноз и принималось решение о тактике лечения.

Ключевые слова: дети, перелом, голеностопный сустав, переломы Солтера–Харриса, мультиспиральная компьютерная томография

Авторы подтверждают отсутствие конфликтов интересов.

Для цитирования: Серова Н.Ю., Ахадов Т.А., Мельников И.А., Божко О.В., Костикова Т.Д., Семенова Н.А., Дмитренко Д.М., Никишов С.О., Манжурцев А.В., Ублинский М.В., Хусаинова Д.Н. Компьютерная томография при переломах голеностопного сустава у детей. *Медицинская визуализация*. 2021; 25 (3): 119–130. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-922>

Поступила в редакцию: 26.06.2020.

Принята к печати: 01.09.2021.

Опубликована online: 15.09.2021.

Computed tomography for fractures of the ankle joint in children

© Natalya Yu. Serova, Tolibdzhon A. Akhadov, Ilya A. Mel'nikov, Ol'ga V. Bozhko,
Tatyana D. Kostikova, Nataliya A. Semenova, Dmitriy M. Dmitrenko,
Sergey O. Nikishov, Andrei V. Manzhurtsev, Maxim V. Ublinskiy*, Daria N. Khusainova

Clinical and Research Institute of Emergency Pediatric Surgery and Trauma (CRIEPST); 22, Bol'shaya Polyanka str., Moscow 119180, Russian Federation



Introduction. Correct diagnosis is based on visualization and knowledge of fracture patterns characteristic of children. Traditionally, radiography is used to visualize bone damage. In fractures in children due to the high risk of damage to the germinal zones, it is necessary to have clear and reliable information about their condition, which cannot always be obtained by x-ray method. For these purposes and the requirements of modern surgery, CT is used, which with high diagnostic accuracy clarifies the degree of displacement of fragments, present a qualitative characteristic of fractures and reveals associated damage.

Purpose: to show the capabilities of computed tomography in diagnosis of fractures of ankle joint.

Materials and methods. The results of computed tomography (CT) are presented in 226 children and adolescents aged 3 to 17 years. There were 142 boys (62.8%), 84 girls (37.2%). Scanning was carried out depending on the weight and age of the patient with the minimum indicators of kV and mAS, a slice thickness of 0.75 mm.

Results. Average time for seeking medical help was 32 hours from moment of injury. Among causes of injury in the first place was domestic injury (73, 8%), followed by sports injury (22, 3%) and traffic accidents (3.9%). Right-sided ankle fractures were found in 147 (65.1%), left-sided – in 79 (34.9%) children. The most common types of tibial fractures were metaepiphyseolysis of the distal tibia and metaepiphyseolysis of the distal tibia of both tibia, which together accounted for 67.7% (n = 153) of all tibial fractures.

Conclusion. Computed tomography should be performed in all cases of intraarticular fractures of the ankle joint. It is especially important for evaluating fractures with damage to germ zones. Scanning must be carried out with a cutting thickness of not more than 1 mm. CT with multi-planar data reformatting is an important factor in determining whether a patient needs surgical treatment. As a result of CT, a final diagnosis was established and a decision was made on treatment tactics.

Keywords: children, fracture, ankle, Salter Harris, multispiral computed tomography

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

For citation: Serova N.Yu., Akhadov T.A., Melnikov I.A., Bozhko O.V., Kostikova T.D., Semenova N.A., Nikishov S.O., Dmitrenko D.M., Manzhurtsev A.V., Ublinskiy M.V., Khusainova D.N. Computed tomography for fractures of the ankle joint in children. *Medical Visualization*. 2021; 25 (3): 119–130. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-922>

Received: 26.06.2020.

Accepted for publication: 01.09.2021.

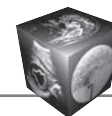
Published online: 15.09.2021.

Введение

Среди всех причин обращения детей за экстренной травматологической помощью до 20% составляют повреждения голеностопного сустава [1, 2]. Переломы костей голеностопного сустава, по данным различных авторов, достигают от 5 до 8% случаев от переломов конечностей и от 15 до 40% случаев от переломов костей голени [3–6]. Это обусловлено ростом уровня спортивного травматизма [1, 7, 8]. Повреждения голеностопного сустава определяются видом и сочетанием травмированных структур (кости, связки или сухожилия). Классификация переломов голеностопного сустава является основой для их лечения. Обычно – это классификации переломов Даниса–Вебера, Мюллера и Лауге–Хансена или Солтера–Харриса (SH) [9–13]. Согласно B.G. Weber (1967) и M. Muller (1996), перелом классифицируется на основании уровня перелома малоберцовой кости по отношению к связкам дистального межберцового синдесмоза [10, 11]. N. Lauge-Hansen (1950) описывает травматический механизм переломов голеностопного сустава, основанный на положении стопы во время травмы и направлении, в котором таранная кость движется в пределах врезки голеностопного сустава [12]. Большинство травм голеностопного сустава происходит либо во время занятий спортом, либо во время ходьбы по неровной поверхно-

сти, что ставит стопу и лодыжку в неестественное положение.

Голеностопный сустав сформирован тремя костями – дистальными отделами больше- и малоберцовой костей и таранной костью. Клинические симптомы повреждения связок и переломов часто очень схожи, оба вида травмы сопровождаются болью, выраженным отеком, формированием гематомы, невозможностью наступить на стопу. Поэтому важно как можно скорее определить, что на самом деле травмировано. Диагностика и лечение переломов костей голеностопного сустава – одна из актуальных и сложных проблем травматологии детского возраста. В отличие от скелетно-зрелых пациентов, у детей с открытыми зонами роста большинство переломов костей области голеностопного сустава проходят через ростковые зоны, т.е. являются остеоэпифизеолизами. Эта особенность заставляет травматологов еще внимательнее относиться к таким пациентам из-за возможных отдаленных последствий повреждений метаэпифизарных пластинок, таких как задержка роста и развитие деформации. Переломы и переломовывихи в голеностопном суставе относят к тяжелым повреждениям. Даже при соблюдении современных принципов лечения, они приводят к инвалидизации пациентов, что является весьма значимым фактором, так как



в 54% такие повреждения встречаются у молодых пациентов [14, 15]. Переломы голеностопного сустава в 70–90% случаев являются нестабильными, сопровождаются смещением отломков, подвывихами и вывихами стопы [16]. По информации Национального банка данных о травмах США за период с 2007 по 2011 г. было выявлено 280 933 перелома или вывиха стопы и/или голеностопного сустава [17]. По данным авторов [2], частота переломов голеностопного сустава составляет до 55,7% от всех переломов нижних конечностей. Авторы [3] в течение двух лет проводили исследование у спортсменов, занимающихся легкой атлетикой. В результате в общей сложности была зарегистрирована 3861 травма опорно-двигательного аппарата, из них 1035 (27%) были травмы стопы/голеностопного сустава. Кроме того, 27% спортсменов с травмами стопы/голеностопного сустава были направлены врачом на осмотр в амбулатории, а 84% из них требовали рентгенологического обследования.

Будучи традиционным и наиболее доступным методом, рентгенография не всегда дает возможность объективно определить степень смещения отломков и нарушение взаимоотношений между костями, образующими голеностопный сустав. Таким методом стала компьютерная томография (КТ), позволяющая с высокой диагностической точностью уточнить степень смещения отломков, представить качественную характеристику переломов, выявить скрытые сопутствующие повреждения, дать реконструированные трехмерные изображения. Использование КТ диктуется еще и требованиями современной хирургии, особенно малоинвазивной. Хотя в настоящее время и не существует единого мнения относительно роли КТ в предоперационном планировании хирургического лечения переломов голеностопного сустава, мы считаем, что ее следует использовать во всех случаях внутрисуставных переломов.

Цель исследования

Показать возможности КТ в диагностике переломов голеностопного сустава.

Материал и методы

Исследование проводилось в соответствии с этическими принципами проведения медицинских исследований с участием людей в качестве субъектов (Хельсинкская декларация Всемирной медицинской ассоциации). Все испытуемые или их законные представители подписывали добровольное информированное согласие на участие в исследовании.

В основе работы лежит анализ результатов КТ у 226 детей и подростков в возрасте от 3 до 17 лет, лечившихся в НИИ неотложной детской хирургии и травматологии. Мальчиков было 142 (62,8%), девочек – 84 (37,2%). Среднее время обращения за медицинской помощью составило 32 ч от момента травмы. Показанием к проведению КТ служили: сам факт травмы, жалобы пациента и данные рентгенологического исследования.

Рентгенография голеностопного сустава с учетом положений “Правила лодыжки и стопы Оттавы” (The Ottawa Ankle Rules – OAR), разработанных специально для детей и имеющих доказательную базу, выполнена у всех 226 больных в двух стандартных проекциях: в прямой и боковой. При возникновении подозрения на повреждение межберцового синдесмоза выполнялась дополнительная рентгенография с ротацией голени на 20–25° внутрь. Правило уменьшает количество рентгенографий и приводит к экономии средств [18].

Установление факта внутрисуставного перелома голеностопного сустава, подозрение на скрытые тонкие переломы, наличие костно-хрящевых отломков, сложная конфигурация перелома, отсутствие достоверных данных о степени смещения отломков и нарушение взаимоотношений между костями были показаниями к выполнению КТ, которая выполнена на томографе Philips Brilliance 16. Сканирование проводилось с максимально возможным снижением показателей kV и mAS в зависимости от массы тела и возраста пациента. Восстановление данных для корональных, сагиттальных проекций и 3D-реконструкции проводилось по изотропным срезам с включением в поле зрения пограничных перекрывающихся участков, что давало более четкие изображения, имеющие решающее значение для обнаружения тонких переломов. Для оценки состояния связочного аппарата, суставного хряща, сухожилий и других мягкотканых структур в большинстве случаев обязательным компонентом была магнитно-резонансная томография (МРТ). Однако использование МРТ для визуализации повреждений мягких тканей является предметом другого исследования, и мы в данном сообщении на нем не будем останавливаться.

Результаты

Среди причин травматизма у 226 детей и подростков в возрасте от 3 до 17 лет, которым была выполнена КТ, первое место заняла бытовая травма (73; 8%), в том числе травма, полученная на улице и школе, далее – спортивная (22; 3%) и дорожно-транспортные происшествия (3,9%).



Таблица. Распределение больных с переломами костей, образующими голеностопный сустав, в зависимости от пола, возраста и локализации перелома

Table. Distribution of patients with bone fractures forming ankle joint, depending on gender, age and fracture location)

Локализация перелома	Возраст, годы				Всего n (%)
	3–6	7–9	10–13	14–17	
Эпифизеолиз дистального отдела большеберцовой кости	4	7	17	78	106 (46,9%)
Перелом внутренней лодыжки	2	13	3	6	24 (10,6%)
Перелом таранной кости		2	4	5	11 (4,9%)
Перелом наружной лодыжки	2	3	4	10	19 (8,4%)
Эпифизеолиз дистального отдела обеих костей голени	2	9	30	6	47 (20,8%)
Двухлодыжечный перелом	1	11	4	3	19 (8,4%)
Итого	11	45	62	108	226 (100%)

Правосторонние переломы голеностопного сустава были у 147 (65,1%), левосторонние – у 79 (34,9%) детей. В эпидемиологии травмы голеностопного сустава есть сезонность: максимальное число пострадавших детей (37,7%) получили травму в осенне-зимний период и в начале весны (31%). Данные о переломах костей голеностопного сустава представлены в таблице.

Из таблицы следует, что наиболее частыми видами переломов костей голени были метаэпифизеолиз дистального отдела большеберцовой кости и метаэпифизеолизы дистальных отделов обеих костей голени, которые в сумме составили 67,7% (n = 153) от всех переломов голени.

Рентгенография, выполненная у всех 226 детей, показала локализацию переломов и их характер, выявила смещение отломков. Однако она в более половине случаев (53,4%) не позволила объективно определить степень смещения отломков и нарушение взаимоотношений между костями голеностопного сустава и только в 3 (6,6%) из 45 наблюдений выявила отрыв костно-хрящевого отломка. Всем 226 пострадавшим была выполнена КТ (рис. 1), которая не только уточнила степень смещения отломков и взаимоотношение между костями голеностопного сустава, но и представила качественную характеристику переломов и выявила скрытые переломы (трещины), отрывы костно-хрящевых фрагментов, а в ряде случаев и сопутствующие повреждения капсульно-связочного аппарата. Переломы костей, образующих голеностопный сустав, чаще всего выявлялись в возрастной группах 14–17 лет и 10–14 лет. Результаты КТ объективизировали диагноз и послужили основанием для рациональной хирургической и общей

лечебной тактики, а также позволили объективно сравнить отдаленные результаты с исходной картиной.

Из 54 детей с переломами лодыжек у 38 (70,37%) они были нестабильными, сопровождались смещением отломков, подвывихами и вывихами стопы, 30 из них была выполнена МРТ (рис. 2). Из 30 пациентов у 17 (56,7%) была повреждена передняя таранно-малоберцовая связка, у 8 с авульсией костных фрагментов от латеральной лодыжки. У 2 (6,7%) пациентов выявлено повреждение задней таранно-малоберцовой связки, у 14 (46,7%) – пяточно-малоберцовой связки. Частичные повреждения дельтовидной связки были выявлены у 9 (30,0%) пациентов; полные разрывы были редкими и наблюдались только у 2 (6,7%) пациентов.

В работе мы использовали классификацию переломов ростовой пластинки Солтера–Харриса, которая разделяет переломы на 5 типов (рис. 3):

- Тип I – поперечный перелом через ростовую пластинку или физис (рис. 4).
- Тип II – перелом через ростовую пластинку и метафиз, щадящий эпифиз (рис. 5).
- Тип III – перелом через ростовую пластинку и эпифиз, щадящий метафиз (рис. 6).
- Тип IV – перелом через все три элемента кости, ростовой пластинки, метафиз и эпифиз (рис. 7).
- Тип V – компрессионный перелом ростовой пластинки.

Эта классификация проста в применении, обладает хорошей надежностью и предоставляет ценную прогностическую информацию относительно задержки роста и последующих осложнений.

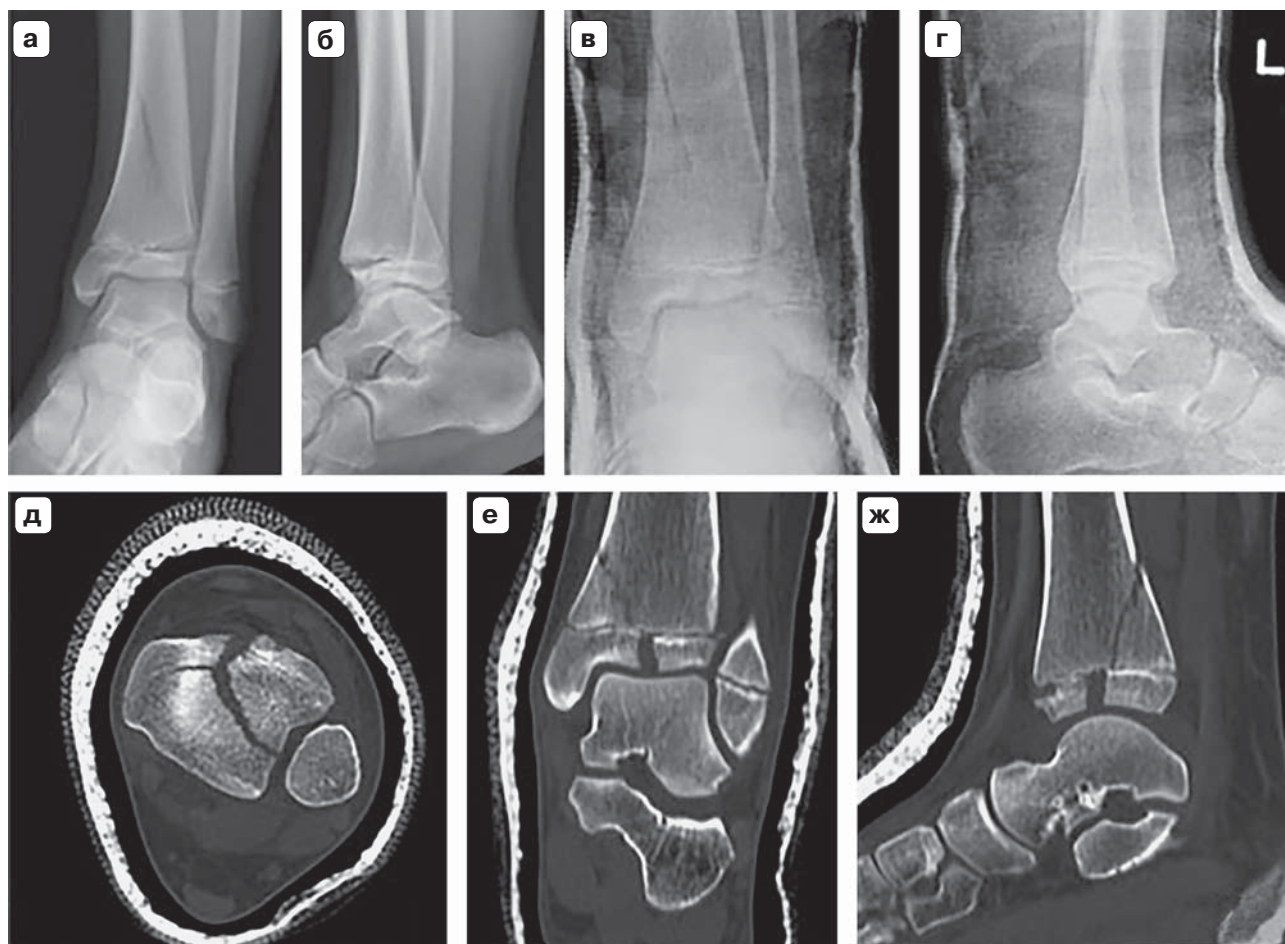
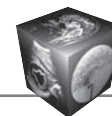
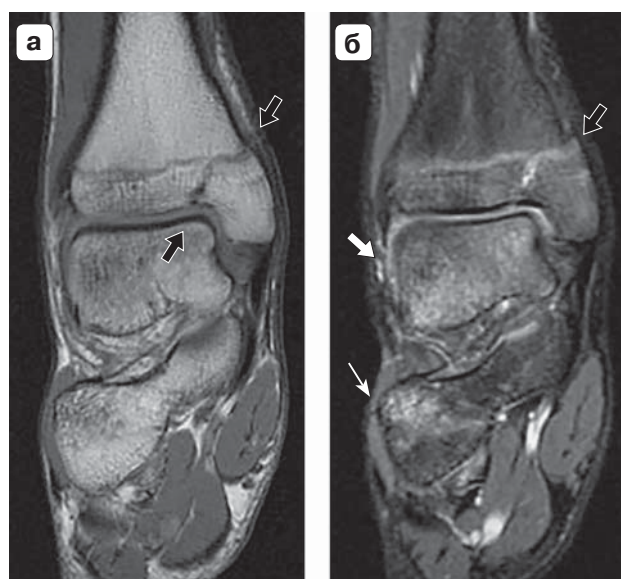


Рис. 1. Пациентка 12 лет. Триплановый перелом, полученный во время катания на коньках. Фронтальные рентгенограммы (**а, в**) выявляют перелом Солтера–Харриса тип IV (SH-IV). На боковых рентгенограммах (**б, г**) выявляется SH-II, что типично для переломов триплана. КТ: аксиальная (**д**) и реконструированные корональная (**е**) и сагиттальная (**ж**) проекции четко визуализируют детали переломов, выявленных при рентгенографии.

Fig. 1. Patient 12 years. Triplan fracture obtained during ice skating. Frontal radiographs (**a, v**) reveal a Salter–Harris type IV fracture (SH-IV). On lateral radiographs (**б, г**) SH-II is detected, which is typical for triplane fractures. CT: axial (**д**) and reconstructed coronal (**е**) and sagittal (**ж**) projections clearly visualize the details of the fractures revealed by X-ray.

Рис. 2. Пациент 13 лет, футболист. Перелом Солтера–Харриса тип III (SH-III). МРТ голеностопного сустава. Корональная проекция, PDVI (**а**): видна гипоинтенсивная линия – перелом медиальной лодыжки с повреждением метаэпифизарной ростковой зоны (черные стрелки). Корональная плоскость, PDVI с подавлением сигнала от жира (**б**): перелом большеберцовой кости проявляется гиперинтенсивной линией с отеком (черная стрелка); отек костного мозга таранной (белая стрелка) и пяточной костей (тонкая белая стрелка) – ушибы.

Fig. 2. Patient 13 years, football player. Salter–Harris Fracture Type III (SH-III). Magnetic resonance imaging of the ankle joint. Coronal projection, PDVI (**a**): a hypointensive line is visible – a fracture of the medial ankle with damage to the metaepiphyseal germ zone (black arrows). Coronal plane, RDVI with suppression of the signal from fat (**б**): a fracture of the tibia is manifested by a hyper-intense line with edema (black arrow); edema of the bone marrow of the talus (white arrow) and the calcaneus (thin white arrow) – bruises.



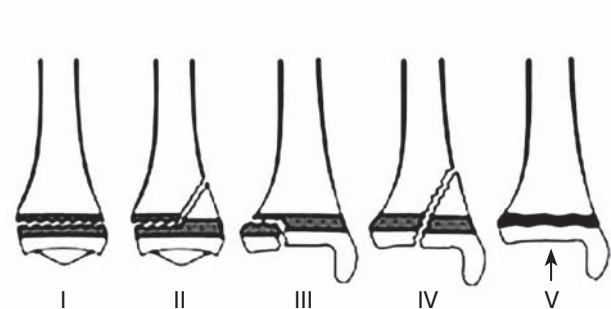


Рис. 3. Классификация Солтера–Харриса (SH).

Fig. 3. Classification Salter–Harris (SH).

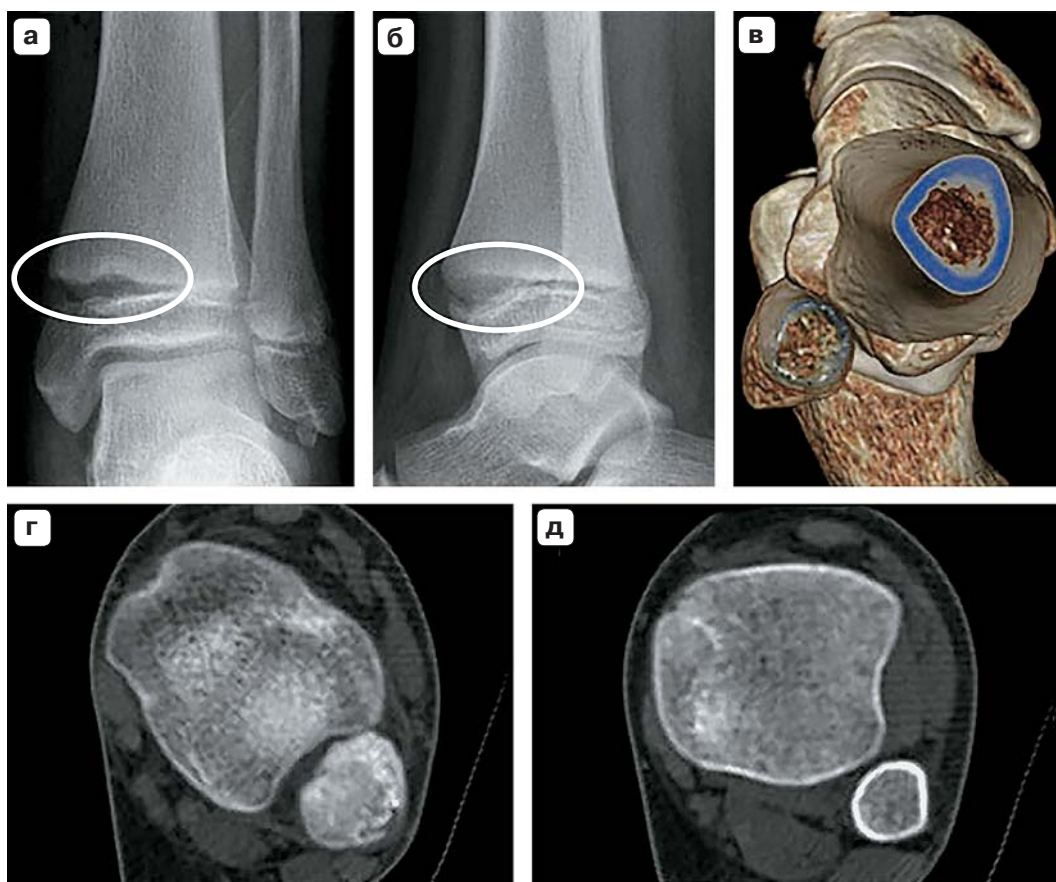


Рис. 4. Пациентка 9 лет. Эпифизеолиз дистального отдела большеберцовой кости с ротационным смещением, повреждение Солтера–Харриса тип I (SH-I). На рентгенограммах в двух проекциях (**а, б**) отмечается расширение ростковой зоны в переднемедиальных отделах. При КТ на 3D-реконструкции (**в**) и аксиальных срезах на уровне эпифиза (**г**) и метафиза (**д**) выявляется ротационное смещение эпифиза по отношению к метафизу кнаружи до 45°.

Fig. 4. Patient 9 years. Epiphysiolysis of the distal tibia with rotational displacement, Salter–Harris damage type I (SH-I). On radiographs in two projections (**a, б**), the expansion of the germ zone in the anteromedial divisions is noted. With CT on the 3D reconstruction (**в**) and axial sections at the level of the pineal gland (**г**) and metaphysis (**д**), the rotational shift of the pineal gland with respect to the metaphysis outward to 45 degrees is detected.

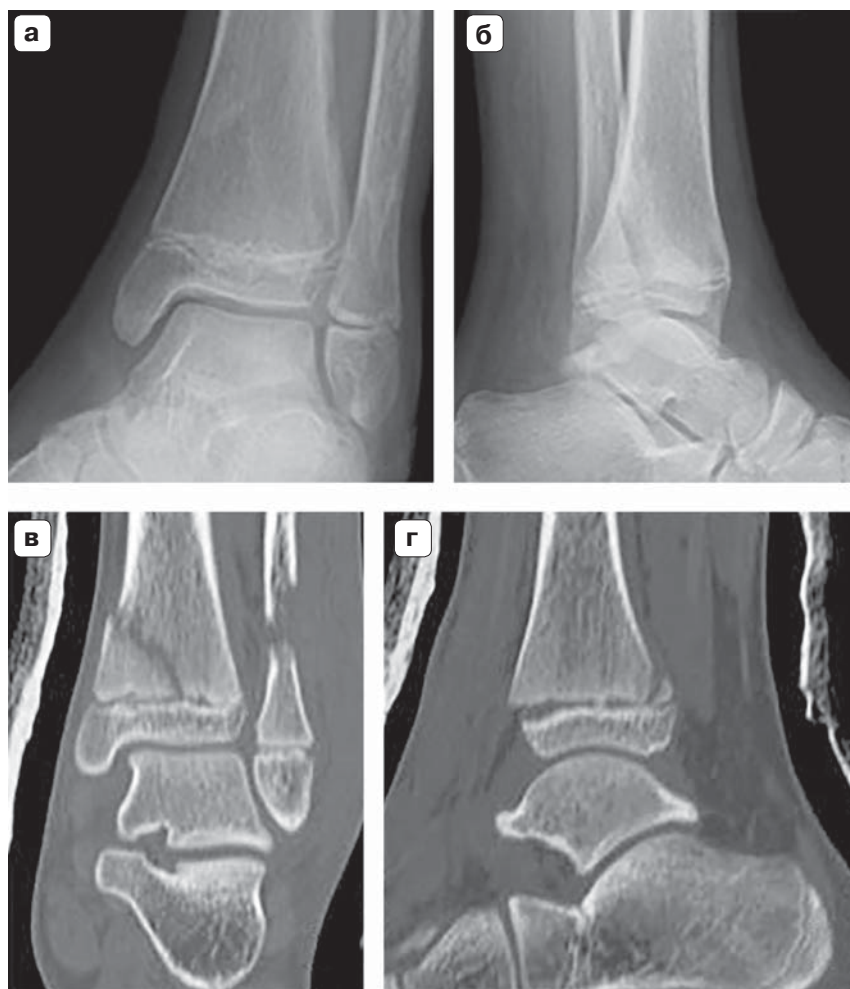
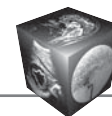


Рис. 5. Пациент 11 лет, футболист. Перелом Солтера–Харриса тип II (SH-II) дистального отдела большеберцовой кости и перелом малоберцовой кости. Рентгенограмма в прямой (а) и боковой (б) проекциях. КТ: реконструированные корональная (в) и сагиттальная (г) проекции подтвердили диагноз SH-II.

Fig. 5. Patient 11 years, football player. Fracture of the Salter–Harris type II (SH-II) of the distal tibia and fracture of the fibula. X-ray in direct (a) and lateral (б) projections. Computed tomography: reconstructed coronal (в) and sagittal (г) projections confirmed the diagnosis of SH-II.

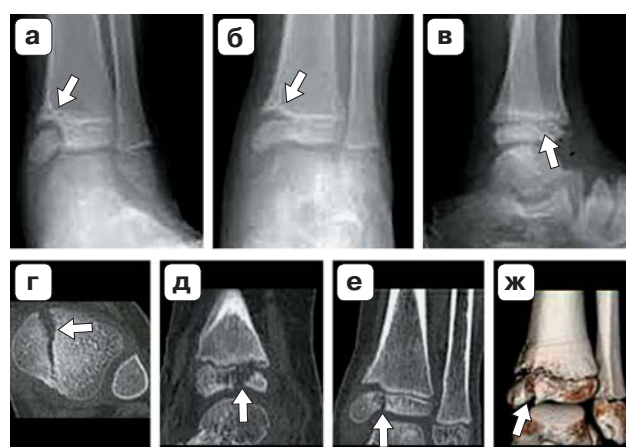


Рис. 6. Пациент 12 лет. Перелом Солтера–Харриса тип III со смещенным медиальным эпифизарным фрагментом большеберцовой кости (стрелки). Рентгенограмма в косой (а), прямой (б) и боковой (в) проекциях. КТ: аксиальная проекция (г), реконструированные сагиттальная (д) и корональная (е) проекции, 3D-изображение (ж) подтвердили диагноз SH-III и исключили распространение перелома на метафиз большеберцовой кости.

Fig. 6. Patient 12 years. Salter–Harris fracture type III with a displaced medial epiphyseal fragment of the tibia (arrows). X-ray in oblique (a), straight (б) and lateral (в) projections. Computed tomography: axial projection (г), reconstructed sagittal (д) and coronal (е) projections, 3D image (ж) confirmed the diagnosis of SH-III and excluded the spread of the fracture to the metaphysis of the tibia.

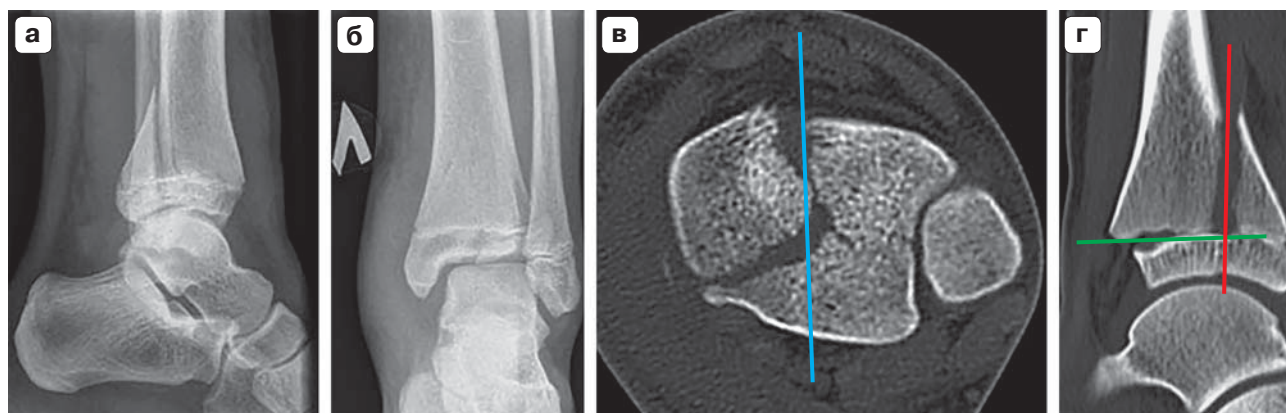
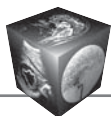


Рис. 7. Пациентка 13 лет. Трехплоскостной перелом большеберцовой кости: метаэпифизеолиз дистального отдела большеберцовой кости с переломом дистального эпифиза, повреждение Солтера–Харриса тип IV. Линии перелома визуализируются на рентгенограммах в прямой и боковой проекциях (**а, б**). КТ: на реконструированных аксиальном (**в**) и сагиттальном (**г**) срезах прослеживаются линии переломов в трех взаимно перпендикулярных плоскостях: дистального эпифиза в сагиттальной плоскости (синяя линия), метафиза во фронтальной плоскости (красная линия), по ростковой зоне в аксиальной плоскости (зеленая линия). На аксиальном срезе (**в**) отмечается характерная форма перелома дистального эпифиза в форме трехлучевой звезды.

Fig. 7. Patient 13 years. Three-plane fracture of the tibia: metaepiphysiоlisis of the distal tibia with a fracture of the distal pineal gland, Salter–Harris type IV injury. Fracture lines are visualized on radiographs in a direct and lateral projection (**a, б**). CT: on the reconstructed axial (**в**) and sagittal (**г**) sections, fracture lines are traced in three mutually perpendicular planes: the distal pineal gland in the sagittal plane (blue line), the metaphysis in the frontal plane (red line), along the shoot zone in the axial plane (green line). On the axial section (**в**), a characteristic form of a fracture of the distal pineal gland in the form of a three-beam star is noted.

Обсуждение

Голеностопный сустав является одной из наиболее травмируемых частей скелета и самым частым местом внутрисуставных переломов. Многие из травм голеностопного сустава являются повреждениями капсульно-связочного комплекса, сочетающимися с переломами. Переломы нередко бывают сложными. Рентгенография голеностопного сустава позволяет уточнить локализацию перелома, его характер, выявить смещение отломков и оценить изменения суставного пространства [19]. Метаанализ данных у 15 581 пациента показал общую чувствительность 98% и специфичность 32%, если же рентгенография выполнялась у взрослых в течение первых 48 ч после травмы, то чувствительность увеличивалась до 99,6%, но специфичность снижалась до 27,9%, в то же время у детей чувствительность становилась 99,3%, а специфичность – 26,7% [20]. Рентгенография, по нашим данным, у 226 детей при исследовании в течение первых 24 ч показала чувствительность в диагностике переломов лодыжки 93,6%, специфичность – 23,7%.

Однако в связи с тем, что рентгенография не всегда всеобъемлюще достоверна и информативна, возникает необходимость использования КТ. По существующим ныне правилам для оценки большинства переломов голеностопного сустава

томография не требуется. Метод чаще всего используется для определения переломов пилона или трехплоскостного перелома дистального отдела большеберцовой кости, при внутрисуставных, скрытых и отрывных переломах (рис. 8–10). Мы используем КТ во всех случаях внутрисуставных переломов (любого крупного сустава). Она позволяет уточнить степень смещения отломков, дает качественную характеристику переломов, выявляет скрытые тонкие линии переломов и сопутствующие повреждения капсульно-связочного аппарата, объективизирует диагноз и определяет рациональную лечебную тактику и отдаленные результаты. Для достижения оптимальных результатов рекомендуются протоколы сканирования с толщиной срезов до 2 мм и восстановлением изображений с толщиной среза 1 мм [20–23]. Мы используем для сканирования толщину среза 0,75 мм, а реконструкции изображений осуществляем с толщиной среза 2–3 мм. Это особенно важно при тяжелой травме голеностопного сустава, например переломе пилона с тяжелым поражением и разрушением суставного плафона, когда многоплоскостная и трехмерная визуализации иллюстрируют значение КТ в завершающей оценке и хирургическом планировании, срочной операции и даже эндопротезировании [24, 25]. Кроме того, это имеет значение и при легкой травме,

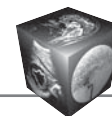


Рис. 8. Пациент 17 лет. КТ голеностопного сустава. На сагитальном (а) и аксиальном (б) срезах виден перелом медиальной лодыжки с диастазом отломков суставной поверхности большеберцовой кости (стрелки). На артроскопических изображениях (в, г) – диастаз до (круг) и после (тонкая стрелка) репозиции и фиксации отломков.

Fig. 8. Patient 17 years. CT scan of the ankle joint. On the sagittal (a) and axial (б) sections, a fracture of the medial ankle with diastasis of fragments of the articular surface of the tibia (arrows) is visible. On arthroscopic images (в, г) – diastasis before (circle) and after (thin arrow) reposition and fixation of fragments.

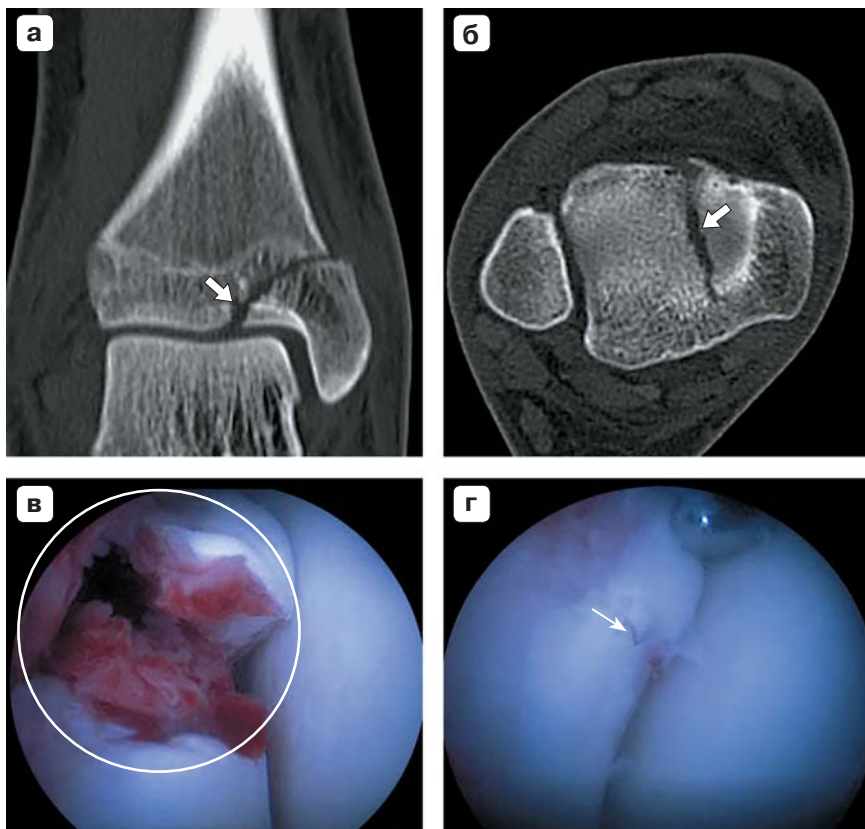
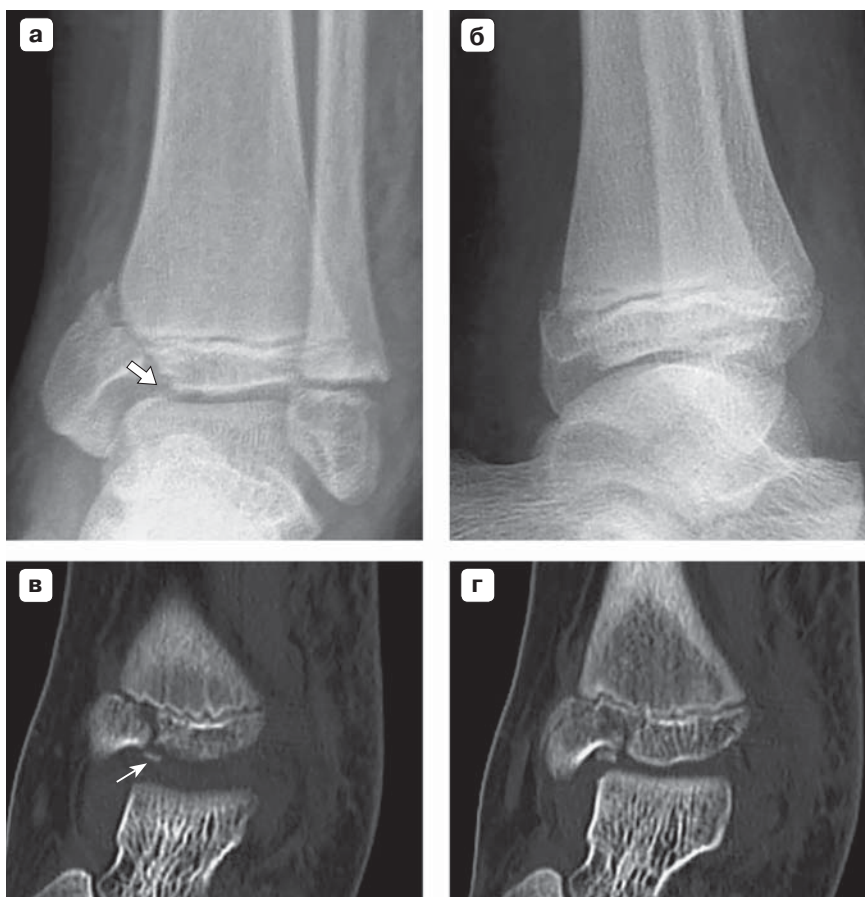


Рис. 9. Пациент 11 лет. Импрессионный перелом медиальной лодыжки со смещением тип IV по Солтеру-Харрису (SH-IV). На рентгенограммах во фронтальной (а) и сагиттальной (б) проекциях отмечается линия перелома с диастазом отломков и деформацией суставной поверхности большеберцовой кости (стрелка). КТ: реконструированные коронарные срезы (в, г), дополнительно выявляется свободный внутрисуставной остеохондральный фрагмент.

Fig. 9. Patient 11 years. Salter-Harris Impression Medial Ankle Fracture with Type IV Displacement (SH-IV). On radiographs of the frontal (a) and sagittal (б), a fracture line with diastasis of fragments and deformation of the articular surface of the tibia (arrow) is noted. CT: reconstructed coronary sections (в, г), additionally revealed a free intraarticular osteochondral fragment.



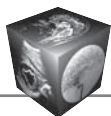
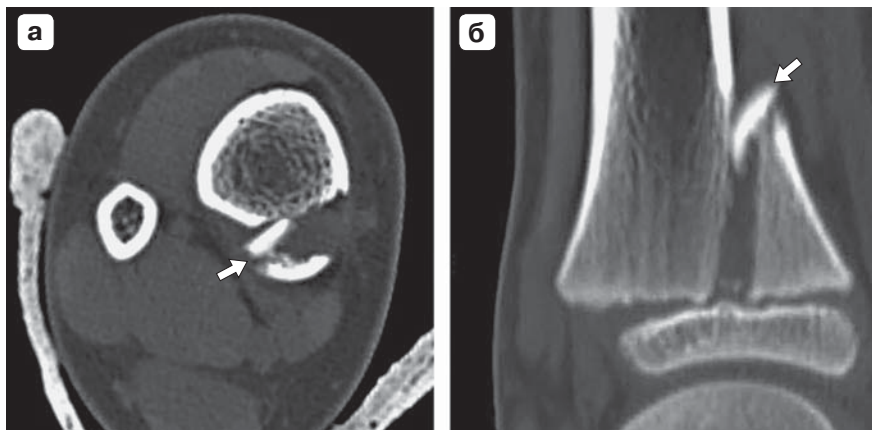


Рис. 10. Пациент 7 лет. Метаэпифизеолиз дистального отдела большеберцовой кости, повреждение Солтера–Харриса тип II (SH-II). КТ: на аксиальных (а) и сагиттальных (б) срезах определяется интерпозиция костного фрагмента между отломками метафиза (стрелки), которая может препятствовать репозиции и стабильной фиксации.

Fig. 10. Patient 7 years. Meta-epiphysiolyis of the distal tibia, Salter-Harris type II damage (SH-II). CT: on axial (a) and sagittal (b) sections, the interposition of the bone fragment between the fragments of the metaphysis (arrows) is determined, which can impede reposition and stable fixation.



такой как перелом Солтера–Харриса I. Даже если признаков перелома не видно, высокая чувствительность в визуализации зон роста позволяет установить диагноз несмещенного перелома Солтера–Харриса I, тем более что он часто сопровождается значительным разрывом боковых связок голеностопного сустава. Мы считаем, что подобный подход особенно оправдан еще и для диагностики переломов таранной и пяточной костей, которые до 40% случаев не выявляются при простой рентгенографии [21]. Переломы таранной и пяточной костей хорошо визуализируются с помощью КТ. Максимальная точность визуализации может быть достигнута при сканировании с толщиной среза не более 1 мм с реконструированными коронарными, сагиттальными и 3D-изображениями. Мультипланарная реконструкция и 3D-изображения часто бывают информативными даже при наличии металлических штифтов и пластин [26, 27].

Заключение

КТ необходимо выполнять во всех случаях внутрисуставных переломов голеностопного сустава. Особенно она важна для оценки переломов с повреждением ростковых зон, скрытых переломов костей голени, таранной и пяточной костей. Сканирование необходимо проводить с толщиной среза не более 1 мм. Для получения мультипланарных и 3D-реконструкций пограничные перекрывающиеся участки должны быть включены в поле зрения сканирования. Лучше для этих целей использовать тонкие изотропные срезы. КТ с мультипланарным переформатированием данных является важным фактором в определении того, нуждается ли пациент в хирургическом лече-

нии. Как итог, в результате проведения КТ устанавливался окончательный диагноз и принималось решение о тактике лечения.

Участие авторов

Концепция и дизайн исследования – Ахадов Т.А., Никишов С.О.

Проведение исследования – Серова Н.Ю., Мельников И.А., Божко О.В., Костикова Т.Д., Дмитренко Д.М.

Сбор и обработка данных – Божко О.В., Костикова Т.Д.

Статистическая обработка данных – Манжурцев А.В., Ублинский М.В., Хусаинова Д.Н.

Анализ и интерпретация полученных данных – Ахадов Т.А., Серова Н.Ю.

Написание текста – Ахадов Т.А., Серова Н.Ю.

Подготовка и редактирование текста – Костикова Т.Д., Ублинский М.В.

Участие в научном дизайне – Мельников И.А., Божко О.В., Костикова Т.Д., Дмитренко Д.М.

Подготовка, создание опубликованной работы – Ахадов Т.А., Серова Н.Ю.

Ответственность за целостность всех частей статьи – Ахадов Т.А.

Утверждение окончательного варианта статьи – Ахадов Т.А., Никишов С.О.

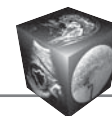
Author's participation

Concept and design of the study – Akhadov T.A., Nikishov S.O.

Conducting research – Serova N.Y., Melnikov I.A., Bozhko O.V., Kostikova T.D., Dmitrenko D.M.

Collection and analysis of data – Bozhko O.V., Kostikova T.D.

Statistical analysis – Manzhurtsev A.V., Ublinskiy M.V., Khusainova D.N.



Analysis and interpretation of the obtained data – Akhadov T.A., Serova N.Y.

Writing text – Akhadov T.A., Serova N.Y.

Text preparation and editing – Kostikova T.D., Ublinskiy M.V.

Participation in scientific design – Melnikov I.A., Bozhko O.V., Kostikova T.D., Dmitrenko D.M.

Preparation and creation of the published work – Akhadov T.A., Serova N.Y.

Responsibility for the integrity of all parts of the article – Akhadov T.A.

Approval of the final version of the article – Akhadov T.A., Nikishov S.O.

Список литературы [References]

1. Fong D.T., Hong Y., Chan L.K., Yung P.S., Cha K.M. A Systematic Review on Ankle Injury and Ankle Sprain in Sports. *Sports Medicine*. 2007; 37 (1): 73–94. <https://doi.org/10.2165/00007256-200737010-00006>.
2. Hunt K.J., Hurwit D., Robell K., Gatewood C., Botser I.B., Matheson G. Incidence and Epidemiology of Foot and Ankle Injuries in Elite Collegiate Athletes. *Am. J. Sports Med.* 2017; 45 (2): 426–433. <https://doi.org/10.1177/0363546516666815>
3. Еськин Н.А. Ультразвуковые методы исследования в травматологии и ортопедии. М., 2009. Es'kin N.A. Ultrasonic research methods in traumatology and orthopedics. M., 2009. (In Russian)
4. Анкин Л.Н., Анкин Н.Л. Повреждения голеностопного сустава. В кн.: Травматология. Европейские стандарты. М.: МЕДпресс-информ, 2005. Ankin L.N., Ankin N.L. Damage to the ankle joint. In: Traumatology. European standards. M.: MEDpress-inform, 2005. (In Russian)
5. Budny A.M., Young B.A. Analysis of radiographic classifications for rotational ankle fractures. *Clin. Podiatr. Med. Surg.* 2008; 25 (2): 139–152. <https://doi.org/10.1016/j.cpm.2007.11.003>
6. Rockwood C.A., Bucholz R.W., Court-Brown C.M., Heckman J.D., Tornetta P. Rockwood and Green's fractures in adults. 7th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2010.
7. Hootman J.M., Dick R., Agel J. Epidemiology of collegiate injuries for 15 sports: summary and recommendations for injury prevention initiatives. *J. Athl. Train.* 2007; 42: 311–319.
8. Mauntel T.C., Wikstrom E.A., Roos K.G., Djoko A., Dompier T.P., Kerr Z.Y. The Epidemiology of High Ankle Sprains in National Collegiate Athletic Association Sport. *Am. J. Sports Med.* 2017; 45 (9): 2156–2163. <https://doi.org/10.1177/0363546517701428>
9. Danis R. Les fractures malleolaires. In: Danis R., ed. Théorie et pratique de l'ostéosynthèse. Paris: Masson, 1949. <https://doi.org/10.2106/00004623-195032030-00038>
10. Weber B.G. Malleolar Fracture. *Schweiz. Med. Wochenschr.* 1967; 17 (24): 790–792.
11. Muller M. In: Comprehensive classification of fractures. Bern M., ed. Muller Foundation. New York, 1996. https://doi.org/10.1007/978-3-642-61261-9_2.
12. Lauge-Hansen N. Fractures of the ankle. II. Combined experimental surgical and experimental rentgenologic and clinic investigations. *Arch. Surg.* 1950; 60 (5): 957–985. <https://doi.org/10.1001/archsurg.1950.01250010980011>.
13. Gardner M.J., Demetrakopoulos D., Briggs S.M., Helfet D.L., Lorch D.G. The ability of the Lauge-Hansen classification to predict ligament injury and mechanism in ankle fractures: an MRI study. *J. Orthop. Trauma.* 2006; 20: 267. <https://doi.org/10.1097/00005131-200604000-00006>
14. Львов С.Е., Вадаккат М.К., Кулыгин В.Н. Классификация переломов лодыжек. Взгляд на пороге XXI век. *Травматология и ортопедия России*. 2003; 1: 59–66. L'vov S.E., Vadakkat M.K., Kulygin V.N. Classification of ankle fractures. A look at the threshold of the 21st century. *Traumatology and Orthopedics of Russia = Travmatologiya i ortopediya Rossii*. 2003; 1: 59–66. (In Russian)
15. De Maeseneer M., Marcelis S., Jager T., Shahabpour M., Van Roy P., Weaver J., Jacobson J. A. Sonography of the normal ankle: a target approach using skeletal reference points. *Am. J. Roentgenol.* 2009; 192 (2): 487–495. <https://doi.org/10.2214/ajr.08.1316>
16. Anderson S.A., Li X., Franklin P., Wixted J.J. Ankle fractures in the elderly: initial and long-term outcomes. *Injury*. 2007; 38 (3): 2–59. <https://doi.org/10.3113/fai.2008.1184>
17. Shibuya N., Davis M.L., Jupiter D.C. Epidemiology of Foot and Ankle Fractures in the United States: An Analysis of the National Trauma Data Bank (2007 to 2011). *J. Foot Ankle Surg.* 2014; 53: 606–608. <https://doi.org/10.1053/j.jfas.2014.03.011>
18. Boutis K., von Keyserlingk C., Willan A., Narayanan U.G., Brison R., Grootendorst P., Plint A.C., Parker M., Goeree, R. Cost Consequence Analysis of Implementing the Low Risk Ankle Rule in Emergency Departments. *Ann. Emerg. Med.* 2015; 66 (5): 455–463. <https://doi.org/10.1016/j.annemergmed.2015.05.027>
19. Rammelt S., Zwipp H., Grass R. Injuries to the distal tibiofibular syndesmosis: an evidence-based approach to acute and chronic lesions. *Foot Ankle Clin.* 2008; 13: 611–611. <https://doi.org/10.1016/j.fcl.2008.08.001>
20. Bachmann L.M., Kolb E., Koller M.T., Steurer J., ter Riet G. Accuracy of Ottawa ankle rules to exclude fractures of the ankle and mid-foot: systematic review. *Br. Med. J.* 2003; 326: 417. <https://doi.org/10.1136/bmj.326.7386.417>
21. Mosher T.J., Kransdorf M.J., Adler R., Appel M., Beaman F.D., Bernard S.A., Bruno M.A., Dempsey M.E., Fries I.B., Khoury V., Khurana B., Roberts C.C., Tuite M.J., Ward R.J., Zoga A.C., Weissman B.N. ACR Appropriateness Criteria acute trauma to the ankle. *J. Am. Coll. Radiol.* 2015; 12 (3): 221–227. <https://doi.org/10.1016/j.jacr.2014.11.015>
22. Polzer H., Kanz K.G., Prall W.C., Haasters F., Ockert B., Mutschler W., Grote S. Diagnosis and treatment of acute ankle injuries: development of an evidence-based algorithm. *Orthop. Rev.* 2012; 4 (1): e5. <https://doi.org/10.4081/or.2012.e5>
23. Ryan L.P., Hills M.C., Chang J., Wilson C.D. The lambda sign: a new radiographic indicator of latent syndesmosis instability. *Foot Ankle Int.* 2014; 35 (9): 903–908. <https://doi.org/10.1177/1071100714543646>
24. Jonckheer P., Willems T., De Ridder R., Paulus D., Holdt Henningsen K., San Miguel L., Sutter A.D., Roosenet P. Evaluating fracture risk in acute ankle sprains: Any news since the Ottawa Ankle Rules? A systematic



- review. *Eur. J. Gen. Pract.* 2016; 22 (1): 31–41. <https://doi.org/10.3109/13814788.2015.1102881>
25. Mulligan M.E., Chew F.S. Imaging in Ankle Fractures, Medscape, Drugs & Diseases. Radiology. 2017.
26. Goost H., Wimmer M.D., Barg A., Kabir K., Valderrabano V., Burger C. Fractures of the ankle joint: investigation and treatment options. *Dtsch. Arzteblatt.* 2014; 111 (21): 377–388. <https://doi.org/10.3238/arztebl.2014.0377>
27. Mandell J.C., Khurana B., Smith S.E. Stress fractures of the foot and ankle, part 2: site-specific etiology, imaging, and treatment, and differential diagnosis. *Skeletal Radiol.* 2017; 46 (9): 1165–1186. <https://doi.org/10.1007/s00256-017-2632-7>

Для корреспонденции*: Ублинский Максим Вадимович – 119180 Москва, ул. Большая Полянка, д. 22. НИИ неотложной детской хирургии и травматологии ДЗ города Москвы. Тел.: +7-929-620-21-77. E-mail: maxublinsk@mail.ru

Серова Наталья Юрьевна – канд. мед. наук, научный сотрудник НИИ НДХиТ, Москва. <https://orcid.org/0000-0002-2527-2956>

Ахадов Толибджон Абдуллаевич – доктор мед. наук, профессор, руководитель отдела лучевых методов диагностики НИИ НДХиТ, Москва. <https://orcid.org/0000-0002-3235-8854>

Мельников Илья Андреевич – канд. мед. наук, врач-рентгенолог НИИ НДХиТ, Москва. <https://orcid.org/0000-0002-2910-3711>

Божко Ольга Васильевна – канд. мед. наук, ведущий научный сотрудник НИИ НДХиТ, Москва. <https://orcid.org/0000-0002-4709-9461>

Костикова Татьяна Дмитриевна – врач-рентгенолог НИИ НДХиТ, Москва. <https://orcid.org/0000-0002-9103-9191>

Семёнова Наталия Александровна – доктор биол. наук, канд. хим. наук, главный научный сотрудник НИИ НДХиТ, Москва. <https://orcid.org/0000-0002-6539-4616>

Дмитренко Дмитрий Михайлович – заведующий отделением рентгенодиагностики НИИ НДХиТ, Москва. <https://orcid.org/0000-0003-1260-4509>

Никишов Сергей Олегович – канд. мед. наук, заведующий отделением травматологии НИИ НДХиТ, Москва. <https://orcid.org/0000-0001-7407-2515>

Манжурцев Андрей Валерьевич – канд. физ.-мат. наук, научный сотрудник НИИ НДХиТ, Москва. <https://orcid.org/0000-0001-5022-9952>

Ублинский Максим Вадимович – канд. биол. наук, научный сотрудник НИИ НДХиТ, Москва. <https://orcid.org/0000-0002-4627-9874>

Хусаинова Дарья Николаевна – младший научный сотрудник НИИ НДХиТ, Москва. <https://orcid.org/0000-0003-0387-7046>

Contact*: Maxim V. Ublinskiy – 22, Bolshaya Polyanka str., Moscow 119180, Russian Federation. Clinical and Research Institute of Emergency Pediatric Surgery and Trauma. Phone: + 7-929-620-21-77. E-mail: maxublinsk@mail.ru

Natalya Yu. Serova – Cand. of Sci. (Med.), researcher, CRIEPST, Moscow. <https://orcid.org/0000-0002-2527-2956>

Tolibdzhon A. Akhadov – Professor, Doct. of Sci. (Med.), Head of radiology department, CRIEPST, Moscow. <https://orcid.org/0000-0002-3235-8854>

Ilya A. Mel'nikov – Cand. of Sci. (Med.), radiologist, CRIEPST, Moscow. <https://orcid.org/0000-0002-2910-3711>

Ol'ga V. Bozhko – Cand. of Sci. (Med.), radiologist, CRIEPST, Moscow. <https://orcid.org/0000-0002-4709-9461>

Tatyana D. Kostikova – radiologist, CRIEPST, Moscow. <https://orcid.org/0000-0002-9103-9191>

Nataliya A. Semenova – Doct. of Sci. (Biol.), Cand. of Sci. (Chem.), chief researcher, CRIEPST, Moscow. <https://orcid.org/0000-0002-6539-4616>

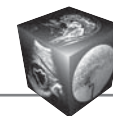
Dmitriy M. Dmitrenko – Head of X-ray Department, CRIEPST, Moscow. <https://orcid.org/0000-0003-1260-4509>

Sergey O. Nikishov – Cand. of Sci. (Med.), Head of Traumatology Department, CRIEPST, Moscow. <https://orcid.org/0000-0001-7407-2515>

Andrei V. Manzhurtsev – Cand. of Sci. (Phys.-Math.), researcher, CRIEPST, Moscow. <https://orcid.org/0000-0001-5022-9952>

Maxim V. Ublinskiy – Cand. of Sci. (Biol.), researcher, CRIEPST, Moscow. <https://orcid.org/0000-0002-3235-8854>

Daria N. Khusainova – junior researcher, CRIEPST, Moscow. <https://orcid.org/0000-0003-0387-7046>



Малый таз | Small pelvis

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

<https://doi.org/10.24835/1607-0763-889>

Оценка типов трофобластического кровотока у беременных с тромбофилией на сроке с 7-й по 10-ю неделю методом объемной реконструкции

© Асриянц М.А. *, Астафьева О.В.

ФГБОУ ВО «Кубанский государственный медицинский университет» Минздрава России; 350063 Краснодар, ул. им. М. Седина, 4, Российская Федерация

Цель исследования: сравнить показатели объемного кровотока в хорионе с разными типами нарушения трофобластического кровотока для их количественной верификации у беременных с тромбофилией в I триместре.

Материал и методы. Проведено ультразвуковое исследование (УЗИ) эмбриона и экстраэмбриональных структур с применением метода цветового доплеровского картирования (ЦДК) у 129 беременных женщин в возрасте от 18 до 45 лет на сроке беременности с 7-й по 10-ю неделю. По данным ЦДК выделено 4 типа трофобластического кровотока. Дополнительно всем беременным проведена объемная реконструкция хориона с применением программы VOKAL для оценки васкуляризации хориона в полученном объеме с определением количественных показателей – индекса васкуляризации (VI), индекса потока (FI), индекса перфузии (VFI) в соответствующем типе кровотока, представленного по данным ЦДК.

Результаты. Анализ количественных показателей, полученных при выполнении объемной реконструкции хориона с использованием программы VOCAL, при различных типах трофобластического кровотока в режиме ЦДК показал высокую достоверность ($p < 0,05$) в значении VI и VFI между всеми типами кровотока, что указывает на высокую надежность классификации трофобластического кровотока в режиме ЦДК.

Заключение. Учитывая высокую надежность предложенной классификации рекомендовано использовать ее в описательных протоколах при проведении УЗИ плода с применением режима доплерометрии.

Ключевые слова: трофобласт, невынашивание, тромбофилия, доплерометрия, 3D-реконструкция, VOCAL

Авторы подтверждают отсутствие конфликтов интересов.

Для цитирования: Асриянц М.А., Астафьева О.В. Оценка типов трофобластического кровотока у беременных с тромбофилией на сроке с 7-й по 10-ю неделю методом объемной реконструкции. *Медицинская визуализация*. 2021; 25 (3): 131–139. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-889>

Поступила в редакцию: 01.05.2020. **Принята к печати:** 19.05.2021. **Опубликована online:** 15.09.2021.

Trophoblastic volumetric bloodflow evaluation in women with trombophyilia on 7–10th week of pregnancy

© Mariya A. Asriyants*, Olga V. Astafieva

Kuban State Medical University of the Ministry of Health Care of the Russian Federation; 4, M. Sedin str., 350063 Krasnodar, Russian Federation

Spontaneous abortion occur in 15–20% of all detected pregnancies, and 45–70% of all spontaneous miscarriages take place up to 10 weeks. Thrombophilia is one of the main causes of miscarriage and its effect on the course of pregnancy remains poorly understood. In this regard, there is great interest in the problem of diagnosing thrombophilia and further prevention of thrombosis in obstetric practice.



Purpose. Compare the parameters of volumetric blood flow in the chorion with different types of trophoblastic blood flow disturbance in pregnant women with thrombophilia in the first trimester for their quantitative verification.

Materials and methods. The study included 129 pregnant women at the 7th to 10th week of gestation with a diagnosis of thrombophilia and a control group - pregnant women with a normal course of this pregnancy and a successful outcome of past pregnancies.

The patients were divided into III clinical groups:

I. Pregnant women with a normal course of this pregnancy and a successful outcome of past pregnancies (n = 33) – comparison group;

II. Pregnant women with thrombophilia, in whom current pregnancy occurred on anticoagulant therapy (n = 28);

III. Pregnant women with thrombophilia without taking anticoagulant drugs before registration of pregnancy (n = 68).

Ultrasound was performed on Voluson E8 and S8 machines. All pregnant women underwent transabdominal and transvaginal ultrasound in B-mode, in color-doppler (CD) mode, and volumetric reconstruction of chorion was performed using the VOCAL program. In B-mode, the state of the embryo and extraembryonic structures were examined. The identification of trophoblastic vessels was carried out using the CD – region of interest was placed in the trophoblast area detected in B-mode, size and shape was adapted for a particular section.

Using three-dimensional echography, the chorion volume was performed. The degree of blood supply in chorionic volume were calculated; vascularization index (VI), flow index (FI) and perfusion index (VFI) were displayed on a histogram with quantitative indicators.

Results

In the CD mode, the types of trophoblastic blood flow were identified in the chorionic vessels:

1) continuous type – blood flow loci are continuously identified over the entire area of the basal surface of the trophoblast;

2) intermittent type – blood flow loci are unevenly identified along the basal surface of the trophoblast;

3) single loci – single blood flow loci are identified along the basal surface of the trophoblast;

4) lack of blood flow – blood flow loci are not determined along the basal surface of the trophoblast.

Assessment of the quantitative parameters of the volumetric blood flow was used in the corresponding type of blood flow to verify the classification of types of trophoblastic blood flow in the CD mode.

Statistical analysis of the volumetric blood flow indices using three-dimensional chorionic reconstruction showed a high degree of reliability ($p < 0.0001$) in the VI and VFI values between all corresponding types of blood flow.

Discussion. High incidence of spontaneous abortion and the significant role of thrombophilia in this pathology leads to necessity of expanding the research in this area. There has been a lot of research done over the past decade. The quantitative threshold values of the resistance indices in the chorionic vessels were calculated using pulse-wave Doppler, the chorionic blood supply indices were determined using volumetric reconstruction for various pathologies.

However, we have not previously met the classification of chorionic blood supply in the CD mode. This technique is very simple to perform and is a highly informative for predicting miscarriage in the first trimester. For the first time, we proposed the above classification of trophoblastic blood flow; for the first time, we proved the reliability of the classification developed by us using the method of volumetric reconstruction of the chorion with an assessment of trophoblastic blood flow, which allows us to recommend its use when writing a protocol for ultrasound of the fetus in the first trimester in pregnant women with thrombophilia.

Conclusion. The classification of trophoblastic blood flow was verified by three-dimensional echography with quantitative indicators of the volumetric blood flow of the trophoblast vessels, with a high degree of reliability ($p < 0.001$) which indicates the reliability of this classification. It can be recommended to conduct a multicenter study for investigating fetal ultrasound with the additional use of the CD in the first trimester in pregnant women with a diagnosis of thrombophilia.

Keywords: trophoblast, miscarriage, thrombophilia, Doppler velometry, 3D reconstruction, VOCAL

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

For citation: Asriyants M.A., Astafieva O.V. Trophoblastic volumetric bloodflow evaluation in women with thrombophilia on 7–10th week of pregnancy. *Medical Visualization*. 2021; 25 (3): 131–139. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-889>

Received: 01.05.2020.

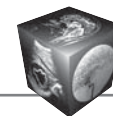
Accepted for publication: 19.05.2021.

Published online: 15.09.2021.

Введение

Согласно определению ВОЗ, выкидышем является прерывание беременности на сроке до 22 нед. Частота самопроизвольного прерывания беременности составляет около 15–20% от общего числа всех выявленных беременностей. В ранние

сроки беременности, в 7–10 нед, происходит 45–70% от всех самопроизвольных выкидышей [1–5]. Структура причин привычного невынашивания следующая: тромбофилия – 63%, гормональный дисбаланс – 15%, нарушение анатомии женских половых органов – 15%, хромосомные наруше-



ния – 7% случаев. Как видно, одной из главных причин невынашивания беременности являются тромбофилии (мутации генов MTHFR, гипергомоцистемия, антифосфолипидный синдром) [3–7].

Вопросы, касающиеся наследственных тромбофилий и их влияния на течение беременности, остаются недостаточно изученными. В связи с этим возникает большой интерес к проблеме диагностики тромбофилий и дальнейшей профилактики тромбозов в акушерской практике.

Изменения при физиологически протекающей беременности приводят в организме женщины к состоянию гиперкоагуляции. Наследственные тромбофилические дефекты гемостаза усугубляют это состояние и нередко вызывают процессы внутрисосудистого тромбогенеза с неблагоприятным исходом для матери и плода [6–10]. Среди женщин, являющихся носительницами наиболее тяжелых форм тромбофилий (мутация фактора V Лейден, протромбина G20210A, гена MTHFR677C/T), комбинированных дефектов или дефицита анти-тромбина III, отмечается значительное увеличение риска мертворождения. В связи с этим у данной категории пациентов является патогенетически обоснованным своевременное применение антикоагулянтной терапии, которая предотвращает микротромбозы в системе микроциркуляторного русла мать–плацента–плод [11–14].

Вышеизложенное послужило поводом предложить классификацию типов трофобластического кровотока для дальнейшего определения группы риска по невынашиванию беременности.

Для определения кровотока в сосудах трофобласта используется метод цветового доплеровского картирования (ЦДК) и дополнительно проводится трехмерная реконструкция хориона с использованием программы VOKAL для определения количественных показателей объемного кровотока. Данные исследования проводятся в соответствии с принципом ALARA (основного принципа безопасного использования диагностического ультразвука – ALARA – As Low As Reasonably Achievable, что означает “так низко, как благоразумно достижимо” – потенциальная выгода от использования доплеровской эхографии как в клинической практике, так и в научных исследованиях дает основание поддерживать дальнейшее использование метода без заметного риска для плода) [15, 16].

Цель исследования

Сравнить показатели объемного кровотока в хорионе с разными типами нарушения трофобластического кровотока для их количественной верификации у беременных с тромбофилией в I триместре.

Материал и методы

В исследование было включено 129 беременных женщин в возрасте от 18 до 40 лет. Критерий включения – беременные с 7-й по 10-ю неделю гестации с выставленным гематологом диагнозом тромбофилии, обратившиеся для проведения первичного ультразвукового исследования (УЗИ) при постановке на учет, и группа контроля – беременные с нормальным течением настоящей беременности и благополучным исходом прошлых беременностей. Критериями исключения были беременные женщины с пороками развития матки, многоплодные беременности, беременности после ЭКО; пациентки с сопутствующим сахарным диабетом, декомпенсированными пороками сердца с недостаточностью кровообращения, с миомой матки больших размеров (более 10 нед), эндометриозом.

Пациентки были разделены на III клинические группы:

I. Беременные с нормальным течением настоящей беременности и благополучным исходом прошлых беременностей ($n = 33$) – группа сравнения.

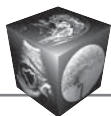
II. Беременные с диагнозом тромбофилии, у которых данная беременность наступила на фоне приема антикоагулянтных препаратов ($n = 28$).

III. Беременные с диагнозом тромбофилии без приема антикоагулянтных препаратов до постановки на учет ($n = 68$).

Данные о детородной функции в исследуемых группах беременных представлены в табл. 1 и 2. Данная наступившая беременность была первая у 36 (27,9%) женщин. Одну беременность в анамнезе имели 44 (34,0%) пациентки, две и более беременности имели 49 (38,0%) женщин.

Наибольшее количество срочных родов с рождением здорового ребенка произошло у женщин I и III групп в 12,4 и 17,8% случаев соответственно. Наибольшее число предыдущих беременностей закончилось искусственными абортами у женщин III группы – 26 (20,2%), самопроизвольные выкидыши в сроках до и после 12 нед произошли у 6 (4,7%) женщин во II группе, у 24 (18,6%) женщин в III группе, наибольшее количество приходилось на III группу. У 4 (3,1%) женщин в II и III группах беременность закончилась преждевременными родами. Во II группе в анамнезе было 2 (3,1%) мертворождения, у 47 (36,4%) пациенток во II и III группах была диагностирована неразвивающаяся беременность.

Наибольшее число предыдущих беременностей закончилось неблагоприятно во II и III группах (самопроизвольные выкидыши в сроках до и после 12 нед произошли у 6 (4,7%) и 27 (20,9%) жен-

**Таблица 1.** Количество беременностей по клиническим группам**Table 1.** The number of pregnancies in clinical group

Число беременностей Number of pregnancies	Клинические группы / Clinical groups						Всего / Total (n = 129)	
	I (n = 33)		II (n = 28)		III (n = 68)			
	abs.	%	abs.	%	abs.	%	abs.	%
Первая настоящая First current	19	14,7	3	2,3	14	10,9	36	27,9
Одна беременность в анамнезе One in anamnesis	8	6,2	10	7,8	26	20,1	44	34,0
Две и более в анамнезе Two and more in anamnesis	6	4,7	15	11,6	28	21,7	49	38,0

Таблица 2. Исходы предыдущих беременностей по клиническим группам**Table 2.** Clinical outcomes of previous pregnancies in clinical groups

Показатель / Feature	Клинические группы/ Clinical groups						Всего / Total (n = 129)	
	I (n = 33)		II (n = 28)		III (n = 68)			
	abs.	%	abs.	%	abs.	%	abs.	%
Срочные роды в анамнезе History of urgent labor	16	12,4	8	6,2	23	17,8	47	36,4
Артифициальные аборт Artificial abortion	5	3,9	7	5,4	25	19,4	37	28,7
Самопроизвольные выкидыши до 12 нед Spontaneous miscarriages up to 12 weeks	0	0	6	4,7	24	18,6	30	23,3
Самопроизвольные выкидыши после 12 нед Spontaneous miscarriages after 12 weeks	0	0	0	0	3	2,3	3	2,3
Преждевременные роды Premature birth	0	0	2	1,6	2	1,6	4	3,1
Неразвивающаяся беременность Non-developing pregnancy	0	0	24	18,6	23	17,8	47	36,4
Мертворождения Stillbirth	0	0	2	1,6	0	0	2	1,6
Внематочные беременности Ectopic pregnancies	4	3,1	2	1,6	3	2,1	9	7,0

щин в II и III группах соответственно, наибольшее количество приходилось на III группу; во II группе в анамнезе было 2 (1,6%) мертворождения, у 47 (36,4%) была диагностирована неразвивающаяся беременность).

УЗИ проводили на аппаратах Voluson E8 и S8. Всем беременным было выполнено трансабдоминальное и трансвагинальное УЗИ в В-режиме, в режиме ЦДК и проведена объемная реконструкция хориона с использованием программы VOCAL. В В-режиме были оценены состояние эмбриона и экстраэмбриональных структур. Идентификацию трофобластических сосудов выполняли с применением ЦДК – в зоне расположения трофобласта на сероватом изображении располагали цветное окно максимально адаптированными для конкретного среза размерами и формой. С помощью трехмерной эхографии проводили расчет объема хориона и степень кровоснабжения в этом объеме. Получение объема начинается с исполь-

зования 2D-изображения и наложения на него рамки объема в режиме энергетического доплера. Далее объемные данные обрабатываются с помощью программной опции VOCAL. В процессе исследования необходимо соблюдать определенные условия: трехмерный объект необходимо расположить в центре вращения таким образом, чтобы главная ось контура проходила через центр 3D ткани; при отображении контура используется режим ручной трассировки, что позволяет вручную нарисовать контур хориона с помощью трекбола. Количество созданных вручную контуров зависит от выбранной степени поворота, в нашем исследовании выбирался угол вращения 15°, что позволяет провести трассировку в 12 плоскостях. Далее проводили автоматический расчет кровоснабжения в пределах полученного объема хориона с помощью 3D цветовой гистограммы методом сравнения количества цветных элементов объемного изображения с количеством элементов объ-

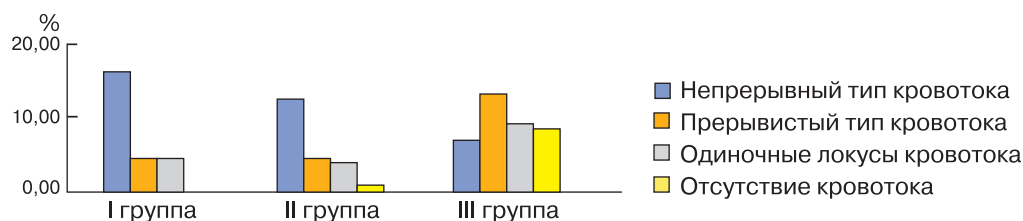
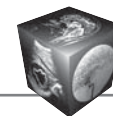


Рис. 1. Количество беременных с разными типами трофобластического кровотока в клинических группах.

Fig. 1. The number of pregnant women with different types of trophoblastic blood flow in clinical groups.

емного изображения шкалы серого. По завершении расчета объема при помощи программы VOCAL на экран выводили автоматически подсчитанную гистограмму объема. Гистограмма рассчитывается исходя из содержимого внутри контура. На гистограмме видны данные расчета количественных показателей – индекса васкуляризации (VI), индекса потока (FI) и индекса перфузии (VFI).

Результаты

При проведении ЦДК в сосудах хориона выделили типы трофобластического кровотока, данные представлены на рис. 1:

1 – непрерывный тип – локусы кровотока определяются сплошным цветом по всей площади базальной поверхности трофобласта (рис. 2а);

2 – прерывистый тип – локусы кровотока прослеживаются неравномерно по базальной поверхности трофобласта (рис. 3а);

3 – одиночные локусы – локусы кровотока прослеживаются единичным окрашиванием по базальной поверхности трофобласта (рис. 4а);

4 – отсутствие кровотока – локусы кровотока не определяются по базальной поверхности трофобласта (рис. 5а).

Для верификации разработанной классификации типов нарушения трофобластического кровотока всем беременным проведена объемная реконструкция хориона с определением количественных показателей в полученном объеме в программе VOCAL в соответствующем типе кровотока, представленного выше по данным ЦДК, результаты представлены в табл. 3 и на рис. 2–5.

Статистический анализ полученных результатов, представленных в табл. 3, при определении индексов объемного кровотока с помощью трехмерной реконструкции хориона показал высокую степень достоверности ($p < 0,0001$) в значении VI и VFI между всеми типами кровотока.

Таблица 3. Значения VI, FI, VFI при объемной реконструкции хориона в разных типах трофобластического кровотока

Table 3. Values of VI, FI, VFI for volumetric chorion reconstruction in different types of trophoblastic blood flow

Тип кровотока в трофобласта Type of trophoblastic blood flow	Статистический параметр Stat. parameter	VI	FI	VFI
1. Непрерывный тип (n = 49) Continuous type (n = 49)	M ± 2σ (CI 95%)	25,7 ± 0,6	45,2 ± 0,7	11,7 ± 0,2
2. Прерывистый тип (n = 33) Intermittent type (n = 33)	M ± 2σ (CI 95%)	14,9 ± 0,8	45,9 ± 2,1	6,8 ± 0,5
3. Одиночные локусы (n = 30) Single loci (n = 30)	M ± 2σ (CI 95%)	5,8 ± 0,4	32,9 ± 1,5	1,9 ± 0,2
4. Отсутствие локусов (n = 17) Lack of loci (n = 17)	M ± 2σ (CI 95%)	1,0 ± 0,3	22,8 ± 1,0	0,3 ± 0,1
Корреляция показателей VI, FI, VFI с типом кровотока Correlation of VI, FI, VFI indicators with the type of blood flow	Спирмена/ Spirman ρ	−0,956 <0,0001	−0,719 <0,0001	−0,956 <0,0001
Попарные статистические сравнения типов трофобластического кровотока по показателям VI, FI и VFI (Mann–Whitney U-test), p Pairwise statistical comparisons of the types of trophoblastic blood flow of VI, FI and VFI (Mann–Whitney U-test), p	1 vs 2	<0,0001	0,157	<0,0001
	1 vs 3	<0,0001	<0,0001	<0,0001
	1 vs 4	<0,0001	<0,0001	<0,0001
	2 vs 3	<0,0001	<0,0001	<0,0001
	2 vs 4	<0,0001	<0,0001	<0,0001
	3 vs 4	<0,0001	<0,0001	<0,0001

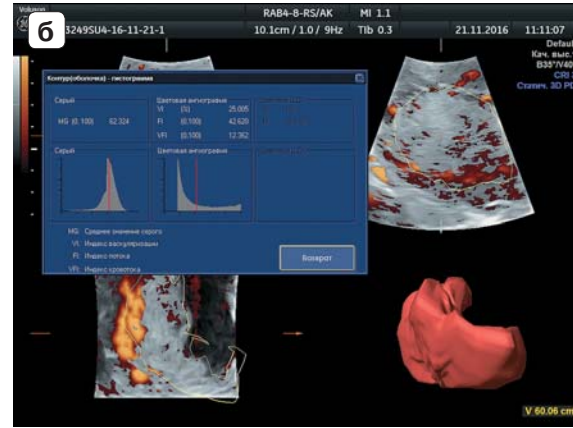


Fig. 2. Continuous type of trophoblastic blood flow. **a** – echogram of the chorion in the Doppler velometry; **б** – a histogram of the same pregnant woman in the mode of three-dimensional reconstruction.

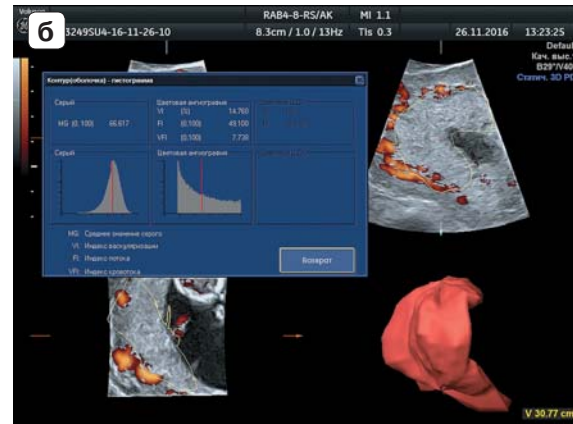


Fig. 3. Intermittent type of trophoblastic blood flow. **a** – echogram of the chorion in the Doppler velometry; **б** – a histogram of the same pregnant woman in the mode of three-dimensional reconstruction.



Fig. 4. Single loci in the vessels of the trophoblast. **a** – echogram of the chorion in the Doppler velometry; **б** – a histogram of the same pregnant woman in the mode of three-dimensional reconstruction.

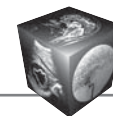


Рис. 5. Отсутствие локусов в сосудах трофобласта. **а** – эхограмма хориона в режиме ЦДК; **б** – гистограмма у этой же беременной в режиме трехмерной реконструкции.

Fig. 5. Absence of loci in the vessels of the trophoblast. **a** – echogram of the chorion in the Doppler velometry; **b** – a histogram of the same pregnant woman in the mode of three-dimensional reconstruction.

Обсуждение

За последнее время частота самопроизвольных выкидышей и неразвивающихся беременностей значительно выросла [1–4]. Доказана роль наследственной и приобретенной форм тромбофилии в формировании вышеперечисленных осложнений [6–13]. Исследование в этой области, стандартизация протоколов крайне необходимы для формирования заключения и понимания написанного другими врачами. Было проведено множество исследований за последнее десятилетие. Были рассчитаны количественные пороговые значения индексов резистентности в сосудах хориона с помощью импульсно-волнового доплеровского метода, определены индексы кровоснабжения хориона с использованием объемной реконструкции при различной патологии [15, 16]. Однако мы не встречали до этого классификацию кровоснабжения хориона в режиме ЦДК. Данная методика очень проста в исполнении и является высокоинформативным критерием при прогнозировании невынашивания беременности в I триместре [17]. Впервые нами была предложена вышеописанная классификация трофобластического кровотока, впервые методом объемной реконструкции хориона с оценкой трофобластического кровотока мы доказали надежность разработанной нами классификации, что позволяет рекомендовать ее использование при написании протокола УЗИ плода в I триместре у беременных с тромбофилией.

Заключение

Разработанная классификация с высокой степенью достоверности ($p < 0,001$) верифицирована методом трехмерной эхографии с определением

количественных показателей объемного кровотока сосудов трофобласта, что позволяет указать на надежность данной классификации. Можно рекомендовать проведение многоцентрового исследования с проведением УЗИ плода с дополнительным использованием метода доплерометрии в I триместре у беременных с диагнозом тромбофилии.

Список литературы

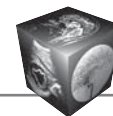
1. Адамян Л.В., Артымук Н.В., Белокриницкая Т.Е., Петрухин В.А., Смольнова Т.Ю., Сутурина Л.В., Тетраушвили Н.К., Филиппов О.С., Чечнева М.А., Шмаков Р.Г. Выкидыш в ранние сроки беременности: диагностика, тактика ведения. *Проблемы репродукции*. 2018; 24 (S6): 338–357.
2. Ахундова Г.И., Шамхалова И.А. Эхографические и доплерометрические показатели в оценке течения беременности у женщин с угрозой выкидыша в ранние сроки. *Вестник украинской медицинской стоматологической академии*. 2018; 18, 3 (63): 19–25.
3. Фатеева Н.В., Кузнецов Р.А. Патоморфология ворсинчатого хориона и гравидарного эндометрия при самопроизвольных выкидышах раннего срока на фоне хронического воспаления. *Медицина, фармацевтика, здоровье* – 2017. Статья в сборнике трудов конференции. 2017: 52–55.
4. Посисеева Л.В., Перетятко Л.П., Кузнецов Р.А., Малышкина А.И., Фатеева Н.В., Красильникова А.К., Парейшвили В.В. Формы недостаточности развивающейся плаценты при ранних самопроизвольных аборт: патоморфологические и функциональные критерии. *Российский вестник акушера-гинеколога*. 2019; 19 (4): 1–16. <https://doi.org/10.17116/rosakush20191904111>
5. Радзинский В.Е., Оразмурадов А.А. Беременность ранних сроков. От предгравидарной подготовки к здоровой гестации. *Status Praesens*. 2018; 800.
6. Фролова Н.И., Белокриницкая Т.Е., Страмбовская Н.Н., Белозерцева Е.П. Полиморфизм генов, ассоциированных с нарушениями гемостаза и фоллатного обмена



на, у пациенток с рецидивирующими потерями в ранние сроки. *Забайкальский медицинский вестник*. 2018; 1: 37–44.

7. Фролова Н.И., Белокриницкая Т.Е., Страмбовская Н.Н., Белозерцева Е.П. Распространенность и межгенные взаимодействия полиморфизмов, ассоциированных с нарушениями гемостаза и фолатного обмена, при повторных ранних самопроизвольных выкидышах. *Гинекология*. 2019; 21 (2): 18–22. <https://doi.org/10.26442/20795696.2019.2.190345>
8. Al-Achkar W., Wafa A., Ammar S., Moassass F., Jarjour R.A. Association of Methylenetetrahydrofolate Reductase C677T and A1298C Gene Polymorphisms With Recurrent Pregnancy Loss in Syrian Women. *Reprod Sci*. 2017; 24 (9): 1275–1279. <https://doi.org/10.1177/1933719116682874>
9. Kamali M., Hantoushzadeh S., Borna S., Neamatzadeh H., Mazaheri M., Noori-Shadkam M., Haghighi F. Association between Thrombophilic Genes Polymorphisms and Recurrent Pregnancy Loss Susceptibility in the Iranian Population: a Systematic Review and Meta-Analysis. *Iran Biomed J*. 2018; 22 (2): 78–89. <https://doi.org/10.22034/ibj.22.2.78>
10. Djurovic J., Stojkovic O., Todorovic J., Brajic A., Stan-kovic S., Obradovic S., Stamenkovic G. Genetics of suspected thrombophilia in Serbian females with infertility, including three cases, homozygous for FII 20210A or FV 1691A mutations. *Hum. Fertil. (Camb.)*. 2017; 20 (2): 132–139. <https://doi.org/10.1080/14647273.1016.1255785>
11. Рудзевич А.Ю. Изменения гемостаза у беременных с тромбофилией, возможность профилактики осложнений беременности при приобретенной тромбофилии и антифосфолипидном синдроме. *Научное обозрение. Медицинские науки*. 2019; 1: 48–54.
12. Skeith L., Carrier M., Kaaja R., Martinelli I., Petroff D., Schleußner E., Laskin C.A., Rodger M.A. A meta-analysis of low-molecular-weight heparin to prevent pregnancy loss in women with inherited thrombophilia. *Blood*. 2016; 127 (13): 1650–1655.
13. Зламанец И.М., Харламова Г.С., Катанцева И.С. Тромбофилия, как фактор риска развития синус-тромбоза у послеродовой пациентки. *Нейрохирургия и неврология Казахстана*. 2019; 2: 91–94.
14. Croles F.N., Nasserinejad K., Duvekot J.J., Kruip M.J., Meijer K., Leebeek F.W. Pregnancy, thrombophilia, and the risk of a first venous thrombosis: systematic review and bayesian meta-analysis. *Br. Med. J*. 2017; 359: 4452. <https://doi.org/10.1136/bmj.j4452>
15. Холин А.М., Муминова К.Т., Нагоев Т.М., Ходжаева З.С., Гус А.И. Прогнозирование преэклампсии в первом триместре на основе клинико-анамнестических факторов, биомаркеров и 3D-энергетической доплеровской оценки васкуляризации плацентарного ложа. *Акушерство и гинекология*. 2018; 8: 56–65. <https://doi.org/10.18565/aig.2018.8.56-65>
16. Фомина М.П. 3D-доплерометрия плацентарного кровотока в прогнозировании неразвивающейся беременности. *Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Медицина*. 2013; 5: 44–50.
- tactics. *Reproduction problems*. 2018; 24 (S6): 338–357. (In Russian)
2. Akhundova G.I., Shamkhalova I.A. Echographic and Doppler metric in assessing the course of pregnancy in women with a threat of early miscarriage. *Bulletin of the Ukrainian Medical Dental Academy*. 2018; 18, 3 (63): 19–25. (In Russian)
3. Fateeva N.V., Kuznetsov R.A. Pathomorphology of the chorionic villus and gravid endometrium in spontaneous early miscarriages against the background of chronic inflammation. *Medicine, pharmaceuticals, health – 2017. An article in the proceedings of the conference*. 2017: 52–55. (In Russian)
4. Posiseeva L.V., Peretiatko L.P., Kuznetsov R.A., Malyshkina A.I., Fateeva N.V., Krasil'nikova A.K., Pareishvili V.V. Forms of insufficiency of the developing placenta in early spontaneous abortions: pathomorphological and functional criteria. *Russian Bulletin of Obstetrician-Gynecologist*. 2019; 19 (4): 1–16. <https://doi.org/10.17116/rosakush20191904111> (In Russian)
5. Radzinsky V.E., Orazmuradov A.A. Early pregnancy. From pre-gravid preparation to healthy gestation. *Status Praesens*. 2018; 800. (In Russian)
6. Frolova N.I., Belokrinickaja T.E., Strambovskaja N.N., Belozerceva E.P. Polymorphism of genes associated with impaired hemostasis and folate metabolism in patients with recurrent losses in the early stages. *Transbaikalian Medical Bulletin*. 2018; 1: 37–44. (In Russian)
7. Frolova N.I., Belokrinickaja T.E., Strambovskaja N.N., Belozerceva E.P. Prevalence and intergenic interactions of polymorphisms associated with impaired hemostasis and folate metabolism, with repeated early spontaneous miscarriages. *Gynecology*. 2019; 21 (2): 18–22. <https://doi.org/10.26442/20795696.2019.2.190345> (In Russian)
8. Al-Achkar W., Wafa A., Ammar S., Moassass F., Jarjour R.A. Association of Methylenetetrahydrofolate Reductase C677T and A1298C Gene Polymorphisms With Recurrent Pregnancy Loss in Syrian Women. *Reprod Sci*. 2017; 24 (9): 1275–1279. <https://doi.org/10.1177/1933719116682874>
9. Kamali M., Hantoushzadeh S., Borna S., Neamatzadeh H., Mazaheri M., Noori-Shadkam M., Haghighi F. Association between Thrombophilic Genes Polymorphisms and Recurrent Pregnancy Loss Susceptibility in the Iranian Population: a Systematic Review and Meta-Analysis. *Iran Biomed J*. 2018; 22 (2): 78–89. <https://doi.org/10.22034/ibj.22.2.78>
10. Djurovic J., Stojkovic O., Todorovic J., Brajic A., Stan-kovic S., Obradovic S., Stamenkovic G. Genetics of suspected thrombophilia in Serbian females with infertility, including three cases, homozygous for FII 20210A or FV 1691A mutations. *Hum. Fertil. (Camb.)*. 2017; 20 (2): 132–139. <https://doi.org/10.1080/14647273.1016.1255785>
11. Rudzevich A.Yu. Changes in hemostasis in pregnant women with thrombophilia, the possibility of preventing pregnancy complications in acquired thrombophilia and antiphospholipid syndrome. *Scientific Review. Medical sciences*. 2019; 1: 48–54. (In Russian)
12. Skeith L., Carrier M., Kaaja R., Martinelli I., Petroff D., Schleußner E., Laskin C.A., Rodger M.A. A meta-analysis of low-molecular-weight heparin to prevent pregnancy loss in women with inherited thrombophilia. *Blood*. 2016; 127 (13): 1650–1655.

References



13. Zlamanets I.M., Kharlamova G.S., Katantseva I.S. Thrombophilia as a risk factor for the development of sinus thrombosis in a postpartum patient. *Neurosurgery and neurology of Kazakhstan*. 2019; 2: 91–94. (In Russian)
14. Croles F.N., Nasserinejad K., Duvekot J.J., Kruip M.J., Meijer K., Leebeek F.W. Pregnancy, thrombophilia, and the risk of a first venous thrombosis: systematic review and bayesian meta-analysis. *Br. Med. J.* 2017; 359: 4452. [https://doi.org/ 10.1136/bmj.j4452](https://doi.org/10.1136/bmj.j4452)
15. Holin A.M., Muminova K.T., Nagoev T.M., Hodzhaeva Z.S., Gus A.I. Prediction of preeclampsia in the first trimester based on clinical and anamnestic factors, biomarkers and 3D energy Doppler assessment of placental bed vascularization. *Obstetrics and gynecology*. 2018; 8: 56–65. <https://doi.org/10.18565/aig.2018.8.56-65> (In Russian)
16. Fomina M.P. 3D-Dopplerometry of placental blood flow in predicting an undeveloped pregnancy. *Bulletin of the Peoples' Friendship University of Russia. Series: Medicine*. 2013; 5: 44–50. (In Russian)

Для корреспонденции*: Асриянц Мария Александровна – 350063 Краснодар, ул. Седина, д. 4. Тел.: +7-928-03-66-66-4.
E-mail: mariya.asriyants@gmail.com

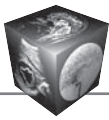
Асриянц Мария Александровна – канд. мед. наук, ассистент кафедры лучевой диагностики ФГБОУ ВО “Кубанский государственный медицинский университет” Минздрава России, Краснодар. <https://orcid.org/0000-0001-9185-6119>

Астафьева Ольга Викторовна – доктор мед. наук, профессор кафедры лучевой диагностики ФГБОУ ВО “Кубанский государственный медицинский университет” Минздрава России, Краснодар. <https://orcid.org/0000-0001-8195-5930>

Contact*: Mariya A. Asriyants – 4, Sedina str., Krasnodar 350063, Russian Federation. Phone: +7-928-03-66-66-4.
E-mail: mariya.asriyants@gmail.com

Mariya A. Asriyants – Cand. of Sci. (Med.), assistant of Radiology Department of Kuban State Medical University of the Ministry of Health Care of the Russian Federation, Krasnodar. <https://orcid.org/0000-0001-9185-6119>

Olga V. Astafieva – Doct. of Sci. (Med.), Professor of Radiology Department of Kuban State Medical University of the Ministry of Health Care of the Russian Federation, Krasnodar. <https://orcid.org/0000-0001-8195-5930>



Кости и суставы | Bones and joints

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

<https://doi.org/10.24835/1607-0763-1029>

Новые возможности лучевых методов в контроле за регенерацией костной ткани при переломах

© Тухбатуллин М.Г.^{1*}, Кормилина А.Р.², Пасынков Д.В.³, Курочкин С.В.⁴

¹ Казанская государственная медицинская академия – филиал Российской медицинской академии непрерывного профессионального образования Минздрава России; 420012 Казань, ул. Бутлерова, 36, Российская Федерация

² ГАУЗ “Республиканская клиническая больница” Минздрава Республики Татарстан; 420064 Казань, Оренбургский тракт, 138, Российская Федерация

³ ГБУ “Республиканский онкологический диспансер Республики Марий Эл” Минздрава Республики Марий Эл; 424037 Йошкар-Ола, ул. Осипенко, д. 22, Российская Федерация

⁴ ГАУЗ “Городская клиническая больница №7”; 420103 Казань, ул. Маршала Чуйкова, 54, Российская Федерация

Цель исследования: сравнительное изучение возможностей лучевых методов в контроле за регенерацией костной ткани при переломах.

Материал и методы. Проведено исследование формирования костной мозоли у 116 пациентов с переломами трубчатых костей верхних и нижних конечностей с первого дня перелома до полной консолидации отломков. При рентгенографии и КТ определяли минеральную плотность костной мозоли, при ультразвуковой эластографии сдвиговой волной и компрессионной эластографии – жесткость костной мозоли в килопаскалях.

Результаты. Рентгенологически костная мозоль определялась в конце второй – начале третьей стадии формирования костной мозоли. На компьютерной томограмме плотность костной мозоли (в единицах Хаунсфилда), ее структуру и состояние костных отломков определяли у части пациентов во всех стадиях формирования костного регенерата. При ультразвуковом исследовании в мультипараметрическом режиме изучали жесткость, структуру и васкуляризацию костной мозоли, правильность сопоставления костных отломков с первого дня перелома и до полного их сращения.

Заключение. Ультразвуковые исследования в мультипараметрическом режиме можно применить для контроля за регенерацией костной ткани при переломах. Ультразвуковая эластография сдвиговой волной при определении жесткости костной мозоли по чувствительности и специфичности превышает показатели ультразвуковой компрессионной эластографии на всех стадиях формирования костного регенерата.

Ключевые слова: регенерация, костная мозоль, рентгенография, КТ, ультразвуковая эластография

Авторы подтверждают отсутствие конфликтов интересов.

Для цитирования: Тухбатуллин М.Г., Кормилина А.Р., Пасынков Д.В., Курочкин С.В. Новые возможности лучевых методов в контроле за регенерацией костной ткани при переломах. *Медицинская визуализация*. 2021; 25 (3): 140–149. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-1029>

Поступила в редакцию: 25.04.2021. **Принята к печати:** 30.08.2021. **Опубликована online:** 15.09.2021.

New radiation techniques in controlling bone regeneration in fractures

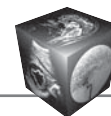
© Munir G. Tukhbatullin^{1*}, Alsu R. Kormilina², Dmitry V. Pasyнков³, Sergey V. Kurotchkin⁴

¹ Kazan State Medical Academy – Branch of the Russian Medical Academy of Continuing Professional Education, Department of Ultrasound Diagnosis; 36, Butlerova str., Kazan 420012, Russian Federation

² Republican Clinical Hospital of Ministry Health of Tatarstan Republic; 138, Orenburgsky Tract str., Kazan 420064, Russian Federation

³ Oncology Dispensary of Mari El Republic, Ministry of Health of Mari El Republic; 22, Osipenko str., Yoshkar-Ola 424037, Russian Federation

⁴ City Clinical Hospital No. 7 of Kazan; 54, Marshal Chuikov str., Kazan 420103, Russian Federation



Objective: comparative study of the possibilities of radiation methods in control of bone regeneration in fractures.

Materials and methods. A study of bone calluse formation was conducted in 116 patients with broken tubular bones of the upper and lower limbs from the first day of the fracture to the complete consolidation of the fractures. In X-rays and CT determined the mineral density of bone calluses, with ultrasonic elastography shear wave and compression elastography determined the rigidity of bone calluses in kPa.

Results. X-ray bone corn was determined at the end of the second – the beginning of the third stage of bone calluse formation. On CT bone corn density (in the HU), its structure and the condition of bone breaks were determined in some patients in all stages of bone regenerate formation. In ultrasound examination in the multiparametric mode studied the rigidity, structure and vascularization of bone calluses, the correct comparison of bone breaks from the first day of the fracture to their complete fusion.

Conclusions. Ultrasonic studies in multiparametric mode can be used to control bone regeneration in fractures. Ultrasonic elastography shear wave, in determining the rigidity of bone calluse, in sensitivity and specificity exceeds the indicators of ultrasonic compression elastography at all stages of bone regenerate formation.

Keywords: regeneration, bone corn, X-ray, CT, Ultrasound Elastography

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

For citation: Tukhbatullin M.G., Kormilina A.R., Pasyukov D.V., Kurotchkin S.V. New radiation techniques in controlling bone regeneration in fractures. *Medical Visualization*. 2021; 25 (3): 140–149. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-1029>

Received: 25.04.2021.

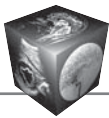
Accepted for publication: 30.08.2021.

Published online: 15.09.2021.

Введение

При переломах костей важную роль играет регенерация костной ткани. В зависимости от сроков формирования и созревания костной мозоли предопределяются тактика лечения пациентов и сроки иммобилизации. Формирование и созревание костной мозоли после перелома проходит в несколько стадий. Первая стадия – соединительнотканная, продолжительностью до 10–12 дней со дня перелома костей, вторая стадия – остеонидная, продолжительностью до 3 нед со дня перелома, третья стадия – это костная стадия, которая начинается с 3 нед после перелома и может продолжаться до 6 мес и более в зависимости от множества факторов (характер и тяжесть переломов, состояние пациента, скорость репаративных процессов, к какой анатомической области относится поврежденная кость и т.д.) [1]. Для диагностики переломов костей и определения тактики лечения основная роль отводится рентгеновским методам и КТ. Регенерация костной ткани при переломах является сложным процессом. Рентгенологически не всегда удается проследить процессы преобразования костной мозоли на ранних сроках. Рентгенография позволяет обнаружить наличие костной мозоли в конце второй стадии ее формирования. КТ более чувствительна в плане определения созревания костной мозоли и позволяет на более ранних стадиях формирования костной мозоли определить ее плотность. При КТ есть возможность определить минеральную плотность (МП) костного регенерата (мозоли) на разных участках зоны перелома (эндостальной, периостальной и в межотломковой зонах). МП костной мозоли определяется в единицах Хаунсфилда (HU), которая

в конце второго месяца после остеосинтеза может достигать более 700 HU за счет суммирования плотности зоны перелома и краев репонированных отломков. Другой метод изучения МП костной мозоли – это использование костных денситометров, в этом случае МП определяется в г/см². МП костного регенерата и костных отломков может колебаться от 1,0 до 1,7 г/см² в зависимости от того, в какой точке и на каких сроках после перелома определялась [2]. Сроки полной и правильной консолидации костных отломков зависят от многих факторов. Осложнения в виде неправильного сращения, дисрегенерации создают определенную проблему в плане тактики лечения и необходимости многократного контроля за состоянием костной мозоли. Ультразвуковое исследование (УЗИ) зоны перелома представляет определенный интерес у клиницистов отсутствием лучевой нагрузки и возможностью многократного сканирования для контроля за состоянием костной мозоли [3, 4]. Однако имеющиеся данные публикаций об использовании УЗИ в травматологии в основном касаются исследований мышечной ткани, сухожильно-связочного аппарата [5–9]. УЗИ для исследований мышечно-скелетной системы применялось в сочетании с другими методами лучевой диагностики и отдельно для контроля послеоперационных осложнений [10, 11]. Есть клинические и экспериментальные работы по использованию ультразвуковой компрессионной эластографии для контроля за состоянием сухожильно-связочного аппарата и костных отломков [12, 13]. В более ранних публикациях УЗИ в травматологии в основном использовалось только в В-режиме, тогда отсутствовали современные ультразвуковые технологии.



Цель исследования

Сравнительное изучение возможностей лучевых методов в контроле за регенерацией костной ткани при переломах.

Материал и методы

Всего было обследовано 116 пациентов с переломами трубчатых костей верхней и нижней конечностей. Пациенты были распределены по возрастным группам. Средний возраст ($M \pm SD$) при переломах трубчатых костей верхних конечностей составлял $29 \pm 7,42$ года; 17–49 лет, медиана – 31 год. Сроки наблюдения: со дня перелома и до полной консолидации костных отломков (до 6 мес). Для контроля за регенерацией костной ткани были применены следующие методы лучевой диагностики: рентгенография, КТ, УЗИ в разных режимах (В-режим, цветное дуплексное сканирование, ультразвуковая эластография). В основную группу брали тех пациентов с переломами, которым проводились все три метода лучевой диагностики (обычные рентгеновские исследования, КТ, УЗИ). Первоначально традиционно для диагностики переломов использовали рентгенографию и КТ. Кратность использования рентгенографии составляла 2,7 раза, КТ – 1,6 раза. УЗИ проводили каждые 2 нед со дня перелома и до полной консолидации отломков. Рентгеновские исследования проводились в день поступления больных с переломами костей для определения локализации, характера перелома, далее рентгенография после сопоставления отломков (обычная репозиция, оперативные вмешательства – остеосинтез и т.д.). Третий и четвертый (при необходимости) снимки делали в конце срока консолидации, после снятия гипсовой повязки, удаления металлической конструкции. Для выявления костной мозоли рентгенографию проводили начиная с 3–4 нед после перелома в тех случаях, когда возникали подозрения о не срастающемся переломе или медленной консолидации отломков. КТ проводилась на аппарате Brilliance 64 (Philips) при сложных переломах и сочетанных травмах. МП костной мозоли при КТ определяли эндостально, периостально и в межотломковой зоне. Показатели МП костной ткани и костной мозоли определяли в единицах Хаунсфилда (НУ). Толщина среза при костном режиме составляла от 0,9 до 3 мм, в мягкотканном режиме – 1,5 мм. УЗИ зоны перелома и окружающих тканей проводилось в мультипараметрическом режиме, то есть УЗИ включало: В-режим, цветное дуплексное сканирование, ультразвуковую эластографию сдвиговой волной (УЗЭСВ), ультразвуковую компрессионную эластографию (УЗКЭ). При В-режиме определяли состояние

костных отломков и окружающих тканей, наличие или отсутствие интерпозиции, осуществляли контроль за развитием костной мозоли и ее структуры, в режиме цветового дуплексного сканирования изучали состояние кровеносных сосудов как в зоне перелома (костной мозоли), так и в тканях, прилегающих к зоне перелома. УЗЭСВ и УЗКЭ применили для определения жесткости костной мозоли [14, 15]. Данные исследования проводились на ультразвуковых аппаратах SuperSonic Aixplorer (Франция) и S40 Pro, S40 Expert (КНР). Обязательным условием для проведения ультразвуковой эластографии является наличие опции эластографии (сдвиговой волной или компрессионной). Для определения жесткости костной мозоли способом УЗЭСВ ультразвуковые линейные датчики частотой 2–15 МГц устанавливали на поверхности кожи в зоне интереса (перелома) и после включения режима эластографии для мышечно-скелетной системы определяли жесткость костной мозоли в проекции межотломковой зоны и периостальной зоны. В каждой точке исследования проводили трехкратно и выводили среднее значение (Mean). Жесткость костной мозоли определяли в кПа. В основе ультразвуковой эластографии лежит модуль Юнга: $E = 3\rho C^2$, где E – модуль упругости Юнга (Па), C – скорость сдвиговой волны (см/с), ρ – плотность вещества (кг/м³). При определении жесткости костной мозоли способом УЗКЭ жесткость костной мозоли сравнивали с жесткостью прилегающих костных тканей (отломков) согласно формуле: $SR = B/A$, где SR – коэффициент деформации, B – жесткость прилегающих костных тканей (отломков), A – жесткость зоны интереса (костной мозоли). Количественный результат SR получали в единицах. Наличие гипсовой повязки или металлической конструкции не являлось препятствием для проведения УЗИ в разных режимах. Статистический анализ проводили в программном пакете SPSS 13.0.

Результаты и их обсуждение

Исходя из того что рентгенологически костная мозоль определяется в конце второй – начале третьей стадии, для контроля за развитием костной мозоли данную классическую методику лучевой диагностики использовали спустя 3–4 нед после перелома по показаниям. В эти сроки края костных фрагментов притупляются, острые края и углы сглаживаются, контуры костей становятся смазанными. В зоне формирования костной мозоли возникают зернистость и участки различной плотности (рис. 1). В процессе дальнейшей регенерации костной мозоли (третья – костная стадия) эти участки постепенно сливаются, и костная мозоль

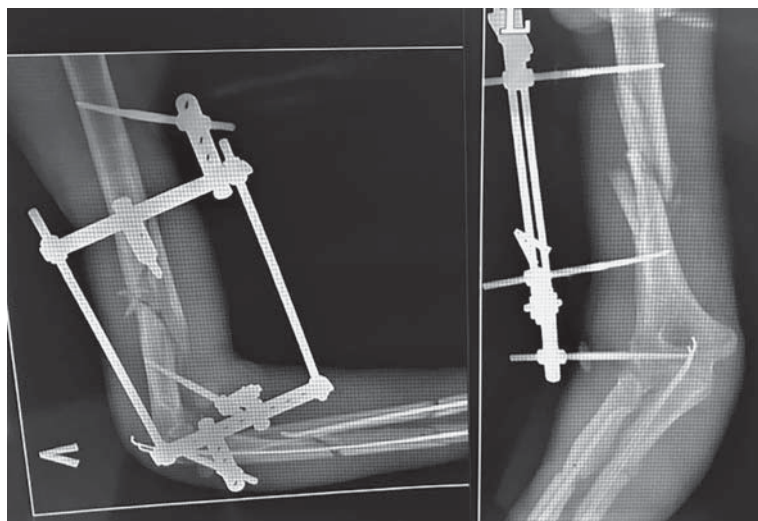
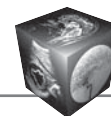


Рис. 1. Закрытый множественный перелом костей левой верхней конечности. 4 нед после перелома. Зернистость и участки различной плотности в зоне перелома плечевой кости. Края костных фрагментов сглажены и размыты.

Fig. 1. Closed multiple fracture of the bones of the left upper limb. Four weeks after the fracture. Graininess and areas of different density in the area of fracture of the humerus. The edges of the bone fragments are smoothed and blurred.



Рис. 2. Закрытый перелом левой бедренной кости. 4 мес после перелома. Костная стадия формирования мозоли. Хорошо выражена периостальная костная мозоль.

Fig. 2. Closed fracture of the left femur. Four months after the fracture. The bone stage of corn formation. The periostolic bone corn is well expressed.

становится более однородной и плотной из-за обызвествления (рис. 2).

КТ позволяет контролировать развитие костной мозоли практически с первой – соединительнотканной стадии ее формирования (рис. 3).

КТ способна определить МП в зоне костной мозоли на различных участках – эндостально, пе-

риостально и в межотломковом пространстве на любой стадии развития мозоли (рис. 4). В клинической практике в большинстве случаев нет необходимости часто проводить КТ, которая в основном используется при сложных и сочетанных переломах, в случаях неправильного сращения и дисрегенерации. По нашим данным, из

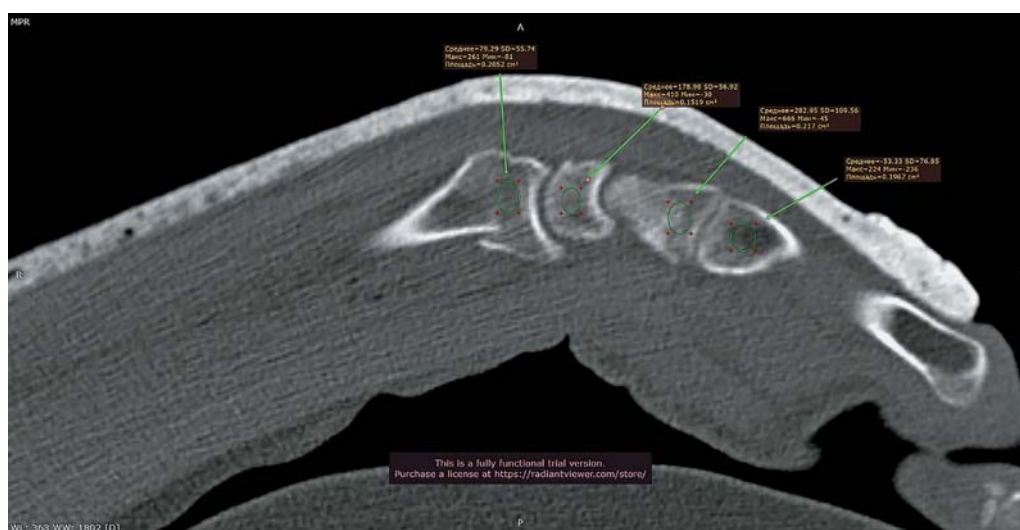


Рис. 3. КТ. Перелом дистального эпиметафиза правой лучевой кости со смещением отломков. 1 нед после перелома. В зоне перелома плотность составляет от 81 до 261 HU.

Fig. 3. CT. Fracture of the distal epimetaphysis of the right radial bone with displacement of fragments. 1 week after the fracture. In the fracture zone, the density is between 81 and 261 HU.

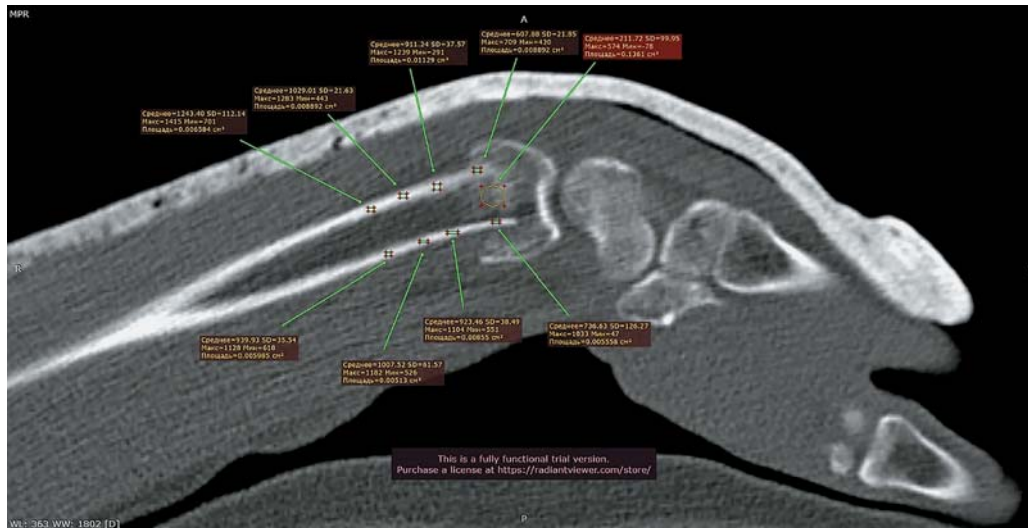
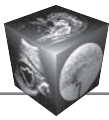


Рис. 4. КТ. Неправильно срастающийся перелом дистального эпиметафиза правой лучевой кости. 2 нед после перелома. В зоне перелома плотность составляет от 78 до 574 HU.

Fig. 4. CT. Not correctly fused fracture of distal epimetaphys of the right radial bone. Two weeks after the fracture. In the fracture zone, the density is between 78 and 574 HU.



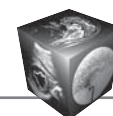
Рис. 5. Тот же случай после неправильного сращения перелома дистального эпиметафиза правой лучевой кости спустя 3 нед после перелома. Репозиция костных отломков, наложена металлическая пластинка. Плотность в периостальной зоне проксимальной части костных отломков составляет от 659 до 2034 HU.

Fig. 5. The same case after improper fused fracture of the dystal epimethas of the right radial bone 3 weeks after the fracture. Bone repositioning, plaque. The density in the periosthal zone of the proximal part of bone breaks ranges from 659 to 2034 HU.

116 пациентов у 36 была необходимость в КТ-контроле (более 2 раз) по указанным выше причинам (рис. 5). Существенным ограничением для КТ при определении МП костного регенерата являются наложенные в ходе оперативных вмешательств металлические конструкции, пластины и штифты, которые искажают показатели с зоны перелома. Иногда некоторые исследова-

тели металлические конструкции заменяют на рентгенопрозрачные [2].

Ультразвуковые методы исследования зоны перелома в мультипараметрическом режиме выполнили у всех 116 пациентов начиная с первого дня перелома до полной консолидации костных отломков. Использование методов УЗЭСВ и УЗКЭ для контроля за развитием костной регенерации



позволило детально проконтролировать нарастание жесткости костной мозоли на всех сроках наблюдения за данными пациентами (рис. 6–8).

Параметры жесткости костной мозоли при УЗЭСВ у пациентов в возрасте 17–49 лет с переломами лучевой кости на разных сроках консолидации отломков представлены на табл. 1.

Жесткость костной мозоли лучевой кости, определенная методом УЗЭСВ, характеризовалась сильной достоверной корреляцией ($r^2 = 0,988$, $p < 0,001$) с результатами оценки плотности костной мозоли, определенной по данным КТ, что

подтвердило возможность использования первой в качестве валидного маркера зрелости костной мозоли.

При оценке различных видов зависимостей (линейной, логарифмической, обратной, квадратичной, кубической, степенной, экспоненциальной и показательной) наилучшая точность ($r^2 = 0,979$, $p < 0,0001$) была получена для кубической функции (рис. 9).

Уравнение: $C = -0,523 + 0,022Ж + 3,46 \times 10^{-7} Ж^3$,

где C – срок консолидации, $Ж$ – жесткость.

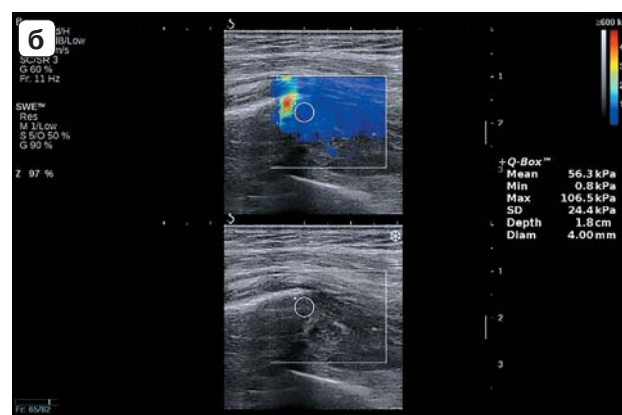


Рис. 6. Закрытый перелом правой лучевой кости. 1 нед после перелома. **а** – цветное дуплексное сканирование, в зоне перелома визуализируется “облачко” костной мозоли, вокруг единичные сосуды; **б** – ультразвуковая эластография сдвиговой волной, жесткость костной мозоли составляет Mean = 56,3 кПа.

Fig. 6. Closed fracture of the right radial bone. 1 week after the fracture. **a** – color duplex scanning, in the fracture zone visualized “cloud” of bone callus, around single vessels; **б** – ultrasonic elastography shift wave, the rigidity of bone callus is Mean 56.3 kPa.

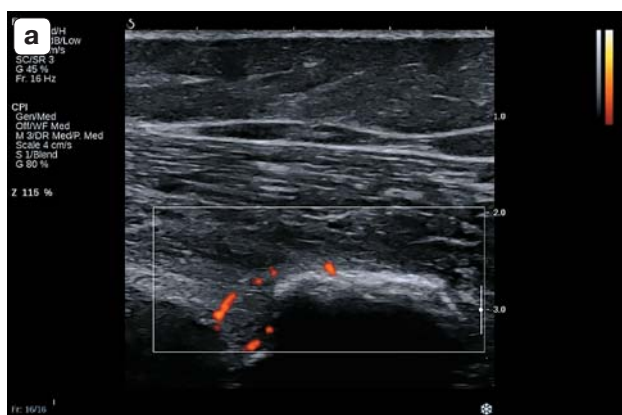


Рис. 7. Срастающийся закрытый перелом правой большеберцовой кости. 2 мес после перелома. **а** – цветное дуплексное сканирование, в зоне костного регенерата хорошо визуализируются сосуды; **б** – ультразвуковая эластография сдвиговой волной, жесткость костной мозоли составляет Mean = 242,3 кПа; жесткость прилегающего костного фрагмента – Mean = 477,8 кПа.

Fig. 7. A fused closed fracture of the right tibia. 2 months after the fracture. **a** – color duplex scanning, in the area of bone regenerate well visualized vessels; **б** – ultrasonic elastography shear wave, the rigidity of bone callus is Mean 242.3 kPa; the stiffness of the adjacent bone fragment is Mean 477.8 kPa.



Рис. 8. Сросшийся закрытый перелом правой большеберцовой кости спустя 5 мес после перелома. **а** – цветовое дуплексное сканирование, хорошо визуализируется гиперэхогенная периостальная костная мозоль с единичными сосудами; **б** – ультразвуковая эластография сдвиговой волной, жесткость костной мозоли составляет Mean = 491,7 кПа.

Fig. 8. A fused closed fracture of the right tibia 5 months after the fracture. **a** – color duplex scanning, well visualized hyperechogenic periosteal bone corn with single vessels; **b** – ultrasonic elastography shear wave, the stiffness of bone calluse is Mean 491.7 kPa.

Таблица 1. Жесткость костной мозоли в кПа (E_{mean}) у пациентов ($n = 24$) после перелома лучевой кости на разных сроках

Table 1. The stiffness of bone calluses in the kPa in patients ($n = 24$) after the fracture of the radial bone at different stages

Срок после перелома	1 нед	2 нед	3 нед	4 нед	2 мес	3 мес	4 мес	5 мес	6 мес
Среднее ± стандартное отклонение	44,43 ± 2,88	90,11 ± 6,41	130,47 ± 7,68	178,58 ± 9,10	274,90 ± 6,97	314,99 ± 7,11	336,20 ± 8,87	350,05 ± 8,86	371,11 ± 7,24

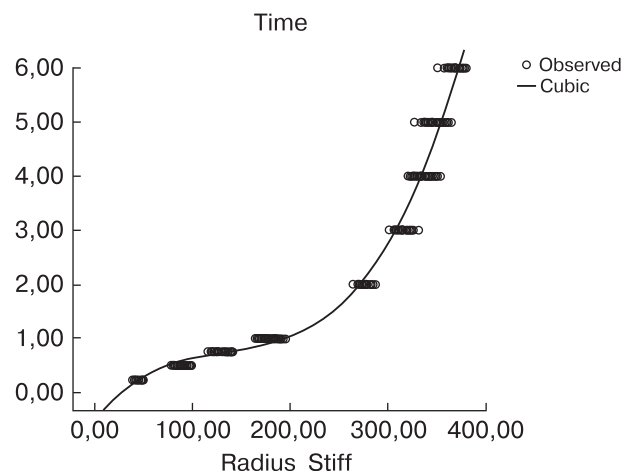


Рис. 9. Наилучшая точность при оценке различных видов зависимостей получена для кубической функции.

Fig. 9. The best accuracy in assessing different types of dependencies is obtained for the cubic function.

По данным четырехпольной таблицы диагностической значимости чувствительность и специфичность УЗЭСВ при определении жесткости костной мозоли лучевых костей составили следующие значения: для соединительнотканной стадии развития костной мозоли 91,2 и 88,4% соответственно, для остеонидной стадии – 88,5 и 86,8% соответственно, для костной стадии – 84,0 и 89,2% соответственно.

При УЗКЭ жесткость костной мозоли сравнивается с жесткостью прилегающих костных отломков. Методика подходит для применения при отсутствии ультразвуковых сканеров с опцией эластографии сдвиговой волной. По мере нарастания жесткости костной мозоли коэффициент деформации SR стремится к единице (рис. 10, 11).

Показатели коэффициента деформации SR с зоны костной мозоли после перелома лучевых костей у пациентов, полученные при УЗКЭ на разных сроках, представлены на табл. 2.

По данным четырехпольной таблицы чувствительности и специфичности при определении коэффициента деформации SR методом УЗКЭ в зоне костной мозоли лучевых костей составили: для соединительнотканной стадии развития костной

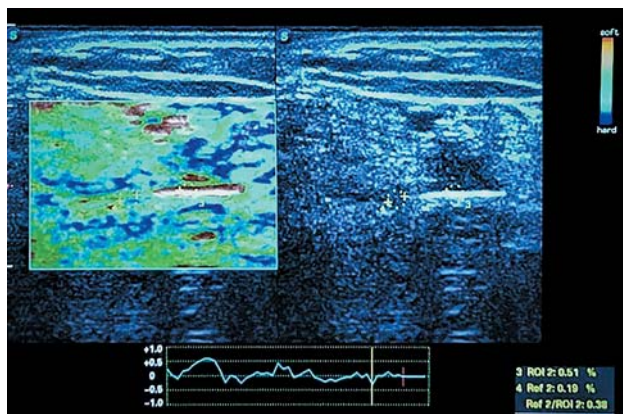
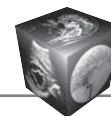


Рис. 10. Ультразвуковая компрессионная эластограмма. Закрытый перелом левой лучевой кости. 1 нед после перелома. Коэффициент деформации в зоне костной мозоли SR = 0,38 ед.

Fig. 10. Ultrasonic compression elastogram. Closed fracture of the left radial bone. 1 week after the fracture. Strain Ratio (SR) in the area of bone calluses 0.38 units.

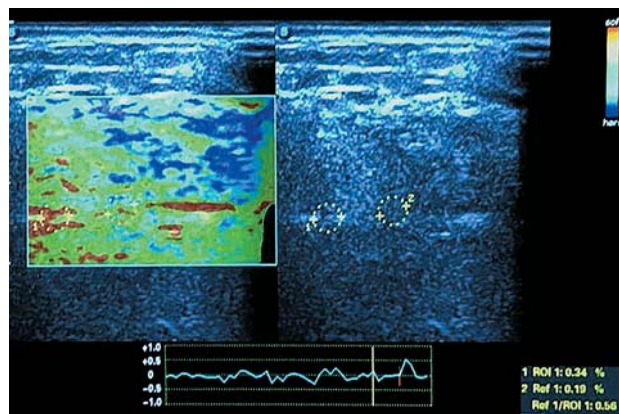


Рис. 11. Ультразвуковая компрессионная эластограмма. Закрытый перелом левой лучевой кости. 6 нед после перелома. Коэффициент деформации в зоне костной мозоли SR = 0,56 ед.

Fig. 11. Ultrasonic compression elastogram. Closed fracture of the left radial bone. Six weeks after the fracture. Strain Ratio (SR) in the area of bone calluses 0.56 units.

Таблица 2. Коэффициент деформации SR костной мозоли (в единицах) у пациентов (n = 12) после перелома лучевой кости на разных сроках

Table 2. The Strain Ratio (SR) of bone calluse in units in patients (n=12) after a fracture of the radial bone at different stages

Срок после перелома	1 нед	2 нед	3 нед	4 нед	2 мес	3 мес	4 мес	5 мес	6 мес
Среднее	0,33	0,36	0,38	0,42	0,75	0,85	0,94	0,97	1,00
± стандартное отклонение	± 0,01	± 0,01	± 0,02	± 0,02	± 0,02	± 0,03	± 0,02	± 0,02	± 0,02

мозоли 85,6 и 79,1% соответственно, для остеодной стадии – 82,2 и 77,6% соответственно, для костной стадии – 81,5 и 79,2% соответственно. Коэффициент деформации SR костной мозоли лучевых костей при УЗКЭ на разных сроках после перелома обладал сильной достоверной корреляцией ($r^2 = 0,964$, $p < 0,001$) с результатами оценки плотности костной мозоли, полученными при КТ, что подтвердило возможность использования первой в качестве валидного маркера зрелости костной мозоли. При оценке различных видов зависимостей (линейной, логарифмической, обратной, квадратичной, кубической, степенной, экспоненциальной и показательной) наилучшая точность ($r^2 = 0,970$, $p < 0,0001$) была получена для кубической функции (рис. 12).

Уравнение: $C = 0,863 - 5,861 Ж^2 + 10,556 Ж^3$,

где C – срок консолидации, Ж – жесткость.

Таким образом, УЗИ зоны перелома костей в мультипараметрическом режиме позволяет определить состояние костных отломков (В-режим), изучить васкуляризацию костного регенерата (цветовое дуплексное сканирование), определить жесткость и коэффициент деформации.

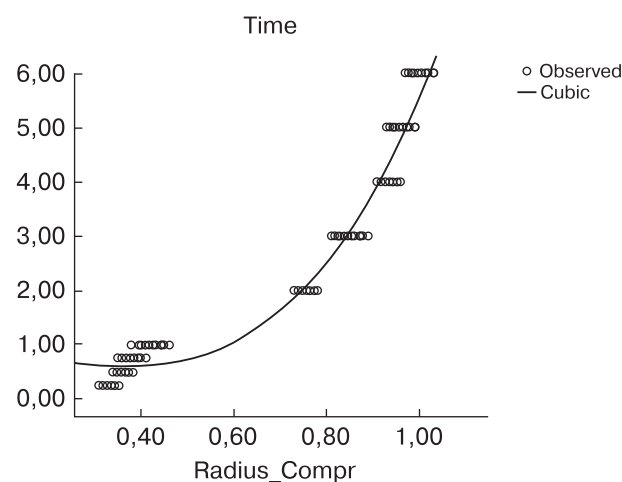
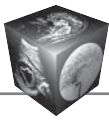


Рис. 12. Оценка различных видов зависимостей. Наилучшая точность получена для кубической функции.

Fig. 12. Assessment of different types of dependencies. Best accuracy for cubic function.



ции костной мозоли (УЗЭСВ и УЗКЭ). Отмечено, что наибольшей степени васкуляризации костная мозоль достигает к середине остеоидной стадии. Если продолжительность первой – соединительнотканной стадии формирования костной мозоли примерно одинакова для всех трубчатых костей, то продолжительность второй – остеоидной стадии и третьей – костной стадии зависит от таких факторов, как характер и локализация перелома, сопоставление отломков, состояние окружающих тканей, включая нервную и сосудистую системы, защитные силы травмированных пациентов и т.д.

Заключение

Лучевые методы диагностики при переломах костей являются основой для правильного диагноза. Каждый метод может быть основным или дополнительным в зависимости от оснащённости медицинского учреждения, наличия подготовленных квалифицированных кадров, владеющих технологиями лучевой диагностики. Ультразвуковые методы в мультипараметрическом режиме могут быть применены в клинической практике в динамике для контроля за состоянием костных отломков, васкуляризацией костного регенерата и определения жесткости костной мозоли в течение всего срока консолидации отломков. Ультразвуковая эластография сдвиговой волной при определении жесткости костной мозоли по чувствительности и специфичности превышает показатели ультразвуковой компрессионной эластографии на всех стадиях формирования костного регенерата.

Участие авторов

Тухбатуллин М.Г. – подготовка и редактирование текста, утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи.

Кормилина А.Р. – проведение исследования, сбор и обработка данных, анализ и интерпретация полученных данных, написание текста.

Пасынков Д.В. – статистическая обработка данных, подготовка, создание опубликованной работы.

Курочкин С.В. – участие в научном дизайне, концепция и дизайн исследования.

Authors' participation

Tukhbatullin M.G. – text preparation and editing, approval of the final version of the article, responsibility for the integrity of all parts of the article.

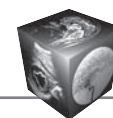
Kormilina A.R. – conducting research, collection and analysis of data, analysis and interpretation of the obtained data, writing text.

Pasynkov D.V. – statistical analysis, preparation and creation of the published work.

Kurotchkin S.V. – participation in scientific design, concept and design of the study.

Список литературы

1. Штейнле А.В. Посттравматическая регенерация костной ткани. Часть 1. *Сибирский медицинский журнал*. 2009; 24 (4): 101–108.
2. Дьячкова Г.В., Степанов Р.В., Суходулова Л.В. и др. Анализ репаративного костеобразования при лечении больных с переломами длинных костей по данным компьютерной томографии и двухэнергетической рентгеновской абсорбциометрии. *Вестник новых медицинских технологий*. 2007; 10 (1): 127–132.
3. Bahl A., Bagan M., Joseph S., Brackney A. Comparison of ultrasound and plain radiography for the detection of long-bone fractures. *J. Emerg. Trauma. Shock*. 2018; 11: 115–118.
4. Менщикова Т.И., Аранович А.М. Оценка активности репаративного остеогенеза дистракционного регенерата большеберцовой кости с помощью современных ультразвуковых сканеров. *Гений ортопедии*. 2011; 4: 101–105.
5. Botar Jid C., Vasilescu D., Damian L., Dumitriu D., Ciurea A., Duda S.M. Musculoskeletal sonoelastography. Pictorial essay. *Med. Ultrason*. 2012; 14: 239–245.
6. Салтыкова В.Г., Бурмакова Г.М., Митьков В.В. Ультразвуковая эластография сдвиговой волной в диагностике кальцифицирующего тендинита плечевого сустава. *Ультразвуковая и функциональная диагностика*. 2013; 6: 78–92.
7. Eby S.F., Song P., Chen S., Chen Q., Greenleaf J.F., An K.N. Validation of shear wave elastography in skeletal muscle. *J. Biomech*. 2013; 46: 2381–2387.
8. Miyamoto H., Halpern E.J., Kastlunger M., Gabl M., Arora R., Bellmann-Weiler R., Feuchtner G.M., Jaschke W.R., Klauser A.S. Carpal tunnel syndrome: diagnosis by means of median nerve elasticity-improved diagnostic accuracy of US with sonoelastography. *Radiology*. 2014; 270: 481–486.
9. Nath A.K., Bouras R. Dynamic ultrasonography in evaluation of muscular trauma. *Eur. Radiol*. 2002; 12: 279.
10. Seo J.-B., Yoo J.-S., Ryu J.-W. Sonoelastography findings of supraspinatus tendon in rotator cuff tendinopathy without tear: comparison with magnetic resonance images and conventional ultrasonography. *J. Ultrasound*. 2015; 18: 143–149.
11. Гажонова В.Е., Абельцев В.П. Возможности ультразвукового исследования в диагностике послеоперационных осложнений при эндопротезировании тазобедренного сустава. *Радиология–практика*. 2007; 4: 37–41.
12. Winn N., Lalam R., Cassar-Pullicino V. Sonoelastography in the musculoskeletal system: Current role and future directions. *Wld J. Radiol*. 2016; 8 (11): 868–879.
13. Tang S., Sabonghy E.P., Chaudhry A., Shajudeen P.S., Islam M.T., Kim N., Cabrera F.J., Reddy J.N., Tasciotti E., Righetti R. A Model-Based approach to investigate the effect of a long bone fracture on Ultrasound Strain elastography. *IEEE Trans. Med. Imaging*. 2018; 37 (12): 2704–2717. <https://doi.org/10.1109/TMI.2018.2849996>.
14. Тухбатуллин М.Г., Кормилина А.Р., Гарифуллов Г.Г. Способ определения жесткости костной мозоли ультразвуковой эластографией сдвиговой волны. Патент № 2732697 С1 Российская Федерация, МПК А61В 8/00. *Бюлл. Изобретения. Полезные модели*. 2020; 27: 1–2.
15. Тухбатуллин М.Г., Кормилина А.Р., Бурмистров М.В. Способ определения формирования костной мозоли



ультразвуковой компрессионной эластографией. Патент № 2732705 С1 Российская Федерация, МПК А61В 8/00. *Бюлл. Изобретения. Полезные модели.* 2020; 27: 1–2.

References

1. Shteynle A.V. Post-traumatic regeneration of bone tissue. Part 1. *Sibirskij Medicinskij Zhurnal = Siberian Medical Journal.* 2009; 24 (4): 101–108. (In Russian)
2. Diyachkova G.V., Stepanov R.V., Sukhodulova L.V. et al. Analysis of reparative bone formation in the treatment of patients with fractures of long bones according to computed tomography and dual-energy X-ray absorptiometry. *Vestnik Novykh Meditsinskikh Tekhnologiy.* 2007; 10 (1): 127–132. (In Russian)
3. Bahl A., Bagan M., Joseph S., Brackney A. Comparison of ultrasound and plain radiography for the detection of long-bone fractures. *J. Emerg. Trauma. Shock.* 2018; 11: 115–118.
4. Mentchikova T.I., Aranovich A.M. Evaluation of reparative osteogenesis activity of tibial distraction regenerated bone using modern ultrasound scanners. *Geniy ortopedii.* 2011; 4: 101–105. (In Russian)
5. Botar Jid C., Vasilescu D., Damian L., Dumitriu D., Ciurea A., Dudea S.M. Musculoskeletal sonoelastography. Pictorial essay. *Med. Ultrason.* 2012; 14: 239–245.
6. Saltykova V.G., Burmakova G.M., Mitkov V.V. Ultrasound shear wave elastography in diagnosis of supraspinatus tendon calcification. *Ultrasound & Functional Diagnostics.* 2013; 6: 78–92. (In Russian)
7. Eby S.F., Song P., Chen S., Chen Q., Greenleaf J.F., An K.N. Validation of shear wave elastography in skeletal muscle. *J. Biomech.* 2013; 46: 2381–2387.
8. Miyamoto H., Halpern E.J., Kastlunger M., Gabl M., Arora R., Bellmann-Weiler R., Feuchtnner G.M., Jaschke W.R., Klauser A.S. Carpal tunnel syndrome: diagnosis by means of median nerve elasticity-improved diagnostic accuracy of US with sonoelastography. *Radiology.* 2014; 270: 481–486.
9. Nath A.K., Bouras R. Dynamic ultrasonography in evaluation of muscular trauma. *Eur. Radiol.* 2002; 12: 279.
10. Seo J.-B., Yoo J.-S., Ryu J.-W. Sonoelastography findings of supraspinatus tendon in rotator cuff tendinopathy without tear: comparison with magnetic resonance images and conventional ultrasonography. *J. Ultrasound.* 2015; 18: 143–149.
11. Gazhonova V.E., Abelcev V.P. Possibilities of ultrasound examination in the diagnosis of postoperative complications in hip arthroplasty. *Radiologia-Praktika.* 2007; 4: 37–41. (In Russian)
12. Winn N., Lalam R., Cassar-Pullicino V. Sonoelastography in the musculoskeletal system: Current role and future directions. *Wld J. Radiol.* 2016; 8 (11): 868–879.
13. Tang S., Sabonghy E.P., Chaudhry A., Shajudeen P.S., Islam M.T., Kim N., Cabrera F.J., Reddy J.N., Tasciotti E., Righetti R. A Model-Based approach to investigate the effect of a long bone fracture on Ultrasound Strain elastography. *IEEE Trans. Med. Imaging.* 2018; 37 (12): 2704–2717. <https://doi.org/10.1109/TMI.2018.2849996>.
14. Tukhbatullin M.G., Kormilina A.R., Garifullov G.G. A method for determining the stiffness of the callus by ultrasonic shear wave elastography. Patent No. 2732697 C1 Rossiyskaya Federatsia, MPC A61V 8/00. *Bull. Izobreteniya. Poleznyue modeli.* 2020; 27: 1–2. (In Russian)
15. Tukhbatullin M.G., Kormilina A.R., Burmistrov M.V. A method for determining the formation of bone callus by ultrasonic compression elastography. Patent No. 2732705 C1 Rossiyskaya Federatsia, MPC A61V 8/00. *Bull. Izobreteniya. Poleznyue modeli.* 2020; 27: 1–2. (In Russian)

Для корреспонденции*: Тухбатуллин Мунир Габдулфатович – 420064 Казань, ул. Оренбургский тракт, 138. “Республиканская клиническая больница” Минздрава Республики Татарстан. Тел.: +7-987-290-42-42. E-mail: munir.tukhbatullin@tatar.ru

Тухбатуллин Мунир Габдулфатович – доктор мед. наук, заведующий кафедрой ультразвуковой диагностики, профессор Казанской государственной медицинской академии – филиала Российской медицинской академии непрерывного профессионального образования Минздрава России, Казань; <https://orcid.org/0000-0002-0055-4746>

Кормилина Алсу Рифкатовна – врач ультразвуковой диагностики ГАУЗ “Республиканская клиническая больница” Минздрава Республики Татарстан, Казань. <https://orcid.org/0000-0002-3549-4421>

Пасынков Дмитрий Валерьевич – канд. мед. наук, заведующий отделением лучевой диагностики ГБУ “Республиканский онкологический диспансер Республики Марий Эл” Минздрава Республики Марий Эл, Йошкар-Ола. <https://orcid.org/0000-0003-1888-2307>

Курочкин Сергей Вячеславович – канд. мед. наук, заведующий отделением лучевой диагностики ГАУЗ “Городская клиническая больница №7”, Казань. <https://orcid.org/0000-0003-3829-8394>

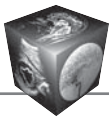
Contact*: Munir G. Tukhbatullin – 138, Orenburgsky Tract str., Kazan 420064, Russian Federation. Phone: +7-987-290-42-42. E-mail: munir.tukhbatullin@tatar.ru

Munir G. Tukhbatullin – Doct. of Sci. (Med.), Professor, Head of the Department of Ultrasound Diagnosis Kazan State Medical Academy– Branch Campus of the Federal State Budgetary Educational Institution of Further Professional Education “Russian Medical Academy of Continuing Professional Education” of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Kazan’. <https://orcid.org/0000-0002-0055-4746>

Alsu R. Kormilina – Ultrasound doctor of Republican Clinical Hospital of Ministry Health of Tatarstan Republic, Kazan. <https://orcid.org/0000-0002-3549-4421>

Dmitry V. Pasyнков – Cand. of Sci. (Med.), Head of the Department of Radiology Oncology Dispensary of Mari El Republic, Ministry of Health of Mari El Republic, Yoshkar-Ola. <https://orcid.org/0000-0003-1888-2307>

Sergey V. Kurotchkin – Cand. of Sci. (Med.), Head of the Department of Radiology City Clinical Hospital No. 7, Kazan. <https://orcid.org/0000-0003-3829-8394>



Кости и суставы | Bones and joints

ISSN 1607-0763 (Print); ISSN 2408-9516 (Online)
<https://doi.org/10.24835/1607-0763-924>

Внескелетная саркома Юинга малого таза (обзор литературы и клиническое наблюдение)

© Конторович Д.С.¹, Пронькина Е.В.², Нуднов Н.В.^{1*}

¹ ФГБУ «Российский научный центр рентгенодиагностики» Минздрава России; 117997 Москва, ул. Профсоюзная, д. 86, Российская Федерация

² ФГБУ «Поликлиника №1» Управления делами Президента Российской Федерации; 119002 Москва, пер. Сивцев Вражек, д. 26/28, Российская Федерация

Своевременная диагностика саркомы Юинга представляет собой актуальную проблему современности, так как данная опухоль характеризуется достаточно быстрым ростом и агрессивным течением. Согласно литературным данным, она занимает 2-е место среди всех костных новообразований и составляет 8,64%, уступая только остеосаркоме. В данной обзорной статье рассматриваются возможности лучевых методов исследования в ранней диагностике этой опухоли на примере клинического наблюдения внескелетной формы саркомы Юинга.

Ключевые слова: саркома Юинга, экстраскелетная форма саркомы Юинга, МСКТ, МРТ

Авторы подтверждают отсутствие конфликтов интересов.

Для цитирования: Конторович Д.С., Пронькина Е.В., Нуднов Н.В. Внескелетная саркома Юинга малого таза (обзор литературы и клиническое наблюдение). *Медицинская визуализация*. 2021; 25 (3): 150–156. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-924>

Поступила в редакцию: 02.07.2020. **Принята к печати:** 08.04.2021. **Опубликована online:** 15.09.2021.

Ewing's extra skeletal sarcoma of the pelvis (Literature review and clinical case)

© Daria S. Kontorovich¹, Elena V. Pronkina², Nikolay V. Nudnov^{1*}

¹ Russian Scientific Center of Roentgenoradiology of the Ministry of Health of Russia; 86, Profsoyusnaya str., Moscow 117997, Russian Federation

² FSBI polyclinic №1 of the office of the President of the Russian Federation; 26/28, Sivtsev Vrazhek str., Moscow 119002, Russian Federation

Timely diagnosis of Ewing's sarcoma is an actual problem of our time, since this tumor is characterized by fairly rapid growth and aggressive course. According to literature data, it ranks 2-nd among all bone tumors, second only to osteosarcoma, and is 8.64%. This review article discusses the possibilities of radiation research methods in the early diagnosis of this tumor on the example a clinical observation of the extra-skeletal form of Ewing's sarcoma.

Keywords: Ewing's sarcoma, extra-skeletal form of Ewing's sarcoma, MSCT, MRI

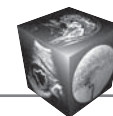
Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest. The study had no sponsorship.

For citation: Kontorovich D.S., Pronkina E.V., Nudnov N.V. Ewing's extra skeletal sarcoma of the pelvis (Literature review and clinical case). *Medical Visualization*. 2021; 25 (3): 150–156. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-924>

Received: 02.07.2020.

Accepted for publication: 08.04.2021.

Published online: 15.09.2021.



Введение

Первые упоминания о саркоме Юинга в качестве самостоятельной нозологической единицы были описаны в 1921 г. американским патологом Джеймсом Юингом как “диффузная эндотелиома кости” [1]. Саркома Юинга – злокачественная опухоль, происходящая из клеток нервного гребешка. Она относится к группе “опухолей семейства саркомы Юинга”, которые помимо типичной ее формы включают внескелетную форму, опухоль Аскина (злокачественную мелкоклочную нейроэктодермальную опухоль торакопульмональной зоны) и периферические примитивные нейроэктодермальные опухоли (PNET – primitive neuroectodermal tumor). Развитие данного заболевания связывают в большинстве случаев (до 95%) с хромосомной транслокацией в $t(11;22)(q12;q24)$, также ее варианта $t(21;22)$, повреждающей ген EWS. Это позволяет считать “опухоли семейства саркомы Юинга” близкородственными и объединить их в одну группу. Также нельзя исключать генетическую предрасположенность возникновения данного заболевания, так как опухоль чаще развивается у лиц европеоидной расы [2–4].

Несмотря на то что в структуре всей онкологической патологии злокачественные новообразования костей встречаются редко (менее 1%), среди них саркома Юинга составляет 8,64% и располагается на втором месте [5–7]. При этом внескелетная форма опухоли составляет 1% всех сарком мягких тканей [8]. Это заболевание в основном встречается у детей и подростков в возрасте от 10–20 лет. У лиц мужского пола обнаруживается несколько чаще, чем у женского (1,5 : 1) [1, 9].

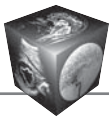
Необходимость ранней диагностики также объясняется тем, что на момент постановки диагноза у 5% больных имеются метастазы в регионарные лимфатические узлы, а у 34% отдаленные метастазы. Статистика при внескелетной форме саркомы Юинга показывает, что уже у 12% имеются регионарные метастазы, а у 29% – отдаленные [10].

Болевой синдром является одним из ведущих при этой патологии и носит нарастающий характер, усиливаясь по мере разрастания опухоли и вовлечения окружающих тканей. Боль может возникать не только при физической нагрузке, но и в покое. Над зоной поражения определяется отечность, пастозность и болезненность при пальпации, появляется лихорадка. В некоторых случаях поражаются периферические нервы, что вызывает развитие неврологической симптоматики [11, 12]. Также наблюдается выраженный мягкотканый компонент, который в большинстве случаев преобладает над деструктивным костным очагом [13]. Несмотря на то что опухоль обладает выраженной

тенденцией к разрушению кости, патологические переломы встречаются редко: менее чем в 5% случаев [5]. Данная клиническая картина весьма неспецифична и напоминает другие заболевания: остеомиелит, травмы опорно-двигательного аппарата [11]. Соответственно, это существенно замедляет постановку правильного диагноза и начало лечения, что может привести к неблагоприятному исходу.

Опухоль поражает диафизы длинных трубчатых костей, кости таза (20%), ребра (7%), лицевой скелет (2%). Среди трубчатых костей наиболее частой локализацией является бедренная кость (50%), а верхняя конечность поражается реже (13%) [4, 14, 15]. Что касается внескелетной формы саркомы Юинга, она встречается очень редко и может возникать в мягких тканях грудной стенки, забрюшинных областях, висцеральных органах, голове и шее [16–18]. Опухоль обладает очень высоким метастатическим потенциалом, что является прогностически важным критерием. Существует несколько путей метастазирования: гематогенный (наиболее часто встречающийся), лимфогенный и skip-метастазирование (близкородственные или прыгающие метастазы). Наличие лимфогенных метастазов при данном заболевании во многом определяет его течение и результат лечения. Существенно снижается пятилетняя выживаемость пациентов при наличии этого типа метастазирования, составляя 45,9% [6]. Наиболее распространенной локализацией при гематогенной диссеминации являются легкие (16%), кости и костный мозг (до 10%). Несколько реже, но все-таки встречаются поражения менингеальных оболочек головного и спинного мозга, лимфатических узлов средостения и забрюшинного пространства [16–17].

На первом этапе диагностики применяется рентгенологический метод, который позволяет увидеть остеолитический очаг, как правило, в диафизе трубчатой кости. По мере разрастания опухоли и увеличения деструктивного компонента формируется линейная или “луковичная” периостальная реакция. Крайне редко наблюдается игольчатый периостит (характерен в большинстве случаев для остеосаркомы). Более точную оценку дает мультиспиральное компьютерно-томографическое (МСКТ) исследование, которое позволяет точно определить размеры первичного очага, распространенность за пределы кости, протяженность деструкции кортикального слоя, что является большим преимуществом перед классическим рентгенологическим исследованием. Кроме того, КТ является методом выбора для поиска отдаленного метастазирования [10, 15, 18, 19]. Стоит от-



метить, что подобная рентгенологическая картина встречается и при других патологических процессах: остеолитической форме остеогенной саркомы, нейробластоме и остеомиелите. Как следует из вышесказанного, радиологические признаки, как и клинические, не обладают специфичностью в отношении саркомы Юинга, поэтому дифференциальная диагностика очень сложна. Еще одним камнем преткновения в диагностике является тенденция к увеличению атипичных форм при различных заболеваниях.

Необходимо также рассматривать и метод магнитно-резонансной томографии (МРТ), который относится к одним из ведущих методов при оценке локального распространения злокачественных новообразований костей. МРТ позволяет оценить не только первичный очаг, но и наиболее точно определить размеры мягкотканного компонента, структуру опухоли, ее расположение относительно кровеносных сосудов и нервных пучков, что дает возможность полноценно определить объем хирургического вмешательства [10, 20, 21].

Лечение саркомы Юинга является комбинированным и включает хирургическое вмешательство, лучевую терапию и химиотерапию. Ранее, по данным литературных источников, было отмечено, что при применении только двух первых видов лечения трехлетняя выживаемость составляет 20%, а пятилетняя – лишь 5–8% [14]. Использование полихимиотерапии сильно повлияло на результаты лечения и пятилетнюю выживаемость пациентов, повысив ее до 60% [14, 22].

В статье мы приводим собственное клиническое наблюдение, которое демонстрирует редкость данной формы заболевания, сложность его лечения и возможность эффективного контроля течения болезни с помощью лучевых методов исследования.

Пациент А., 28 лет, в декабре 2015 г. обратился в поликлинику по месту жительства с жалобами на боли в ягодичной области слева с тенденцией к усилению и иррадиацией в левую голень. При обследовании была выявлена опухоль левой подвздошной области. Для установления точного диагноза и определения тактики лечения пациент был направлен в ФГБУ РНЦРР Минздрава России. При первичном осмотре было выявлено: больной передвигается самостоятельно, пальпаторно подвздошная область слева без признаков патологии. Неврологический дефицит нижних конечностей и органов малого таза отсутствует.

Для определения локальной распространенности опухоли, ее размеров и расположения относительно мышц, нервных пучков и сосудов пациенту проведена МРТ пояснично-крестцового отдела позвоночника

с контрастным усилением. При исследовании: в подвздошной области слева определялось объемное образование неправильной формы, неоднородной структуры с признаками кистозной трансформации и довольно четкими контурами, исходящее из нервного корешка на уровне L_4-S_1 , размерами $7,1 \times 4,8 \times 6,3$ см. Также было отмечено, что образование латерально оттесняет прилежащую левую большую поясничную мышцу, а по переднемедиальной его поверхности проходят подвздошные сосуды, при этом просвет наружной подвздошной вены был несколько сужен.

Далее пациенту была выполнена биопсия с последующей верификацией. По данным гистологического исследования: ткань опухоли построена из мелких клеток с гиперхромными круглыми ядрами. При иммуногистохимическом исследовании в клетках опухоли обнаружена экспрессия виментина и CD99 (мембрана). Не обнаружена экспрессия CD45, S100, цитокератинов. Данная морфологическая картина соответствует злокачественной примитивной периферической нейроэктодермальной опухоли семейства PNET/внескелетная саркома Юинга.

С целью выявления регионарных и отдаленных метастазов пациенту проведена МСКТ органов грудной клетки, брюшной полости и малого таза с внутривенным контрастным усилением. По данным КТ в левой подвздошной области паравerteбрально визуализируется округлой формы образование неоднородной плотности с жидкостным компонентом, с четкими контурами, размерами до $7,0 \times 4,9 \times 6,2$ см, без жировой прослойки с левой большой поясничной мышцей и оттесняющее последнюю латерально. Задняя стенка образования прилежит к L_4-S_1 и подвздошной кости. Признаков кортикальной деструкции данных костных структур не обнаружено (рис. 1). Лимфатические узлы малого таза, брюшной полости и органов грудной клетки не изменены. Очаговых изменений печени, легких, а также других признаков диссеминации процесса не выявлено.

Для определения отдаленных костных метастазов, которые по распространенности уступают только метастатическому поражению легких, пациенту проведена остеосцинтиграфия. При выполнении исследования данных об активном очаговом остеобластическом процессе в костях скелета не получено.

Основываясь на результатах обследования, установлен следующий основной диагноз: локализованная форма внескелетной саркомы Юинга малого таза T2N0M0. IIB стадии GIII.

В отделении онкологической ортопедии пациенту была имплантирована центральная венозная портсистема для проведения химиотерапевтического лечения. На первом этапе комбинированного лечения было проведено 10 курсов полихимиотерапии (ПХТ) с 2016 по 2017 г. по схеме VAC-IE, на фоне которых отмечена выраженная положительная динамика в виде уменьшения

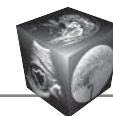


Рис. 1. КТ- изображения органов брюшной полости с внутривенным контрастным усилением, аксиальная плоскость (артериальная фаза). Образование округлой формы, неоднородной плотности, с жидкостным компонентом и четкими контурами, тесно прилегающее к левой большой поясничной мышце.

Fig. 1. CT-images of the abdomen with intravenous contrast enhancement, axial reconstruction (arterial phase). The formation of a round shape, inhomogeneous density with a liquid component, with clear contours, closely adjacent to the left large lumbar muscle.

опухолевого образования. Контроль за динамикой течения заболевания осуществлялся с помощью лучевых методов: МРТ и МСКТ.

По окончании последнего курса ПХТ пациенту проведена контрольная МРТ с контрастным усилением (Магневист). На серии МР-томограмм по ходу крестцового сплетения слева, без четкой границы с прилежащей стенкой общей подвздошной вены сохраняется участок фиброзно измененной ткани (низкий сигнал во всех импульсных последовательностях (ИП)) в сравнении с результатом предыдущего исследования было отмечено уменьшение размеров до $3,5 \times 3 \times 1$ см (до начала лечения $7,1 \times 4,8 \times 6,3$ см). Фиксации контрастного вещества в структуре не отмечалось. Дополнительных образований, лимфаденопатии в поясничной области, а также в полости малого таза выявлено не было (рис. 2).

Учитывая данные обследования в виде положительной динамики, пациент перешел на следующий этап комбинированного лечения. Была проведена 3D конформная дистанционная лучевая терапия в суммарной очаговой дозе (СОД) 56 Гр с последующим лучевым контролем. По данным МРТ в сравнении с предыдущим исследованием картина без существенной динамики.

После проведенного лечения пациенту было рекомендовано проходить динамическое наблюдение, которое включало МРТ малого таза с контрастированием, КТ органов грудной клетки, УЗИ брюшной полости с последующей консультацией. Основываясь на результатах МР-исследования, данных о локальном рецидиве получено не было. Однако на одной из контрольных МСКТ органов грудной клетки в 2017 г. выявлены округлой

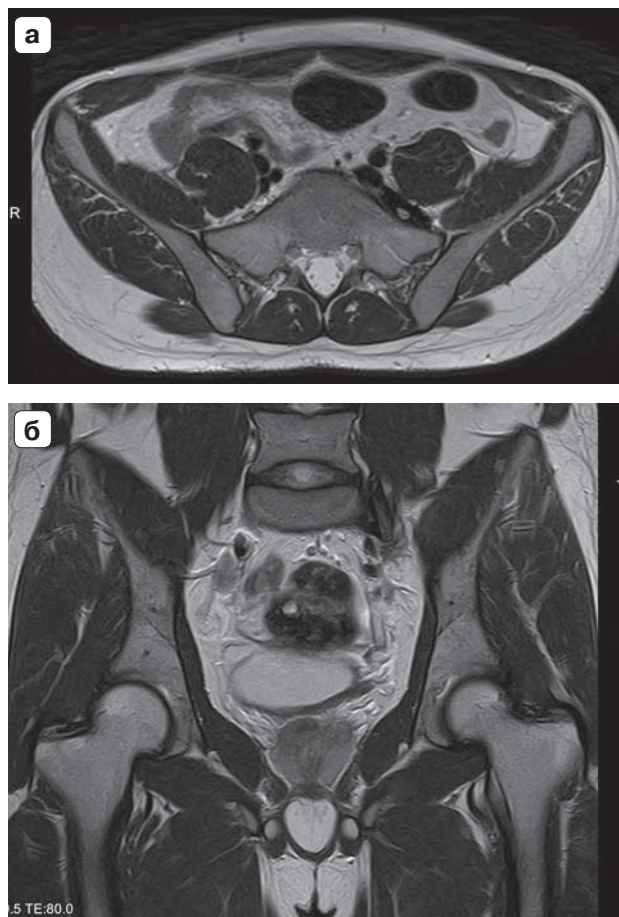


Рис. 2. МРТ-изображения малого таза. **а** – аксиальная плоскость (T2ВИ); **б** – фронтальная плоскость (T2ВИ). МР-картина посттерапевтических фиброзных изменений.

Fig. 2. MRI images of the pelvis. **a** – axial reconstruction (T2); **б** – frontal reconstruction (T2). MR-picture of post-therapeutic fibrotic changes.

формы очаги в III, VIII, X сегментах правого легкого и в IV сегменте левого размерами от 0,2 см до $0,7 \times 0,5$ см. Лимфаденопатии при этом не отмечалось (рис. 3). В связи с прогрессированием основного заболевания (метастатическое поражение легких) пациенту проведено 4 курса химиотерапии по схеме GemTax по месту жительства. После лечения на контрольном обследовании обнаружена отрицательная динамика в виде увеличения размеров всех ранее определявшихся очагов в легких. После этого проведено еще 4 курса ПХТ (этопозид, топотекан).

Больной был консультирован лучевым терапевтом и, учитывая молодой возраст, генерализацию процесса, отказ в других методах лечения, рекомендовано лечение методом СТТ (субтотальное облучение тела) на оба легких.

Пациент проходил контрольные обследования согласно плану, но, к сожалению, на фоне проводимого

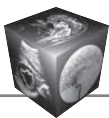


Рис. 3. КТ органов грудной клетки, MIP-реконструкция, сагиттальная проекция. Округлые очаги в C_{III}, C_{VIII} и C_X правого легкого.

Fig. 3. Chest computed tomography, MIP – reconstruction, sagittal projection. Rounded foci in C_{III}, C_{VIII} and C_X of the right lung.



Рис. 4. КТ органов грудной клетки, сагиттальная плоскость. Отрицательная динамика в виде увеличения всех ранее выявленных очагов.

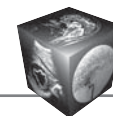
Fig. 4. Chest computed tomography, sagittal projection. Negative dynamics in the form of an increase in all previously identified lesions.

лечения (химиотерапия и лучевая терапия на органы грудной клетки) сохранялась отрицательная динамика по данным МСКТ в виде увеличения и появления новых патологических очагов. На последней контрольной компьютерной томограмме органов грудной клетки в сравнении с данными предыдущего исследования отмечалось увеличение очагов в C_{III} правого легкого $1,1 \times 1,0 \times 1,1$ см, очага в C_{VIII} правого $4,9 \times 4,4 \times 3,1$ см, с более нечеткими контурами, появление рядом очага до 0,7 см, увеличение очага в наддиафрагмальных отделах C_X правого легкого до $1,3 \times 0,9 \times 1,2$ см, появление рядом очага до 0,3 см в C_V левого легкого парамедиастинально ($1,8 \times 1,3 \times 1,6$ см). Также метастатические очаги были выявлены и в лимфатических узлах: бифуркационные представлены конгломератом размерами до $2,6 \times 1,7 \times 5,0$ см, параэзофагиальные до 2,0 см (рис. 4).

На фоне прогрессирования заболевания (метастатическое поражение легких) и тщетность проводимых методов лечения пациент умер.

Обсуждение

Примитивные периферические нейроэктодермальные опухоли составляют 1% всех сарком мягких тканей [8]. Они являются очень агрессивными опухолями с активным ростом и часто имеют неблагоприятный исход в сравнении с другими небольшими круглоклеточными опухолями [14]. Именно поэтому пациенту при первичном обращении и установке точного диагноза необходимо проводить полное обследование, направленное на выявление первичного очага и отдаленных метастазов. Как видно из данного клинического наблюдения, при явной положительной динамике в виде уменьшения размеров опухоли процесс приобрел агрессивное течение и на фоне проводимого лечения продолжал прогрессировать. В изученных литературных данных имеются публикации Zohreh Yousefi и соавт., где представлены результаты собственного клинического наблюдения авторов, в котором были приведены примеры трех наблюдений PNET малого таза. Радикальное хирургическое лечение оказалось невозможным в данных случаях: одному пациенту не удалось полностью удалить опухоль, а двум пациентам – выполнить полноценную лимфаденэктомию. На втором этапе также была проведена ПХТ по современным схемам лечения, однако у всех трех пациентов было обнаружено появление метастатических очагов в легких и головном мозге по данным МСКТ. К сожалению, пациенты имели неблагоприятный прогноз и умерли еще до окончания последнего курса химиотерапии [8].



Заключение

Клинический случай представляет большой интерес. Он показывает редкость локализации, сложности лечения данной формы заболевания ввиду ее низкодифференцированности и агрессивности течения. Несмотря на положительную динамику, при проведении ПХТ на первом этапе лечения наблюдался регресс первичного очага. Однако через некоторое время на контрольном обследовании выявлено метастатическое поражение легких с последующей невосприимчивостью заболевания к проводимому комбинированному лечению, что привело к неблагоприятному исходу. Также необходимо подчеркнуть важность лучевых методов исследования: МРТ и МСКТ, без которых невозможна не только первичная оценка опухоли, но и отслеживание динамики развития болезни и эффективности проводимого лечения.

Участие авторов

Конторович Д.С. – сбор и обработка данных; подготовка и редактирование текста.

Пронькина Е.В. – сбор и обработка данных; подготовка и редактирование текста.

Нуднов Н.В. – концепция и дизайн исследования; утверждение окончательного варианта статьи.

Authors' participation

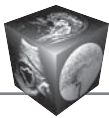
Kontorovich D.S. – analysis and interpretation of the obtained data; writing text.

Pronkina E.V. – analysis and interpretation of the obtained data; writing text.

Nudnov N.V. – concept and design of the study; approval of the final version of the article.

Список литературы

- Zhang P., Samuel G., Crow J., Godwin A.K., Zeng Y. Molecular assessment of circulating exosomes toward liquid biopsy diagnosis of Ewing sarcoma family of tumors. *J. Lab. Clin. Med.* 2018; 201: 136–153. <http://doi.org/10.1016/j.jlcm.2018.05.007>
- Самбукова Н.В., Пименов И.А., Жевак Т.Н., Литвицкий П.Ф. Саркома Юинга: молекулярно-генетические механизмы патогенеза. *Вопросы современной педиатрии.* 2019; 18 (4): 257–263. <http://doi.org/10.15690/vsp.v18i4.2042>
- Матвеева И.И., Серебрякова И.Н., Соколова В.К., Карева Л.П., Иванова Н.М., Колтовой Н.А. Саркома Юинга у детей (Литературная справка, аспекты цитологической диагностики). *Детская онкология.* 2003; 1: 49–51.
- Burchil S.A. Ewing's sarcoma: diagnostic, prognostic, and therapeutic implications of molecular abnormalities. *J. Clin. Pathol.* 2003; 56 (2): 96–102. <http://doi.org/10.1136/jcp.56.2.96>
- Васин И.В., Ошурков Ю.А., Готовкин Е.А., Константинов А.С., Свотнов Д.В., Васин В.А. Особенности диагностики и лечения саркомы Юинга. *Вестник Ивановской медицинской академии.* 2012; 17 (2): 67–70.
- Васильев Н.В., Полетаева С.В., Табакаев С.А., Тюкалов Ю.И., Перельмутер В.М. Саркома Юинга особенности лимфогенного метастазирования и факторы прогноза. *Сибирский онкологический журнал.* 2019; 18 (5): 29–37. <http://doi.org/10.21294/1814-4861-2019-18-5-29-37>
- Ferguson J.L., Turner S.P. Bone Cancer: Diagnosis and Treatment Principles. *Am. Fam. Physician.* 2018; 98 (4): 205–213.
- Yousefi Z., Sharifhi N., Hasanzadeh M., Mottaghi M., Bolandy S. Peripheral primitive neuroectodermal tumor of the pelvis. *Iran. J. Med. Sci.* 2014; 39 (1): 71–74.
- Андропова П.Л., Гаврилов П.В., Макогонова М.Е., Маламашин Д.Б. Редкий случай саркомы Юинга грудного отдела позвоночника. *Лучевая диагностика и терапия.* 2019; 1 (10): 92–97. <http://doi.org/10.22328/2079-5343-2019-10-1-92-97>
- Ozaki T. Diagnosis and treatment of Ewing sarcoma of the bone: a review article. *J. Orthop. Sci.* 2015; 20: 250–263. <http://doi.org/10.1007/s00776-014-0687-z>
- Рыков М.Ю., Севрюков Д.Д., Вилкова А.С. Злокачественные новообразования у детей: клинические проявления и диагностика. *Вопросы современной педиатрии.* 2017; 16 (5): 370–382. <http://doi.org/10.15690/vsp.v16i5.1801>
- Рыков М.Ю. «Клинические маски» костных сарком у детей: шесть клинических случаев. *Вопросы современной педиатрии.* 2018; 17 (1): 89–93. <http://doi.org/10.15690/vsp.v17i1.1860>
- Рыков М.Ю. Введение в детскую онкологию: дескриптивная эпидемиология, клиническая картина и диагностика злокачественных новообразований. *Новообразование.* 2018; 10 (2): 72–83. <http://doi.org/10.26435/neoplasm.v10i2.243>
- Margaix-Muñoz M., Bagán J., Poveda-Roda R. Ewing sarcoma of the oral cavity. A review. *J. Clin. Exp. Dent.* 2017; 9 (2): 294–301. <http://doi.org/10.4317/jced.53575>
- Brazão-Silva M.T., Fernandes A.V., Faria P.R., Cardoso S.V., Loyola A.M. Ewing's sarcoma of the mandible in a young child. *Braz. Dent. J.* 2010; 21 (1): 74–90. <http://doi.org/10.1590/s0103-64402010000100012>
- Киселев Л.П. Современные режимы химиотерапии при саркоме Юинга у детей и молодых взрослых. *Онкологический журнал.* 2016; 10 (4): 106–117.
- Огай Д.С., Забелин М.В., Черепанова Е.В., Воробьева Е.В. Саркома Юинга матки: клиническое наблюдение. *Онкогинекология.* 2014; 4: 34–36.
- Мишнев О.Д., Дубова Е.А., Пикунов М.Ю., Щеголев А.И., Кармазановский Г.Г. Внекостная саркома Юинга грудной стенки. *Медицинская визуализация.* 2009; 1: 83–88.
- Каплунов С.В. Клинико-рентгенологические особенности дифференциальной диагностики костных новообразований в детском возрасте. *Волгоградский научно-медицинский журнал.* 2012; 1 (33): 50–55.
- Тодуа Ф.И., Кахадзе С., Лашхи К., Барамия М. Магнитно-резонансная томография в диагностике первичных злокачественных опухолей кости. *Медицинская визуализация.* 2005; 6: 39–43.
- Bernstein M., Kovar H., Paulussen M., Randall R.L., Schuck A., Teot L.A., Juergens H. Ewing's Sarcoma Family of Tumors. Current Management. *Oncologist.* 2006; 11 (5): 503–519. <http://doi.org/10.1634/theoncologist.11-5-503>
- Нисиченко О.А., Кубиров М.С., Михайлова С.Н. Лечение опухолей семейства саркомы Юинга. *Саркомы костей, мягких тканей и опухоли кожи.* 2015; 3: 40–48.



References

- Zhang P., Samuel G., Crow J., Godwin A.K., Zeng Y. Molecular assessment of circulating exosomes toward liquid biopsy diagnosis of Ewing sarcoma family of tumors. *J. Lab. Clin. Med.* 2018; 201: 136–153. <http://doi.org/10.1016/j.trsl.2018.05.007>
- Samburova N.V., Pimenov I.A., Zhevak T.N., Litvitsky P.F. Ewing's Sarcoma: Molecular Genetic Pathogenic Mechanisms. *Voprosy sovremennoy pediatrii.* 2019; 18 (4): 257–263. <http://doi.org/10.15690/vsp.v18i4.2042> (In Russian)
- Matveyeva I.I., Serebryakova I.N., Sokolova V.K., Kareva L.P., Ivanova N.M., Koltovoy N.A. Ewing's sarcoma in children (Literature reference, aspects of cytological diagnosis). *Detskaya onkologiya.* 2003; 1: 49–51. (In Russian)
- Burchil S.A. Ewing's sarcoma: diagnostic, prognostic, and therapeutic implications of molecular abnormalities. *J. Clin. Pathol.* 2003; 56 (2): 96–102. <http://doi.org/10.1136/jcp.56.2.96>
- Vasin I.V., Oshurkov Yu.A., Gotovkin E.A., Konstantinov A.S., Svorotnev D.V., Vasin V.A. The peculiarities of the diagnosis and treatment for Ewing sarcoma. *Vestnik iвановской медицинской академии.* 2012; 17 (2): 67–70. (In Russian)
- Vasilyev N.V., Poletaeva S.V., Tabakaev S.A., Tyukalov Yu.I., Perelmuter V.M. Ewing sarcoma: features of lymphogenous metastasis and prognostic factors. *Sibirskiy onkologicheskii zhurnal.* 2019; 18 (5): 29–37. <http://doi.org/10.21294/1814-4861-2019-18-5-29-37> (In Russian)
- Ferguson J.L., Turner S.P. Bone Cancer: Diagnosis and Treatment Principles. *Am. Fam. Physician.* 2018; 98 (4): 205–213.
- Yousefi Z., Sharifhi N., Hasanazadeh M., Mottaghi M., Bolandy S. Peripheral primitive neuroectodermal tumor of the pelvis. *Iran. J. Med. Sci.* 2014; 39 (1): 71–74.
- Andropova P.L., Gavrilov P.V., Makogonova M.E., Malamashin D.B. A rare case of Ewing's sarcoma of the thoracic spine. *Luchevaya diagnostika i terapiya = Radiation diagnosis and therapy.* 2019; 1 (10): 92–97. <http://doi.org/10.22328/2079-5343-2019-10-1-92-97> (In Russian)
- Ozaki T. Diagnosis and treatment of Ewing sarcoma of the bone: a review article. *J. Orthop. Sci.* 2015; 20: 250–263. <http://doi.org/10.1007/s00776-014-0687-z>
- Rykov M.Yu., Sevryukov D.D., Vilkova A.S. Malignant Neoplasms in Children: Clinical Manifestations and Diagnosis. *Voprosy sovremennoy pediatrii.* 2017; 16 (5): 370–382. <http://doi.org/10.15690/vsp.v16i5.1801> (In Russian)
- Rykov M.Yu., Clinical Masks of Bone Sarcomas in Children: Six Clinical Cases. *Voprosy sovremennoy pediatrii.* 2018; 17(1): 89–93. <http://doi.org/10.15690/vsp.v17i1.1860> (In Russian)
- Rykov M.Yu. Introduction to pediatric oncology: descriptive epidemiology, clinical picture and diagnosis of malignant tumors. *Novoobrazovaniye.* 2018; 10 (2): 72–83. <http://doi.org/10.26435/neoplasm.v10i2.243> (In Russian)
- Margaix-Muñoz M., Bagán J., Poveda-Roda R. Ewing sarcoma of the oral cavity. A review. *J. Clin. Exp. Dent.* 2017; 9 (2): 294–301. <http://doi.org/10.4317/jced.53575>
- Brazão-Silva M.T., Fernandes A.V., Faria P.R., Cardoso S.V., Loyola A.M. Ewing's sarcoma of the mandible in a young child. *Braz. Dent. J.* 2010; 21 (1): 74–90. <http://doi.org/10.1590/s0103-64402010000100012>
- Kisialeu L.P. Modern chemotherapy regimens in Ewing sarcoma for children and young adults. *Onkologicheskii zhurnal.* 2016; 10 (4): 106–117. (In Russian)
- Ogay D.S., Zabelin M.V., Cherepanova E.V., Vorobyova E.V. Uterine Ewing's Sarcoma: A Clinical Study. *Onkoginekologiya.* 2014; 4: 34–36. (In Russian)
- Mishnev O.D., Dubova E.A., Piskunov M.Ju., Shchegolev A.I., Karmazanovsky G.G. Extraosseous Ewing Sarcoma of a Thoracic Wall. *Medcal Visualization.* 2009; 1: 83–88. (In Russian)
- Kaplunov S.V. Clinical and radiological specifics of differential diagnostics of osseous neoplasms in children. *Volgogradskiy nauchno-meditsinskiy zhurnal.* 2012; 1 (33): 50–55. (In Russian)
- Todua F.I., Kakhadze S., Lashhi K., Baramiya M. Magnetic Resonance Imaging in the Diagnostics of Initial Malignant Tumors of a Bone. *Medcal Visualization.* 2005; 6: 39–43. (In Russian)
- Bernstein M., Kovar H., Paulussen M., Randall R.L., Schuck A., Teot L.A., Juergens H. Ewing's Sarcoma Family of Tumors. Current Management. *Oncologist.* 2006; 11 (5): 503–519. <http://doi.org/10.1634/theoncologist.11-5-503>
- Nisichenko O.A., Kubirov M.S., Michailova S.N. Ewings sarcoma treatment. Bone and Soft Tissue Sarcomas, Tumors of the Skin. 2015; 3: 40–48. (In Russian)

Для корреспонденции*: Нуднов Николай Васильевич – 117997 Москва, Профсоюзная ул., д. 86. Российский научный центр рентгенорадиологии Минздрава России. Тел.: +7-985-224-04-68. E-mail: nudnov@rncrr.ru

Которович Дарья Сергеевна – клинический ординатор по специальности “рентгенология” ФГБУ “Российский научный центр рентгенорадиологии” Минздрава России, Москва. <https://orcid.org/0000-0002-9189-1835>

Пронькина Елена Владимировна – врач-рентгенолог ФГБУ поликлиники №1 Управления делами Президента Российской Федерации, Москва. <https://orcid.org/0000-0003-0531-7966>

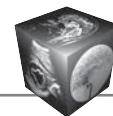
Нуднов Николай Васильевич – доктор мед. наук, профессор, заместитель директора по научной работе ФГБУ “Российский научный центр рентгенорадиологии” Минздрава России, Москва. <https://orcid.org/0000-0001-5994-0468>

Contact*: Nikolay V. Nudnov – 86, Profsoyuznaya str., Moscow, 117997, Russian Federation. Russian Scientific Center of Roentgenoradiology. Phone.: +7-985-224-04-68. E-mail: nudnov@rncrr.ru

Daria S. Kontorovich – clinical resident, specialty “radiology” Russian Scientific Center of Roentgenoradiology of the Ministry of Health of Russia, Moscow. <https://orcid.org/0000-0002-9189-1835>

Elena V. Pronkina – radiologist of FSBI polyclinic №1 of the office of the President of the Russian Federation, Moscow. <https://orcid.org/0000-0003-0531-7966>

Nikolay V. Nudnov – Doct. of Sci. (Med.), Professor, Deputy Director for scientific work of the Russian Scientific Center of Roentgenoradiology of the Ministry of Health of Russia, Moscow. <https://orcid.org/0000-0001-5994-0468>



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

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

Ультразвуковой мерцающий артефакт в дифференциальной диагностике кальцинатов молочных желез

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

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

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

³ Военно-медицинское учреждение, Москва, Российская Федерация

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

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

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

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

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

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

Авторы подтверждают отсутствие конфликтов интересов.

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

Поступила в редакцию: 18.04.2021.

Принята к печати: 13.09.2021.

Опубликована online: 15.09.2021.

Twinkling artifact in differential diagnosis of mammary calcinates

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

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



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

³ Medical military facility, Moscow, Russian Federation

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

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

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

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

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

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

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

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

Received: 18.04.2021.

Accepted for publication: 13.09.2021.

Published online: 15.09.2021.

Введение

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

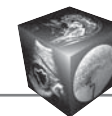
Допплеровский мерцающий артефакт (twinkling artifact) уже 25 лет используется в ультразвуковой диагностике для визуализации кальцинатов различных органов и наиболее эффективно для диагностики и дифференциальной диагностики конкрементов мочевых путей [2, 3]. Выявление мерцающего артефакта имеет высокую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

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

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

Цель исследования

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



Материал и методы

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

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

Результаты

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

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

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

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

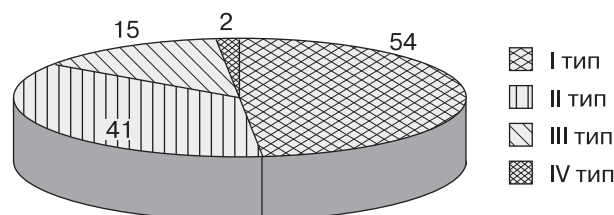


Диаграмма. Распределение пациенток в зависимости от типа плотности ткани.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Клинический пример №1

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

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

Клинический пример №2

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

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

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

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

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

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

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

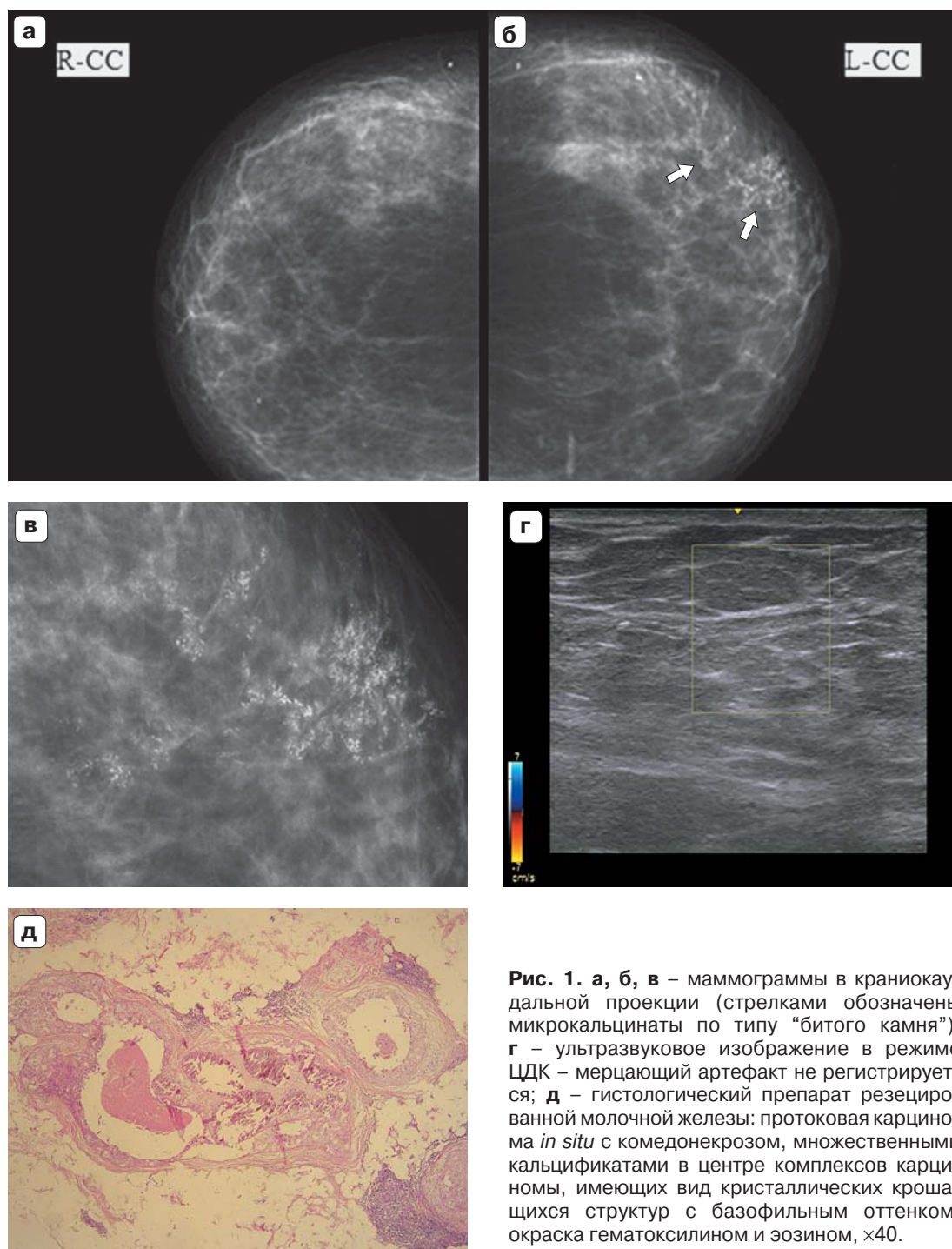
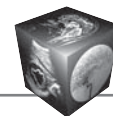


Рис. 1. а, б, в – маммограммы в краниокаудальной проекции (стрелками обозначены микрокальцинаты по типу “битого камня”); г – ультразвуковое изображение в режиме ЦДК – мерцающий артефакт не регистрируется; д – гистологический препарат резецированной молочной железы: протоковая карцинома *in situ* с комедонекрозом,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

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

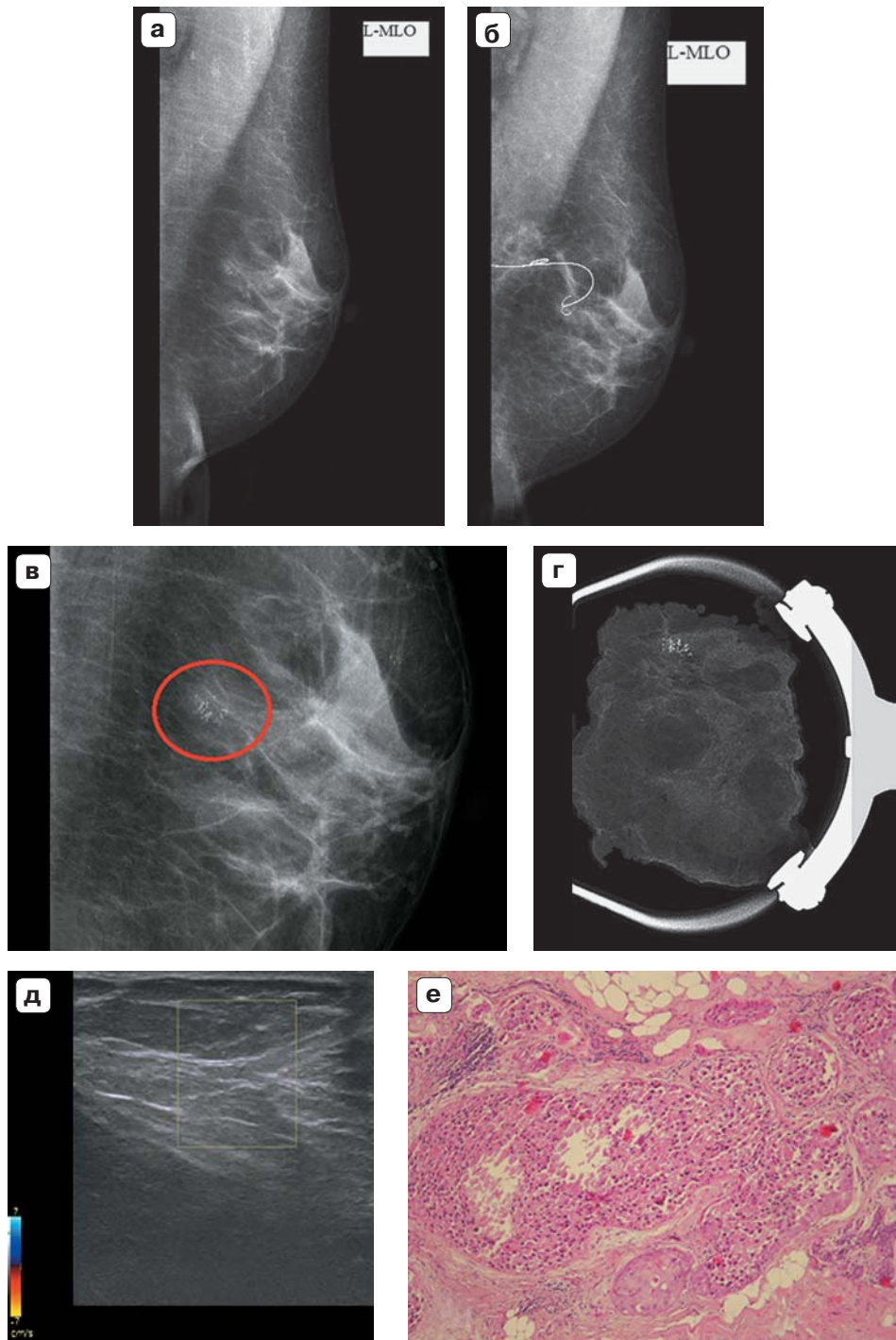


Рис. 2. а, в – маммограммы левой молочной железы, в верхненаружных отделах сгруппированные микрокальцинаты по типу “битого камня” (обведены эллипсом); б – маммограмма левой молочной железы, установлена локализационная игла; г – рентгенологическое исследование операционного материала; д – ультразвуковое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

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

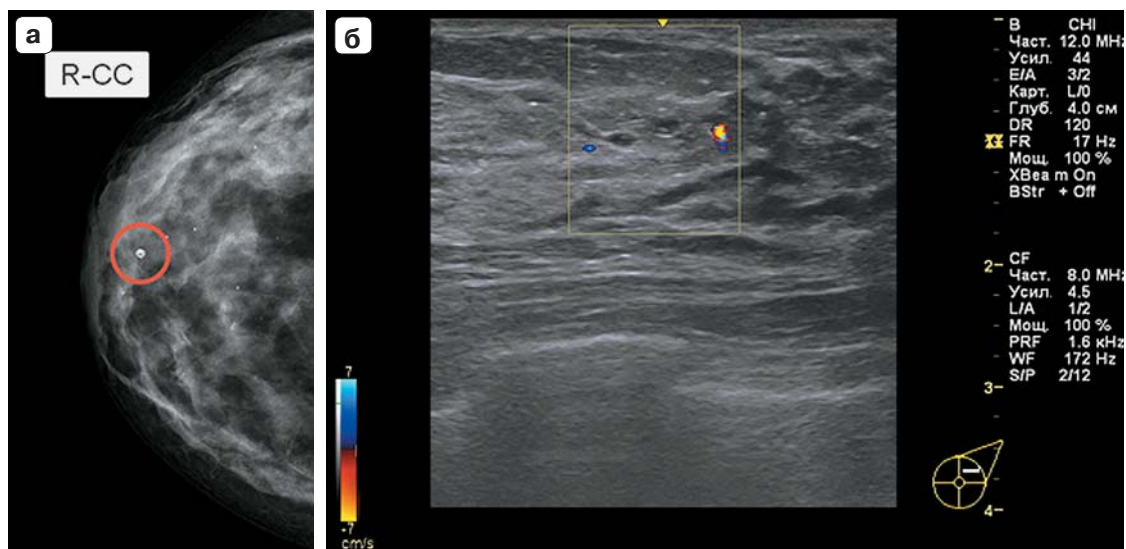
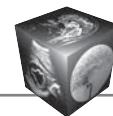


Рис. 3. Единичный кальцинат молочной железы. **а** – рентгеновская маммограмма, кальцинат обведен кругом; **б** – ультразвуковое исследование в режиме ЦДК, выраженный мерцающий артефакт.

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

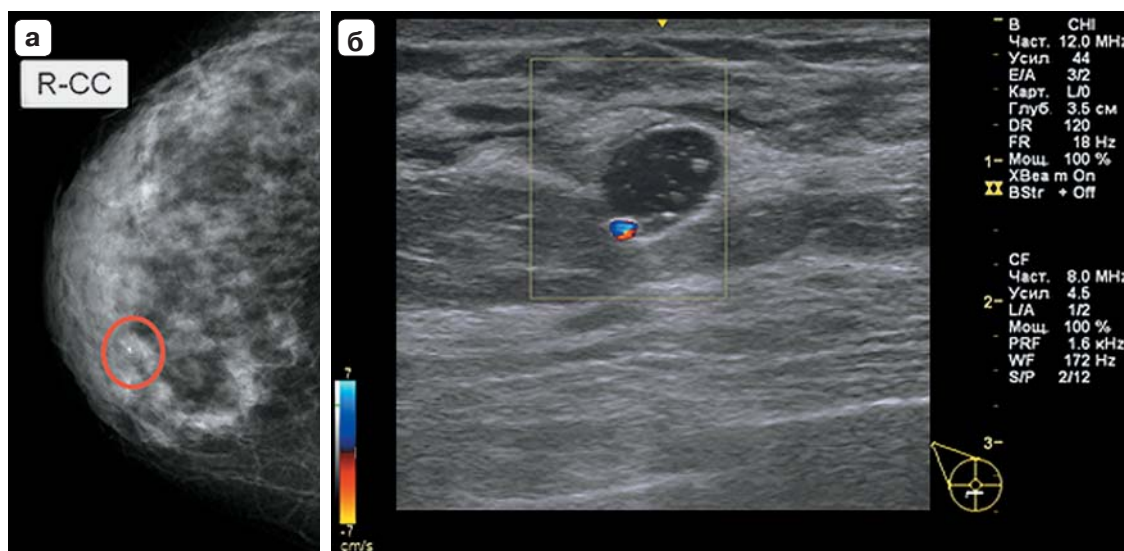


Рис. 4. Единичный кальцинат молочной железы. **а** – рентгеновская маммограмма, кальцинат обведен эллипсом; **б** – ультразвуковое исследование в режиме ЦДК, мерцающий артефакт средней степени выраженности.

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

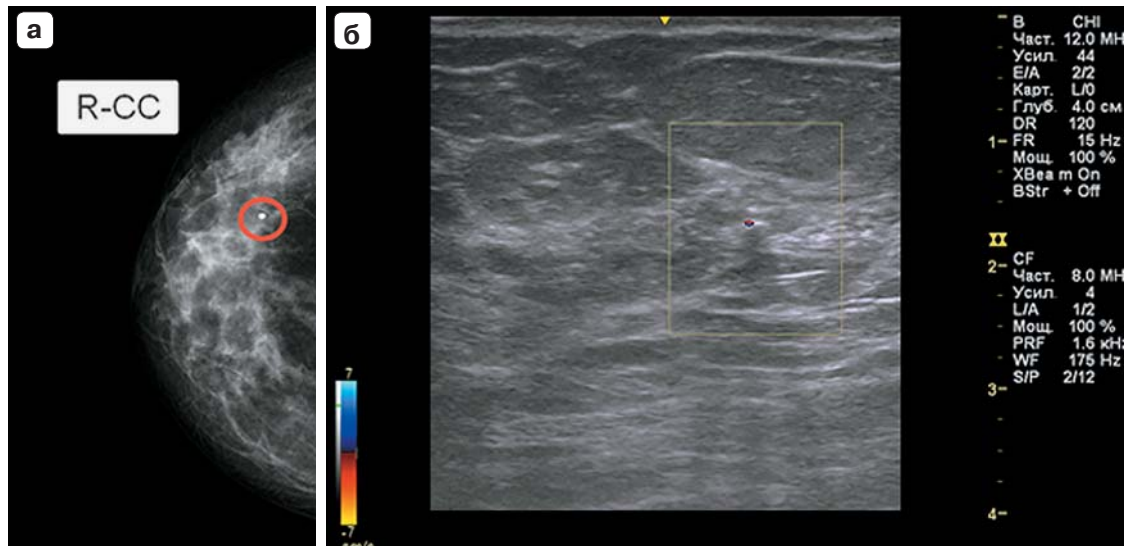


Рис. 5. Единичный кальцинат молочной железы. **а** – рентгеновская маммограмма, кальцинат обведен кругом; **б** – ультразвуковое исследование в режиме ЦДК, слабовыраженный мерцающий артефакт.

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

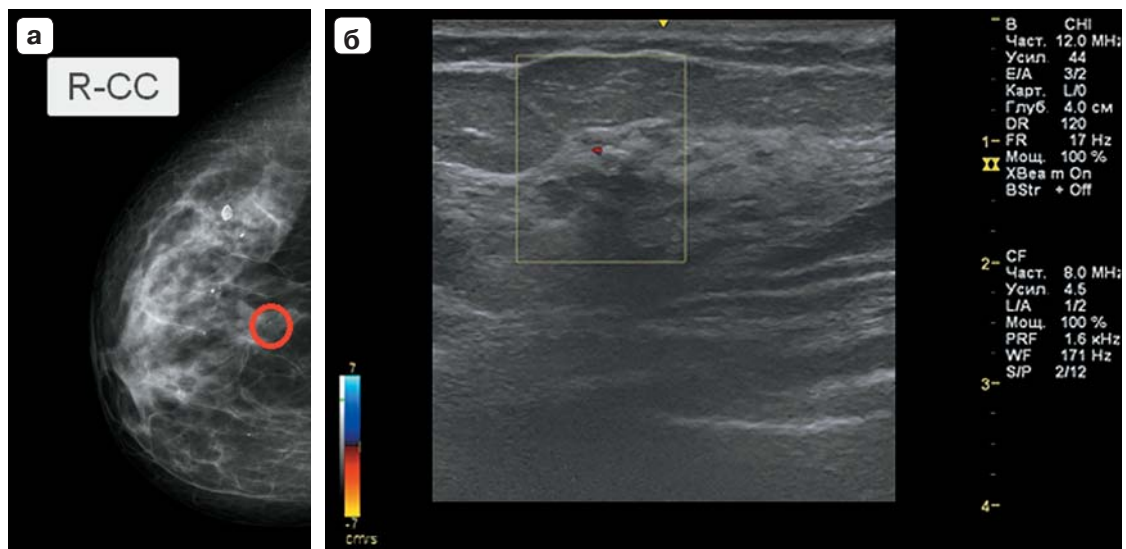
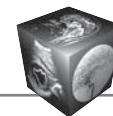


Рис. 6. Дольковый кальцинат молочной железы размером менее 1 мм. **а** – рентгеновская маммограмма, кальцинат обведен кругом; **б** – ультразвуковое исследование в режиме ЦДК, мерцающий артефакт средней степени выраженности.

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



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

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

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

Выводы

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

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

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

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

Участие авторов

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

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

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

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

Authors' participation

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

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

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

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

Список литературы

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



References

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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