

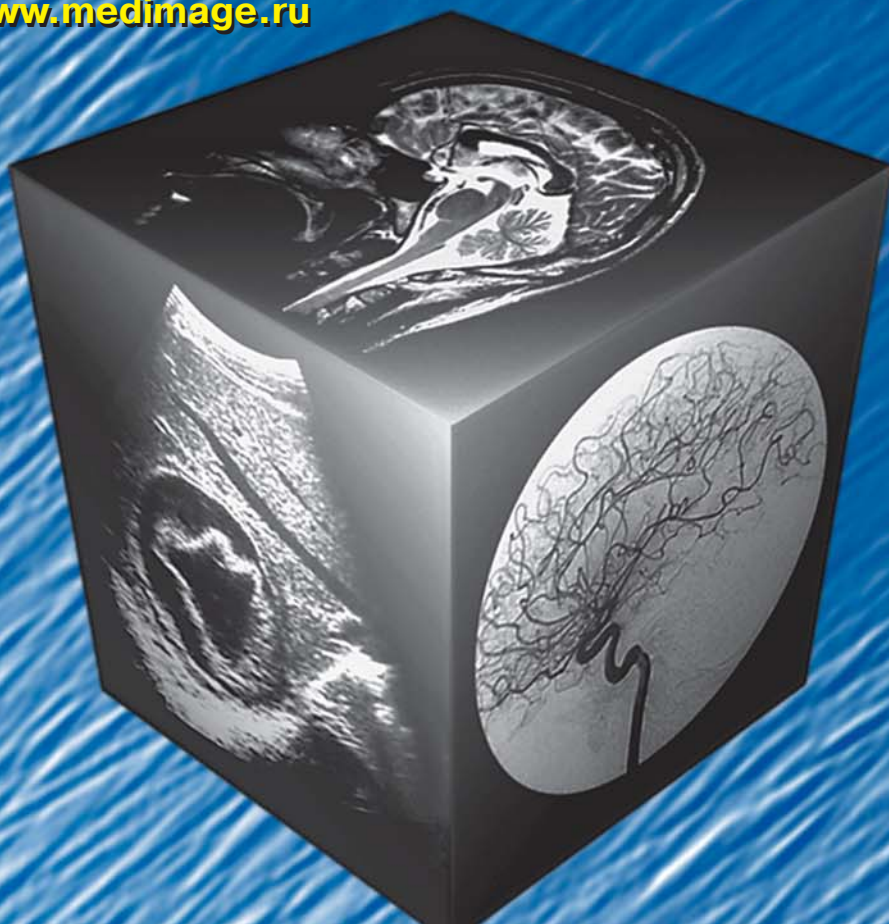
МЕДИЦИНСКАЯ ВИЗУАЛИЗАЦИЯ

Medical Visualization

Том 24 №4
Vol 24 N4

2020

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



ВИДАР

- Первичная и проспективная визуализация грудной клетки при магнитно-резонансной томографии у пациентов с вирусным поражением легких при COVID-19
- Подслизистые образования желудка: дифференциальная диагностика гастроинтестинальных стромальных опухолей и лейомиом при КТ с контрастным усилением
- Гемодинамические параметры трансаортального кровотока у пациентов с аортальным стенозом
- МРТ- и КТ-венография в диагностике гемодинамических нарушений у пациентов с хроническими заболеваниями вен нижних конечностей

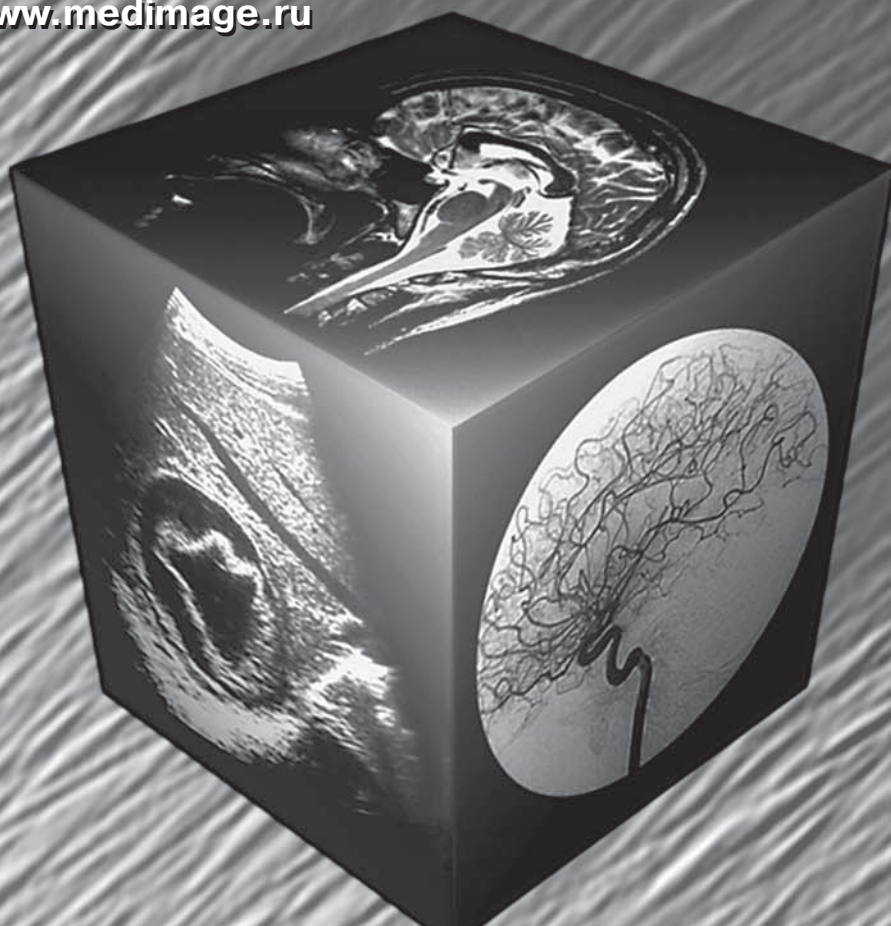
МЕДИЦИНСКАЯ ВИЗУАЛИЗАЦИЯ

Medical Visualization

Том 24 №4
Vol 24 N4

2020

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



ВИДАР

- Первичная и проспективная визуализация грудной клетки при магнитно-резонансной томографии у пациентов с вирусным поражением легких при COVID-19
- Подслизистые образования желудка: дифференциальная диагностика гастроинтестинальных стромальных опухолей и лейомиом при КТ с контрастным усилением
- Гемодинамические параметры трансаортального кровотока у пациентов с аортальным стенозом
- МРТ- и КТ-венография в диагностике гемодинамических нарушений у пациентов с хроническими заболеваниями вен нижних конечностей

МЕДИЦИНСКАЯ ВИЗУАЛИЗАЦИЯ



Medical Visualization

Medicsinskaya vizualizatsiya

2020 Том 24 №4**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 рентгенодиагностики” Минздрава России, Москва, Россия. E-mail: nudnov@rncrrg.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 ФГАОУ “Национальный медицинский исследовательский центр нейрохирургии имени академика Н.Н. Бурденко” Минздрава России, профессор Научно-образовательного центра, Москва, Россия. Scopus Author ID: 7006011755

Ревивили 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>

Гажонова 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. Логинова 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

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”, 2020.
Все права сохраняются.

MEDICAL VISUALIZATION

Медицинская визуализация

Meditsinskaya vizualizatsiya

2020 V. 24 N4**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. Vladimirovsky 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.

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., 2020
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: 10.12.2020



Содержание

COVID-19

- 11 Первичная и проспективная визуализация грудной клетки при магнитно-резонансной томографии у пациентов с вирусным поражением легких при COVID-19**

Усов В.Ю., Нуднов Н.В., Игнатенко Г.А.,
Гуляев В.М., Первак М.Б., Шелковникова Т.А.,
Дубовая А.В., Берген Т.А.

Брюшная полость

- 27 Подслизистые образования желудка: новый инструмент для дифференциальной диагностики гастроинтестинальных стромальных опухолей и лейомиом при компьютерной томографии с контрастным усилением**

Мартirosян Э.А., Кармазановский Г.Г.,
Соколова Е.А., Глотов А.В., Марапов Д.И.

- 42 Эпителиоидная гемангиоэндотелиома печени. Анализ литературы и собственных наблюдений Розенгауз Е.В., Долбов А.Л., Караханова А.Г.**

- 51 Первичный изолированный эхинококкоз поджелудочной железы, имитирующий злокачественную опухоль**

Лукьянченко А.Б., Валиев Р.К., Романова К.А.,
Медведева Б.М., Нурбердыев М.Б., Сташкив В.И.,
Кармазановский Г.Г.

- 64 Спленоз: пути неизвестности или шаг через существующие предосторожности (часть I)**

Губергриц Н.Б., Зубов А.Д., Бородий К.Н.,
Можина Т.Л.

Сердце и сосуды

- 74 Сравнение гемодинамических параметров трансаортального кровотока у пациентов с аортальным стенозом в зависимости от двустворчатого или трехстворчатого строения клапана**

Базылев В.В., Бабуков Р.М., Бартош Ф.Л.,
Горшкова А.В.

- 81 МРТ- и КТ-венография в диагностике гемодинамических нарушений у пациентов с хроническими заболеваниями вен нижних конечностей**

Часть I. Возможности МРТ-исследований в визуализации сосудистого русла нижних конечностей

Шайдаков Е.В., Санников А.Б., Емельяненко В.М.,
Крюкова Л.Н., Баранова А.Е., Рачков М.А.

Голова

- 102 Значение компьютерной томографии в предоперационном обследовании для выявления анатомических аномалий среднего уха у детей с холестеатомой: клиническое наблюдение латеропозиции сигмовидного синуса**
Власова Г.В., Павлов П.В., Авдеев В.К.

Кости и суставы

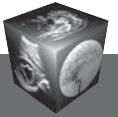
- 108 Сравнение двух методик асинхронной КТ-денситометрии**

Петрайкин А.В., Сморгачева А.К., Кудрявцев Н.Д.,
Сергунова К.А., Артюкова З.Р., Абуладзе Л.Р.,
Яссин Л.Р., Петрайкин Ф.А., Лобанов М.Н.,
Николаев А.Е., Хоружая А.Н., Семенов Д.С.,
Низовцова Л.А., Владимирский А.В., Морозов С.П.

- 119 Плотность кальцификации при компьютерной томографии в зависимости от параметров сканирования: фантомное исследование**
Николаев А.Е., Коркунова О.А., Блохин И.А.,
Петрайкин А.В., Никифорова М.В., Гирько А.О.,
Дягилева Е.А., Сучилова М.М., Груздев И.С.,
Першина Е.С., Силин А.Ю., Гомболевский В.А.,
Морозов С.П.

- 133 Комплексное применение методов лучевой диагностики у пациентки с множественной миеломой (клиническое наблюдение)**

Крюков Е.В., Троян В.Н., Рукавицын О.А.,
Алексеев С.А., Курбанов С.И., Поп В.П.,
Козырев С.В., Сапельникова Э.Р.



Contents

COVID-19

- 11 Primary and prospective imaging of the chest using magnetic resonance imaging in patients with viral lung damage in COVID-19**

Wladimir Yu. Ussov, Nikolay V. Nudnov,
Grigory A. Ignatenko, Vsevolod M. Gulyaev,
Marina B. Pervak, Tatiana A. Shelkovnikova,
Anna V. Dubovaya, Tatiana A. Bergen

Abdomen

- 27 Submucosal gastric lesions: a CECT-based tool for differential diagnosis between gastrointestinal stromal tumor and leiomyoma**

Elina A. Martirosyan, Grigory G. Karmazanovsky,
Elena A. Sokolova, Andrey V. Glotov, Damir I. Marapov

- 42 Diagnosis of epithelioid hemangioendothelioma of the liver. Lecture and analysis of own cases**

Evgeny V. Rozengauz, Artyom L. Dolbov,
Anna G. Karakhanova

- 51 Primary hydatid cyst of pancreas mimicking malignant tumor**

Alexander B. Lukianchenko, Ramis K. Valiev,
Ksenia A. Romanova, Bela M. Medvedeva,
Maksut B. Nurberdiev, Vladislava I. Stashkiv,
Grigory G. Karmazanovsky

- 64 Splenosis: fetters of the unknown or step through existing precautions (part I)**

Natalia B. Gubergits, Alexander D. Zubov,
Ksenia N. Borodiy, Tetiana L. Mozhyna

Heart and vessels

- 74 Comparison of the hemodynamic parameters of transaortic blood flow in patients with aortic stenosis depending on the bicuspid or tricuspid valve structure**

Vladlen V. Bazylev, Ruslan M. Babukov,
Fedor L. Bartosh, Alena V. Gorshkova

- 81 MRI and CT venography in the diagnosis of hemodynamic disorders in patients suffering from the lower extremities veins chronic diseases Part I. Possibilities of MRI in visualization of the vascular blood flow of the lower extremities**

Aleksandr B. Sannikov, Evgenij V. Shajdakov,
Vladimir M. Emelyanenko, Lyudmila N. Kryukova,
Anna E. Baranova, Mihail A. Rachkov

Head

- 102 Value of computed tomography in the preoperative evaluation to identify anatomical abnormalities of the middle ear in children with cholesteatoma: clinical case of lateral position of the sigmoid sinus**

Galina V. Vlasova, Pavel V. Pavlov, Vasiliy K. Avdeev

Bones and joints

- 108 Comparison of two asynchronous QCT methods**

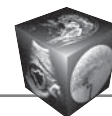
Alexey V. Petraikin, Anastasia K. Smorchkova,
Nikita D. Kudryavtsev, Kristina A. Sergunova,
Zlata R. Artyukova, Liya R. Abuladze, Leila R. Iassin,
Fedor A. Petraikin, Mihail N. Lobanov,
Alexander E. Nikolaev, Anna N. Khoruzhaya,
Dmitry S. Semenov, Lyudmila A. Nisovstova,
Anton V. Vladzimirskyy, Sergey P. Morozov

- 119 Calcification density on computed tomography depending on scanning parameters: phantom study**

Aleksandr E. Nikolaev, Olga A. Korkunova,
Ivan A. Blokhin, Alexey V. Petraykin, Marina V. Nikiforova,
Aleksandr O. Gir'ko, Elena A. Dyagileva,
Maria M. Suchilova, Ivan S. Gruzdev,
Ekaterina S. Pershina, Anton Yu. Silin,
Viktor A. Gomboleviskij, Sergey P. Morozov

- 133 A complex of methods of radiation diagnostics in a patient with multiple myeloma (clinical case)**

Evgeny V. Kryukov, Vladimir N. Troyan,
Oleg A. Rukavitsyn, Sergey A. Alekseev,
Sergei I. Kurbanov, Vasily P. Pop,
Sergey V. Kozyrev, Elmira R. Sapelnikova



COVID-19

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

<https://doi.org/10.24835/1607-0763-2020-4-11-26>

Первичная и проспективная визуализация грудной клетки при магнитно-резонансной томографии у пациентов с вирусным поражением легких при COVID-19

© Усов В.Ю.^{1*}, Нуднов Н.В.², Игнатенко Г.А.³, Гуляев В.М.¹, Первак М.Б.³,
Шелковникова Т.А.¹, Дубовая А.В.³, Берген Т.А.⁴

¹ НИИ кардиологии ТНМЦ РАН; 634012 Томск, ул. Киевская, 111-А, Российская Федерация

² ФГБУ “Российский научный центр рентгенодиагностики” Минздрава России; 117997, Москва, ул. Профсоюзная, д. 86, Российская Федерация

³ ГОУ ВПО “Донецкий национальный медицинский университет имени М. Горького”; 283003 Донецк, пр. Ильича, 16, Российская Федерация

⁴ ФГБУ “Национальный медицинский исследовательский центр имени академика Е.Н. Мешалкина” Минздрава России; 630055 Новосибирск, ул. Речкуновская, 15, Российская Федерация

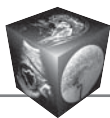
Цель исследования. Исходя из ранее полученных результатов о доказанно высокой эффективности магнитно-резонансной томографии органов грудной клетки (МРТ ОГК) в визуализации важнейших заболеваний легких, в нынешний период массовой заболеваемости вирусными пневмониями (ВП), вызванными COVID-19, мы попытались изучить возможность использования МРТ ОГК для визуализации поражения легких при этой патологии как в аспекте первичного выявления, так и для проспективного контроля ремиссии.

Материал и методы. МРТ ОГК в T1-, T2-взвешенных режимах (T1ВИ, T2ВИ), в том числе с подавлением жира, диффузионно-взвешенном, STIR-режимах, в аксиальных и фронтальных плоскостях, с задержкой дыхания, или с автоматической синхронизацией записи с дыханием было проведено у 47 пациентов с ВП различной тяжести, из них у 32 был при ПЦР подтвержден COVID-19, у всех имела место клиника пневмонии. В контроле было обследовано 15 добровольцев, 8 некурящих, и 7 – курящих. У 18 пациентов также было выполнено СРКТ исследование ОГК, с шагом 0,5–1,25 мм, с полным охватом грудной клетки и реконструкцией аксиальных и фронтальных томосрезов, с сравнением МРТ и СРКТ ОГК. У 8 пациентов МРТ ОГК была затем выполнено повторно, для томографического контроля клинического выздоровления. Умерших среди наших пациентов не было.

Результаты. Продолжительность полного МРТ-исследования ОГК составила во всех случаях менее 25 мин (в среднем 21 ± 4 мин), при СРКТ ОГК, менее 10 мин. Во всех случаях МРТ-визуализация пораженной области достигалась уже при использовании группы протоколов МРТ, которая включала аксиальных T1ВИ и аксиальных и фронтальных T2ВИ, и длилась < 12 мин, считая время на укладку пациента.

В норме у обследованных без патологии легких, не куривших, паренхима легких визуализировалась как диффузно-однородная область с сохранной воздушностью и минимальной долей интерстициального и сосудистого пространства. У обследованных-курильщиков, легочной рисунок МРТ ОГК оказывался незначительно усилен в дорсальных участках обоих легких, нарушения воздушности и интерстициальные экссудативные изменения отсутствовали. В острой фазе заболевания нарушения легочной вентиляции и интерстициальные экссудативные изменения, составляющие морфологическую основу поражения легких при COVID-19 визуализировались как локальное, соответствующее расположению и характеру (субсегментарное, сегментарное, полисегментарное) патологического очага усиление как T1ВИ, так и T2ВИ.

МРТ ОГК обеспечила визуализацию патологии легких во всех случаях, при этом протяженность патологического очага на МРТ изображении в T2-ВИ была на 14–19% больше, чем на СРКТ. Корреляция вычисленного объема пораженной ткани легкого между СРКТ и МРТ ОГК составила $r = 0,95$ ($p < 0,001$). Величины объема пораженной ткани в T1ВИ и T2ВИ между собой при межгрупповом сравнении не различались и коррелировали сильно и достоверно, $r = 0,985$ ($p < 0,001$). МРТ в DWI режиме показала в выявлении COVID-поражения легких чувствительность 81% (38/47). Продолжительность DWI во всех случаях была более 6 мин, более чем вдвое дольше всех других протоколов МРТ вместе взятых. Объем плеврального выпота, хорошо видимый при помощи T2ВИ, во всех наших случаях не превышал 100 мл. При проспективном наблюдении у 8 пациентов с COVID-19, МРТ ОГК позволила во всех случаях доказательно визуализировать процесс выздоровления, с уменьшением или полным регрессом компонента экссудации.



Заключение. МРТ органов грудной клетки с дыхательной синхронизацией или с задержкой дыхания может использоваться для ранней диагностики воспалительных поражений легких при COVID-вирусных пневмониях и их последующем проспективном контроле, не сопровождается лучевой нагрузкой и высокодостоверно коррелирует с результатами СРКТ грудной клетки как современного стандарта диагностики пневмоний.

Ключевые слова: пневмонии, вирусные пневмонии, COVID-19, МРТ легких, ранняя диагностика, контроль лечения

Авторы подтверждают отсутствие конфликтов интересов.

Для цитирования: Усов В.Ю., Нуднов Н.В., Игнатенко Г.А., Гуляев В.М., Первак М.Б., Шелковникова Т.А., Дубовая А.В., Берген Т.А. Первичная и проспективная визуализация грудной клетки при магнитно-резонансной томографии у пациентов с вирусным поражением легких при COVID-19. *Медицинская визуализация*. 2020; 24 (4): 11–26. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-2020-4-11-26>

Поступила в редакцию: 01.12.20.

Принята к печати: 07.12.20.

Опубликована online: 10.12.2020.

Primary and prospective imaging of the chest using magnetic resonance imaging in patients with viral lung damage in COVID-19

© Wladimir Yu. Usov^{1*}, Nikolay V. Nudnov², Grigory A. Ignatenko³, Vsevolod M. Gulyaev¹, Marina B. Pervak³, Tatiana A. Shelkovnikova¹, Anna V. Dubovaya³, Tatiana A. Bergen⁴

¹ Institute of Cardiology of the Tomsk National medical research center of the Russian Academy of Sciences; 111-A, Kievskaya str., Tomsk 634012, Russian Federation

² Russian Scientific Center of Roentgenoradiology of the Ministry of Health of Russia; 86, Profsoyusnaya str., Moscow 117997, Russian Federation

³ M. Gorky Donetsk National Medical University; Ilyicha prosp., 16, Donetsk 283003, Russian Federation

⁴ National research Center – Academician E.N. Meshalkin State Research Institute of Circulation Pathology; 15, Rechkunovskaya str., Novosibirsk 630055, Russian Federation

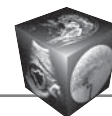
Purpose of the study. Basing on the previously obtained results on the proven high efficiency of magnetic resonance imaging (MRI) of the chest organs in the visualization of major lung diseases, in the current period of mass incidence of viral pneumonia (VP) caused by COVID-19, we tried to study the possibility of using MRI OGK to image lung damage in this pathology both in primary detection and for follow-up reconvalescence control.

Material and methods. MRI of the chest in T1 -, T2-weighted modes (T1-w, T2-w), also with fat suppression, diffusion-weighted, STIR-modes, in the axial and frontal planes, with breath holding, or with automatic synchronization of acquisition with breathing was carried-out in 47 patients with VP of various severity, 32 of them were confirmed by PCR as COVID-19, all did have a clinic of pneumonia. The control group comprised 15 volunteers, of them 8 non-smokers, and 7 smokers. In 18 patients, an CT study of the chest was also performed, with a step of 0.5–1.25 mm, with full coverage of the chest and reconstruction of axial and frontal slices, with a comparison of MRI and CT of the chest. In 8 patients, MRI of the chest was then performed again, for follow-up control of clinical recovery. There were no deaths among our patients

Results. The duration of a complete MRI examination of the chest was less than 25 minutes in all cases (21 ± 4 minutes on average), and less than 10 minutes in the chest CT. In all cases, MRI imaging of the affected area was achieved using a group of MRI protocols, which included axial T1-w and axial and frontal T2-w, and lasted < 12 minutes, counting the time for laying the patient.

In normal patients without pathology of the lungs, not smoking, the lung was visualized as a diffuse homogeneous air region with a minimum share interstitial and vascular space. In patients - smokers, lung MRI was slightly enhanced in the dorsal parts of both lungs, disorders of airiness and interstitial exudative changes weren't present. In the acute phase of the disease, pulmonary ventilation disorders and interstitial exudative changes that form the morphological basis of lung damage in COVID-19 were visualized as local, corresponding to the location and nature (sub-segmental, segmental, polysegmental) of the pathological focus, both T1-w and T2-w modes.

MRI of the chest provided diagnosis of lung pathology in all cases, while the extent of the pathological focus on the MRI image in T2-w was 14–19% greater than on the CT. The correlation of the calculated volume of affected lung tissue between CT and MRI of the chest was as high as $r = 0.95$ ($p < 0.001$). The values of the volume of the affected tissue in T1-w and T2-w did not differ from each other in the intergroup comparison and correlated strong-



ly and reliably, $r = 0.985$ ($p < 0.001$). MRI in DWI mode showed a sensitivity of 81% (38/47) in detecting COVID-lung lesions. The duration of DWI in all cases was more than 6 minutes, more than twice as long as all other MRI protocols together. The volume of pleural effusion, clearly visible with T2-VI, in all our cases did not exceed 100 ml. In a prospective follow-up of 8 patients with COVID-19, chest MRI provided evidence-based visualization of the recovery process in all cases, with a decrease or complete regression of the exudation component.

Conclusion. MRI of the chest with respiratory synchronization or with breath-holding can be used for early diagnosis of inflammatory lung lesions in COVID-viral pneumonia and for subsequent follow-up control, is not accompanied by radiation exposure and closely correlates with the results of chest CT recruited as a modern standard for the diagnosis of pneumonia.

Keywords: pneumonia, virus pneumonia, COVID-19, MRI of lungs, early diagnosis, follow-up, control of treatment

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

For citation: Ussov V.Yu., Nudnov N.V., Ignatenko G.A., Gulyaev V.M., Pervak M.B., Shelkovnikova T.A., Dubovaya A.V., Beregen T.A. Primary and prospective imaging of the chest using magnetic resonance imaging in patients with viral lung damage in COVID-19. *Medical Visualization*. 2020; 24 (4): 11–26.

<https://doi.org/10.24835/1607-0763-2020-4-11-26>

Received: 01.12.20.

Accepted for publication: 07.12.20.

Published online: 10.12.2020.

Введение

Высокая частота поражений легких у пациентов с вирусной инфекцией COVID-19, в том числе с развитием вирусной пневмонии (ВП), тяжелых степеней дыхательной недостаточности, приводящая к социально значимым повышением смертности [1], необходимость как можно более детальной характеристики патологических изменений органов грудной клетки (ОГК) и, в частности, легких при этом заболевании [2] составляют сегодня одну из важнейших медико-социальных и одновременно – медико-технических проблем. Методом выбора в первичной диагностике поражений легких при COVID-19 сегодня общепринята спиральная рентгеновская компьютерная томография (СРКТ) ОГК. Необходимое зачастую по клиническому состоянию повторное многократное выполнение СРКТ легких у пациентов с вирусными пневмониями (ВП) критически ограничено ее неизбежной и значительной лучевой нагрузкой [3]. Возможности ультразвукового исследования ограничиваются визуализацией периферических отделов легких, без полной пространственной картины состояния ОГК [4]. Другие методы томографической визуализации легких, альтернативные или дополнительные к СРКТ, в ходе нынешней эпидемии ВП пока в заметной степени не рассматриваются, что несколько парадоксально, учитывая многократно подтвержденные огромные возможности ОФЭКТ в визуализации механизмов легочного воспаления, перфузионных и вентиляционных нарушений [5, 6]. Детального клиникорентгенологического опыта использования МРТ для визуализации ОГК при COVID-19 в отечественной и мировой литературе пока в достаточной степени не представлено, хотя первые сообщения, подтвердившие диагностическое значение МРТ ОГК при COVID-19 последовали в отечествен-

ной литературе в первые месяцы начала пандемии [7, 8, 9]. Еще в начале 2000-х было исчерпывающе и на значительном и тщательно отобранном материале доказана высокая эффективность МРТ ОГК в визуализации важнейших заболеваний легких [10, 11]. Поэтому в нынешний период массовой заболеваемости ВП, вызванной COVID-19, мы попытались изучить возможность использования МРТ ОГК для визуализации поражения легких при этой патологии как в аспекте первичного выявления, так и для проспективного контроля ремиссии.

Материал и методы

В условиях стационаров и амбулаторного приема Москвы, Донецка, Новосибирска и Томска в период весны-лета-осени 2020 г. методом МРТ ОГК было обследовано 47 пациентов с ВП различной тяжести, из них на момент или впоследствии у 32 был вирусологически средствами ПЦР подтвержден факт инфицирования COVID-19, у всех имела место клиника пневмонии. В качестве контрольных условно здоровых было обследовано 15 медиков – добровольцев сходного возраста, из них 8 некурящих, и 7 – курящих, с ежегодными эпизодами бронхита. Исследование у больных было выполнено в течение двух дней после первичного обращения, до начала активной терапии патологии. У 21 пациента отмечалось снижение насыщения капиллярной крови по кислороду (pO_2) менее 95%, в том числе у 8 – менее 90%.

МРТ-исследование ОГК выполнялось всем пациентам на МРТ-сканерах Toshiba Titan Vantage 1,5 T (Canon Medical), Ingenia 1,5 T и Ingenia Ambition 1,5T (Philips Medical), Magnetom Open (Siemens Medical) и A3-300 (A3) в T1-, T2-взвешенных режимах (T1ВИ, T2ВИ), в том числе с подавлением сигнала от жира, диффузионно-взвешенном, STIR-режимах, в аксиальных и фронтальных пло-

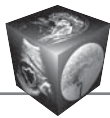


Таблица. Параметры протоколов МРТ, использованные в настоящем исследовании при визуализации поражений легких при ВП, вызванной COVID-19

Table. Parameters of MRI protocols employed in this study for lung imaging in virus pneumonia induced by COVUD

Протоколы и расположение срезов Protocols and position of slices	Матрица, размеры поля зрения Matrix and FoV extent	Временные показатели эхо и повторения Times of repetition and of echo	Синхронизация записи с физиологическими сигналами Synchronization of acquisition with physiologic signals	Общая продолжительность исследования на сканере 1,5 T Overall time length when using 1,5 T scanner
Аксиальный, T1-взв. Axial T1-w	256 × 256 42 × 42 см	TR = 500–1900 мс TE = 15–32 мс	С дыханием Breath-synchronized	До 3 мин 40 с
Аксиальный, T2-взв. Axial T2-w	256 × 256 42 × 42 см	TR = 3000 мс TE = 90 мс	С дыханием, либо задержка дыхания Breath-synchronized or breath-holding	До 3 мин 40 с
Фронтальный, T1-взв. Coronal T1-w	256 × 392, 256 × 256; 42 × 42 см	TR=500–1900 мс TE=15–32 мс	Задержка дыхания Breath-holding	До 2 мин 20 с
Фронтальный, T2-взв. Coronal T2-w	256 × 392, 256 × 256; 42 × 42 см	TR = 3000 мс TE = 90 мс	С дыханием Breath-synchronized	До 2 мин 30 с

скостях, с задержкой дыхания, или с автоматической синхронизацией записи с дыханием по соответствующему датчику грудной клетки. Параметры основных протоколов, использованных для визуализации ОГК в нашем исследовании, представлены в таблице.

У 18 пациентов также с помощью 16–128 рядных спиральных рентгеновских томографов Philips Brilliance (Philips Medical), Somatom Definition (Siemens Medical) и КТР-64 (НПФ Электрон, Санкт-Петербург) с шагом 0,5–1,25 мм, с полным охватом грудной клетки и последующей реконструкцией аксиальных и фронтальных томосрезов, с сравнением результатов МРТ и СРКТ исследований ОГК.

У 8 пациентов МРТ ОГК была затем выполнено повторно, для томографического контроля клинического выздоровления. Умерших среди наших пациентов не было и морфологического подтверждения состояния ткани легких не имелось ни в одном случае.

Статистический анализ результатов выполнялся с использованием пакета прикладных программ Origin 6.1 (OriginLab, Техас).

Результаты

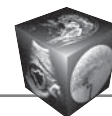
Продолжительность полного МРТ-исследования ОГК составила во всех случаях менее 25 мин (в среднем 21 ± 4 мин), что весьма уступало скорости СРКТ ОГК, при которой ни разу длительность, с учетом укладки пациента, не была больше 10 мин. Во всех случаях полный охват и полноценная диагностическая визуализация пораженной области достигалась уже при использовании

т.н. рациональной группы протоколов МРТ органов грудной клетки, которая включала в себя Т1ВИ в аксиальных срезах и Т2ВИ в аксиальных и фронтальных срезах, полученные на задержке дыхания на вдохе, либо с синхронизацией по дыханию, и длилась менее 12 мин, считая время на укладку и подъем пациента после исследования. Ни разу не было случая, когда МРТ ОГК было бы не завершено по субъективным причинам невозможности сохранять положение лежа, выполнять команды на краткую задержку дыхания и подобным.

В норме, у обследованных без патологии легких, не куривших, паренхима легких визуализировалась как диффузно-однородная область с сохраненной воздушностью и минимальной долей интерстициального и сосудистого пространства, без признаков узловой или диффузно-инфильтративной патологии, без наличия жидкости в плевральных карманах, при отсутствии расширения и смещения пищевода и нормальных сосудистых и воздухоносных структур средостения и собственно сердца и сердечной сумки (рис. 1 а–г).

У обследованных-курильщиков, неоднократно переносивших бронхиальные воспалительные заболевания, легочной рисунок МРТ ОГК оказывался незначительно усилен в дорсальных участках обоих легких, но при этом нарушения воздушности и интерстициальные экссудативные изменения отсутствовали (рис. 2).

В трех случаях мы наблюдали отсутствие каких либо патологических изменений МРТ картины легких на Т1ВИ при минимальных (сомнительных) мелкоочаговых неоднородностях изображения



на T2ВИ при повторных положительных тестах ПЦР на COVID-19 у клинически асимптомных пациентов, как представлено на рис. 3. Все трое были молодыми людьми до 35 лет, спортсменами.

В острой фазе заболевания нарушения легочной вентиляции и интерстициальные экссудативные изменения, составляющие морфологическую основу поражения легких при COVID-19 [2] визуализировались как локальное, соответствующее расположению и характеру (субсегментарное, сегментарное, полисегментарное) патологического очага усиление как T1ВИ, так и T2ВИ, как можно видеть на рис.4–6.

MPT ОГК обеспечила визуализацию патологии легких во всех случаях, в частности, очаговые субсегментарные поражения размерами более 15 мм визуализировались во всех случаях одновременно средствами MPT и СРКТ ОГК. При этом протяженность патологического очага на MPT изображении в T2ВИ была несколько больше, чем на СРКТ-скане. Типичные примеры соотношения визуальной картины поражения легких ВП COVID-19 представлен на рис. 7, 8, а результаты корреляционного анализа размеров патологических очагов на изображениях СРКТ и MPT ОГК – на рис. 9.

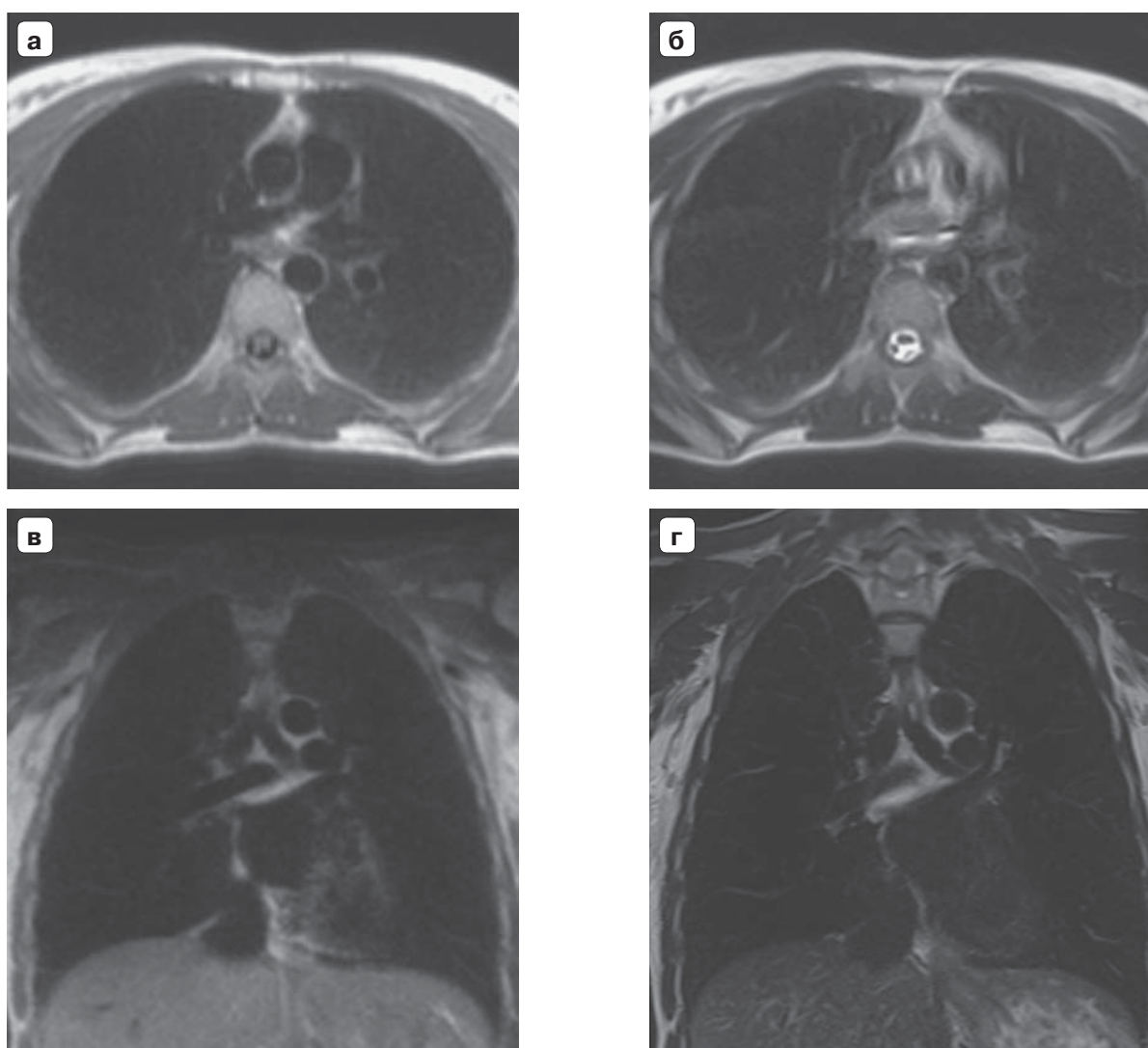


Рис. 1. Картина T1ВИ и T2ВИ MPT ОГК у здоровой обследованной без анамнеза курения и воспалительных поражений легких и бронхиальной системы. На момент исследования $pO_2 = 99\%$. Верхний ряд – аксиальные томограммы, нижний ряд – томограммы в фронтальной плоскости. **а, в** – MPT ОГК в T1ВИ; **б, г** – в T2ВИ.

Fig. 1. The picture of T1-w and T2-w MRI of chest in a healthy lady without a history of smoking and inflammatory lesions of the lungs and bronchial system. At the time of the study, $pO_2 = 99\%$. The upper row -axial tomograms, the lower row-tomograms in the frontal plane. **а, в** – T1-w MRI of the chest; **б, г** – T2-w MRI.

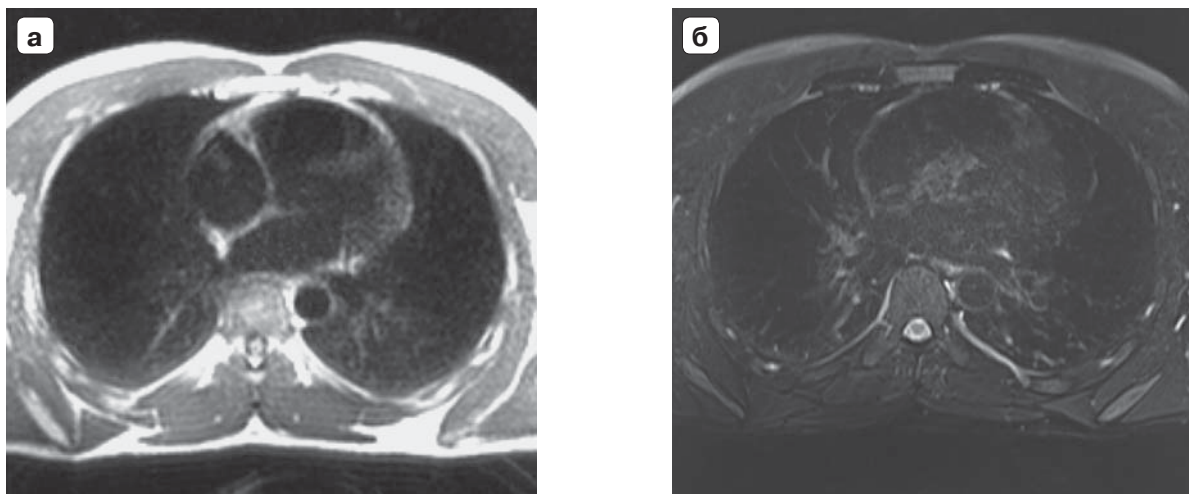
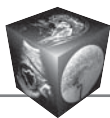


Рис. 2. T1ВИ (а) и T2ВИ с подавлением сигнала от жировой ткани (б) МРТ ОГК у клинически здорового пациента с ПЦР-подтвержденным отсутствием заражения COVID-19, длительно, более 15 лет, курящего более 5 сигарет в день. Обращает внимание усиление легочного рисунка в дорсальных участках обоих легких. На момент исследования $pO_2 = 98\%$.

Fig. 2. T1-w (a) and T2-w with suppression of the signal from fat (б) MRI of the chest in a clinically healthy patient with PCR-confirmed absence of COVID-19 infection, for a long time, more than 15 years, smoking more than 5 cigarettes a day. Attention is drawn to the strengthening of the pulmonary pattern in the dorsal areas of both lungs. At the time of the study, $pO_2 = 98\%$.

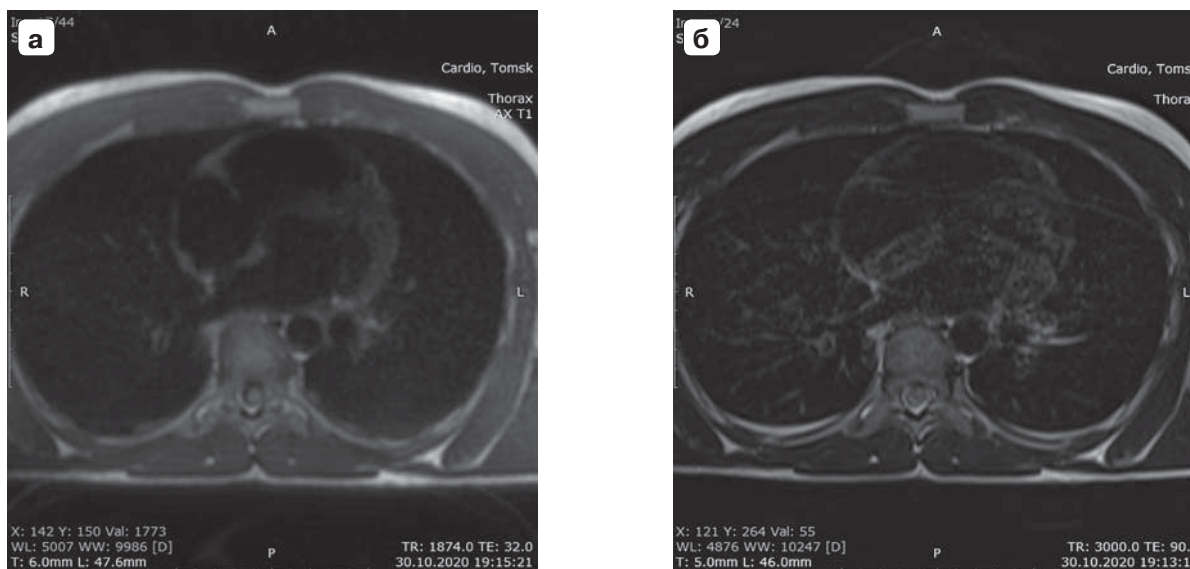


Рис. 3. Картина аксиальных томографических срезов МРТ-исследования в T1ВИ (а) и T2ВИ (б) у клинически бессимптомного молодого обследованного с ПЦР-подтвержденным инфицированием COVID-19. На T1ВИ МРТ (а) – без видимой патологии. На T2ВИ МРТ – признаки минимального мелкоочагового (все менее 12 мм) и перибронхиального усиления изображения. На момент исследования $pO_2 = 98\%$.

Fig. 3. The picture of axial tomographic slices of the MRI study in T1-w (a) and T2-w (б) in a clinically asymptomatic young subject with PCR – confirmed COVID-19 infection. On T1-w MRI (a) – without visible pathology. On T2-w MRI-signs of minimal fine-focal (less than 12 mm) and peribronchial infiltration. At the time of the study, $pO_2 = 98\%$.

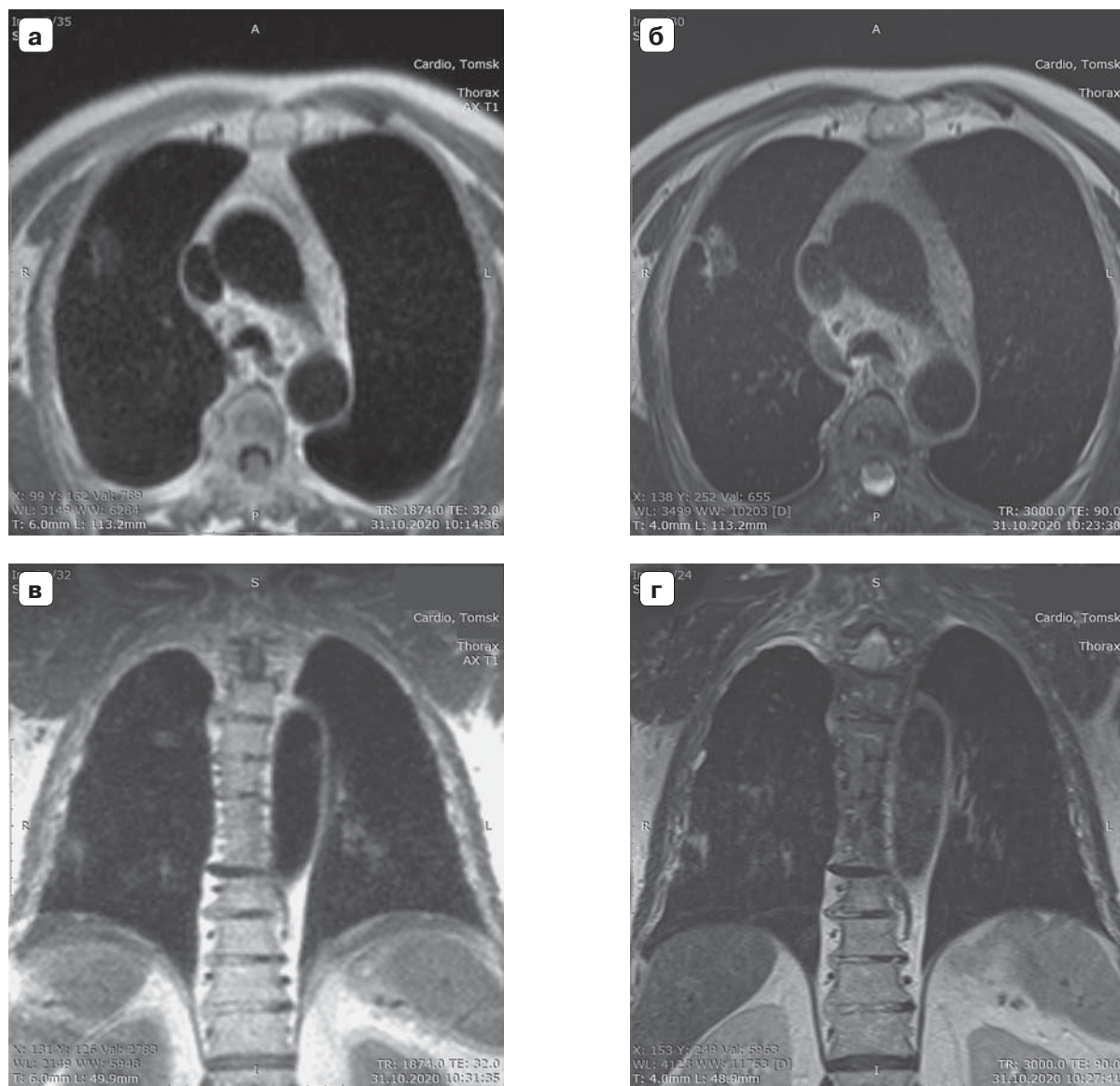
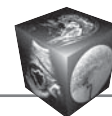


Рис. 4. Картина МРТ органов грудной клетки в Т1-ВИ (а, в) и Т2-ВИ (б, г) в аксиальных (верхний ряд) и фронтальных (нижний ряд) срезах, у пациента с краткосрочным – в течение двух суток – подъемом температуры тела до 38,2 °С и ПЦР-подтвержденным заражением COVID. Мелкоочаговые множественные участки по типу “матового стекла”, преимущественно в правом легком, с суммарным (по левому и правому легкому) вовлечением до 5% объема легких. На момент исследования $pO_2 = 98\%$.

Fig. 4. MRI of the chest organs in T1-w (а, в) and T2-w (б, г) in axial (upper row) and frontal (lower row) sections, in a patient with a short – term – within two days – rise in body temperature to 38.2 °C and PCR-confirmed COVID-19 infection. Small-focal multiple areas of the “frosted glass” type, mainly in the right lung, with total (left and right lung) involvement of up to 5% of the lung volume. At the time of the study, $pO_2 = 98\%$.

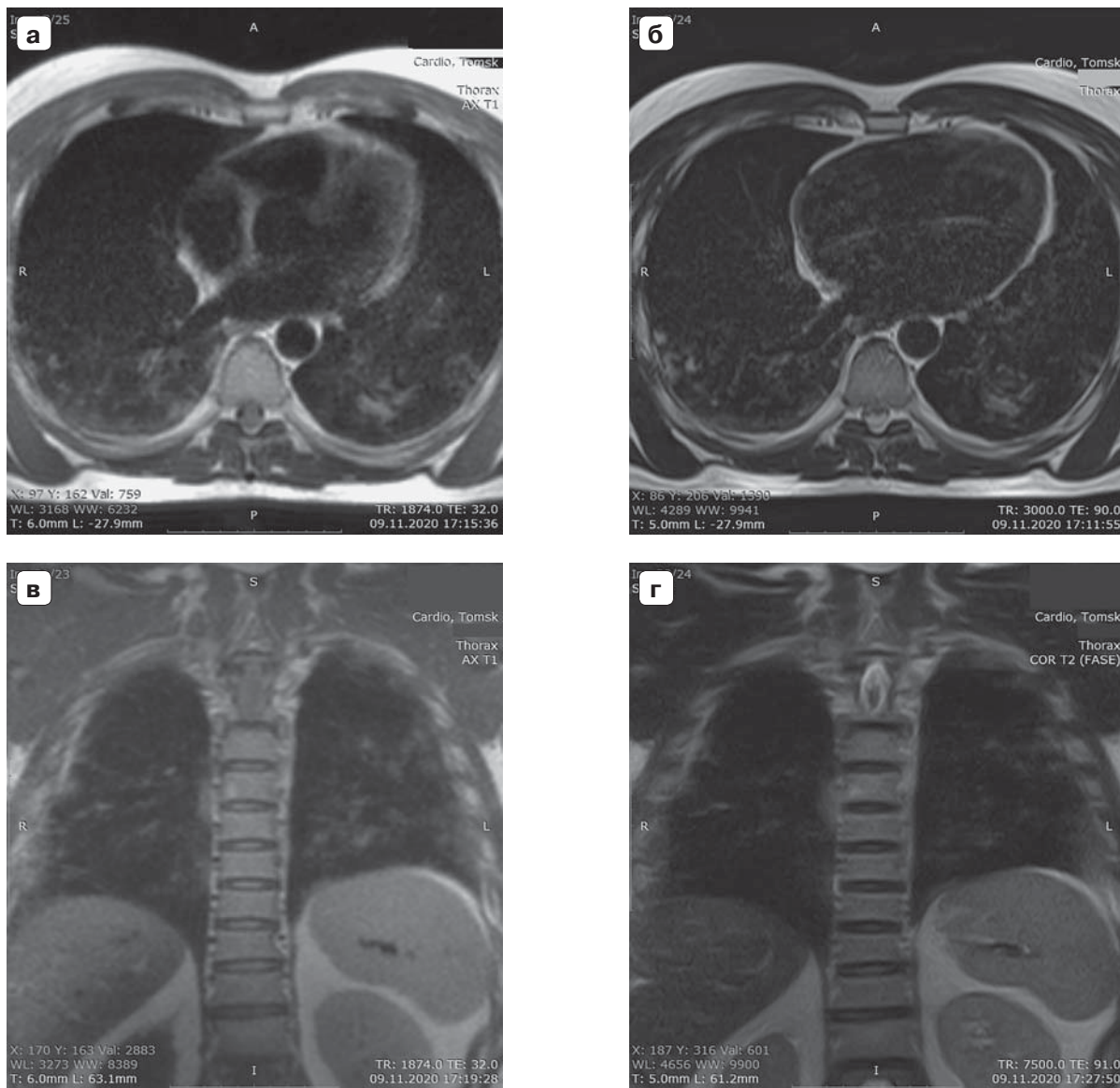
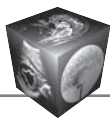


Рис. 5. Картина МРТ ОГК в T1ВИ (а, в) и T2ВИ (б, г) в аксиальных (верхний ряд) и фронтальных (нижний ряд) срезах при COVID-поражении легких с вовлечением до 25–28% объема легких, при расчете по аксиальным T1ВИ МРТ. На момент обследования сочетание гипертермии – до 39,3 °С, и снижения насыщения крови по кислороду pO_2 до 91%.

Fig. 5. MRI picture of chest in T1-w (а, в) and T2-w (б, г) in axial (upper row) and frontal (lower row) sections in COVID-lung lesions involving up to 25–28% of lung volume, when calculated using axial T1-w MRI. At the time of examination, the combination of hyperthermia up to 39.3 °C, and a decrease in blood oxygen saturation pO_2 down to 91%.

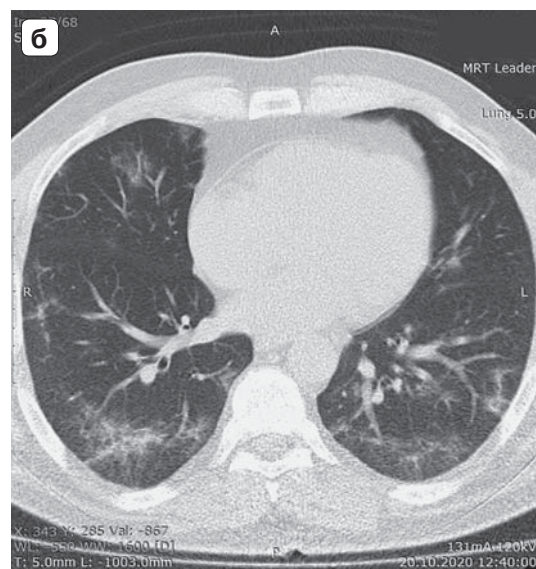
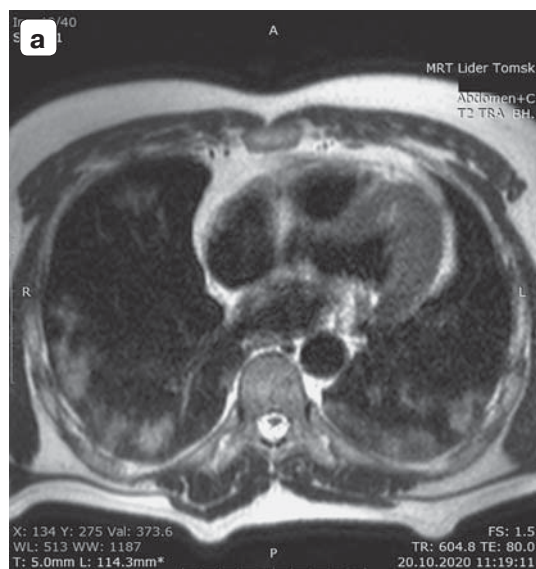
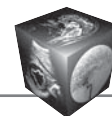


Рис 6. Сравнительная картина поражения легких при COVID-19, при визуализации T2ВИ МРТ (а) и СРКТ (б). Поражение с вовлечением до 21% объема по T2ВИ МРТ и до 17% по СРКТ.

Fig. 6. Comparative picture of lung lesion in COVID-19, when visualizing T2-w MRI (a) and chest CT (b). Lesion involving up to 21% of the volume on T2-w MRI and up to 17% on CT.

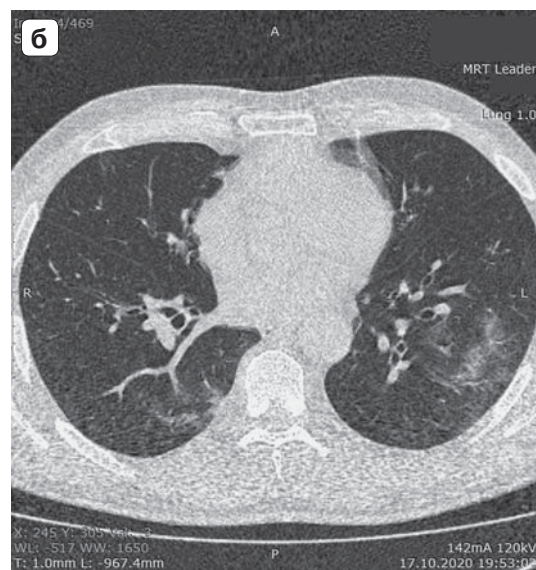
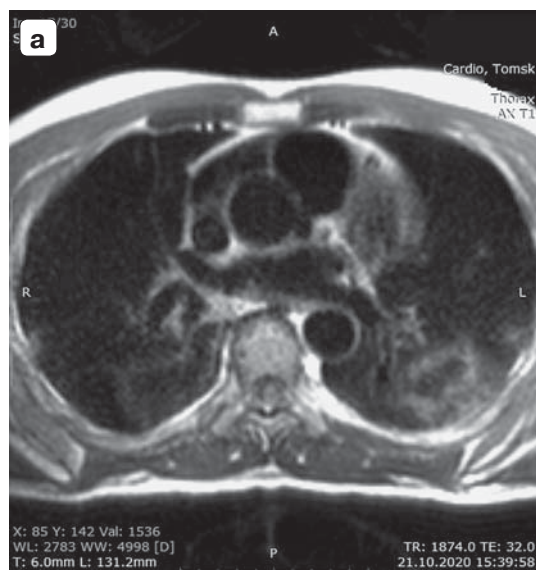


Рис. 7. Сравнение аксиальных томографических срезов T1ВИ МРТ (а) и СРКТ(б) органов грудной клетки пациента с двусторонней полисегментарной пневмонией и ПЦР-подтвержденным заражением вирусом COVID-19. Хорошо видны анатомически близкие, но не конгруэнтные очаги пневмонии в задних отделах обоих легких, при этом визуализируемый объем патологического процесса на МРТ-изображении заметно больше, чем на СРКТ (до 16,2% против 11,7%).

Fig. 7. Comparison of axial tomographic sections of T1-w MRI (a) and CT (b) of the chest organs of a patient with bilateral polysegmental pneumonia and PCR-confirmed infection with the COVID-19 virus. Anatomically close, but not congruent, foci of pneumonia in the posterior parts of both lungs are clearly visible, while the visualized volume of the pathological process on the MRI image is noticeably larger than on the CT (up to 16.2% vs. 11.7%).

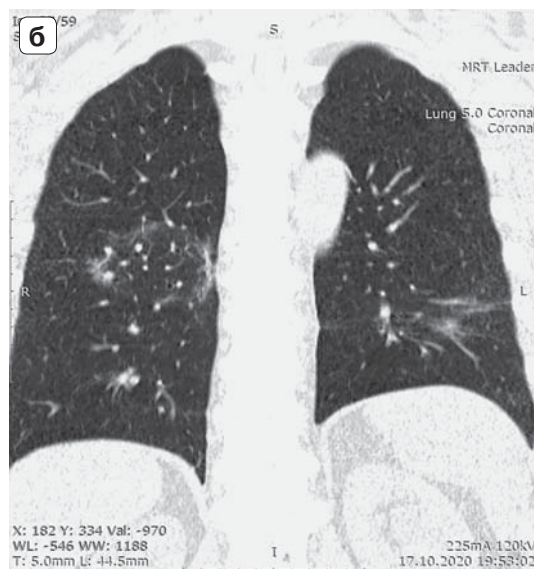
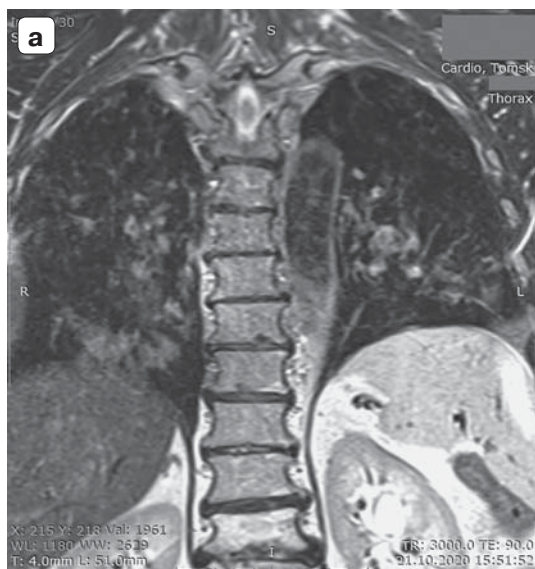
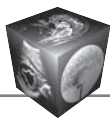


Рис. 8. Тот же пациент, что и на рис. 7, сравнение фронтальных томографических срезов T2-ВИ МРТ (а) и СРКТ (б). Фронтальные срезы задних отделов легких, на уровне середины тел позвонков грудного отдела позвоночника. Хорошо видны очаги пневмонии, объем патологического процесса на МРТ-изображении заметно больше чем на СРКТ.

Fig. 8. The same patient as in Fig. 7, comparison of frontal tomographic sections of T2-w MRI (a) and CT (b). Frontal slices of the posterior parts of the lungs, at the level of the mid of vertebral bodies of the thoracic spine. Foci of pneumonia are clearly visible, the volume of the pathological process on the MRI image is noticeably larger than on the CT.

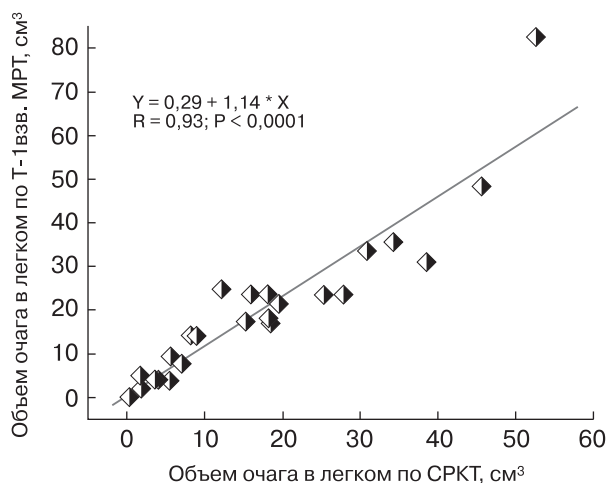
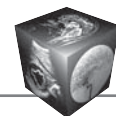


Рис. 9. Корреляция объемов очагов поражения паренхимы легких, определенных по данным СРКТ и по Т1ВИ МРТ в аксиальных плоскостях. Представлены случаи с временем между исследованиями менее полутора суток.

Fig. 9. Correlation of volumes of foci of lung parenchymal lesions determined by CT data and T1-w MRI in axial planes. Only cases with a time between studies of less than one and a half days are employed.

При этом результаты двух методов были тесно связаны и корреляция размеров зоны поражения и вычисленного объема пораженной ткани легкого между СРКТ и МРТ ОГК составила $r = 0,95$ ($p < 0,001$), как представлено на рис. 9. Величины объема пораженной ткани в T1- и T2- взвешенном изображении между собой при межгрупповом сравнении не различались и коррелировали сильно и достоверно, в частности $r = 0,985$ ($p < 0,001$).

Таким образом, МРТ ОГК позволяла визуализировать поражение легких в полном объеме и в оптимальной последовательности включала в себя T1ВИ и T2ВИ (с подавлением сигнала жира) протоколы, с синхронизацией по дыханию в аксиальных плоскостях, а также T2-взв. в фронтальных плоскостях с задержкой дыхания (длительность задержки 8 с), занимала менее 12 мин. “Протоколом выбора” – минимальным, обеспечивавшим визуализацию наличия ВП и оценку объема поражения, был T2-взв. протокол с синхронизацией по дыханию, или с задержкой дыхания, в аксиальных плоскостях, который позволял ответить на основные диагностические вопросы даже



в одиночку, на случай если бы исследование было прервано из-за невозможности пациента его продолжать.

МРТ в диффузионно-взвешенном режиме также показала в целом удовлетворительные результаты в выявлении COVID-поражения легких, с чувствительностью 81% (38/47) относительно СРКТ. Типичный пример исследования с хорошо видимой визуализацией поражения легочной ткани на T1- и T2-взвешенном исследовании и на диффузионно-взвешенном ($b = 800$) можно видеть на рис. 10. Однако продолжительность диффузи-

онно-взвешенного исследования во всех случаях была более 6 мин, более чем вдвое дольше всех других протоколов МРТ-исследования вместе взятых. Объем плеврального выпота, видимый при помощи T2ВИ, во всех случаях не превышал 100 мл.

При проспективном наблюдении у 8 пациентов с COVID-19, МРТ ОГК позволила во всех случаях доказательно визуализировать процесс выздоровления, с уменьшением или полным регрессом компонента экссудации. Типичный пример положительной динамики – ремиссии при ВП, вызванной COVID-19, можно видеть на рис. 11.

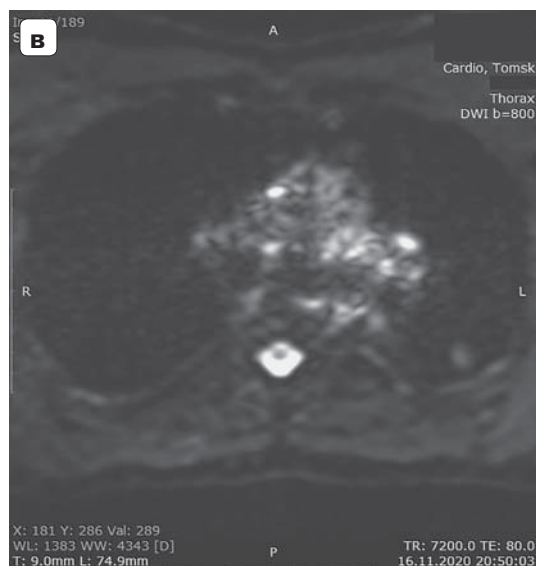
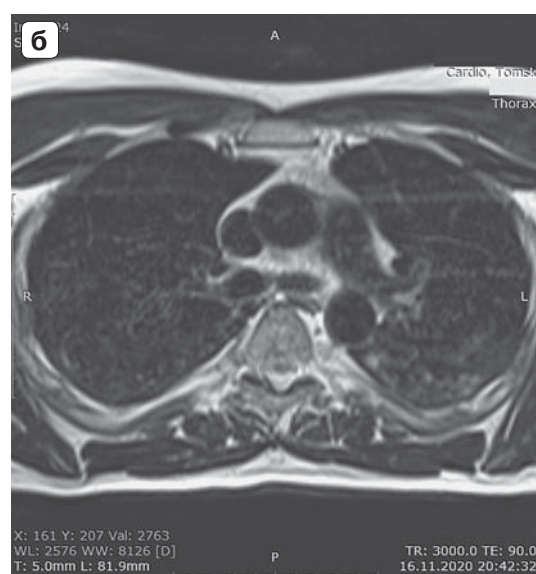
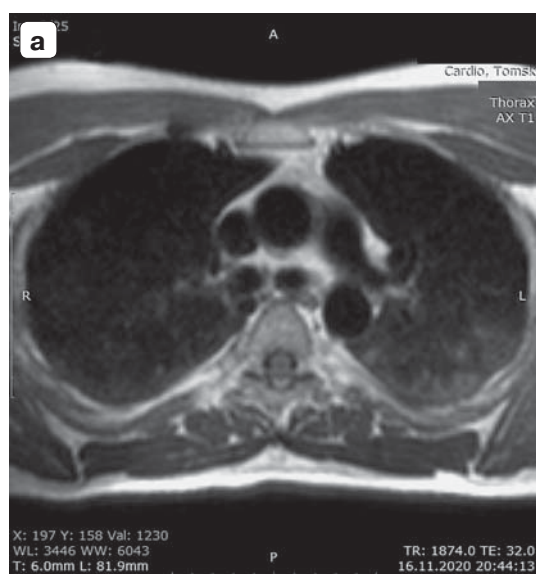


Рис.10. Типичный случай соотношения изображения пневмонического очага поражения – в задних отделах левого легкого, при МРТ ОГК у пациента с пневмонией и положительной пробой на COVID-19, в режимах T1ВИ (а), T2ВИ (б) и в диффузионно-взвешенном режиме с фактором $b = 800$ (в). Можно видеть лучшее разрешение по интенсивности и более протяженную область поражения, визуализированную с помощью T1ВИ, нежели чем T2ВИ МРТ и диффузионно-взвешенный режим.

Fig. 10. A typical case of correlation between images of pneumonic lesion in the posterior region of left lung, chest MRI in a patient with pneumonia and positive COVID-19 test, in modes T1-w (a), T2-w (б) and diffusion-weighted with factor $b = 800$ (в). You can see the best resolution in intensity and more extensive involved area, visualized using T1-w than T2-w MRI and diffusion-weighted mode.

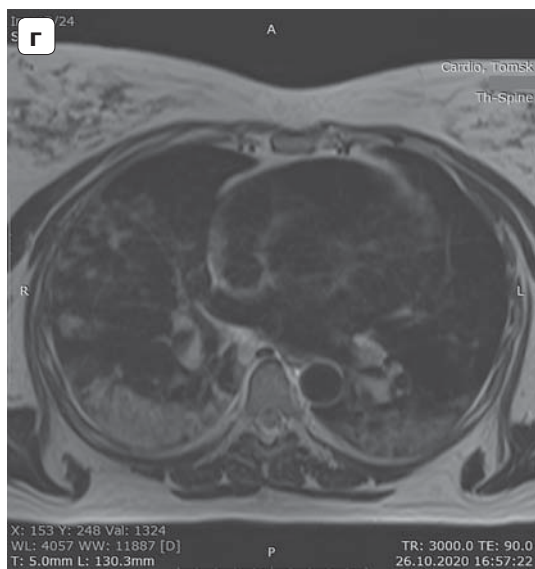
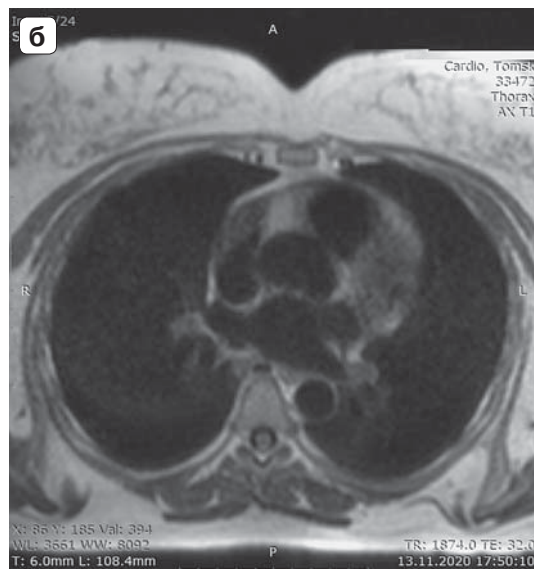
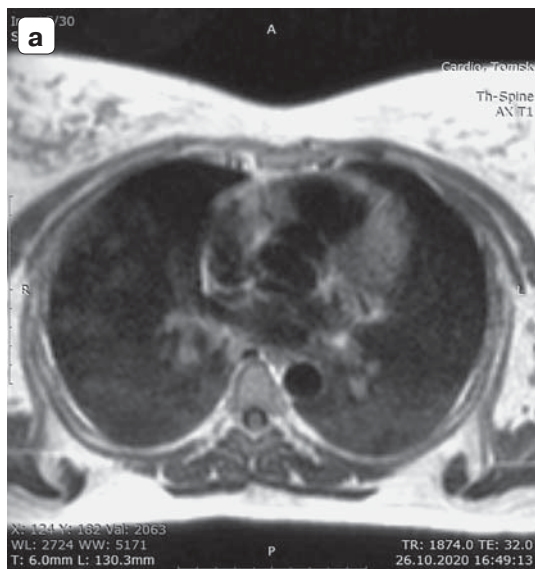
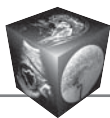


Рис. 11. МРТ ОГК в проспективном контроле состояния легких в динамике лечения пациентки с массивной двусторонней полисегментарной пневмонией, вызванной COVID-19 (подтверждено ПЦР). Сравнение картины аксиальных срезов МР-томограмм грудной клетки на уровне нижних легочных вен – предсердий, в T1ВИ – верхний ряд, и в T2ВИ – нижний ряд; представлены изображения в момент разгара заболевания (температура тела 39,2 °С, $pO_2 = 92\%$, объем пораженной ткани до 23–27% объема легких) – **а, в**, и спустя 11 дней (температура тела 36,8 °С, $pO_2 = 98\%$, объем пораженной ткани менее 5% объема легких) – **б, г**. Очевиден выраженный регресс, практически полное исчезновение признаков поражения легких.

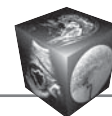
Fig. 11. MRI of chest in prospective monitoring of lungs in the follow-up of treatment of a patient with massive bilateral polysegmental pneumonia caused by COVID-19 (confirmed by PCR). Comparison of the picture of axial sections of chest MRI at the level of the lower pulmonary veins – atrii, in T1-w mode in the upper row, and in T2-w mode in lower row; images are presented at the top of

disease (body temperature 39.2 °С, $pO_2 = 92\%$, the volume of affected tissue up to 23–27% of the lung volume) – **а, в**, and in 11 days later (body temperature 36.8 °С, $pO_2 = 98\%$, the volume of affected tissue less than 5% of the lung volume) – **б, г**. Prominent regression is evident, with almost complete disappearance of signs of lung damage.

Обсуждение

Ранее, еще в начале 2000 г. один из авторов этой работы (НВН) на обширном клиническом материале сформулировал заключение, что МРТ явится наиболее адекватным средством проспективного контроля состояния легких при широком круге заболеваний [10, 11]. Это вполне убедительно было подтверждено позже в случае использования МРТ для диагностики и контроля эффективности терапии рака легкого [12–15]. Для случая пневмоний различного, в том числе и вирусного генеза, МРТ ОГК оказалась в целом не уступающей СРКТ по диагностическим показателям, и по-

зволяет адекватно оценить степень вовлечения ткани легкого в воспалительный процесс, дифференцировать с другими поражениями [7, 10, 16]. В сложившейся социально – медицинской ситуации последних месяцев были опубликованы ряд подборок клинических наблюдений МРТ ОГК при COVID-связанных пневмониях [7–9]. При этом было отмечено, что, несколько уступая СРКТ в первичной диагностике ВП, в первую очередь за счет больших временных затрат, МРТ ОГК тем не менее имеет принципиальные преимущества в проспективном наблюдении за счет отсутствия лучевой нагрузки [9]. Вслед за нашими публика-



циями немецкие авторы на одиночных демонстративных случаях подтвердили целесообразность использования низко- и среднепольной МРТ ОГК при COVID-19 [17].

Наши результаты здесь показывают, что МРТ ОГК является вполне адекватной методикой первичного выявления и проспективной оценки при такой сегодня в высшей степени социально-важной патологии, как поражения легких при COVID-19. Существенным недостатком МРТ ОГК является довольно значительное время на исследование, как уже отмечалось выше. Поэтому неразумно пытаться позиционировать МРТ ОГК как метод – прямой конкурент СРКТ ОГК. Вероятно поэтому в зарубежной практике фокус применения МРТ при COVID-19 сосредоточен на выявлении постковидных миокардитов [18–20] и микроциркуляторных ишемических поражений мозга [21].

Но в то же время столь же необоснованно пытаться совершенно игнорировать возможности МРТ ОГК в тех случаях, когда проспективный анализ состояния легких необходим многократно, в первую очередь для коррекции лечения и ликвидации рисков возможных осложнений. Важно, что среди наших обследованных мы ни разу не встретили случая, когда бы патология была визуализирована средствами СРКТ, а МРТ оказалась бы бессильна и неинформативна.

Диагностические свойства МРТ ОГК и в целом, и в частном данном случае диагностики вирусных пневмоний при COVID-19, смогут быть заметно улучшены уже в недалеком будущем за счет разработки и оптимизации специализированных протоколов МРТ-визуализации структур грудной клетки с пространственной толщиной среза в 2–3 мм, а возможно и меньше, на что прямо указывалось как раз перед началом развернувшейся эпидемии COVID-19 [14, 15].

Особое значение имеет также дифференциация интерстициального и внутриальвеолярного компонентов экссудативных патологических процессов при воспалении в легочной ткани [22], а не только констатация ее патологической обводненности, стаза и затем формирования очагового фиброза. Учитывая, что в формирование МРТ-изображений легких свой вклад вносят не единственный параметр рентгеновской плотности ткани, как при СРКТ, а целый ряд – степень гидратации ткани, наличие стаза крови и/или свободных продуктов распада гемоглобина, формирование фиброза в исходе перенесенного воспаления, представляется логичным, что у наших пациентов объем зоны поражения на МРТ-сканах был больше, чем на СРКТ-изображениях (см. рис. 8, 9) на 10–15%, в первую очередь на Т2ВИ.

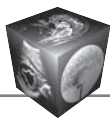
Вероятно, надежное решение проблемы дифференциации интерстициального и внутриальвеолярного компонентов экссудативных патологических процессов возможно на путях сочетания уже разработанных методик МРТ легких и апробируемой сегодня ингаляционной МРТ легких с мелкодисперсными аэрозолями парамагнетиков, которые напрямую позволили бы контрастировать вентилируемый объем легочной паренхимы.

Ранее сообщалось о принципиальной возможности визуализации дыхательного объема легких с помощью парамагнитных газообразных смесей фтора [23]. Однако, поскольку получение аэрозолей легких на основе комплексов ДТПА с радионуклидами и парамагнетиками несравнимо проще [5, 6], практическое внедрение вентилирующей МРТ ОГК с аэрозолями обычных парамагнитных контрастных препаратов может оказаться быстрее и доступнее. Разработка этой технологии нами завершается и в ближайшее время она также будет представлена как функциональное дополнение к анатомической СРКТ или МРТ-визуализации грудной клетки.

Однако уже достигнутые результаты испытания возможностей МРТ ОГК для первичной диагностики и проспективной оценки при вирусных пневмониях позволяют уверенно утверждать, что этот метод является надежным, нетрудным и необременительным для пациента в выполнении, и высокодостоверно коррелирующим с методом стандарта при вирусных пневмониях – СРКТ ОГК, но уступающим ей по длительности выполнения процедуры. Это подтверждает целесообразность использования МРТ ОГК при вирусных пневмониях как дополнительного метода, особенно при необходимости повторных многократных контрольных исследований, или как компонент арсенала исследовательских клинических технологий, крайне важных в современных исследованиях патофизиологии вирусных пневмоний и в объективизации результатов различных методов их лечения.

Заключение

МРТ органов грудной клетки с дыхательной синхронизацией или с задержкой дыхания может использоваться для ранней диагностики воспалительных поражений легких при COVID-вирусных пневмониях и их последующем проспективном контроле, как при нормальных, так и при сниженных показателях насыщения крови кислородом, не сопровождается лучевой нагрузкой и высокодостоверно коррелирует с результатами СРКТ грудной клетки как современного стандарта диагностики пневмоний.

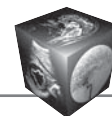


Список литературы

1. Чучалин А.Г. Пневмонии-2020. *Московская медицина*. 2020; S2 (36): 12–13.
2. Першина Е.С., Черняев А.Л., Самсонова М.В., Варясин В.В., Омарова Ж.Р., Перешивайлов С.О., Бережная Э.Э., Паршин В.В., Михайличенко К.Ю., Шилова А.С., Щекочихин Д.Ю., Гиляров М.Ю. Сопоставление рентгенологической и патоморфологической картины легких у пациентов с COVID-19. *Медицинская визуализация*. 2020; 24 (3): 37–53. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-2020-3-37-53>
3. Маткевич Е.И., Синицын В.Е., Зеликман М.И., Кручинин С.А., Иванов И.В. Основные направления снижения дозы облучения пациентов при компьютерной томографии. *Российский электронный журнал лучевой диагностики*. 2018; 8 (3): 60–73. <http://dx.doi.org/10.21569/2222-7415-2018-8-3-60-73>
4. Строкова Л.А., Егоров Е.Ю. Опыт проведения ультразвукового исследования легких при внебольничной пневмонии COVID-19. *Лучевая диагностика и терапия*. 2020; 11 (2): 99–106. <http://dx.doi.org/10.22328/2079-5343-2020-11-2-99-106>
5. Лишманов Ю.Б., Кривоногов Н.Г., Агеева Т.С. К вопросу о лучевой дифференцировке синдромо-сходной патологии легких. Возможности использования вентиляционно-перфузионной сцинтиграфии. *Лучевая диагностика и терапия*. 2010; 2 (1): 4–11.
6. Кривоногов Н.Г., Агеева Т.С., Мишустина Е.Л., Дубоделова А.В., Демьяненко Н.Ю., Дубоделов Е.Л. Интегральные и регионарные показатели вентиляционно-перфузионной пульмоносцинтиграфии у здоровых лиц. *Современные наукоемкие технологии*. 2008; 3: 15–17.
7. Усов В.Ю., Нуднов Н.В., Игнатенко Г.А., Фисенко А.Ю., Гуляев В.М., Марицкий С.В., Калюжин В.В., Лукьяненко П.И. Оценка поражения легких при внебольничных пневмониях по данным магнитно-резонансной томографии при первичной диагностике и в ходе лечения. *Медицинская визуализация*. 2020; 24 (2): 63–77. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-2020-2-63-77>
8. Цориев А.Э., Мешков А.В., Гиголаев Д.А., Кучиев З.О., Алиев Р.Х., Шарбузов А.А. Применение МРТ легких при COVID-19 инфекции. *Лучевая диагностика и терапия*. 2020; 11 (2): 49–57. <http://dx.doi.org/10.22328/2079-5343-2020-11-2-49-57>
9. Лесняк В.Н., Журавлева В.А., Аверьянов А.В. Возможности магнитно-резонансной томографии в диагностике поражений легких при COVID-19. *Клиническая практика*. 2020; 11 (2): 51–59. <https://doi.org/10.17816/clinpract34843>
10. Гамова Е.В., Нуднов Н.В. Магнитно-резонансная диагностика воспалительных заболеваний легких. *Медицинская визуализация*. 2006; 10 (5): 88–94.
11. Гамова Е.В., Нуднов Н.В. Возможности МРТ в дифференциальной диагностике периферического рака легкого воспалительных изменений. *Вестник рентгенологии и радиологии*. 2006; 4: 19–23.
12. Усов В.Ю., Белянин М.Л., Безлепкин А.И., Бородин О.Ю., Филимонов В.Д. Парамагнитное контрастирование опухолевых поражений легких Пентамангом 1,0 М в эксперименте. *Український радіологічний журнал*. 2010; 18 (3): 359–366.
13. Лукьяненко П.И., Усов В.Ю., Коломиец С.А., Мочула О.В., Миллер С.В. Возможности магнитно-резонансной томографии с контрастированием в диагностике рака легкого. *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2014; (11–3): 455–459.
14. Котляров П.М., Лагуева И.Д., Сергеев Н.И., Солодкий В.А. Магнитно-резонансная томография в диагностике заболеваний легких. *Пульмонология*. 2018; 28 (2): 217–233. <https://doi.org/10.18093/0869-0189-2018-28-2-217-233>
15. Ахадов Т.А., Гурьяков С.Ю., Ублинский М.В. Магнитно-резонансная томография в исследовании легких. *Медицинская визуализация*. 2019; 23 (4): 10–23. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-2019-4-10-23>
16. Коновалов В.К., Шойхет Я.Н. Магнитно-резонансная томография при некоторых заболеваниях грудной клетки. *Пульмонология*. 2003; 4: 57–62.
17. Heiss R., Grodzki D.M., Horger W., Uder M., Nagel A.M., Bickelhaupt S. High-performance low field MRI enables visualization of persistent pulmonary damage after COVID-19. *Magn. Reson. Imaging*. 2020 Nov 18; 76: 49–51. <http://dx.doi.org/10.1016/j.mri.2020.11.004>
18. Ho J.S., Sia C.H., Chan M.Y., Lin W., Wong R.C. Coronavirus-induced myocarditis: A meta-summary of cases. *Heart Lung*. 2020 Nov–Dec; 49 (6): 681–685. <http://dx.doi.org/10.1016/j.hrtlng.2020.08.013>
19. Citro R., Pontone G., Bellino M., Silverio A., Iuliano G., Baggiano A., Manka R., Iesu S., Vecchione C., Asch F.M., Ghadri J.R., Templin Ch. Role of multimodality imaging in evaluation of cardiovascular involvement in COVID-19. *Trends Cardiovasc. Med*. 2020; 9: 42–52. <https://doi.org/10.1016/j.tcm.2020.10.00>
20. Agricola E., Beneduce A., Esposito A., Ingallina G., Palumbo D., Palmisano A., Ancona F., Baldetti L., Pagnesi M., Melisurgo G., Zangrillo A., De Cobelli F. Heart and Lung Multimodality Imaging in COVID-19. *JACC Cardiovasc. Imaging*. 2020; 13 (8): 1792–1808. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcmg.2020.05.017>
21. Al Mazrouei SS, Saeed GA, Al Helali AA, Ahmed M. COVID-19-associated encephalopathy: Neurological manifestation of COVID-19. *Radiol. Case Rep*. 2020; 15 (9): 1646–1649. <http://dx.doi.org/10.1016/j.radcr.2020.07.009>
22. Климова Н.В., Гаус А.А., Шурыгина И.Л., Зинченко О.А., Крысан У.Б. Патология легких при ВИЧ-инфекции. *Вестник СурГУ. Медицина*. 2013; 1 (15): 10–15.
23. Павлова О.С., Волков Д.В., Гуляев М.В., Костромина М.С., Гервиц Л.Л., Анисимов Н.В., Пирогов Ю.А. Магнитно-резонансная визуализация легких на ядрах фтора-19 с применением газа перфторциклобутана. *Медицинская физика*. 2017; 4 (76): 59–64.

References

1. Chuchalin A.G. Pneumonias-2020. *Moscow medicine*. 2020; S2 (36): 12–13. (In Russian)
2. Pershina E.S., Cherniaev A.L., Samsonova M.V., Varyasin V.V., Omarova Z.R., Pereshivailov S.O., Berezhnaia E.E., Parshin V.V., Mikhailichenko K.Yu., Shilova A.S., Shchekochikhin D.Y., Gilyarov M.Y. Comparison of the CT patterns and pulmonary histology in patients with COVID-19. *Medical Visualization*. 2020; 24 (3): 37–53. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-2020-3-37-53> (In Russian)



3. Matkevich E.I., Sinitsyn V.E., Zelikman M.I., Kruchinin S.A., Ivanov I.V. Main directions of reducing patient irradiation doses in computed tomography. *REJR*. 2018; 8 (3): 60–73. <http://dx.doi.org/10.21569/2222-7415-2018-8-3-60-73> (In Russian)
4. Strokova L A, Egorov E Yu. Experience in conducting lung ultrasound in community-acquired pneumonia COVID-19. *Diagnostic radiology and radiotherapy*. 2020; 11 (2): 99–106. <http://dx.doi.org/10.22328/2079-5343-2020-11-2-99-106> (In Russian)
5. Lishmanov Yu.B., Krivonogov N.G., Ageeva T.S.. On X-ray differentiation of syndrome-like lung pathology. Abilities of ventilation – perfusion pulmonoscintigraphy. *Diagnostic radiology and radiotherapy*. 2010; 2 (1): 4–11. (In Russian)
6. Krivonogov N.G., Ageeva T.S., Mishustina E.L., Dubodelova A.V., Demyanenko N.Yu., Dubodelov E.L. Integral and regional indexes of ventilation – perfusion pulmonoscintigraphy in healthy persons. *Modern high-tech technologies*. 2008; 3: 15. (In Russian)
7. Ussov W.Yu., Nudnov N.V., Ignatenko G.A., Fisenko A.Yu., Gulyaev V.M., Maritskii S.V., Kalyuzhin V.V., Lukyanenok P.I. Evaluation of lung damage in pneumonia, from chest magnetic resonance imaging, in primary diagnosis and in the follow-up of treatment. *Medical Visualization*. 2020; 24 (2): 63–77. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-2020-2-63-77> (In Russian)
8. Tsoriev A.E., Meshkov A.V., Gigolaev D.A., Kuchiev Z.O., Aliev R.Kh., Sharbuzov A.A. The application of lung MRI in cases of COVID-19 infection. *Diagnostic radiology and radiotherapy*. 2020; 11 (2): 49–57. <http://dx.doi.org/10.22328/2079-5343-2020-11-2-49-57> (In Russian)
9. Lesnyak V N, Zhuravleva V A, Averyanov A V. The capabilities of MRI in the lung lesions diagnosis in patients with COVID-19. *Clinical practice*. 2020; 11 (2): 51–59. <https://doi.org/10.17816/clinpract34843> (In Russian)
10. Gamova E.V., Nudnov N.V. Magnetic Resonance Imaging of Inflammatory Lungs' Diseases. *Medical Visualization*. 2006; 10 (5): 88–94. (In Russian)
11. Gamova Ye.V., Nudnov N.V. Potentialities of MRI in the differential diagnosis of peripheral lung cancer and inflammatory changes. *Russian Journal of Radiology*. 2006; 4: 19–23. (In Russian)
12. Ussov W.Yu., Belianin M.L., Bezlepkina A.I., Borodin O.Yu., Filimonov V.D. Paramagnetic contrast enhancement of lungs with Pentamang 1,0 M in experiment. *Ukrainian Journal of Radiology*. 2010; 18 (3): 359–366. (In Russian)
13. Lukyanenok P.I., Ussov W.Y., Kolomiets S.A., Mochula O.V., Miller S.V. Possibilities of MRI with contrast in the diagnosis of lung cancer. *International Journal of applied and fundamental studies*. 2014; (11–3): 455–459. (In Russian)
14. Kotlyarov P.M., Lagkuyeva I.D., Sergeyev N.I., Solodkiy V.A. Magnetic resonance imaging for diagnostics of lung diseases. *Pulmonologiya*. 2018; 28 (2): 217–233. <https://doi.org/10.18093/0869-0189-2018-28-2-217-233> (In Russian)
15. Akhadov T.A., Guryakov S.Yu., Ublinsky M.V. Magnetic resonance imaging in study of lungs. *Medical Visualization*. 2019; 23 (4): 10–23. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-2019-4-10-23> (In Russian)
16. Konovalov VK, Shoikhet Ja H. Magnetic resonance imaging in some chest diseases. *Pulmonologiya*. 2003; 4: 57–62. (In Russian)
17. Heiss R., Grodzki D.M., Horger W., Uder M., Nagel A.M., Bickelhaupt S. High-performance low field MRI enables visualization of persistent pulmonary damage after COVID-19. *Magn. Reson. Imaging*. 2020 Nov 18; 76: 49–51. <http://dx.doi.org/10.1016/j.mri.2020.11.004>.
18. Ho J.S., Sia C.H., Chan M.Y., Lin W., Wong R.C. Coronavirus-induced myocarditis: A meta-summary of cases. *Heart Lung*. 2020 Nov–Dec; 49 (6): 681–685. <http://dx.doi.org/10.1016/j.hrtlng.2020.08.013>.
19. Citro R., Pontone G, Bellino M, Silverio A, Iuliano G., Baggiano A., Manka R., Iesu S., Vecchione C., Asch F.M., Ghadri J.R., Templin Ch. Role of multimodality imaging in evaluation of cardiovascular involvement in COVID-19. *Trends Cardiovasc. Med*. 2020; 9: 42–52. <https://doi.org/10.1016/j.tcm.2020.10.00>
20. Agricola E., Beneduce A., Esposito A., Ingallina G., Palumbo D., Palmisano A., Ancona F., Baldetti L., Pagnesi M., Melisurgo G., Zangrillo A., De Cobelli F. Heart and Lung Multimodality Imaging in COVID-19. *JACC Cardiovasc. Imaging*. 2020; 13 (8): 1792–1808. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcmg.2020.05.017>
21. Al Mazrouei SS, Saeed GA, Al Helali AA, Ahmed M. COVID-19-associated encephalopathy: Neurological manifestation of COVID-19. *Radiol. Case Rep*. 2020; 15 (9): 1646–1649. <http://dx.doi.org/10.1016/j.radcr.2020.07.009>
22. Klimova N.V., Gaus A.A., Shuragina I.L., Zinchenko O.A., Krysan U.B. Lung disease in HIV infection. *Bulletin of the Surgut State University. Medicine*. 2013; 1 (15): 10–15. (In Russian)
23. Pavlova O.S., Volkov D.V., Gulyaev M.V., Kostromina M.S., Gervits L.L., Anisimov N.V., Pirogov Yu.A. Magnetic resonance imaging of the lungs on fluorine-19 nuclei with application of gas perfluorocyclobutane. *Medical Physics*. 2017; 4 (76): 59–64. (In Russian)

Для корреспонденции*: Усов Владимир Юрьевич – 634012 Томск, Россия, ул. Киевская, 111. НИИ кардиологии ТНИМЦ РАН. Тел.: +7-903-951-26-76. E-mail: ussov1962@yandex.ru

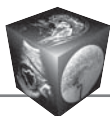
Усов Владимир Юрьевич – доктор мед. наук, профессор, заведующий отделением рентгеновских и томографических методов диагностики НИИ кардиологии Томского НИМЦ РАН, Томск. <https://orcid.org/0000-0001-7978-5514>

Нуднов Николай Васильевич – доктор мед. наук, профессор, заместитель директора ФГБУ РНЦПР по науке, заведующий кафедрой лучевой диагностики и маммологии ФГУ ИПК ФМБА, Москва. <https://orcid.org/0000-0001-5994-0468>

Игнатенко Григорий Анатольевич – доктор мед. наук, профессор, заведующий кафедрой пропедевтической и внутренней медицины, ректор Донецкого национального медицинского университета имени М. Горького, член-корр. Национальной Академии медицинских наук Украины, Донецк. <https://orcid.org/0000-0003-3611-1186>

Гуляев Всеволод Мильевич – канд. мед. наук, заведующий кабинетом рентгеновской компьютерной томографии отделения рентгеновских и томографических методов диагностики НИИ кардиологии Томского НИМЦ РАН, Томск. <https://orcid.org/0000-0002-4791-8754>

Первак Марина Борисовна – доктор мед. наук, профессор кафедры лучевой диагностики и лучевой терапии Донецкого национального медицинского университета имени М. Горького, Донецк.



Шелковникова Татьяна Александровна – канд. мед. наук, старший научный сотрудник отделения рентгеновских и томографических методов диагностики, НИИ кардиологии Томского НИМЦ РАН, Томск. <https://orcid.org/0000-0007-8089-2851>

Дубовая Анна Валерьевна – доктор мед. наук, профессор кафедры пропедевтики педиатрии, проректор Донецкого национального медицинского университета имени М. Горького, Донецк. <https://orcid.org/0000-0002-7999-8656>

Берген Татьяна Андреевна – канд. мед. наук, ведущий научный сотрудник, зав отделением лучевой диагностики ФГБУ “НМИЦ имени академика Е.Н. Мешалкина” Минздрава России, Новосибирск. <https://orcid.org/0000-0003-1530-1327>

Contact*: Wladimir Yu. Ussov – 634012 Kievskaya str., 111, Tomsk, Russia. Institute of Cardiology of the Tomsk National medical research Center of the Russian Academy of Sciences. Phone: +7-903-951-26-76. E-mail: ussov1962@yandex.ru

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. <https://orcid.org/0000-0001-7978-5514>

Nikolay V. Nudnov – Dr. of Sci. (Med.), Professor, Vice-Director (Science) of the Russian National Center of Radiology, Head of the Chair of diagnostic radiology and mammology of the Federal Russian postgraduate Institute of the Federal medico-biological Agency, Moscow. <https://orcid.org/0000-0001-5994-0468>

Grigory A. Ignatenko – Dr. of Sci. (Med.), Professor, Head of the Department of internal medicine, Rector of the M. Gorky Donetsk National Medical University, corresponding Member of the National Academy of medical sciences of Ukraine, Donetsk. <https://orcid.org/0000-0003-3611-1186>

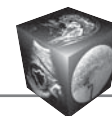
Vsevolod M. Gulyaev – Cand. of Sci. (Med.), Head of the CT service of the X-ray and Tomographic Methods of Diagnosis, Research Institute of Cardiology of the Tomsk National medical Research Center of the Russian Academy of Sciences, Tomsk. <https://orcid.org/0000-0002-4791-8754>

Marina B. Pervak – Dr. of Sci. (Med.), Professor, Head of the department of diagnostic radiology and radiation therapy, of the M. Gorky Donetsk National medical university, Donetsk.

Tatiana A. Shelkovnikova – Cand. of Sci. (Med.), senior researcher, X-ray and Tomographic Methods of Diagnosis, Research Institute of Cardiology of the Tomsk national medical research center, Tomsk. <https://orcid.org/0000-0007-8089-2851>

Anna V. Dubovaya – Dr. of Sci. (Med.), Professor, Vice Rector of the M. Gorky Donetsk National Medical University, Donetsk. <https://orcid.org/0000-0002-7999-8656>

Tatiana A. Bergen – Cand. of Sci. (Med.), leading researcher, Head of the Diagnostic Radiology Department of the Meshalkin National Medical Research Center, Ministry of Health of Russian Federation, Novosibirsk, Russia. <https://orcid.org/0000-0003-1530-1327>



Брюшная полость | Abdomen

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

<https://doi.org/10.24835/1607-0763-2020-4-27-41>

Подслизистые образования желудка: новый инструмент для дифференциальной диагностики гастроинтестинальных стромальных опухолей и лейомиом при компьютерной томографии с контрастным усилением

© **Мартиросян Э.А.^{1*}, Кармазановский Г.Г.^{2,3}, Соколова Е.А.²,
Глотов А.В.², Марапов Д.И.⁴**

¹ ГБУЗ “Городская клиническая онкологическая больница №1 ДЗ города Москвы”; 105005 Москва, ул. Бауманская, д. 17/1, Российская Федерация

² ФГБУ “Национальный медицинский исследовательский центр хирургии имени А.В. Вишневского” Минздрава России; 117997 Москва, ул. Большая Серпуховская, д. 27, Российская Федерация

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

⁴ ФГБОУ ВО “Казанский государственный медицинский университет” Минздрава России; 420012 Казань, ул. Бутлерова, д. 49, Российская Федерация

Цель исследования: выявить КТ-критерии, позволяющие дифференцировать гастроинтестинальные стромальные опухоли (ГИСО) и лейомиомы желудка.

Материал и методы. Был проведен ретроспективный анализ КТ-изображений среди 65 пациентов с ГИСО желудка и 19 пациентов с лейомиомами. Во всех случаях диагноз был подтвержден гистологически и иммуногистохимически. Оценивались такие параметры, как размеры образования, его контуры, характер роста, наличие экстраорганного компонента, инвазия в окружающие ткани, наличие кальцинатов в структуре, наличие язвенного дефекта слизистой оболочки, характер контрастирования, наличие внутриопухолевого некроза, увеличение регионарных лимфатических узлов.

Результаты. Среди 84 пациентов, разделенных на 2 группы (65 пациентов с ГИСО и 19 с лейомиомами соответственно), локализация опухоли, гетерогенное контрастирование и наличие гиповаскулярных зон (некроз), как было обнаружено, являются значимыми для дифференциальной диагностики ГИСО и лейомиом. Также было установлено, что использование соотношения плотность образования/плотность крупного сосудистого ствола (аорта/портальная вена/аорта в артериальную, венозную, отсроченную фазы соответственно) существенно повышает прогностическую значимость по сравнению с использованием одного лишь значения плотности образования. Таким образом, было установлено, что злокачественные ГИСО характеризуются более высоким относительным показателем плотности в венозную фазу, чем лейомиомы.

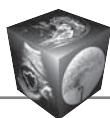
Заключение. В ходе проведенного анализа была разработана прогностическая модель для дифференциальной диагностики ГИСО и лейомиомы с чувствительностью 90,8%, специфичностью 89,5%. На основании разработанной модели мы создали онлайн-калькулятор, определяющий вероятность принадлежности опухоли к одному из двух типов (<http://medstatistic.ru/giso.html>).

Ключевые слова: гастроинтестинальная стромальная опухоль, компьютерная томография, дифференциальный диагноз, лейомиома

Авторы подтверждают отсутствие конфликтов интересов.

Для цитирования: Мартиросян Э.А., Кармазановский Г.Г., Соколова Е.А., Глотов А.В., Марапов Д.И. Подслизистые образования желудка: новый инструмент для дифференциальной диагностики гастроинтестинальных стромальных опухолей и лейомиом при компьютерной томографии с контрастным усилением. *Медицинская визуализация*. 2020; 24 (4): 27–41. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-2020-4-27-41>

Поступила в редакцию: 20.01.2020. **Принята к печати:** 26.05.2020. **Опубликована online:** 10.12.2020.



Submucosal gastric lesions: a CECT-based tool for differential diagnosis between gastrointestinal stromal tumor and leiomyoma

© Elina A. Martirosyan^{1*}, Grigory G. Karmazanovsky^{2, 3},
Elena A. Sokolova², Andrey V. Glotov², Damir I. Marapov⁴

¹ City Clinical Oncological Hospital №1 of Moscow Healthcare Department; 17/1, Baumanskaya str., Moscow, 105005, Russian Federation

² A.V. Vishnevsky National Medical Research Center of Surgery; 27, Bol'shaya Serpukhovskaya str., Moscow, 117997, Russian Federation

³ Pirogov Russian National Research Medical University of the Ministry of Health of Russia; 1, Ostriviyanova str., Moscow, 117997, Russian Federation

⁴ Kazan State Medical University of the Ministry of Health of Russia; 49, Butlerova str., Kazan, 420012, Russian Federation

Aim. To identify criteria for differential diagnosis between gastrointestinal stromal tumor (GIST) and gastric leiomyoma (GLE) in contrast-enhanced computed tomography (CECT).

Material and methods. We retrospectively analyzed CECT data of 65 patients with GIST and 19 patients with GLE. All cases were histologically and immunohistochemically proved. We evaluated tumor size, contours, growth type, extraorgan extension, invasion into the surrounding tissues, tumor calcification/ulceration/necrosis and regional lymph node status.

Results. Among 84 patients divided into two groups (65 patients with GIST and 19 with GLE, respectively) we found that tumor localization, heterogeneous enhancement, and intratumoral necrosis may be utilized for differential diagnosis. The prognostic value significantly increased with the use of relative density ratio (tumor density/aorta density or tumor density/portal vein density in the arterial, venous, and delayed phases, respectively) compared to tumor density alone. It was found that malignant GISTs are characterized by a higher relative density ratio than leiomyomas in the venous phase.

Conclusion. We developed a prognostic model for differential diagnosis between GIST and GLE with a sensitivity of 90.8% and specificity of 89.5%. We created an online calculator that preoperatively determines probable tumor type (<http://medstatistic.ru/giso.html>).

Keywords: gastrointestinal stromal tumor, computed tomography, differential diagnosis, leiomyoma

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

For citation: Martirosyan E.A., Karmazanovsky G.G., Sokolova E.A., Glotov A.V., Marapov D.I. Submucosal gastric lesions: a CECT-based tool for differential diagnosis between gastrointestinal stromal tumor and leiomyoma. *Medical Visualization*. 2020; 24 (4): 27–41. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-2020-4-27-41>

Received: 20.01.2020.

Accepted for publication: 26.05.2020.

Published online: 10.12.2020.

Список сокращений

КТ – компьютерная томография

ГИСО – гастроинтестинальная стромальная опухоль

КЭП – кардиоэзофагеальный переход

Q1–Q3 – нижняя и верхняя квартиль

ДИ – доверительный интервал

ВОЗ – Всемирная организация здравоохранения

Me – значение медианы

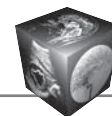
ОШ – отношение шансов

Введение

В то время как большинство опухолей желудка являются эпителиальными опухолями или лимфомами, около 3% опухолей – неэпителиальные [1].

До момента внедрения в практику современных методов иммуногистохимического исследования опухоли, классифицированные в настоящее время как ГИСО, ранее определялись как гладкомышечные опухоли: лейомиомы, лейомиосаркомы и лейомиобластомы [2]. Обнаружение мутации в протоонкогене *c-kit*, являющейся специфичной для ГИСО, позволило классифицировать их в группу, отдельную от гладкомышечных опухолей [3].

Лейомиомы по гистологическому строению похожи на нормальные гладкомышечные клетки и являются наиболее распространенными мезенхимальными опухолями пищевода, в то время как в желудке они встречаются редко. В противоположность ГИСО являются наиболее распро-



раненными мезенхимальными опухолями желудка [4].

Однако очень важно клинически различать лейомиомы и ГИСО, поскольку лейомиомы являются доброкачественными опухолями, часто оказываясь случайной находкой, не требующей хирургического лечения [5]. Для ГИСО желудка размером до 2 см стандартным подходом является эндоскопическая ультразвуковая оценка опухоли с последующим наблюдением, тогда как ГИСО размером 2 см и более требуют либо биопсии, либо более агрессивной тактики лечения, такой как резекция желудка [6].

Таким образом, тактика лечения и прогноз ГИСО и лейомиом существенно различаются. По этой причине, чтобы избежать необоснованного инвазивного лечения, важно на дооперационном этапе дифференцировать ГИСО и лейомиомы желудка.

Цель исследования

Изучить КТ-семиотику гастроинтестинальных стромальных опухолей желудка для выявления признаков, улучшающих эффективность их дифференциальной диагностики с лейомиомами.

Материал и методы

Была проанализирована база данных ФГБУ «НМИЦ хирургии имени А.В. Вишневского» Минздрава России за период с января 2010 г. по декабрь 2018 г. по запросам «гастроинтестинальная стромальная опухоль», «ГИСО», «желудок», «лейомиома», «шваннома», «аберрантная поджелудочная железа», «гетеротопия поджелудочной железы», «нейроэндокринная опухоль», «гломусная опухоль». Всего в базе (RIS) было обнаружено 87 пациентов с ГИСО, 34 пациента с лейомиомами, 5 пациентов с аберрантными поджелудочными железами, 4 пациента со шванномами, 2 пациента с нейроэндокринными опухолями и 1 пациент с гломусной опухолью – все с локализацией в желудке, морфологически верифицированные.

Из отобранных 133 пациентов были исключены 37 пациентов по причине отсутствия полных данных (всех фаз КТ-динамического сканирования). Пациенты со шванномами, аберрантными поджелудочными железами, нейроэндокринными опухолями и гломусной опухолью (всего 12 человек) были исключены из исследования ввиду малого размера опухолей. Итого в исследование было включено 84 пациента: 65 пациентов с ГИСО желудка (42 мужчины и 23 женщины, средний возраст 63 года, Q1–Q3: 56–68 лет), 19 пациентов с лейомиомами с локализацией в желудке (13 мужчин и 6 женщин, средний возраст 54 года, Q1–Q3: 44–59 лет).

Анализ изображений

Качественный анализ

Двое врачей-рентгенологов со стажем работы 8 и 35 лет ретроспективно провели оценку КТ-изображений независимо друг от друга; в случаях расхождения представлений путем обсуждения они пришли к однозначным выводам. Исследователи не располагали информацией о клинической картине и данных гистологических исследований всех пациентов.

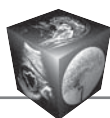
При анализе КТ-изображений оценивались такие параметры, как локализация, размеры образования, контуры образования, наличие экстраорганных компонентов и кальцинатов в структуре, характер роста образования, инвазия в окружающие ткани, наличие язвенного дефекта слизистой оболочки, характер контрастирования, увеличение регионарных лимфатических узлов.

По локализации в желудке опухоли были разделены следующим образом: расположенные в области кардиоэзофагеального перехода/кардиального отдела/дна желудка, в теле желудка, в антральном/пилорическом отделе желудка. Размер образования оценивали путем измерения максимального диаметра в аксиальном сечении. Контуры образования были определены как ровные или неровные. Характер роста был классифицирован как: в просвет желудка, вне просвета желудка, неопределенный рост опухоли (когда опухоли не принадлежали ни к одному из двух предыдущих). Лимфатические узлы считались увеличенными, если при измерении в аксиальном сечении по короткой оси диаметр их составлял ≥ 10 мм. Однородность контрастирования была определена как гомогенная и гетерогенная.

Интенсивность накопления контрастного препарата оценивалась в артериальную, венозную и отсроченную фазы контрастного усиления (абсолютный показатель контрастирования). Также измерялась плотность крупных сосудов: аорты и воротной вены – в артериальную и венозную фазы сканирования соответственно, аорты – в отсроченную фазу сканирования. Затем рассчитывался относительный показатель контрастирования: отношение плотности образования (абсолютного показателя контрастирования) к показателю плотности в сосудах в артериальную, венозную и отсроченную фазы сканирования соответственно. Некроз внутри опухоли (наличие гиподенсных зон) оценивался в венозную фазу сканирования.

Гистологическое исследование

Гастроинтестинальные стромальные опухоли были разделены на доброкачественные, опухоли с неизвестным потенциалом злокачественности



и злокачественные согласно критериям, предложенными ВОЗ (классификация ВОЗ опухолей пищеварительной системы 2010 г.). ГИСО с неизвестным потенциалом злокачественности в исследуемой группе отсутствовали. Поэтому все исследуемые пациенты попали либо в группу доброкачественных, либо злокачественных опухолей.

Статистический анализ

Статистическая обработка была выполнена с использованием методов непараметрического анализа. Статистический анализ проводился с использованием программы IBM SPSS Statistics v.23 (США). Количественные показатели оценивались на предмет соответствия нормальному распределению с помощью критерия Шапиро–Уилка. В связи с отсутствием нормальности распределения данные описывались при помощи значений медианы (Me), нижнего и верхнего квартилей (Q1–Q3). Номинальные данные описывались с указанием абсолютных значений и процентных долей.

Для сравнения независимых совокупностей количественных данных использовался U-критерий Манна–Уитни.

Сравнение номинальных данных проводилось при помощи критерия χ^2 Пирсона. В случае анализа четырехпольных таблиц при значениях ожидаемого явления хотя бы в одной ячейке менее 10, рассчитывался критерий χ^2 с поправкой Йейтса. В тех случаях, когда число ожидаемых наблюдений в любой из ячеек четырехпольной таблицы было менее 5, для оценки уровня значимости различий использовался точный критерий Фишера. В качестве количественной меры эффекта при сравнении относительных показателей нами использовался показатель отношения шансов (ОШ) с 95% доверительным интервалом (95% ДИ).

Построение прогностической модели риска определенного исхода выполнялось при помощи метода бинарной логистической регрессии с отбором независимых переменных, методом пошаговой прямой селекции с использованием в качестве критерия исключения статистики Вальда.

Для оценки диагностической значимости количественных признаков при прогнозировании определенного исхода, в том числе вероятности наступления исхода, рассчитанной с помощью регрессионной модели, применялся метод анализа ROC-кривых. С его помощью определялось оптимальное разделяющее значение количественного признака, позволяющее классифицировать пациентов по степени риска исхода, обладающее наилучшим сочетанием чувствительности и специфичности. Различия показателей считались значимыми при $p < 0,05$.

Результаты

1. Клинико-патологические данные

Согласно полученным данным, различия сравниваемых групп по полу были статистически незначимы ($p = 0,974$). В обеих группах преобладали пациенты мужского пола, доля которых в первой группе составляла 64,6%, а во второй – 68,4%.

Медиана возраста исследуемых с ГИСО составила 63 года (Q1–Q3: 56–68 лет), с лейомиомами была существенно ниже, составив 54 года (Q1–Q3: 44–59 лет). Различия сравниваемых групп по возрасту были статистически значимы ($p < 0,001$).

2. Данные анализа КТ-изображений

Статистические результаты проанализированных КТ-изображений по определенным признакам представлены в табл. 1.

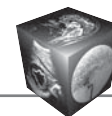
В соответствии с представленными данными были установлены статистически значимые различия сравниваемых групп по локализации опухоли ($p < 0,001$), паттернам контрастирования ($p < 0,001$), наличию гиповаскулярных зон ($p < 0,001$). Также следует отметить близкие к критическому уровню значимости различия частоты язвенных дефектов в опухолях ($p = 0,062$).

При оценке локализации сравниваемых типов опухолей было установлено, что ГИСО чаще встречались в области тела желудка в 55,4% случаев, а лейомиомы – в области кардиоэзофагеального перехода/кардиального отдела/дна в 89,5% случаев. Гетерогенное контрастирование при ГИСО отмечалось в 67,7% случаев, а при лейомиомах – только в 21,1% случаев. Шансы выявления данного паттерна контрастирования при ГИСО были выше в 7,86 раза (95% ДИ 2,32–26,6).

Наличие гиповаскулярных зон также статистически значимо чаще отмечалось при ГИСО – в 69,2% случаев, при лейомиомах – в 10,5%. Шансы выявления данного признака при ГИСО выше, чем при лейомиомах, в 19,1 раза (95% ДИ 4,03–90,7).

В табл. 2 представлены данные сравнения показателей контрастирования опухоли в различные фазы сканирования. При этом оценивались как исходные значения плотности образования, так и относительный показатель контрастирования.

Согласно полученным данным, отмечались статистически значимые различия относительной плотности образования в венозную фазу в зависимости от типа опухоли ($p = 0,021$): медиана показателя была существенно выше при ГИСО (48,1%), тогда как при лейомиоме составляла 44,6%. На рис. 1 сопоставлены значения относительной плотности образования в венозную фазу сканирования в сравниваемых группах.

**Таблица 1.** Сравнение исследуемых групп по параметрам визуализации

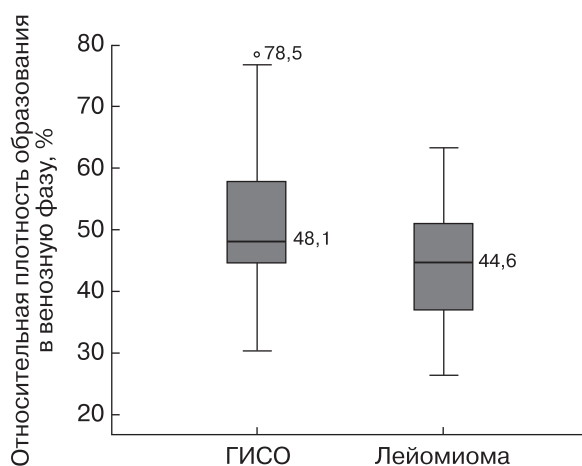
Параметры визуализации	Группа				p	ОШ; 95% ДИ
	ГИСО (n = 65)		лейомиома (n = 19)			
	абс.	%	абс.	%		
Локализация (отделы желудка):						
КЭП, кардиальный, дно	22	33,8	17	89,5	<0,001*	–
тело	36	55,4	1	5,3		
антральный, пилорический	7	10,8	1	5,3		
Характер роста:						
вне просвета	20	30,8	4	21,1	0,459	–
в просвет	34	52,3	13	68,4		
неопределенно	11	16,9	2	10,5		
Неровные контуры	28	43,1	4	21,1	0,141	2,84; 0,85–9,49
Экстраорганный компонент	31	47,7	6	31,6	0,326	1,98; 0,67–5,83
Инвазия в окружающие ткани	5	7,7	0	0,0	0,583	–
Наличие кальцинатов	7	10,8	3	15,8	0,687	0,64; 0,15–2,78
Увеличение регионарных л/у	4	6,2	0	0,0	0,57	–
Наличие язвенного дефекта	11	16,9	0	0,0	0,062	–
Гетерогенное контрастирование	44	67,7	4	21,1	0,001*	7,86; 2,32–26,6
Гиповаскулярные зоны (некроз)	45	69,2	2	10,5	<0,001*	19,13; 4,03–90,7

* – различия показателей статистически значимы ($p < 0,05$). КЭП – кардиззофагеальный переход; л/у – лимфатические узлы.

Таблица 2. Сравнение исходных (абсолютных) и относительных показателей контрастирования опухоли в разные фазы сканирования

Фаза сканирования	ГИСО		Лейомиома		p
	Me	Q1–Q3	Me	Q1–Q3	
Артериальная (абс.)	56	52–67	50	44–59	0,101
Венозная (абс.)	68	61–75	66	52–83	0,404
Отсроченная (абс.)	64	58–74	62	53,5–75,5	0,692
Артериальная (отн.)	20,9	16,3–24,1	17,6	14,2–21,1	0,07
Венозная (отн.)	48,1	44,5–57,8	44,6	37,0–51,1	0,021*
Отсроченная (отн.)	83,5	73,4–90,8	75,5	67,8–80,7	0,054

* – различия показателей статистически значимы ($p < 0,05$).

**Рис. 1.** Сравнение плотности образования в венозную фазу в зависимости от типа опухоли.

С помощью метода анализа ROC-кривых была построена модель, характеризующая вероятность ГИСО от значений относительного показателя контрастирования в венозную фазу (рис. 2). Площадь под ROC-кривой составляла $0,675 \pm 0,072$ (95% ДИ 0,534–0,816). Нами было определено пороговое значение относительной плотности образования в точке cut-off – 46,3%. Значения показателя $\geq 46,3\%$ соответствовали типу опухоли – ГИСО, $< 46,3\%$ – лейомиоме.

Следует отметить, что значения относительной плотности контрастирования в другие фазы сканирования были также выше при ГИСО, чем при лейомиоме, различия приближались к критическому уровню значимости. При этом исходные показатели контрастирования не имели статистически значимых различий ни в одну из фаз сканирования.

На основании установленных прогностически значимых критериев с помощью метода бинарной

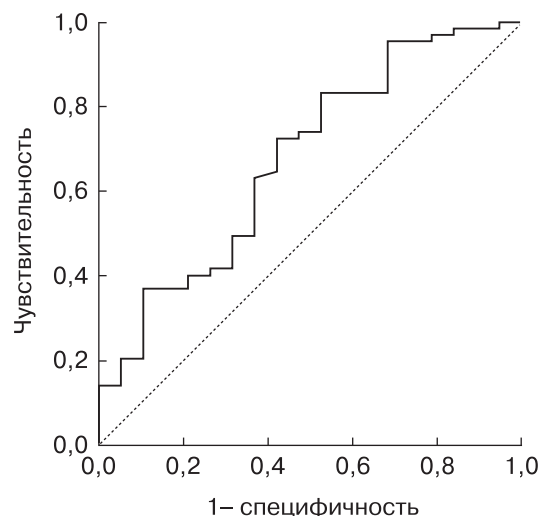
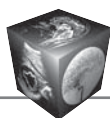


Рис. 2. ROC-кривая, характеризующая зависимость вероятности ГИСО от относительного коэффициента плотности образования в венозную фазу.

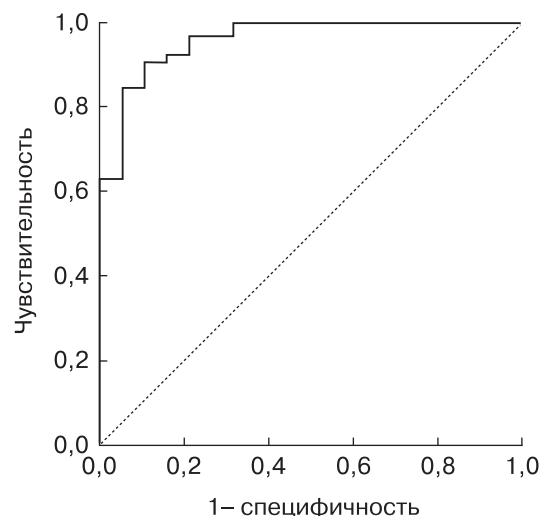


Рис. 3. ROC-кривая, характеризующая зависимость вероятности ГИСО от значения прогностической функции (1).

логистической регрессии нами была разработана прогностическая модель (1), позволяющая дифференцировать такие подслизистые образования, как ГИСО и лейомиомы. Формула данной прогностической модели выглядит следующим образом:

$$P = 1 / (1 + e^{-z}) \cdot 100\%$$
$$z = -13,63 + 4,65 \cdot x_{\text{ГИПО}} + 2,4 \cdot x_{\text{ЛОК}} + 0,157 \cdot x_{\text{ВОЗР}} + 0,075 \cdot x_{\text{ВЕН}}, \quad (1)$$

где P – вероятность принадлежности опухоли к типу ГИСО (в %), $x_{\text{ГИПО}}$ – наличие гиповаскулярных зон (0 – отсутствие, 1 – наличие), $x_{\text{ЛОК}}$ – локализация опухоли (0 – КЭП, кардиальный отдел, дно желудка, 1 – антральный, пилорический отделы, тело желудка), $x_{\text{ВОЗР}}$ – возраст (в годах), $x_{\text{ВЕН}}$ – относительная плотность образования в венозную фазу (в %).

В соответствии с коэффициентами регрессии вероятность ГИСО возрастала при увеличении возраста пациента и относительной плотности образования в венозную фазу, а также при наличии гиповаскулярных зон и локализации опухоли в области тела желудка, пилорического и антрального отделов.

Полученная модель была статистически значимой ($p < 0,001$). Исходя из значения коэффициента детерминации Найджелкерка, прогностическая модель (1) включает 73,3% факторов, имеющих значение при дифференциальной диагностике ГИСО и лейомиомы.

Пороговое значение функции (1) было определено с помощью ROC-анализа. Полученная

ROC-кривая представлена на рис. 3. Площадь под ROC-кривой составляла $0,96 \pm 0,022$ (95% ДИ 0,916–1,0). Значение прогностической функции в точке cut-off составило 0,7. При значениях $P \geq 0,7$ делалось предположение о типе опухоли – ГИСО, при значениях $P < 0,7$ предполагался диагноз лейомиомы.

Чувствительность и специфичность модели (1) при выбранном пороговом значении прогностической функции P составляли 90,8 и 89,5% соответственно.

Обсуждение

Результаты нашего исследования показывают, что 4 КТ-признака, такие как *локализация опухоли, гетерогенное контрастирование опухоли, наличие гиподенсных зон (внутриопухолевый некроз) и относительный показатель контрастирования в венозную фазу сканирования*, являются статистически значимыми факторами для дифференцирования таких подслизистых образований желудка, как ГИСО и лейомиомы.

Также была установлена статистически значимая разница сравниваемых групп по возрасту ($p < 0,001$). Использование этих признаков в совокупности позволяет с большей вероятностью дифференцировать ГИСО и лейомиомы желудка. На рис. 4 и 5 представлены два рентгенологически схожих случая ГИСО и лейомиомы.

Наше исследование показало, что 89,5% лейомиом располагались в области кардиоэзофагального перехода или в кардиальном отделе желудка, что не противоречит ранее опублико-

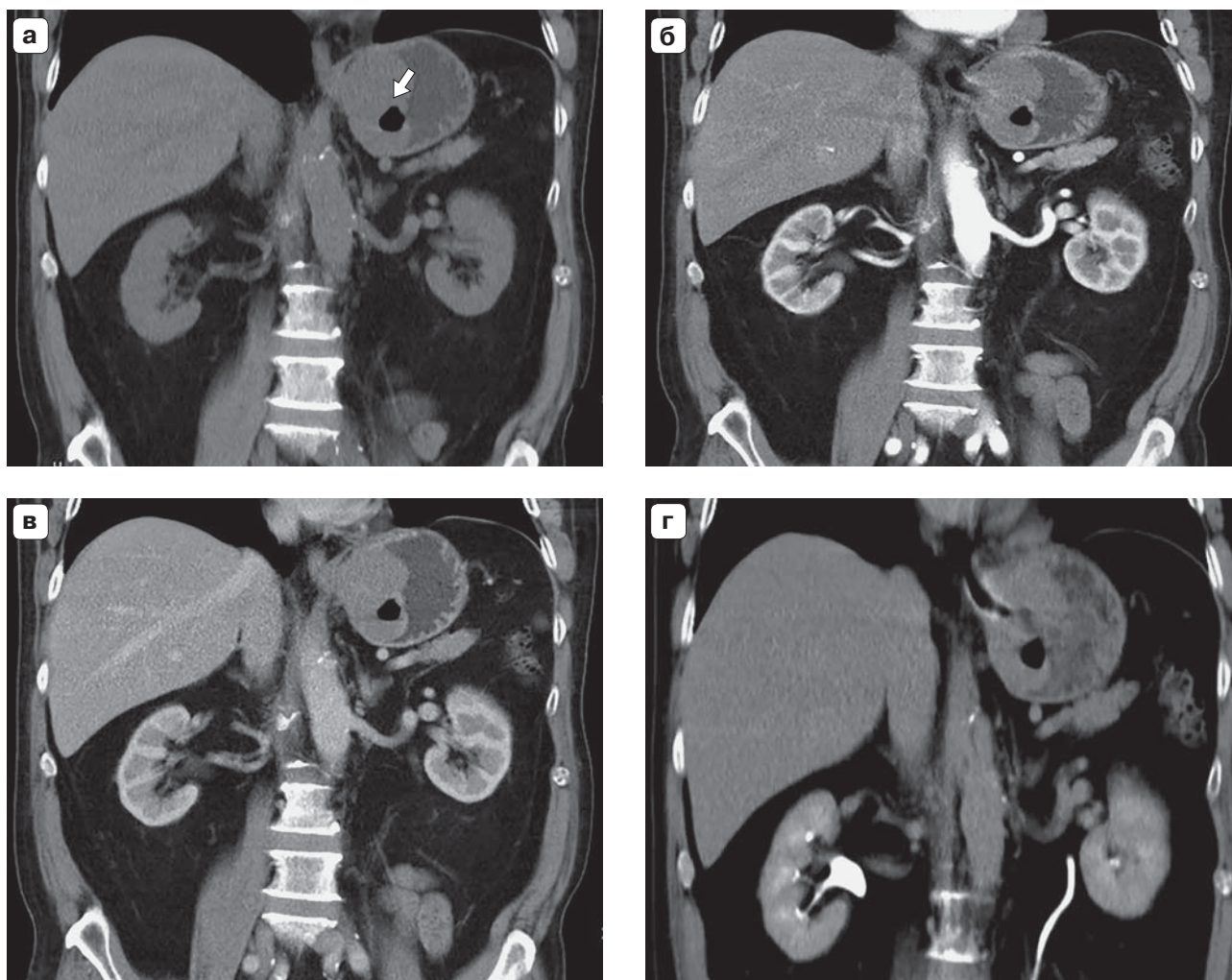
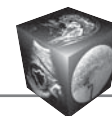


Рис. 4. Пациент 68 лет с ГИСО кардиального отдела желудка. В кардиальном отделе желудка определяется внутрипросветное подслизистое образование с максимальным накоплением контрастного препарата к венозной фазе сканирования (**в**). Стрелка указывает на глубокий язвенный дефект. **а** – нативная фаза; **б** – артериальная фаза; **в** – венозная фаза; **г** – отсроченная фаза.

ванным данным литературы и может объясняться непосредственным близким расположением к пищеводу, который является наиболее распространенным местом локализации лейомиом [7].

Напротив, наиболее распространенной локализацией ГИСО является тело желудка, что также согласуется с результатами других исследований [8, 9].

Как можно заметить в нашем исследовании, большинство лейомиом желудка (17 из 19) не характеризовалось наличием внутриопухолевого некроза, о чем свидетельствуют и другие источники литературы [7]. В исследовании J.W. Choi и соавт. [9] говорится о том, что лейомиомы с локализацией в желудке редко сопровождаются внутриопухолевым некрозом, что скорее всего связано с медленным темпом роста доброкачественных

опухолей и практически отсутствующим неоангиогенезом, тогда как в злокачественных ГСО высокий темп роста преобладает над неоангиогенезом, что приводит к появлению некрозов в опухоли.

Наше исследование имело ряд ограничений, связанных с тем, что анализ компьютерных томограмм проводился ретроспективно и большая часть исследований была выполнена до госпитализации в наше учреждение. Таким образом, часть исследований была проведена на компьютерных томографах других производителей, с различным уровнем подготовки пациентов к исследованию и с различными дозами и параметрами введения контрастного препарата. Поэтому нами был использован относительный показатель контрастирования образований во все 3 контрастные фазы

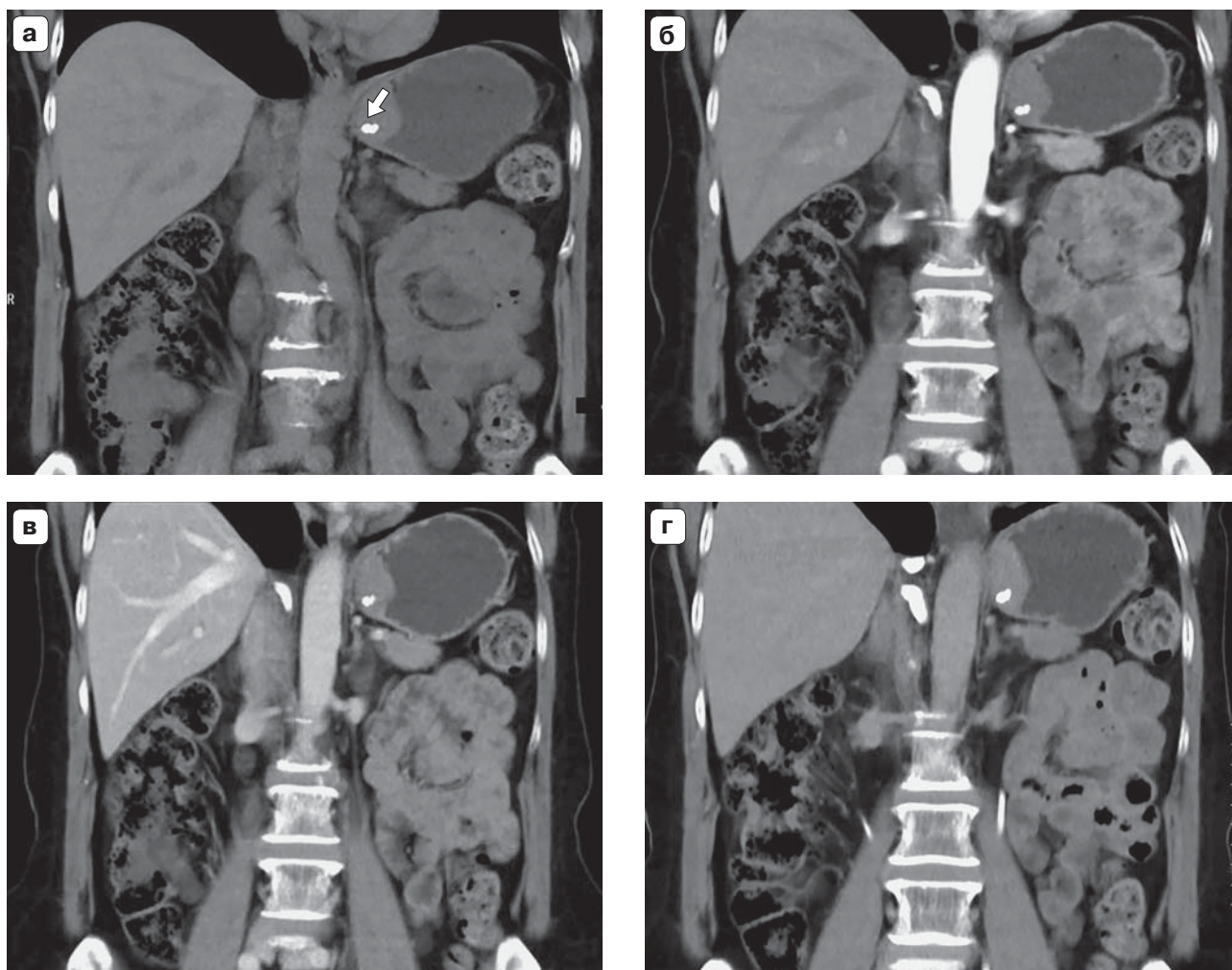
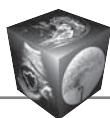


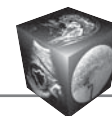
Рис. 5. Пациентка 54 лет с лейомиомой желудка. В кардиальном отделе желудка визуализируется подслизистое образование с эндолюминальным характером роста и слабым накоплением контрастного препарата. В структуре образования в нативную фазу (**а**) определяется включение кальция (стрелка). При компьютерной томографии с контрастным усилением определяется слабое гомогенное накопление контрастного препарата. **а** – нативная фаза; **б** – артериальная фаза; **в** – венозная фаза; **г** – отсроченная фаза.

сканирования, рассчитанный как отношение плотности образования к плотности в крупном сосудистом стволе. Полученные нами статистические данные говорят о том, что значения относительной плотности контрастирования в другие фазы сканирования были также выше при ГИСО, чем при лейомиомах ($p = 0,021$).

Кроме того, с помощью анализа ROC-кривых была построена модель, характеризующая зависимость вероятности ГИСО от значений относительного показателя контрастирования в венозную фазу. Площадь под ROC-кривой составляла $0,675 \pm 0,072$ (95% ДИ 0,534–0,816). Анализ ROC - кривой показал, что пороговое значение в точке cut-off составляет 46,3%. Значение показателя выше или равное соответствует ГИСО, ниже – лейомиоме.

При этом следует отметить, что абсолютные показатели плотности во все 3 фазы сканирования не выявили статистически значимых различий между двумя группами пациентов. При этом в других литературных источниках [7, 10], как мы обнаружили, не сообщалось об использовании аналогичного относительного показателя плотности в различные фазы контрастного усиления.

Исходя из установленных признаков, значения которых имели существенные различия в зависимости от типа опухоли, нами была разработана прогностическая модель ($p < 0,001$), гипотетически позволяющая дифференцировать данные типы подслизистых образований. Ее формула представлена следующим образом:



$$P = 1/(1 + e^{-z}) \cdot 100\%$$

$$z = -13,63 + 4,65 \cdot \text{хГИПО} + 2,4 \cdot \text{хЛОК} + 0,157 \cdot \text{хВОЗР} + 0,075 \cdot \text{хВЕН}, \quad (1)$$

где P – вероятность принадлежности опухоли к типу ГИСО (в %), хГИПО – наличие гиповаскулярных зон (0 – отсутствие, 1 – наличие), хЛОК – локализация опухоли (0 – КЭП, кардиальный отдел, дно желудка, 1 – антральный, пилорический отделы, тело желудка), хВОЗР – возраст (в годах), хВЕН – относительная плотность образования в венозную фазу (в %).

Для более простого рутинного использования формулы нами был разработан онлайн-калькулятор (<http://medstatistic.ru/giso.html>), позволяющий определить вероятность принадлежности опухоли к одному из двух типов.

Abbreviation

CT – computed tomography
 GIST – gastrointestinal stromal tumor
 CEJ – cardioesophageal junction
 Q1–Q3 – lower and upper quartile
 DI – confidence interval
 WHO – World Health Organization
 Me – median value
 OR – odds ratio

Introduction

While the majority of gastric tumors are epithelial or lymphomas, about 3% of all tumors are non-epithelial tumors [1]. Before immunohistochemistry (IHC) became a common practice in modern research methodology, tumors that are today classified as GISTs were considered to be smooth muscle tumors: leiomyomas, leiomyosarcomas, and leiomyoblastomas [2]. The discovery of a mutation in c-cit proto-oncogene, which is characteristic for GISTs, allowed to classify them in a group separate from smooth muscle tumors [3].

In terms of their histological structure, leiomyomas are similar to normal smooth muscle cells; they are the most common mesenchymal tumors of the esophagus and rarely found in the stomach. In contrast to it, GISTs are believed to be the most common mesenchymal tumors of the stomach [4].

Nonetheless, it is crucial to distinguish between leiomyomas and GISTs from a clinical point of view, as leiomyomas are considered to be benign, often found by accident and not requiring any surgical treatment [5]. On the other hand, the standard approach for stomach GISTs up to 2 cm in size is an endoscopic ultrasound evaluation followed by surveillance.

Участие авторов

Мартиросян Э.А. – сбор и обработка данных, проведение исследования, анализ и интерпретация полученных данных, написание текста; подготовка, создание опубликованной работы.

Кармазановский Г.Г. – утверждение окончательного варианта статьи, концепция и дизайн исследования, участие в научном дизайне, ответственность за целостность всех частей статьи.

Соколова Е.А. – концепция и дизайн исследования, участие в научном дизайне, анализ и интерпретация полученных данных, подготовка и редактирование текста.

Готов А.В. – анализ и интерпретация полученных данных.

Марапов Д.И. – статистическая обработка данных.

Meanwhile, GISTs equal to or larger than 2 cm in size require a biopsy or else a more aggressive treatment, such as resection [6].

Therefore, the treatment and prognosis are substantially different for GISTs and leiomyomas. To avoid any unnecessary invasive procedures, one must differentiate between GISTs and leiomyomas before the operation.

Hence the purpose of this study was to describe the typical CT findings of GISTs and leiomyomas in the stomach, resulting in better accuracy of their differential diagnosis.

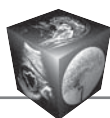
Purpose

To study CT-findings of the stomach gastrointestinal stromal tumors to identify its differentiating features, improving differential diagnosis with leiomyomas.

Materials and methods

An analysis of the hospital's database was conducted for the period of January 2010 to December 2018 using the following search terms: “gastrointestinal stromal tumor”, “GIST”, “stomach”, “leiomyomas”, “schwannoma”, “ectopic pancreas”, “heterotopic pancreas”, “neuroendocrine tumor”, and “glomus tumor”. The RIS database search found 133 patients: 87 with GISTs, 34 with leiomyomas, 5 with ectopic pancreases, 4 with schwannomas, 2 with neuroendocrine tumors and 1 with glomus tumor, all of them localized in the stomach and pathologically proved.

Thirty-seven of those patients were excluded due to incomplete CT data (lack of data of at least one phase of contrast enhancement). Additionally, pa-



tients with schwannomas, ectopic pancreases, neuroendocrine and glomus tumors (12 in total) were excluded due to small sample sizes. Remaining in the study were 84 patients: 65 with GISTs (42 males and 23 females; average age 63 with Q1–Q3 range of 56–68), 19 with leiomyomas localized in the stomach (13 males and 6 females; average age 54 with Q1–Q3 range of 44–59).

Image analysis

Qualitative analysis

Two radiologists with 8 and 30 years of experience retrospectively reviewed the CT findings independently of each other and came to a consensus. They were blinded to the results of pathological studies. Image analysis included several characteristics, such as localization, size, contour, extra-organic component, calcification, growth pattern, invasion into adjacent tissues, surface ulceration, enhancement pattern, regional lymphadenopathy. The location in the stomach was divided into esophagogastric junction/cardia/fundus, body and antrum/pylorus of the stomach. The size of the lesion was evaluated by measuring the maximal diameter in axis diameter. The growth pattern was classified as either inside the stomach lumina, outside the stomach lumina, or undetermined (when neither of the previous two options applies). Gastric lymph nodes were evaluated by measuring the largest axial diameter. The contours were classified as either smooth or indistinct. Lymph nodes were considered enlarged if its short axis diameter was equal or larger than 10 mm. Contrast enhancement homogeneity was classified as either homogeneous or heterogeneous. The degree of lesion enhancement was evaluated during the arterial phase, venous phase, and delay phase as absolute density.

Additionally, density in large blood vessels was measured: in aorta and portal vein - during arterial and venous phases, respectively, – and in the aorta during the delay phase. Subsequently, the relative density ratio was calculated via the density of lesion (absolute density) to density in vessels during the arterial, venous, and delay phases, respectively. The presence of necrosis inside the tumor (hypodense regions) was evaluated during the venous phase.

Histological study

Gastrointestinal stromal tumors are classified as either benign, with unknown malignancy potential, or malignant, according to the criteria suggested by WHO (2010 WHO classification of tumors of the digestive system). In the study group, no tumors with unknown malignancy potential were found; hence all the patients studied were classified as either with a benign or malignant tumor.

Statistical Analysis

We utilized IBM SPSS (version 20) for statistical analysis. Shapiro-Wilk test determined the normality. We used the median (Me), lower and upper quartile (Q1–Q3) to describe the statistics due to the absence of normal distribution. Mann–Whitney U test was used to compare independent quantitative data sets. Nominal data were described with absolute values, relative percentages. We used Pearson's chi-squared test to analyze the nominal data.

We constructed a multivariable prognostic model via binary logistic regression. Independent variables were selected via a step-by-step approach with the Wald test as the exclusion criterion. The model's statistical significance was tested with the 2 criterion. In the case of fourfold table analysis, where at least one of the expected values was less than 10, Yates' 2 test was applied. In the case of fourfold table analysis, where at least one of the expected values was less than 5, Fisher's exact test was applied to determine statistical significance. We used the odds ratio indicator (OR) with the 95% confidence interval (95% CI) as a quantitative measure of the effect when comparing relative indicators.

We used the receiver operating characteristic (ROC) curves to evaluate the prognostic value of any quantitative characteristics and to determine optimal cut-off values for differential diagnostics. Differences were considered statistically significant when $p < 0.05$.

Results

Clinical and pathologic findings

Sex distribution was not significantly different among the two disease groups ($p = 0.974$). Both groups had larger proportions of male patients (64.6% for the first group, and 68.4% for the second).

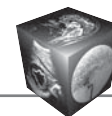
The median age for patients with GISTs was 63 years (Q1–Q3: 56–68), while for patients with leiomyomas – 54 years (Q1–Q3: 44–59). The age differences between the two groups were statistically significant ($p < 0.001$).

Analysis of CT-images

Statistically analyzed results of the CT findings for GIST and leiomyoma are summarized in Table 1.

Per the presented results, we found statistically significant differences of the compared groups by localization ($p < 0.001$), contrast patterns ($p < 0.001$), presence of hypovascular zones ($p < 0.001$). Differences in frequency of ulcerative defects, close to the critical level of significance ($p = 0.062$), should also be noted.

When comparing localization for different types of tumors, GISTs were found in the stomach in 55.4% of the cases, while leiomyomas were found in esoph-

**Table 1.** Group comparison by visualization parameters

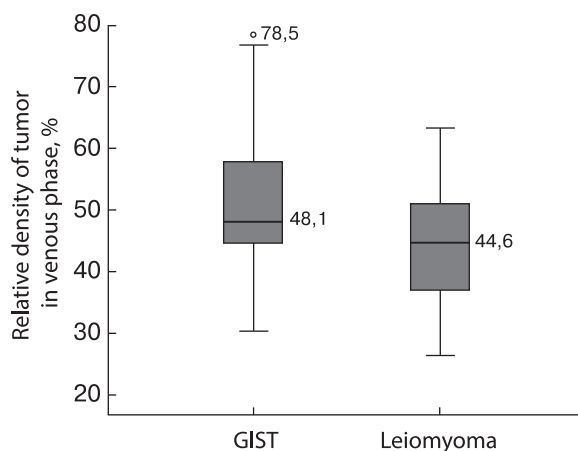
Visualisation parameters	Group				p	OR; 95% DI
	GIST (n = 65)		Leiomyoma (n = 19)			
	abc.	%	abc.	%		
Localization (Stomach section):						
CEJ, cardia, fundus	22	33.8	17	89.5	<0.001*	–
body	36	55.4	1	5.3		
antrum, pylorus	7	10.8	1	5.3		
Growth type:						
outside the lumina	20	30.8	4	21.1	0.459	–
inside the lumina	34	52.3	13	68.4		
undetermined	11	16.9	2	10.5		
Indistinct contours	28	43.1	4	21.1	0.141	2.84; 0.85–9.49
Extraorgan extension	31	47.7	6	31.6	0.326	1.98; 0.67–5.83
Invasion into the surrounding tissues	5	7.7	0	0.0	0.583	–
Calcification	7	10.8	3	15.8	0.687	0.64; 0.15–2.78
Regional lymph node growth	4	6.2	0	0.0	0.57	–
Ulceration	11	16.9	0	0.0	0.062	–
Heterogeneous enhancement	44	67.7	4	21.1	0.001*	7.86; 2.32–26.6
Hypovascular zones (necrosis)	45	69.2	2	10.5	<0.001*	19.13; 4.03–90.7

* – $p < 0.05$ statistically significant. EGJ = esophagogastric junction; GIST = gastrointestinal stromal tumor.

Table 2. Comparison of absolute density and relative density ratios at different phases

Scanning phase	GIST		Leiomyoma		p
	Me	Q1–Q3	Me	Q1–Q3	
Arterial (abs.)	56	52–67	50	44–59	0.101
Venous (abs.)	68	61–75	66	52–83	0.404
Delay (abs.)	64	58–74	62	53.5–75.5	0.692
Arterial (rel.)	20,9	16.3–24.1	17.6	14.2–21.1	0.07
Venous (rel.)	48,1	44.5–57.8	44.6	37.0–51.1	0.021*
Delay (rel.)	83,5	73.4–90.8	75.5	67.8–80.7	0.054

* – $p < 0.05$ statistically significant. abs. – absolute density; rel. – relative density ratio.

**Fig. 1.** Comparison of the lesion density in the venous phase depending on the type of tumor.

agogastric junction/cardia/fundus of the stomach in 89.5% of the cases. In terms of contrast enhancement, heterogeneous enhancement was noted in 67.7% of GISTs and only in 21.1% of leiomyomas. The chances of detection of this contrast enhancement pattern for GISTs were 7.86 times higher (95% CI: 2.32–26.6). The presence of hypovascular zones was likewise statistically found more often in GISTs – 69.2%, and only 10.5% under leiomyomas. The chances of detecting them in GISTs are 19.1 times higher (95% CI: 4.03–90.7).

Table 2 presents comparison data for the contrast indexes at different phases of scanning. We evaluated both the initial density and the relative contrast ratio.

According to the data, we mentioned statistical differences of tumor's relative density during the venous phase based on the tumor type ($p = 0.021$): the median was significantly higher in GISTs (48.1%) than leiomyomas (44.6%). Fig. 1 presents the values of

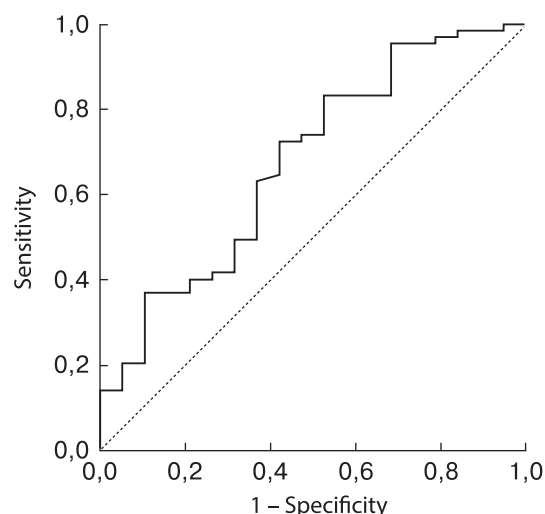
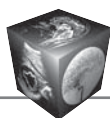


Fig. 2. ROC-curve characterizing differences between relative density ratios in the venous phase.

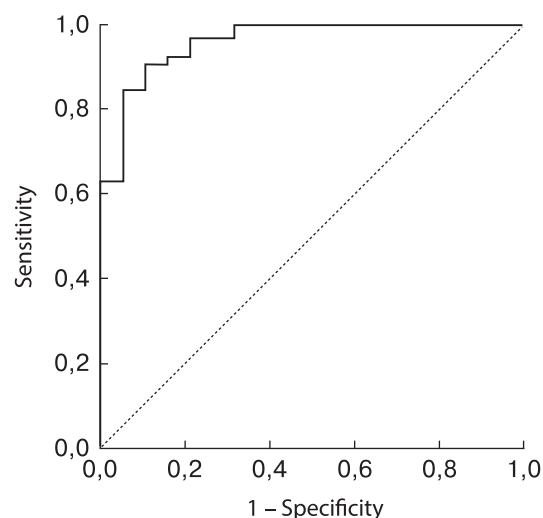


Fig. 3. ROC-curve characterizing relationship between GIST probability and the value of the prognostic function (1). GIST – gastrointestinal stromal tumor.

relative density ratio during the venous phase in two compared groups.

With the help of the ROC-curve method of analysis, we built a model of the relationship between the probability of GISTs and relative density ratio during the venous phase (Fig. 2). The area under ROC curve was 0.675 ± 0.072 (95% CI: 0.534–0.816).

We determined a threshold value for the tumor's relative density at the cut-off point – 46.3%. Values equal to or above 46.3% corresponded to GISTs, while those below 56.3% – leiomyomas.

It should be noted, that the values of the relative density ratio during other phases were likewise higher in GISTs than leiomyomas, with differences coming close to the critical significance level. Meanwhile, the initial densities did not have any statistically significant differences in any of the phases.

Based on the established prognostically significant criteria, with the help of the binary logistic regression model, we developed a prognostic model (1), which allows differentiating gastrointestinal stromal tumors and leiomyomas. The formula of the prognostic model is as follows:

$$P = 1 / (1 + e^{-z}) \cdot 100\%$$
$$z = -13,63 + 4,65 \cdot x_{\text{ГИПО}} + 2,4 \cdot x_{\text{ЛОК}} + 0,157 \cdot x_{\text{ВОЗР}} + 0,075 \cdot x_{\text{ВЕН}}, \quad (1)$$

where P – probability of tumor being GIST (in percentage points), xHVZ – presence of hypovascular zones (0 – absence, 1 – presence), xLOC – tumor localization (0 – CEJ, cardia, fundus of stomach, 1 – antrum/pyloric, body of stomach), xAGE – age (in years), xVEN – relative density of tumor during venous phase (%).

Per the regression coefficient, the probability of GIST increased with patient age and lesion's relative density in the venous phase, as well as in the presence of hypovascular zones and the localization in the gastric body, pylorus, and antrum. The resulting model was statistically significant ($p < 0.001$). Based on the Nigel-Kirk determination coefficient, the prognostic model (1) includes 73.3% of factors which play a role during the differential diagnosis of GIST and leiomyoma.

The function's threshold value (1) was determined with ROC-analysis. The resulting ROC-curve is presented in Fig. 3. The area under the ROC-curve is 0.96 ± 0.022 (95% CI: 0.916–1.0). The value of the prognostic function at the cut-off point was 0.7. For values of $P \geq 0.7$ we suggested GIST, for values of $P < 0.7$ – leiomyoma.

Model's sensitivity and specificity (1) under the chosen threshold value for the prognostic function P were 90.8% and 89.5% respectively.

Discussion

The results of our study demonstrate that four CT features, – localization, heterogeneous enhancement, presence of hypodense zones (intratumoral necrosis) and the relative density ratio during the venous phase, – are statistically significant factors in differentiating between submucosal lesions as GISTs and leiomyomas. Moreover, a statistically significant difference in age between the two groups was found ($p < 0.001$). Using these features together allows for more accurate differentiation between GISTs and leiomyomas. On Fig. 4 and 5, two radiographically similar cases of GIST and leiomyoma are shown.

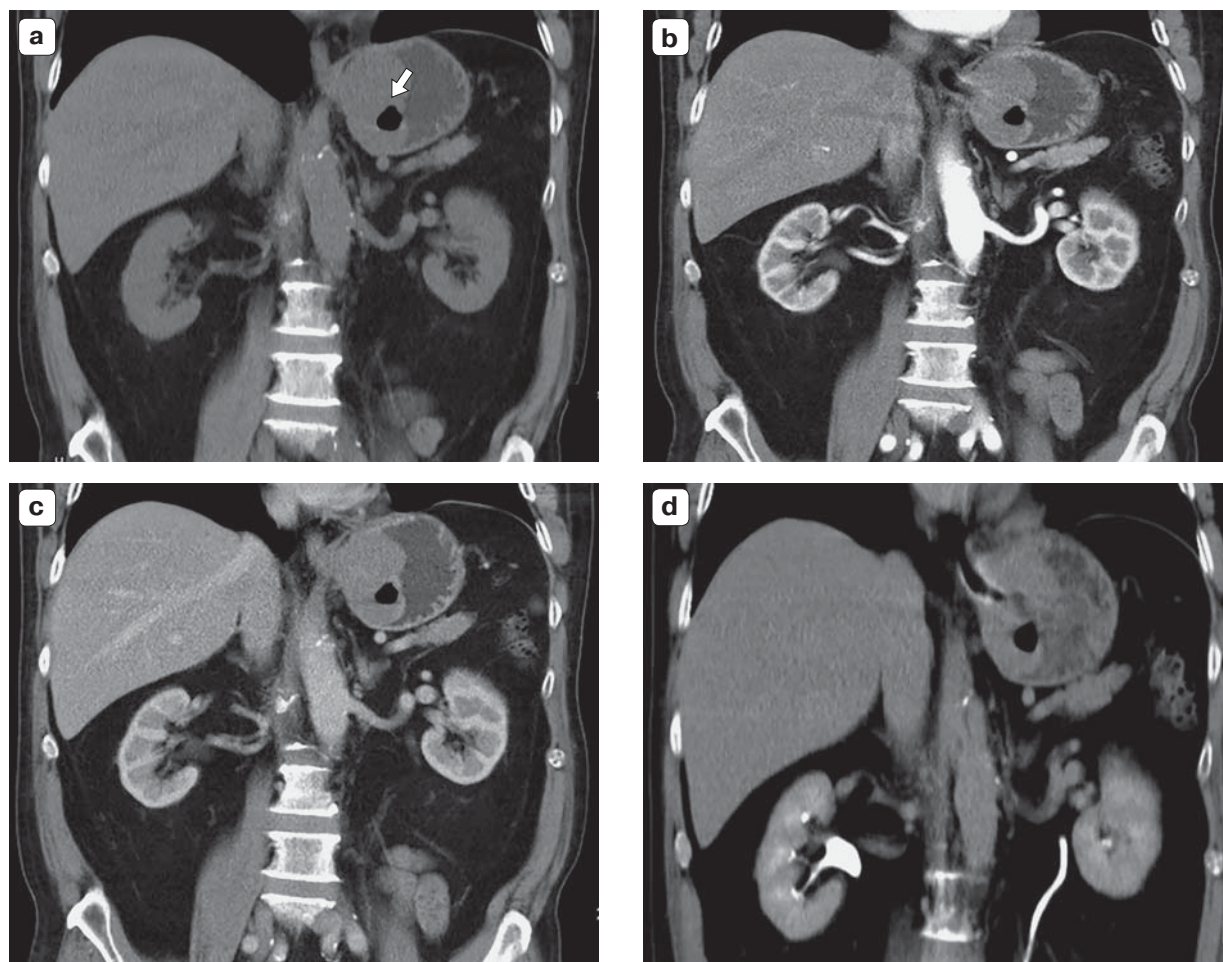
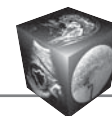


Fig. 4. A 68-year old man with gastrointestinal stromal tumor (GIST) of gastric cardia. CT images demonstrate a homogeneous intraluminal subepithelial mass with peak contrast enhancement in venous phase (**B**). A deep ulceration (arrow) is visible at the endoluminal surface of the lesion. **a** – native phase; **b** – arterial phase; **c** – venous phase; **d** – delay phase.

Our study has demonstrated that 89.5% of leiomyomas were located either in the cardioesophageal junction or the cardiac section of the stomach, which does not contradict the earlier findings in the literature and can be explained by close location to the esophagus, which is the most frequent localization site for leiomyomas [7]. In contrast to that, the most common localization site for GISTs is stomach, which also consistent with other studies [8, 9].

Our study demonstrated that the presence of intratumoral necrosis is not typical for the majority of stomach leiomyomas (17 out of 19) according to other sources [7]. In one of the studies, Choi J.W. et al. [9] discuss the gastric leiomyomas rarely exhibit intratumoral necrosis, most likely due to slow growth rate as well as an absence of neovascularization, whereas in malignant gastrointestinal tumors high growth rate prevails over neovascularization, which results in necrosis.

The study had several limitations because the image analysis was conducted retrospectively, with the majority of them had been made before hospitalization at our institution. Therefore, some of the CT-studies was done on different CT-machines, with varying levels of preparation and contrast media volume/injection speed. Consequently, we used the relative density ratio for all three phases of contrast enhancement, calculating the relative ratio of tumor density to large blood vessel density. The resulting data showed that the relative density ratio in various phases of contrast enhancement was higher for GISTs than leiomyomas ($p = 0.021$).

Moreover, with the analysis of ROC-curves, we constructed a model which characterizes GIST probability's dependency on the relative contrast density index in the venous phase. The area under the ROC-curve was 0.675 ± 0.072 (95% CI: 0.534–0.816). The analysis of ROC-curves demonstrated that the

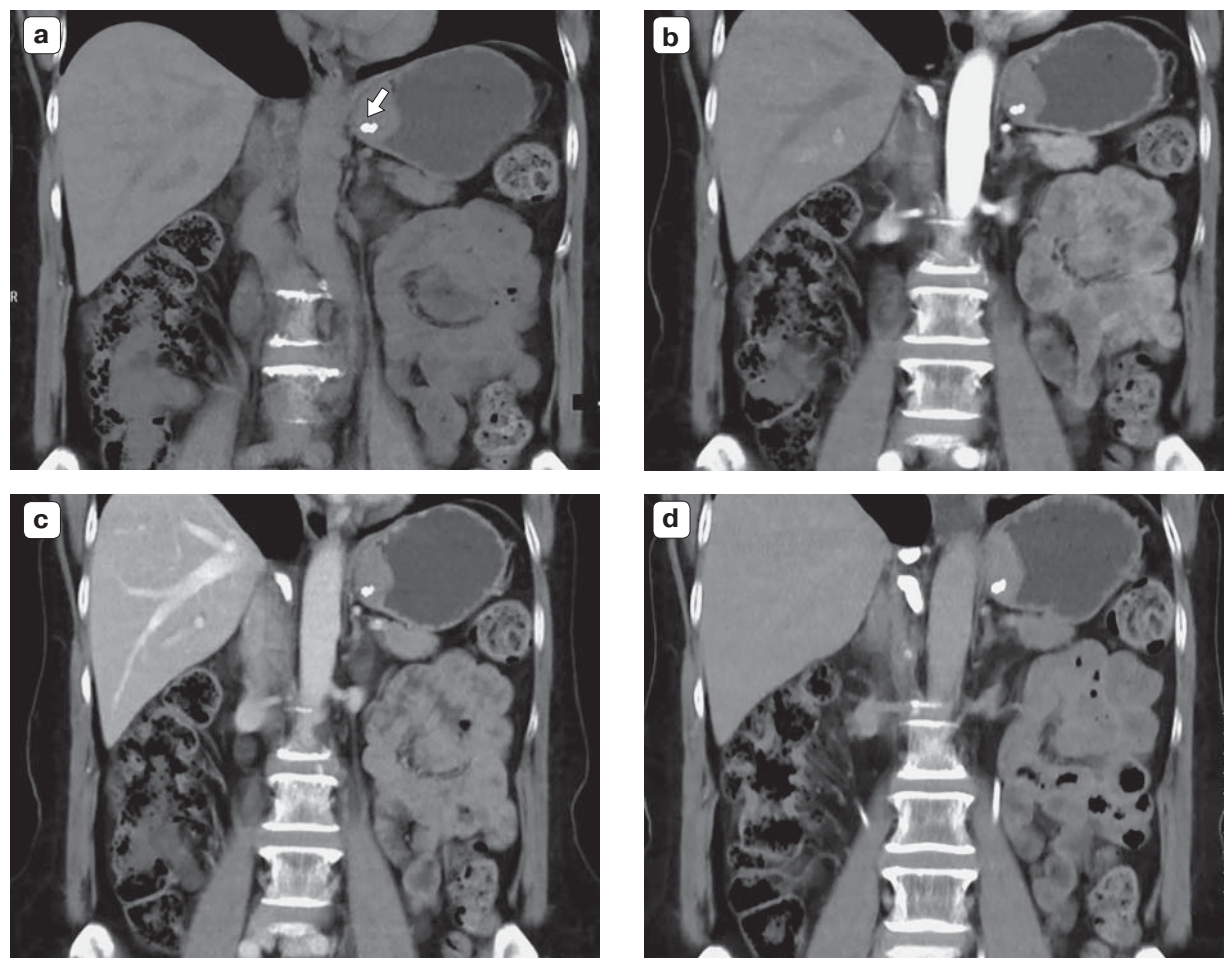
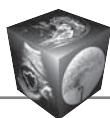


Fig. 5. A 54-year old women with gastric leiomyoma. Contrast-enhanced CT scan shows a smooth margined mass with intraluminal growth pattern in the cardia with homogenous and mild contrast enhancement. The arrow indicates calcium in the lesion in the native phase. **a** – native phase; **b** – arterial phase; **c** – venous phase; **d** – delay phase.

threshold value at the cut-off point was 46.3%. Higher values corresponded to GIST, whereas lower ones – to leiomyoma.

It should be noted, that the absolute density values in all phases did not reveal any statistically significant differences between the two patient groups. At the same time, we noted that there are no reports on using the relative density ratio in different contrast enhancement phases in the other literature sources [7, 10].

Drawing from the established factors, which significantly varying for the different tumor types, we developed a prognostic model ($p < 0.001$) which may allow differentiating between the two types of submucosal lesions – GISTs and leiomyomas. The model is presented under the “Results” section (1).

For a more straightforward application of the model, we developed an online calculator (<http://med-statistic.ru/giso.html>) which allows determining the

likelihood of a tumor belonging to one of the two types mentioned above.

Authors' participation

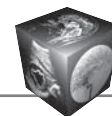
Martirosyan E.A. – collection and analysis of data, conducting research, analysis and interpretation of the obtained data, writing text, preparation and creation of the published work.

Karmazanovsky G.G. – approval of the final version of the article, concept and design of the study, participation in scientific design, responsibility for the integrity of all parts of the article.

Sokolova E.A. – concept and design of the study, participation in scientific design, analysis and interpretation of the obtained data, text preparation and editing.

Glotov A.V. – analysis and interpretation of the obtained data.

Marapov D.I. – statistical analysis.

**Список литературы [References]**

1. Hamilton S.R., Lauri A.A. WHO classification of tumours. Pathology and genetics of tumours of the digestive system. 2000.
2. Burkill G.J., Badran M., Al-Muderis O., Meirion Th.J., Judson I.R., Fisher C., Moskovic E.C. Malignant gastrointestinal stromal tumor: distribution, imaging features, and pattern of metastatic spread. *Radiology*. 2003; 226 (2): 527–532. <http://doi.org/10.1148/radiol.2262011880>
3. Rodriguez S.A., Faigel D.O. Endoscopic diagnosis of gastrointestinal stromal cell tumors. *Curr. Opinion Gastroenterol.* 2007; 23 (5): 539–543. <http://doi.org/10.1097/MOG.0b013e32829fb39f>
4. Kang H.C., Menias C.O., Gaballah A.H., Shroff S., Taggart M.W., Garg N., Elsayes K.M. Beyond the GIST: mesenchymal tumors of the stomach. *Radiographics*. 2013; 33 (6): 1673–1690. <http://doi.org/10.1148/rg.336135507>
5. Goh P.M., Lenzi J.E. Benign tumors of the duodenum and stomach. Surgical Treatment: Evidence-Based and Problem-Oriented. Zuckschwerdt, 2001.
6. Casali P.G., Abecassis N., Bauer S., Biagini R., Bielack S., Bonvalot S., Boukovinas I., Bovee J.V., Brodowicz T., Broto J.M., Buonadonna A. Gastrointestinal stromal tumours: ESMO–EURACAN Clinical Practice Guidelines for diagnosis, treatment and follow-up. *Ann. Oncol.* 2018; 29 (Suppl. 4): iv68–78.
7. Lee M.J., Lim J.S., Kwon J.E., Kim H., Hyung W.J., Park M.S., Kim M.J., Kim K.W. Gastric true leiomyoma: computed tomographic findings and pathological correlation. *J. Comput. Assist. Tomogr.* 2007; 31 (2): 204–208. <http://doi.org/10.1097/01.rct.0000237812.95875.bd>
8. Mchirgui L., Noomene R., Chammakhi C. J., Daghighi M.H. Gastrointestinal Stromal Tumors: Correlation of Multislice CT Findings to Histopathologic Features and Preliminary Validation of New Scoring System. *Open J. Radiol.* 2016; 6 (1): 29. <http://doi.org/10.4236/ojrad.2016.61005>
9. Choi J.W., Choi D., Kim K.M., Sohn T.S., Lee J.H., Kim H.J., Lee S.J. Small submucosal tumors of the stomach: differentiation of gastric schwannoma from gastrointestinal stromal tumor with CT. *Korean J. Radiol.* 2012; 13 (4): 425–433. <http://doi.org/10.3348/kjr.2012.13.4.425>
10. Choi Y.R., Kim S.H., Kim S.A., Shin C.I., Kim H.J., Han J.K., Kim S.H. Choi B.I. Differentiation of large (≥ 5 cm) gastrointestinal stromal tumors from benign subepithelial tumors in the stomach: radiologists' performance using CT. *Eur. J. Radiol.* 2014; 83 (2): 250–260. <http://doi.org/10.1016/j.ejrad.2013.10.028>

Для корреспонденции*: Мартиросян Элина Арташесовна – 105005 Москва, ул. Бауманская, д. 17/1. ГБУЗ “ГКОБ №1 ДЗ города Москвы”. Тел.: +7-926-140-09-65. E-mail: martirosyan.elina7@bk.ru

Мартиросян Элина Арташесовна – врач-рентгенолог отделения лучевой диагностики ГБУЗ “Городская клиническая онкологическая больница №1 ДЗ города Москвы”, Москва. <https://orcid.org/0000-0002-1854-9638>

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

Соколова Елена Александровна – врач-рентгенолог отделения лучевой диагностики ФГБУ “НМИЦ хирургии имени А.В. Вишневского” Минздрава России, Москва. <https://orcid.org/0000-0002-5667-7833>

Глотов Андрей Вячеславович – младший научный сотрудник отделения патологической анатомии ФГБУ “НМИЦ хирургии имени А.В. Вишневского” Минздрава России, Москва. <https://orcid.org/0000-0002-6904-9318>

Марапов Дамир Ильдарович – канд. мед. наук, преподаватель учебно-методического центра “Бережливые технологии в здравоохранении” ФГБОУ ВО “Казанский государственный медицинский университет” Минздрава России, Казань. <https://orcid.org/0000-0003-2583-0599>

Contact*: Elina A. Martirosyan – 17/1, Baumanskaya str., Moscow, 105005, Russian Federation. City Clinical Oncological Hospital №1 of Moscow Healthcare Department. Phone: +7-926-140-09-65. E-mail: martirosyan.elina7@bk.ru

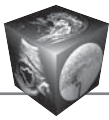
Elina A. Martirosyan – radiologist of radiology department of City Clinical Oncological Hospital №1 of Moscow Healthcare Department, Moscow. <https://orcid.org/0000-0002-1854-9638>

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

Elena A. Sokolova – radiologist of radiology department of FSBI “A.V. Vishnevsky National Medical Research Center of Surgery”, Moscow. <https://orcid.org/0000-0002-5667-7833>

Andrey V. Glotov – the junior researcher of Pathological Anatomy Department of FSBI “A.V. Vishnevsky National Medical Research Center of Surgery”, Moscow. <https://orcid.org/0000-0002-6904-9318>

Damir I. Marapov – Teaching Assistant of Educational and methodical center “Lean Technologies in Healthcare” of Department of Public Health and Health Organization, Kazan State Medical University, Kazan. <https://orcid.org/0000-0003-2583-0599>



Брюшная полость | Abdomen

ISSN 1607-0763 (Print); ISSN 2408-9516 (Online)
<https://doi.org/10.24835/1607-0763-2020-4-42-50>

Эпителиоидная гемангиоэндотелиома печени. Анализ литературы и собственных наблюдений

© Розенгауз Е.В.^{1,2}, Долбов А.Л.^{1*}, Караханова А.Г.³

¹ ФГБУ “Российский научный центр радиологии и хирургических технологий имени академика А.М. Гранова” Минздрава России; 197758 Санкт-Петербург, пос. Песочный, ул. Ленинградская, д. 70, Российская Федерация

² ФГБОУ ВО “СевероЗападный государственный медицинский университет имени И.И. Мечникова” Минздрава России; 191015 Санкт-Петербург, ул. Кирочная, д. 41, Российская Федерация

³ ФГБУ “Национальный медицинский исследовательский центр онкологии имени Н.Н. Петрова” Минздрава России; 197758 Санкт-Петербург, пос. Песочный, ул. Ленинградская, д. 68, Российская Федерация

Эпителиоидная гемангиоэндотелиома печени (ЭГЭП) – редкое (1 случай на 1 000 000 человек) первичное новообразование из группы мезенхимальных опухолей. ЭГЭП является наиболее агрессивным представителем семейства гемангиоэндотелиом по метастатическому потенциалу и частоте рецидивов, и в этом отношении чаще близка к ангиосаркоме.

Цель исследования: обобщение собственного опыта в сопоставлении с данными литературы и описание ранее не исследованного симптома этого заболевания.

Материал и методы. Нами было изучено 5 случаев ЭГЭП, подтвержденных гистологическим исследованием. Всем пациентам была выполнена компьютерная томография с болюсным контрастированием по стандартной методике.

Результаты. При анализе полученных изображений выявлялись симптомы, характерные для данной патологии, такие как локальное втяжение контура печени, специфический паттерн контрастирования – “леденец на палочке”. Нами был выявлен еще один новый симптом – “четок”, который имелся у 4 из 5 пациентов. У 3 из 5 пациентов данный симптом позволил уверенно определить природу заболевания до гистологического исследования.

Заключение. ЭГЭП – редкое заболевание, в силу своей редкости и сходства с другими очаговыми поражениями печени вызывающее диагностические затруднения. В лучевой диагностике ЭГЭП целесообразно ориентироваться на достаточно специфичные симптомы: втяжение контура, “леденец на палочке” и “четки”.

Ключевые слова: эпителиоидная гемангиоэндотелиома печени, компьютерная томография, “леденец на палочке”, симптом “четок”

Авторы подтверждают отсутствие конфликтов интересов.

Для цитирования: Розенгауз Е.В., Долбов А.Л., Караханова А.Г. Эпителиоидная гемангиоэндотелиома печени. Анализ литературы и собственных наблюдений. *Медицинская визуализация*. 2020; 24 (4): 42–50. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-2020-4-42-50>

Поступила в редакцию: 03.03.2020. **Принята к печати:** 14.10.2020. **Опубликована online:** 10.12.2020.

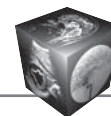
Diagnosis of epithelioid hemangioendothelioma of the liver. Lecture and analysis of own cases

© Evgeny V. Rozengauz^{1,2}, Artyom L. Dolbov^{1*}, Anna G. Karakhanova³

¹ A.M. Granov Russian Scientific Center of Radiology and Surgical Technologies; 70, Leningradskaya str., Pesochny, St. Petersburg, 197758, Russian Federation

² I.I. Mechnikov NorthWestern State Medical University; 41, Kirochnaya str., 191015, St. Petersburg, Russian Federation

³ N.N. Petrov National Medical Research Center of Oncology; 68, Leningradskaya str., Pesochny, St. Petersburg, 197758, Russian Federation



Epithelioid hemangioendothelioma of the liver (EHEL) is a rare (1 case per 1 000,000 people) primary malignant neoplasm from the group of mesenchymal tumors. EHEL is the most aggressive representative of the hemangioendothelioma range with metastatic response and relapse rate, and therein is close to angiosarcoma.

The purpose of this publication is to summarize our own experience in comparison with published data and to describe a disease symptom that was not investigated before.

Materials and methods. We studied five cases of epithelioid hemangioendothelioma of the liver, confirmed by histological examination. All patients underwent standard computer tomography with bolus contrast agent.

Results. The analysis of the images revealed typical for this pathology symptoms such as local retraction of the liver contour, a specific contrast pattern – “the lollipop sign”. We have revealed a new symptom: “the beading sign”, which was detected in four of five cases. In three of five cases, this symptom allowed us to determine the nature of the disease before histological examination.

Conclusion. EHEL is a difficult disease to diagnose due to its rare frequency and similarity to other focal liver lesions. In aspect of radiology, it is advisable to focus on specific symptoms of this pathology: retraction of the contour, “lollipop-sign” and “beading-sign”.

Keywords: liver epithelioid hemangioendothelioma, computed tomography, “the lollipop sign” “the beading-sign”

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

For citation: Rozengauz E.V., Dolbov A.L., Karakhanova A.G. Diagnosis of epithelioid hemangioendothelioma of the liver. Lecture and analysis of own cases. *Medical Visualization*. 2020; 24 (4): 42–50. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-2020-4-42-50>

Received: 03.03.2020.

Accepted for publication: 14.10.2020.

Published online: 10.12.2020.

Введение

Термин “эпителиоидная гемангиоэндотелиома” был введен S.W. Weiss и F.M. Enzinger в 1982 г. для определения мягкотканной сосудистой опухоли эндотелиального происхождения со спектром клинического течения от подобного гемангиоме до подобного ангиосаркоме [1].

Эпителиоидная гемангиоэндотелиома печени (ЭГЭП) – редкое (1 случай на 1 000 000 человек) первичное злокачественное новообразование из группы мезенхимальных опухолей, которое является наиболее агрессивным представителем семейства гемангиоэндотелиом.

Подобная опухоль с локализацией в легких первоначально была описана D.H. Dail и A.A. Liebow в 1975 г., при этом считалось, что она имеет эпителиальное происхождение и получила название “внутрисосудистая бронхоальвеолярная опухоль” (IVBAT) [2].

Эта злокачественная сосудистая опухоль обычно встречается у пациентов среднего возраста, хотя описаны случаи у детей и пожилых людей (возраст пациентов колеблется от 7 до 83 лет), распределение между мужчинами и женщинами 1 : 2 [3–5].

Этиология неизвестна. S. Serafinska и соавт. в своем исследовании выявили следующие predisposing факторы: вирусный гепатит, травмы печени, употребление алкоголя, прием оральных контрацептивов, профессиональные вредности, такие как винилхлорид и асбест. Кроме того, была установлена взаимосвязь темпов прогресси-

рования опухоли с употреблением алкоголя и недостаточным питанием пациентов [6]. Также было отмечено, что ЭГЭП практически никогда не возникает на фоне хронических болезней печени. В литературе описано только два наблюдения развития ЭГЭП при циррозе печени [7–9].

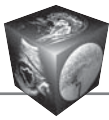
Наиболее часто пораженным органом является печень. Встречаются и другие локализации, такие как легкие, брюшина, селезенка, кости, головной и спинной мозг, мозговые оболочки, молочная железа, а также сердце [10–12].

Редкость этого новообразования в общей популяции существенно ограничивает возможности его изучения [3]. После крупного многоцентрового исследования в 2005 г., объединившего 402 случая ЭГЭП, [13], в литературе встречаются лишь единичные публикации [14]. В отечественной литературе сообщалось о трансплантации печени при эпителиоидной гемангиоэндотелиоме с карциноматозом брюшной полости [15].

Цель исследования

Обобщить собственный опыт, описать ранее не исследованный симптом поражения печени при ЭГЭП и привлечь внимание практических врачей к этой редкой патологии.

Клинические проявления ЭГЭП неспецифичны. Наиболее распространенными жалобами являются боль в правом подреберье, потеря массы тела, желтуха, асцит, усталость, анорексия, рвота, однако часто заболевание имеет бессимптомное течение и выявляется случайно [7, 13, 16].



Морфология

Различают следующие формы поражения: изолированное поражение печени без метастазов, поражение нескольких органов (печени, селезенки, реже лимфатических узлов и костного мозга) и поражение печени с множественными метастазами [17].

Макроскопически опухоль обычно представлена в виде множественных нечетко очерченных узлов [7, 18] размером от нескольких миллиметров до нескольких сантиметров. На разрезе опухолевая ткань коричнево-беловатого цвета, напоминает песок.

Гистологическое строение эпителиоидной гемангиоэндотелиомы в печени аналогично таковому при любой другой локализации. Опухолевые клетки, имеющие вытянутую форму и нечеткие ядра, выстилают или растут в просвет синусоидных сосудов и мелких вен. Иногда встречаются многоядерные или причудливые опухолевые клетки, а также фигуры митозов в эпителиоидных клетках. В результате такого роста гепатоциты атрофируются и погибают. Опухолевые клетки продуцируют большое количество ретикулярных волокон, первоначально локализующихся в перисинусоидных пространствах (Диссе), а затем полностью замещающих просвет синусоидов. В отдельных случаях наблюдаются кавернозные полости с сосочковыми образованиями или участки солидного строения. В связи с этим выделяют 4 основных типа архитектоники: синусоидальный, папиллярный или узелково-папиллярный, кавернозный и саркоматозный [1, 17]. Кроме того, в опухолевой ткани часто отмечаются участки экстрамедуллярного кроветворения, а также тромбоз сосудов и участки инфарктов.

При иммуногистохимических реакциях в опухолевых клетках отмечается экспрессия фактора Виллебранда, CD31, CD34, виментина, ламинина [18].

ЭГЭП метастазирует в регионарные лимфатические узлы, легкие, а также в кости с формированием участков остеолитической деструкции.

Лабораторная диагностика

Методы лабораторной диагностики неспецифичны. У некоторых пациентов определяется повышение уровня щелочной фосфатазы, аспартатаминотрансферазы, аланинаминотрансферазы и билирубина крови. Большинство опухолевых маркеров (таких как α -фетопротеин, раково-эмбриональный антиген и СА 19-9) имеют нормальные значения и применяются только для исклю-

чения других первичных или метастатических опухолей печени.

Диагноз ЭГЭП основывается в большинстве наблюдений на результатах гистологического и иммуногистохимического исследований.

Дифференциальная диагностика затруднена. ЭГЭП ошибочно идентифицирована примерно в 60–80% случаев, так как имеет сходные с другими опухолями КТ-признаки. Наиболее часто ЭГЭП путают с метастатическим поражением печени, гепатоцеллюлярной карциномой и холангиокарциномой [13]. Методы лучевой диагностики, такие как КТ и МРТ, не всегда могут достоверно подтвердить сосудистую природу ЭГЭП по причине сходных сканирологических признаков с метастатическим поражением печени, особенно при единичных узловых образованиях [19].

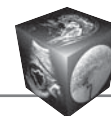
Выделяют 3 разных типа ЭГЭП с разными стадиями: 1) единичное узловое образование, диагностируется, как правило, на ранней стадии заболевания, 2) многоузловой тип, 3) диффузный тип, который отражает заболевание на поздней стадии из-за увеличения размера и слияния узловых образований между собой, часто ассоциируемых с печеночной сосудистой инвазией [20–23].

В исследовании I.D. Lyburn и соавт. выявлена тенденция к расположению узловых образований в периферических отделах печени с распространением на капсулу. Специфическими признаками, характерными для ЭГЭП, считают участки ретракции капсулы печени из-за фиброза и компенсаторной гипертрофии незатронутых сегментов [24–26].

В исследовании L. Zhou и соавт. было выявлено, что в нативную фазу сканирования опухолевые узлы чаще всего гиподенсны относительно паренхимы, края печени могут быть неровными за счет ретракции капсулы и участков компенсаторной гипертрофии. После введения контрастного вещества в артериальную фазу сканирования небольшие узловые образования (<2 см) имели гомогенное усиление, тогда как более крупные могли проявлять периферическое или гетерогенное усиление. Вокруг крупных образований в артериальную фазу сканирования прослеживались участки активного накопления контрастного препарата в виде ободка/кольца [27, 28].

В наших наблюдениях были выявлены аналогичные признаки: субкапсулярное расположение узловых образований с участками ретракции капсулы (рис. 1).

В 20% случаев в структуре узлов могут присутствовать обызвествления [18, 29, 30], однако



в наших наблюдениях обызвествления не были выявлены.

В структуре крупных узловых образований в паренхиматозную фазу сканирования могут прослеживаться печеночные вены или ветви портальной вены [13, 31]. У некоторых пациентов выявлялся симптом “леденца на палочке” – когда печеночная вена, воротная вена и их ветви сужаются к узловым образованиям и заканчиваются на краю опухоли, что формирует появление “леденца” [15, 27, 28, 32].

В позднюю фазу контрастирования мы наблюдали незначительно выраженное центрипетальное накопление контрастного вещества, связанное, по-видимому с обилием стромальных элементов в ткани опухоли (рис. 2).

В наших наблюдениях эти признаки, характерные для ЭГЭП, также были выявлены (рис. 3).

Помимо вышеуказанных признаков ЭГЭП, мы хотим акцентировать внимание на еще одном, не

менее важном рентгенологическом симптоме, выявленном в четырех наших наблюдениях, информации о котором в доступной нам литературе мы не встретили.

Нами было отмечено формирование цепочки из шаровидных разрастаний опухолевой ткани (узлов), соединенных узкими (3–7 мм в диаметре) нитями. Если эта картина была неочевидна на аксиальном срезе (см. рис. 1а, длинная стрелка), ее можно было выявить и проследить при мультипланарной реконструкции (патент № 2712058) (рис. 4, 5).

Мы наблюдали этот симптом “четок” у 4 из 5 наших пациентов. По-видимому, узкие цилиндры патологической ткани отображают перивазальное и перидуктальное распространение опухоли.

Во втором, четвертом и пятом наблюдении этот симптом позволил уверенно определить природу заболевания до гистологического исследования.

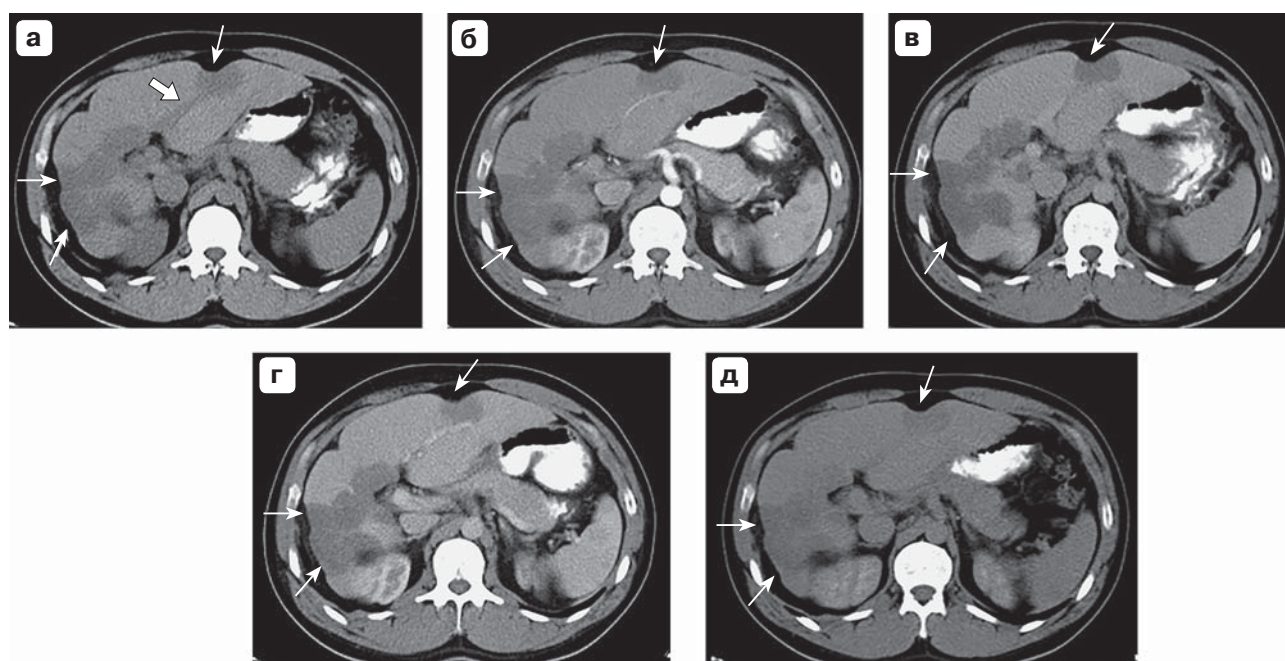


Рис. 1. Больной Д., 39 лет. Компьютерные томограммы в аксиальной проекции в нативную (а), раннюю (б) и позднюю артериальную (в), портальную (г) и отсроченную (д) фазы сканирования. Разница в динамике контрастирования больших и малых узлов в различные фазы сканирования. Субкапсулярное расположение узловых образований в печени с участками втяжения капсулы вблизи как мелкого, так и крупного узла (тонкие стрелки). Толстая стрелка (а) указывает на “нить”, связывающую узлы.

Fig. 1. Patient D., 39 years old. Computed tomograms in axial projection into the native (а), early (б) and late arterial (в), portal (г) and delayed (д) phases of scanning. The difference in the dynamics of large and small nodes contrasting in the different phases of scanning is presented. The subcapsular arrangement of nodular formations in the liver with areas of retraction of the capsule is shown in both small and large nodes (with thin arrows). Thick arrow (а) indicates the “thread” connecting the nodes.

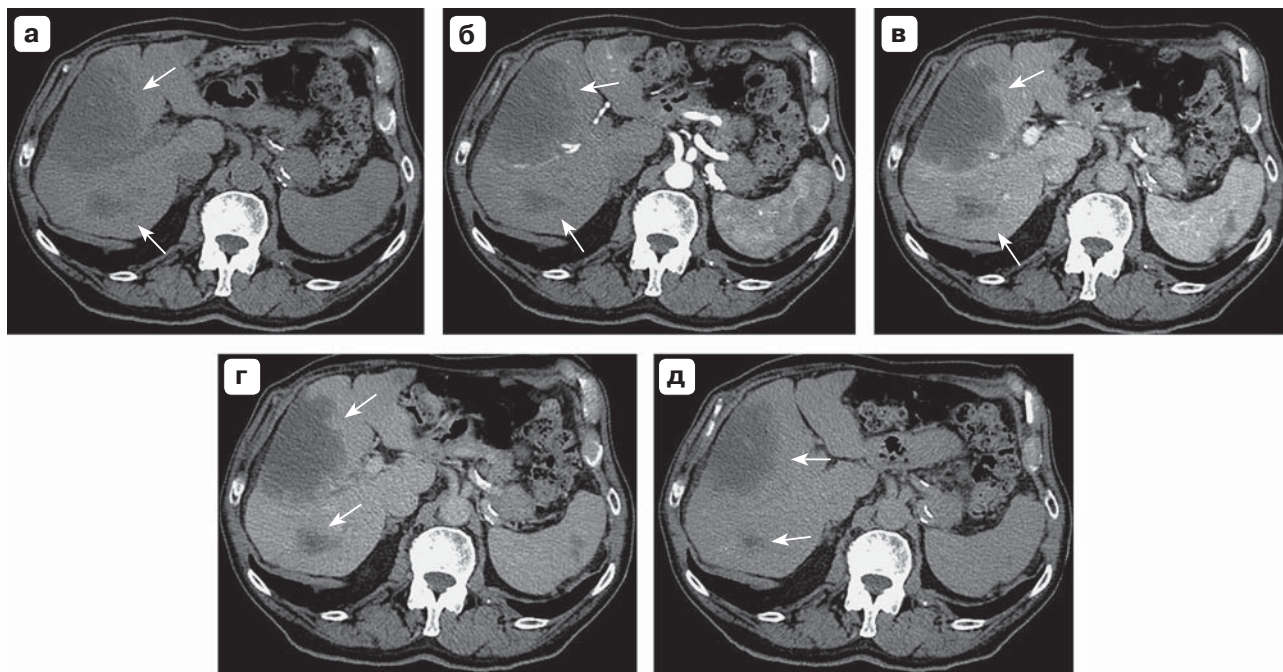


Рис. 2. Больной Х., 79 лет. Компьютерные томограммы в аксиальной проекции в нативную (а), раннюю (б) и позднюю артериальную (в), портальную (г) и отсроченную (д) фазы сканирования. Динамика контрастирования узловых образований в печени в различные фазы сканирования (тонкие стрелки). Выявляется позднее центрипетальное контрастирование опухолевых узлов.

Fig. 2. Patient H., 79 years old. Computed tomograms in axial projection into the native (а), early (б) and late arterial (в), portal (г) and delayed (д) phases of scanning. The dynamics of nodules contrasting in the liver is presented in various phases of scanning (thin arrows). Late centripetal contrasting of the tumor nodes.

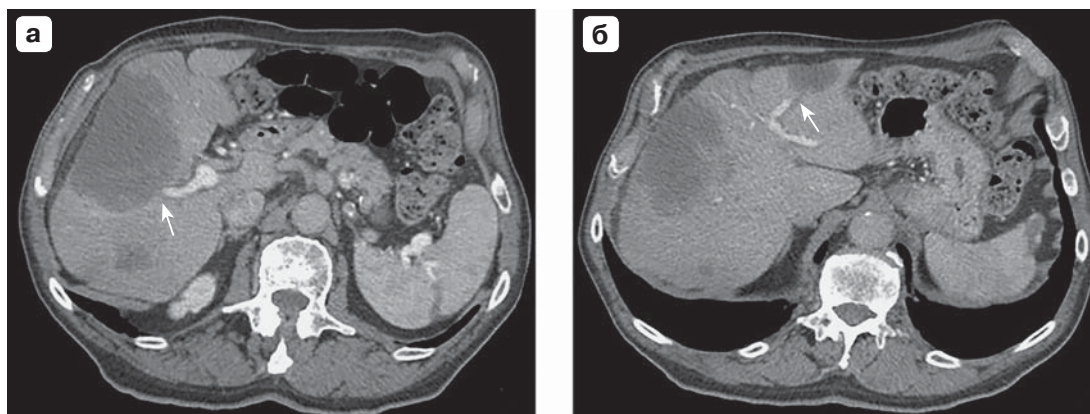


Рис. 3. Больной Х., 79 лет. Компьютерные томограммы в аксиальной проекции в портальную фазу на разных уровнях сканирования (а, б). Тонкими стрелками обозначены сегментарные ветви воротной вены, которые заканчиваются около края опухолевых узлов, с формированием симптома "леденца на палочке".

Fig. 3. Patient H., 79 years old. Computed tomograms in axial projection in the portal phase on different scan levels (а, б). The thin arrows are indicating the segmental tributaries of the portal vein, ending near the edge of the tumor nodes, forming the "lollipop" symptom.

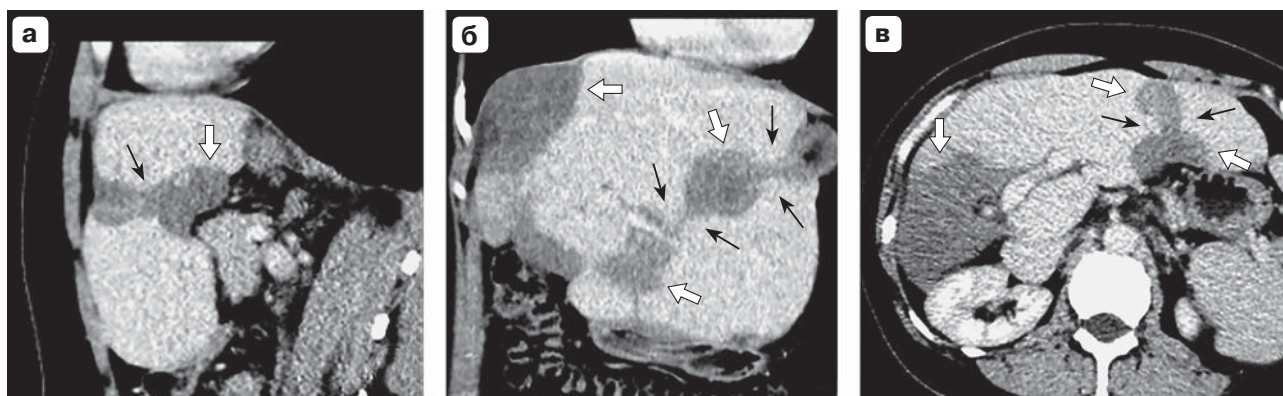
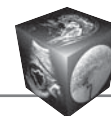


Рис. 4. Больной Д., 39 лет. Мультипланарные реконструкции печени в паренхиматозную фазу сканирования: сагиттальная (а), криволинейная (б) и аксиальная (в) плоскости. Узловые образования (белые стрелки) связаны тонкими цилиндрами патологической ткани (тонкие черные стрелки) и образуют “четки”.

Fig. 4. Patient D., 39 years old. Multiplanar reconstruction of the liver in the parenchymal phase of the scan: sagittal (a), curved (б) and axial (в) planes. Nodular formations (white arrows) are connected by thin cylinders of pathological tissue (black thin arrows) and form a “beading”.

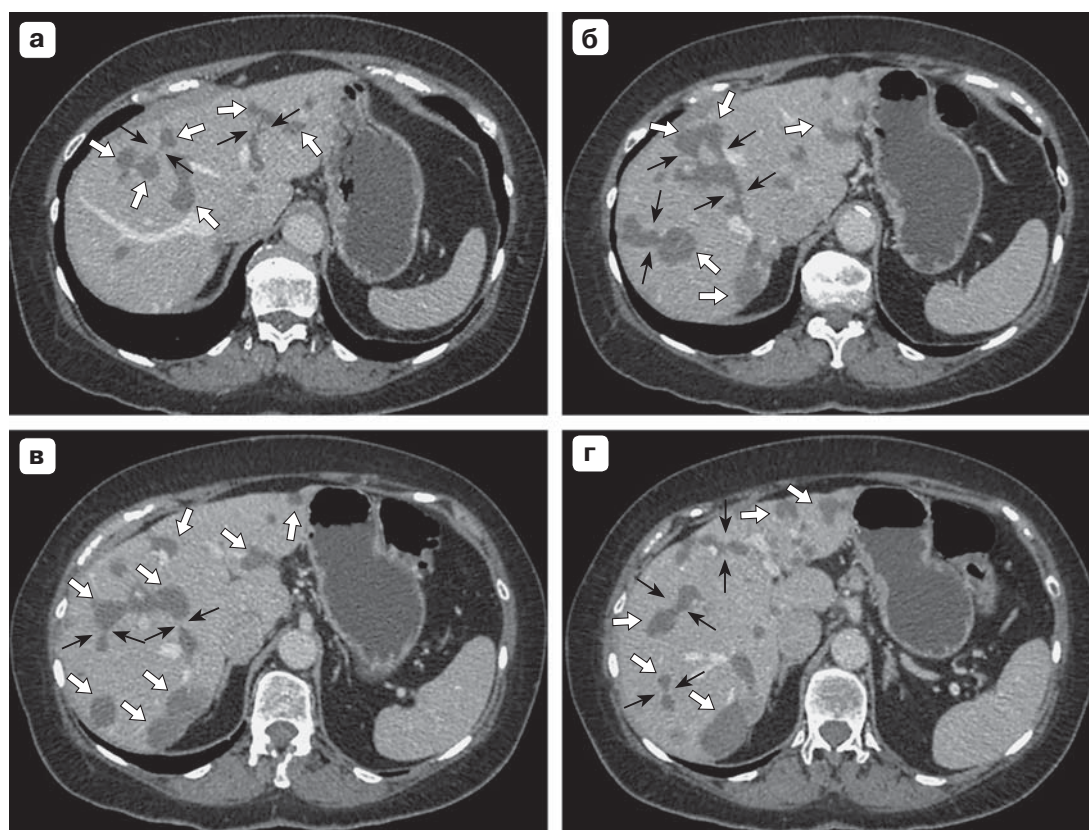
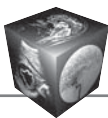


Рис. 5. Больной Ш., 66 лет. Компьютерные томограммы в аксиальной проекции в портальную фазу на разных уровнях сканирования (а–г). Узловые образования (белые стрелки) связаны тонкими цилиндрами патологической ткани (тонкие черные стрелки) и образуют “четки”.

Fig. 5. Patient Sh., 66 years old. Computed tomograms in axial projection in the portal phase on different scan levels (a–г). Nodular formations (white arrows) are connected by thin cylinders of pathological tissue (thin black arrows) and form a “beading”.



Заключение

ЭГЭП – редкое заболевание, и в силу своей редкости и сходства с другими очаговыми поражениями печени вызывающее диагностические затруднения.

В лучевой диагностике ЭГЭП целесообразно ориентироваться на достаточно специфичные симптомы: втяжение контура, “леденец на палочке” и “четки”.

Участие авторов

Розенгауз Е.В. – концепция и дизайн исследования, проведение исследования, сбор и обработка данных, анализ и интерпретация полученных данных, написание текста, подготовка и редактирование текста, участие в научном дизайне, утверждение окончательного варианта статьи.

Долбов А.Л. – проведение исследования, сбор и обработка данных, анализ и интерпретация полученных данных, написание текста, подготовка и редактирование текста, участие в научном дизайне.

Караханова А.Г. – проведение исследования, сбор и обработка данных, анализ и интерпретация полученных данных.

Authors' participation

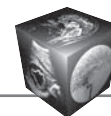
Rozengauz E.V. – concept and design of the study, conducting research, collection and analysis of data, analysis and interpretation of the obtained data, writing text, text preparation and editing, participation in scientific design, approval of the final version of the article.

Dolbov A.L. – conducting research, collection and analysis of data, analysis and interpretation of the obtained data, writing text, text preparation and editing, participation in scientific design.

Karakhanova A.G. – conducting research, collection and analysis of data, analysis and interpretation of the obtained data.

Список литературы

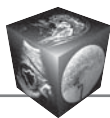
- Weiss S.W., Enzinger F.M. Epithelioid hemangioendothelioma: a vascular tumor often mistaken for a carcinoma. *Cancer*. 1982; 50: 970–981. [https://doi.org/10.1002/1097-0142\(19820901\)50:5<970::aid-cnrcr2820500527>3.0.co;2-z](https://doi.org/10.1002/1097-0142(19820901)50:5<970::aid-cnrcr2820500527>3.0.co;2-z)
- Dail D.H., Liebow A.A. Intravascular bronchioalveolar tumor. *Am. J. Pathol.* 1975; 78: 6a–7a.
- Lau K., Massad M., Pollak C., Rubin C., Yeh J., Wang J., Edelman G., Yeh J., Prasad S., Weinberg G. Clinical patterns and outcome in epithelioid hemangioendothelioma with or without pulmonary involvement. *Chest*. 2011; 140: 1312–1318. <https://doi.org/10.1378/chest.11-0039>
- Rock M.J., Kaufman R.A., Lobe T.E., Hensley S.D., Moss M.L. Epithelioid hemangioendothelioma of the lung (intravascular bronchioalveolar tumor) in a young girl. *Pediatr. Pulmonol.* 1991; 11: 181–186. <https://doi.org/10.1002/ppul.1950110217>
- Einsfelder B., Kuhn C. Epithelioid hemangioendothelioma of the lung (IVBAT) – clinicopathological and immunohistochemical analysis of 11 cases (In German). *Pathologe*. 2006; 27: 106–115. <https://doi.org/10.1007/s00292-006-0817-2>
- Serafinska S., Smolinski P., Inglot M., Krysztof S. Fulminant Hemangioendothelioma course – a case report. *E&C Hepatology*. 2005; 1 (2): 113–116.
- Ishak K.G., Sesterhenn I.A., Goodman Z.D., Rabin L., Stromeyer F.W. Epithelioid hemangioendothelioma of the liver: a clinic-pathologic and follow up study of 32 cases. *Hum. Pathol.* 1984; 15: 839–852. [https://doi.org/10.1016/s0046-8177\(84\)80145-8](https://doi.org/10.1016/s0046-8177(84)80145-8)
- Terada T., Nakanuma Y., Hoso M. et al. Hepatic epithelioid hemangioendothelioma in primary biliary cirrhosis (Letter). *Gastroenterology*. 1989; 97: 810–811. [https://doi.org/10.1016/0016-5085\(89\)90675-6](https://doi.org/10.1016/0016-5085(89)90675-6)
- Щеголев А.И., Тинькова И.О., Мишнев О.Д. Классификация и морфологическая характеристика опухолей печени: злокачественные неэпителиальные опухоли (лекция). *Медицинская визуализация*. 2006; 5: 40–48.
- Tiu C.M., Chou Y.H., Wang H.T., Chang T. Epithelioid hemangioendothelioma of spleen with intrasplenic metastasis: ultrasound and computed-tomography appearance. *Comput. Med. Imaging Graph.* 1992; 16: 287–290. [https://doi.org/10.1016/0895-6111\(92\)90032-5](https://doi.org/10.1016/0895-6111(92)90032-5)
- Marchiano D., Fisher F., Hofstetter S. Epithelioid hemangioendothelioma of the heart with distant metastases. A case report and literature review. *J. Cardiovasc. Surg. (Torino)*. 1993; 34: 529–533.
- Kamath S.M., Nagaraj H.K., Mysorekar V.V. Hepatic and adrenal hemangioendothelioma-a case report. *J. Clin. Diagn. Res.* 2013; 7: 2583–2584. <https://doi.org/10.7860/jcdr/2013/6808.3620>
- Mehrabi A., Kashfi A., Fonouni H., Schemmer P., Schmied B.M., Hallscheidt P., Schirmacher P., Weitz J., Friess H., Buchler M.W., Schmidt J. Primary malignant hepatic epithelioid hemangioendothelioma: A comprehensive review of the literature with emphasis on the surgical therapy. *Cancer*. 2006; 107: 2108–2121. <https://doi.org/10.1002/cncr.22225>
- Grotz T.E., Nagorney D., Donohue J., Que F., Kendrick M., Farnell M., Harmsen S., Mulligan D., Nguyen J., Rosen Ch., Reid-Lombardo K.M. Hepatic epithelioid haemangioendothelioma: is transplantation the only treatment option? *HPB (Oxford)*. 2010; 12 (8): 546–553. <https://doi.org/10.1111/j.1477-2574.2010.00213.x>
- Поршенников И.А., Быков А.Ю., Павлик В.Н., Щекина Е.Е., Белобородов К.Ю., Грязнов К.А., Лашенкова Е.В., Павлова Т.Н. Трансплантация печени при эпителиоидной гемангиоэндотелиоме с канцероматозом брюшной полости: клиническое наблюдение. *Вестник трансплантологии и искусственных органов*. 2013; 15 (4): 104–111. <https://doi.org/10.15825/1995-1191-2013-4-104-111>
- Sumrall A., Fredericks R., Berthold A., Shumaker G. Lenalidomide stops progression of multifocal epithelioid hemangioendothelioma including intracranial disease. *J. Neurooncol.* 2010; 97: 275–277. <https://doi.org/10.1007/s11060-009-0017-z>
- Paccalin J., Leger M., Pautrat J.M. et al. Hemangioendotheliome malin du foie chez l'adulte. *Bordeaux Med.* 1979; 12: 801–805.
- Makhlof H.R., Ishak K.G., Goodman Z.D. Epithelioid hemangioendothelioma of the liver: a clinicopathologic study of 137 cases. *Cancer*. 1999; 85: 562–582. [https://doi.org/10.1002/\(sici\)1097-0142\(19990201\)85:3<562::aid-cnrcr7>3.0.co;2-t](https://doi.org/10.1002/(sici)1097-0142(19990201)85:3<562::aid-cnrcr7>3.0.co;2-t)
- d'Annibale M., Piovanello P., Carlini P., Del Nonno F., Sciarretta F., Rossi M., Berloco P., Iappelli M., Lonardo M.T., Perrone R., Donnorso R. Epithelioid hemangioendothelioma of the liver: case report and review of the



- literature. *Transplant. Proc.* 2002; 34: 1248–1251. [https://doi.org/10.1016/s0041-1345\(02\)02751-3](https://doi.org/10.1016/s0041-1345(02)02751-3)
20. Fukayama M., Nihei Z., Takizawa T., Kawaguchi K., Harada H., Koike M. Malignant epithelioid hemangioendothelioma of the liver, spreading through the hepatic veins. *Virchows Arch. A. Pathol. Anat. Histopathol.* 1984; 404: 275–287. <https://doi.org/10.1007/bf00694893>
 21. Radin D.R., Craig J.R., Colletti P.M., Ralls P.W., Halls J.M. Hepatic epithelioid hemangioendothelioma. *Radiology.* 1988; 169: 145–148. <https://doi.org/10.1148/radiology.169.1.3420251>
 22. Furui S., Itai Y., Ohtomo K., Yamauchi T., Takenaka E., Iio M., Ibukuro K., Shichijo Y., Inoue Y. Hepatic epithelioid hemangioendothelioma: report of five cases. *Radiology.* 1989; 171: 63–68. <https://doi.org/10.1148/radiology.171.1.2648478>
 23. Fulcher A.S., Sterling R.K. Hepatic neoplasms: computed tomography and magnetic resonance features. *J. Clin. Gastroenterol.* 2002; 34: 463–471. <https://doi.org/10.1097/00004836-200204000-00019>
 24. Lyburn I.D., Torreggiani W.C., Harris A.C., Zwirewich C.V., Buckley A.R., Davis J.E., Chung S.W., Scudamore C.H., Ho S.G. Hepatic epithelioid hemangioendothelioma: sonographic, CT, and MR imaging appearances. *Am. J. Roentgenol.* 2003; 180: 1359–1364. <https://doi.org/10.2214/ajr.180.5.1801359>
 25. Miller W.J., Dodd III G.D., Federle M.P., Baron R.L. Epithelioid hemangioendothelioma of the liver: imaging findings with pathologic correlation. *Am. J. Roentgenol.* 1992; 159 (1): 53–57. <https://doi.org/10.2214/ajr.159.1.1302463>
 26. Pavan H., Varghese J., Harika K., Vij M., Jayanthi V., Rela M. Malignant Hepatic Epithelioid Hemangioendothelioma with Villaret Syndrome. *J. Clin. Exp. Hepatol.* 2017; 7 (1): 68–70. <https://doi.org/10.1016/j.jceh.2016.09.006>
 27. Zhou L., Cui M.Y., Xiong J., Dong Z., Luo Y., Xiao H., Xu L., Huang K., Li Z.P., Feng S.T. Spectrum of appearances on CT and MRI of hepatic epithelioid hemangioendothelioma. *BMC Gastroenterol.* 2015; 15: 69. <https://doi.org/10.1186/s12876-015-0299-x>
 28. Studer L.L., Selby D.M. Hepatic Epithelioid Hemangioendothelioma. *Arch. Pathol. Lab. Med.* 2018; 142 (2): 263–267. <https://doi.org/10.5858/arpa.2016-0171-RS>
 29. Yanlin T., Xiaohuang Y., Chuning D., Zhe X., Hongbo Zh., Yunhua W. Diffuse hepatic epithelioid hemangioendothelioma with multiple splenic metastasis and delayed multifocal bone metastasis after liver transplantation on FDG PET/CT images. *Case Rep. Med.* 2018; 97 (22): p e10728. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000010728>
 30. Lai Q., Feys E., Karam V., Adam R., Klempnauer J., Oliverius M., Mazzaferro V., Pascher A., Remiszewski P., Isoniemi H., Pirenne J., Foss A., Ericzon B.G., Markovic S., Lerut J.P. Hepatic epithelioid hemangioendothelioma and adult liver transplantation. *Transplantation.* 2017; 101 (3): 555–564. <https://doi.org/10.1097/tp.0000000000001603>
 31. Lyburn I.D., Torreggiani W.C., Harris A.C., Zwirewich Ch.V., Buckley A.R., Davis J.E., Chung S.W., Scudamore C.H., Ho S.G. Hepatic epithelioid hemangioendothelioma: sonographic, CT, and MR imaging appearances. *Am. J. Roentgenol.* 2003; 180: 1359–1367. <https://doi.org/10.2214/ajr.180.5.1801359>
 32. Alomari A.I. The lollipop sign: a new cross-sectional sign of hepatic epithelioid hemangioendothelioma. *Eur. J. Radiol.* 2006; 59(3): 460–464. <https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2006.03.022>

References

1. Weiss S.W., Enzinger F.M. Epithelioid hemangioendothelioma: a vascular tumor often mistaken for a carcinoma. *Cancer.* 1982; 50: 970–981. [https://doi.org/10.1002/1097-0142\(19820901\)50:5<970::aid-cncr2820500527>3.0.co;2-z](https://doi.org/10.1002/1097-0142(19820901)50:5<970::aid-cncr2820500527>3.0.co;2-z)
2. Dail D.H., Liebow A.A. Intravascular bronchioalveolar tumor. *Am. J. Pathol.* 1975; 78: 6a–7a.
3. Lau K., Massad M., Pollak C., Rubin C., Yeh J., Wang J., Edelman G., Yeh J., Prasad S., Weinberg G. Clinical patterns and outcome in epithelioid hemangioendothelioma with or without pulmonary involvement. *Chest.* 2011; 140: 1312–1318. <https://doi.org/10.1378/chest.11-0039>
4. Rock M.J., Kaufman R.A., Lobe T.E., Hensley S.D., Moss M.L. Epithelioid hemangioendothelioma of the lung (intravascular bronchioalveolar tumor) in a young girl. *Pediatr. Pulmonol.* 1991; 11: 181–186. <https://doi.org/10.1002/ppul.1950110217>
5. Einsfelder B., Kuhn C. Epithelioid hemangioendothelioma of the lung (IVBAT) – clinicopathological and immunohistochemical analysis of 11 cases (In German). *Pathologe.* 2006; 27: 106–115. <https://doi.org/10.1007/s00292-006-0817-2>
6. Serafinska S., Smolinski P., Inglot M., Krysztof S. Fulminant Hemangioendothelioma course – a case report. *E&C Hepatology.* 2005; 1 (2): 113–116.
7. Ishak K.G., Sesterhenn I.A., Goodman Z.D., Rabin L., Stromeyer F.W. Epithelioid hemangioendothelioma of the liver: a clinic-pathologic and follow up study of 32 cases. *Hum. Pathol.* 1984; 15: 839–852. [https://doi.org/10.1016/s0046-8177\(84\)80145-8](https://doi.org/10.1016/s0046-8177(84)80145-8)
8. Terada T., Nakanuma Y., Hosono M. et al. Hepatic epithelioid hemangioendothelioma in primary biliary cirrhosis (Letter). *Gastroenterology.* 1989; 97: 810–811. [https://doi.org/10.1016/0016-5085\(89\)90675-6](https://doi.org/10.1016/0016-5085(89)90675-6)
9. Schegolev A.I., Tinkova I.O., Mishnev O.D. Classification and morphological characteristics of liver tumors: malignant non-epithelial tumors (lecture). *Medical Visualization.* 2006; 5: 40–48. (In Russian)
10. Tiu C.M., Chou Y.H., Wang H.T., Chang T. Epithelioid hemangioendothelioma of spleen with intrasplenic metastasis: ultrasound and computed-tomography appearance. *Comput. Med. Imaging Graph.* 1992; 16: 287–290. [https://doi.org/10.1016/0895-6111\(92\)90032-5](https://doi.org/10.1016/0895-6111(92)90032-5)
11. Marchiano D., Fisher F., Hofstetter S. Epithelioid hemangioendothelioma of the heart with distant metastases. A case report and literature review. *J. Cardiovasc. Surg. (Torino).* 1993; 34: 529–533.
12. Kamath S.M., Nagaraj H.K., Mysorekar V.V. Hepatic and adrenal hemangioendothelioma—a case report. *J. Clin. Diagn. Res.* 2013; 7: 2583–2584. <https://doi.org/10.7860/jcdr/2013/6808.3620>
13. Mehrabi A., Kashfi A., Fonouni H., Schemmer P., Schmied B.M., Hallscheidt P., Schirmacher P., Weitz J., Friess H., Buchler M.W., Schmidt J. Primary malignant hepatic epithelioid hemangioendothelioma: A comprehensive review of the literature with emphasis on the surgical therapy. *Cancer.* 2006; 107: 2108–2121. <https://doi.org/10.1002/cncr.22225>
14. Grotz T.E., Nagorney D., Donohue J., Que F., Kendrick M., Farnell M., Harmsen S., Mulligan D., Nguyen J., Rosen Ch., Reid-Lombardo K.M. Hepatic epithelioid haemangioendothelioma: is transplantation the only treatment option? *HPB (Oxford).* 2010; 12 (8): 546–553. <https://doi.org/10.1111/j.1477-2574.2010.00213.x>
15. Porshennikov I.A., Bykov A.Yu., Pavlik V.N., Shchekina E.E., Beloborodov K.Yu., Gryaznov K.A., Lashchenkova E.V., Pavlova T.N. Liver transplantation in epithelioid hemangioendothelioma with abdominal carcinomatosis:



- a clinical observation. *Russian Journal of Transplantology and Artificial Organs*. 2013; 15 (4): 104–111. (In Russian) <https://doi.org/10.15825/1995-1191-2013-4-104-111>
16. Sumrall A., Fredericks R., Berthold A., Shumaker G. Lenalidomide stops progression of multifocal epithelioid hemangioendothelioma including intracranial disease. *J. Neurooncol*. 2010; 97: 275–277. <https://doi.org/10.1007/s11060-009-0017-z>
 17. Paccalin J., Leger M., Pautrat J.M. et al. Hemangioendothelioma malin du foie chez l'adulte. *Bordeaux Med*. 1979; 12: 801–805.
 18. Makhoulouf H.R., Ishak K.G., Goodman Z.D. Epithelioid hemangioendothelioma of the liver: a clinicopathologic study of 137 cases. *Cancer*. 1999; 85: 562–582. [https://doi.org/10.1002/\(sici\)1097-0142\(19990201\)85:3<562::aid-cnrcr7>3.0.co;2-t](https://doi.org/10.1002/(sici)1097-0142(19990201)85:3<562::aid-cnrcr7>3.0.co;2-t)
 19. d'Annibale M., Piovanello P., Carlini P., Del Nonno F., Sciarretta F., Rossi M., Berloco P., Iappelli M., Lonardo M.T., Perrone R., Donnorso R. Epithelioid hemangioendothelioma of the liver: case report and review of the literature. *Transplant. Proc*. 2002; 34: 1248–1251. [https://doi.org/10.1016/s0041-1345\(02\)02751-3](https://doi.org/10.1016/s0041-1345(02)02751-3)
 20. Fukayama M., Nihei Z., Takizawa T., Kawaguchi K., Harada H., Koike M. Malignant epithelioid hemangioendothelioma of the liver, spreading through the hepatic veins. *Virchows Arch. A. Pathol. Anat. Histopathol*. 1984; 404: 275–287. <https://doi.org/10.1007/bf00694893>
 21. Radin D.R., Craig J.R., Colletti P.M., Ralls P.W., Halls J.M. Hepatic epithelioid hemangioendothelioma. *Radiology*. 1988; 169: 145–148. <https://doi.org/10.1148/radiology.169.1.3420251>
 22. Furui S., Itai Y., Ohtomo K., Yamauchi T., Takenaka E., Iio M., Ibukuro K., Shichijo Y., Inoue Y. Hepatic epithelioid hemangioendothelioma: report of five cases. *Radiology*. 1989; 171: 63–68. <https://doi.org/10.1148/radiology.171.1.2648478>
 23. Fulcher A.S., Sterling R.K. Hepatic neoplasms: computed tomography and magnetic resonance features. *J. Clin. Gastroenterol*. 2002; 34: 463–471. <https://doi.org/10.1097/00004836-200204000-00019>
 24. Lyburn I.D., Torreggiani W.C., Harris A.C., Zwirowich C.V., Buckley A.R., Davis J.E., Chung S.W., Scudamore C.H., Ho S.G. Hepatic epithelioid hemangioendothelioma: sonographic, CT, and MR imaging appearances. *Am. J. Roentgenol*. 2003; 180: 1359–1364. <https://doi.org/10.2214/ajr.180.5.1801359>
 25. Miller W.J., Dodd III G.D., Federle M.P., Baron R.L. Epithelioid hemangioendothelioma of the liver: imaging findings with pathologic correlation. *Am. J. Roentgenol*. 1992; 159 (1): 53–57. <https://doi.org/10.2214/ajr.159.1.1302463>
 26. Pavan H., Varghese J., Harika K., Vij M., Jayanthi V., Rela M. Malignant Hepatic Epithelioid Hemangioendothelioma with Villaret Syndrome. *J. Clin. Exp. Hepatol*. 2017; 7 (1): 68–70. <https://doi.org/10.1016/j.jceh.2016.09.006>
 27. Zhou L., Cui M.Y., Xiong J., Dong Z., Luo Y., Xiao H., Xu L., Huang K., Li Z.P., Feng S.T. Spectrum of appearances on CT and MRI of hepatic epithelioid hemangioendothelioma. *BMC Gastroenterol*. 2015; 15: 69. <https://doi.org/10.1186/s12876-015-0299-x>
 28. Studer L.L., Selby D.M. Hepatic Epithelioid Hemangioendothelioma. *Arch. Pathol. Lab. Med*. 2018; 142 (2): 263–267. <https://doi.org/10.5858/arpa.2016-0171-RS>
 29. Yanlin T., Xiaohuang Y., Chuning D., Zhe X., Hongbo Zh., Yunhua W. Diffuse hepatic epithelioid hemangioendothelioma with multiple splenic metastasis and delayed multifocal bone metastasis after liver transplantation on FDG PET/CT images. *Case Rep. Med*. 2018; 97 (22): p e10728. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000010728>
 30. Lai Q., Feys E., Karam V., Adam R., Klempnauer J., Oliverius M., Mazzaferro V., Pascher A., Remiszewski P., Isoniemi H., Pirenne J., Foss A., Ericzon B.G., Markovic S., Lerut J.P. Hepatic epithelioid hemangioendothelioma and adult liver transplantation. *Transplantation*. 2017; 101 (3): 555–564. <https://doi.org/10.1097/tp.0000000000001603>
 31. Lyburn I.D., Torreggiani W.C., Harris A.C., Zwirowich Ch.V., Buckley A.R., Davis J.E., Chung S.W., Scudamore C.H., Ho S.G. Hepatic epithelioid hemangioendothelioma: sonographic, CT, and MR Imaging appearances. *Am. J. Roentgenol*. 2003; 180: 1359–1367. <https://doi.org/10.2214/ajr.180.5.1801359>
 32. Alomari A.I. The lollipop sign: a new cross-sectional sign of hepatic epithelioid hemangioendothelioma. *Eur. J. Radiol*. 2006; 59(3): 460–464. <https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2006.03.022>

Для корреспонденции*: Долбов Артем Леонидович – 197758 Санкт-Петербург, пос. Песочный, ул. Ленинградская, д. 70. Тел.: +7-911-290-06-19. E-mail: Art.dolbov@yandex.ru

Розенгауз Евгений Владимирович – доктор мед. наук, главный научный сотрудник отдела лучевой диагностики ФГБУ “Российский научный центр радиологии и хирургических технологий имени академика А.М. Гранова” Минздрава России; профессор кафедры лучевой диагностики и лучевой терапии ФГБОУ ВО “Северо-Западный государственный медицинский университет имени И.И. Мечникова” Минздрава России, Санкт-Петербург. <https://orcid.org/0000-0003-1742-7783>

Долбов Артем Леонидович – врач-рентгенолог, младший научный сотрудник отделения радиоизотопной позитронной эмиссионной томографии ФГБУ “Российский научный центр радиологии и хирургических технологий имени академика А.М. Гранова” Минздрава России, Санкт-Петербург. <https://orcid.org/0000-0002-2195-2401>

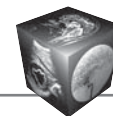
Караханова Анна Геннадиевна – врач-рентгенолог ФГБУ “Национальный медицинский исследовательский центр онкологии имени Н.Н. Петрова” Минздрава России, Санкт-Петербург. <https://orcid.org/0000-0002-1913-9390>

Contact*: Artyom L. Dolbov – Leningradskaja str., St. Petersburg 197758Pesochny, 70, Russian Federation. Phone: +7-911-290-06-19. E-mail: Art.dolbov@yandex.ru

Evgeny V. Rozengauz – Doct. of Sci. (Med.), Chief Researcher of the Department of radiology A.M. Granov Russian Scientific Center of Radiology and Surgical Technologies; I.I. Mechnikov NorthWestern State Medical University, St. Petersburg. <https://orcid.org/0000-0003-1742-7783>

Artyom L. Dolbov – Radiologist of the Department of Radioisotope Positron Emission Tomography of A.M. Granov Russian Scientific Center of Radiology and Surgical Technologies, St. Petersburg. <https://orcid.org/0000-0002-2195-2401>

Anna G. Karakhanova – Radiologist of the Department of X-ray Computed Tomography N.N. Petrov National Medical Research Center of Oncology, St. Petersburg. <https://orcid.org/0000-0002-1913-9390>



Брюшная полость | Abdomen

ISSN 1607-0763 (Print); ISSN 2408-9516 (Online)
<https://doi.org/10.24835/1607-0763-2020-4-51-63>

Первичный изолированный эхинококкоз поджелудочной железы, имитирующий злокачественную опухоль

© Лукьянченко А.Б.¹, Валиев Р.К.¹, Романова К.А.^{1*}, Медведева Б.М.¹,
 Нурбердыев М.Б.¹, Сташкив В.И.², Кармазановский Г.Г.^{2, 3}

¹ ФГБУ “Национальный медицинский исследовательский центр онкологии им. Н.Н. Блохина” Минздрава России; 115478, Москва, Каширское шоссе, д.23, Российская Федерация

² ФГБУ “Национальный медицинский исследовательский центр хирургии имени А.В. Вишневского” Минздрава России; 115093, Москва, ул. Большая Серпуховская, д. 27, Российская Федерация

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

Представлено редкое клиническое наблюдение пациента 54 лет с первичным изолированным эхинококкозом поджелудочной железы, имитирующим по данным КТ и МРТ злокачественную опухоль. Сложности дооперационной диагностики были обусловлены крайней редкостью подобной локализации эхинококка и внешней схожестью наблюдаемых изменений с кистозными опухолями поджелудочной железы. Произведенная операция с последующим морфологическим исследованием удаленного макропрепарата позволили однозначно диагностировать изолированное эхинококковое поражение поджелудочной железы.

Ключевые слова: эхинококкоз, поджелудочная железа, кистозная опухоль, КТ, МРТ

Авторы подтверждают отсутствие конфликтов интересов.

Для цитирования: Лукьянченко А.Б., Валиев Р.К., Романова К.А., Медведева Б.М., Нурбердыев М.Б., Сташкив В.И., Кармазановский Г.Г. Первичный изолированный эхинококкоз поджелудочной железы, имитирующий злокачественную опухоль. *Медицинская визуализация*. 2020; 24 (4): 51–63.
<https://doi.org/10.24835/1607-0763-2020-4-51-63>

Поступила в редакцию: 03.08.2020. **Принята к печати:** 26.11.2020. **Опубликована online:** 10.12.2020.

Primary hydatid cyst of pancreas mimicking malignant tumor

© Alexander B. Lukianchenko¹, Ramis K. Valiev¹, Ksenia A. Romanova^{1*},
 Bela M. Medvedeva¹, Maksut B. Nurberdiev¹, Vladislava I. Stashkiv²,
 Grigory G. Karmazanovsky^{2, 3}

¹ N.N. Blokhin National Medical Research Center of oncology; 23, Kashirskoe shosse, 115478, Moscow, Russian Federation

² A.V. Vishnevsky Medical Research Center of Surgery the Ministry of Health of the Russian Federation; 27, Bolshaya Serpuhovskaya str., 115093, Moscow, Russian Federation

³ Pirogov Russian National Research Medical University of the Ministry of Health of Russia; 1, Ostrovityanova str., 117997, Moscow, Russian Federation

We present the very rare clinical case of a 54-year-old man who was diagnosed on CT and MRI with a mixed cystic-soft tissue pancreatic lesion with septa and calcification, looking like a malignant tumor of pancreas. The preoperative diagnosis was uncertain because of unclear features of the mass. This tumor from the body and tail of pancreas was excised by means of laparotomy. The final diagnosis of a complicated hydatid cyst was confirmed on morphological examination.



Keywords: pancreas, echinococcosis, cystic tumors, MRI, CT

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

For citation: Lukianchenko A.B., Valiev R.K., Romanova K.A., Medvedeva B.M., Nurberdyev M.B., Stashkiv V.I., Karmazanovsky G.G. Primary hydatid cyst of pancreas mimicking malignant tumor. *Medical Visualization*. 2020; 24 (4): 51–63. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-2020-4-51-63>

Received: 03.08.2020.

Accepted for publication: 26.11.2020.

Published online: 10.12.2020.

Эхинококкоз человека представляет собой паразитарное заболевание, вызываемое ленточными червями рода *Echinococcus*. Наиболее распространенными в клинической практике являются виды *Echinococcus granulosus* и *Echinococcus multilocularis*. В медицинской литературе, заболевание, вызванное *E. granulosus* традиционно принято называть эхинококкозом, а вызванное *E. multilocularis* – альвеококкозом. Основным отличием их отображения при визуализирующих методах исследования (УЗИ, КТ, МРТ) является следующее: для гидатидного эхинококка (*E. granulosus*) характерна стадия формирования кист, в то время как альвеококк (*E. multilocularis*) имеет инфильтративный характер роста, внешне схожий с опухолем.

В последние годы в Российской Федерации отмечена тенденция к увеличению заболеваемости населения эхинококкозом, ежегодно регистрируется свыше 500 соответствующих случаев. В 2012 г. заболеваемость населения эхинококкозом на территории России увеличилась на 7,9% по сравнению с 2011 г. [1].

Эхинококковая болезнь широко распространена во многих странах мира. Особенно часто она встречается в сельских районах, связанных с животноводством. Среди зараженных эхинококкозом животных, свиньи составляют – 64,8%, крупный рогатый скот – 25,5%, мелкий рогатый скот – 9,5%, лошади – 0,2% [2].

В России эхинококкоз часто регистрируется в регионах, где развито животноводство и сельскохозяйственное хозяйство, таких как Башкортостан, Татарстан, наблюдается в Ставропольском, Краснодарском, Алтайском, Красноярском и Хабаровском краях, а также в Волгоградской, Самарской, Ростовской, Оренбургской, Челябинской, Томской, Омской, Магаданской и Амурской областях, кроме того и на Чукотке [3].

Как известно, наиболее частой локализацией паразитарных кист у человека является печень (50–80%), реже – легкие (6–40%) [4, 5].

Диагностика эхинококкоза в ряде случаев может быть значительно затруднена вследствие необычной его локализации. Например, описана локализация эхинококковой кисты в главном панкреатическом протоке. С диагнозом “опухоль поджелу-

дочной железы” пациенту была выполнена панкреатодуоденальная резекция с удалением “опухоли”. Интраоперационно кисты были представлены волокнистой тканью, на разрезе – с множественными перегородками, но при гистологическом исследовании удаленных материалов установлен диагноз эхинококкоза [1]. Кроме того, в отечественной литературе имеются и другие единичные наблюдения изолированного эхинококкоза поджелудочной железы (ПЖ) [4, 5].

Отмечено, что эхинококковая киста в ПЖ может проявляться картиной острого панкреатита, а ее разрыв может стать причиной развития клиники острого живота [6, 7]. Описаны случаи сочетанного поражения правой доли печени и головки ПЖ [8], первичной локализации эхинококка в надпочечнике и в ягодичной мышце [9, 10].

Формально, растущая эхинококковая киста может напоминать первичную опухоль ПЖ, что и наблюдалось у нашего пациента.

Пациент Ш. 54 лет (1965 г.р.), обратился в НМИЦ онкологии им. Н.Н. Блохина с жалобами на дискомфорт и тупые боли в эпигастриальной области с иррадиацией спины, обычно возникающие при приеме пищи, при этом отмечал быстрое появление чувства насыщения. Указанные жалобы беспокоили в течение года.

Из анамнеза: пациент родился и вырос республике Таджикистан (вблизи Памира). С 18 лет служил в армии в Ростовской области (Российская Федерация). После армии продолжил жить и работать в Ростовской области, занимаясь сельским хозяйством. С появлением указанных выше жалоб (в начале 2019 г) в течение года наблюдался и лечился у гастроэнтеролога по месту жительства без заметного эффекта. При УЗИ брюшной полости (от 02.2020) в теле и хвосте поджелудочной железы (ПЖ) выявлено объемное кистозное образование (около 15 × 10 см) не вполне ясного генеза. В связи с чем, пациент направлен на дообследование в г. Ростов, где 09.05.2020 была выполнена МРТ брюшной полости (без внутривенного контрастирования), в результате которой в области тела и хвоста ПЖ также выявлено крупное объемное образование (около 15 × 8 см) с жидкостными элементами, характер которого оставался неуточненным (рис. 1) В частности, было отмечено, что хвост и тело поджелудочной железы не дифференцировались, т.к. полностью замещены неправильной формы

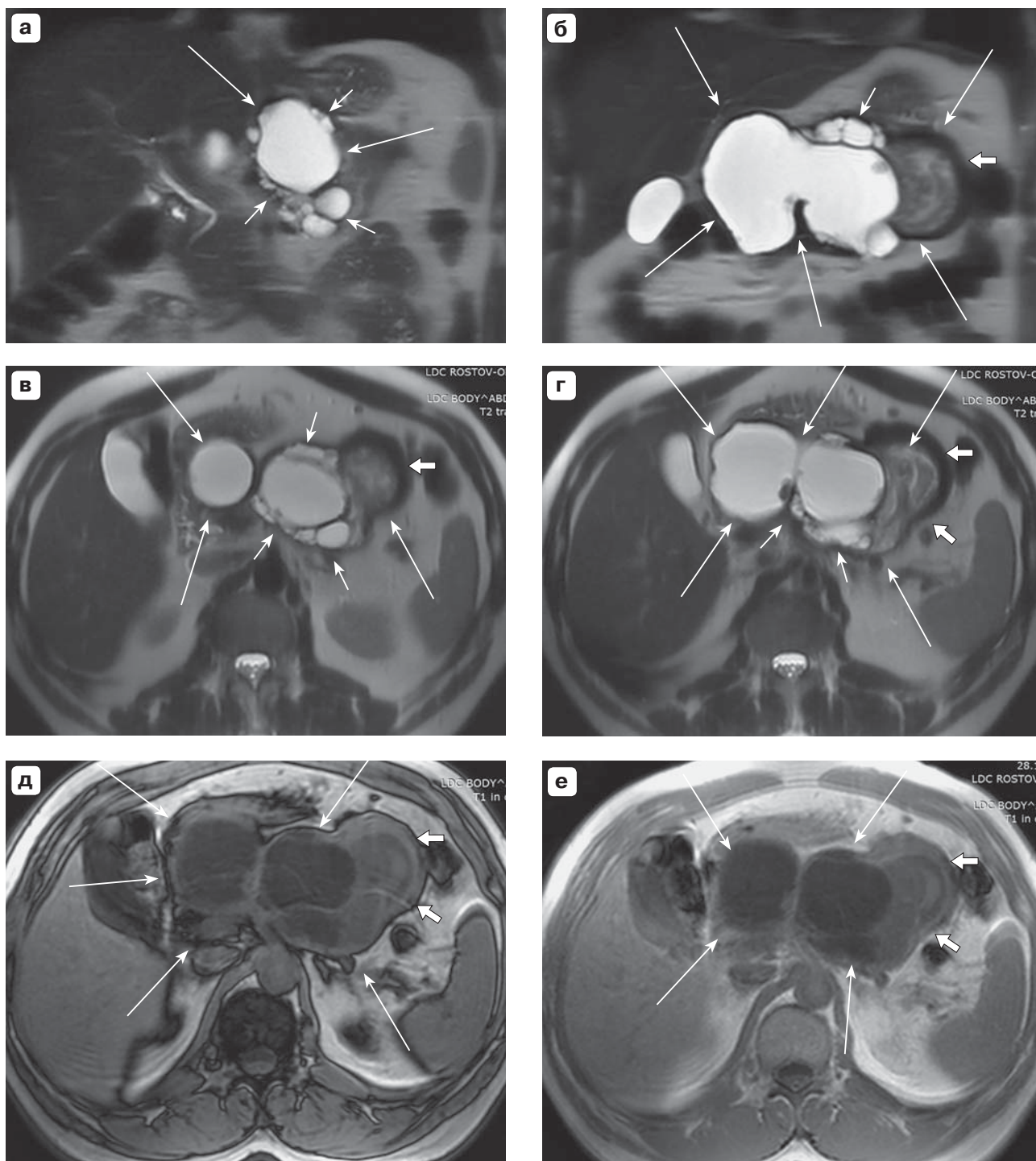
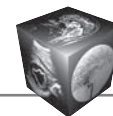


Рис. 1. МР-томограммы брюшной полости пациента Ш. 54 лет.

а–б – фронтальные Т2-томограммы; **в–г** – аксиальные Т2-томограммы; **д** – Т1(out-of-phase-, **е** – Т1(in-phase) томограммы; **ж–з** – аксиальные Т1-томограммы; **и** – диффузионно-взвешенная МР-томограмма (ДВ-МРТ) с b-value = 400 с/мм², **к** – карта измеряемого коэффициента диффузии (ИКД-карта). Пояснения в тексте. **Заключение:** опухоль ПЖ ?

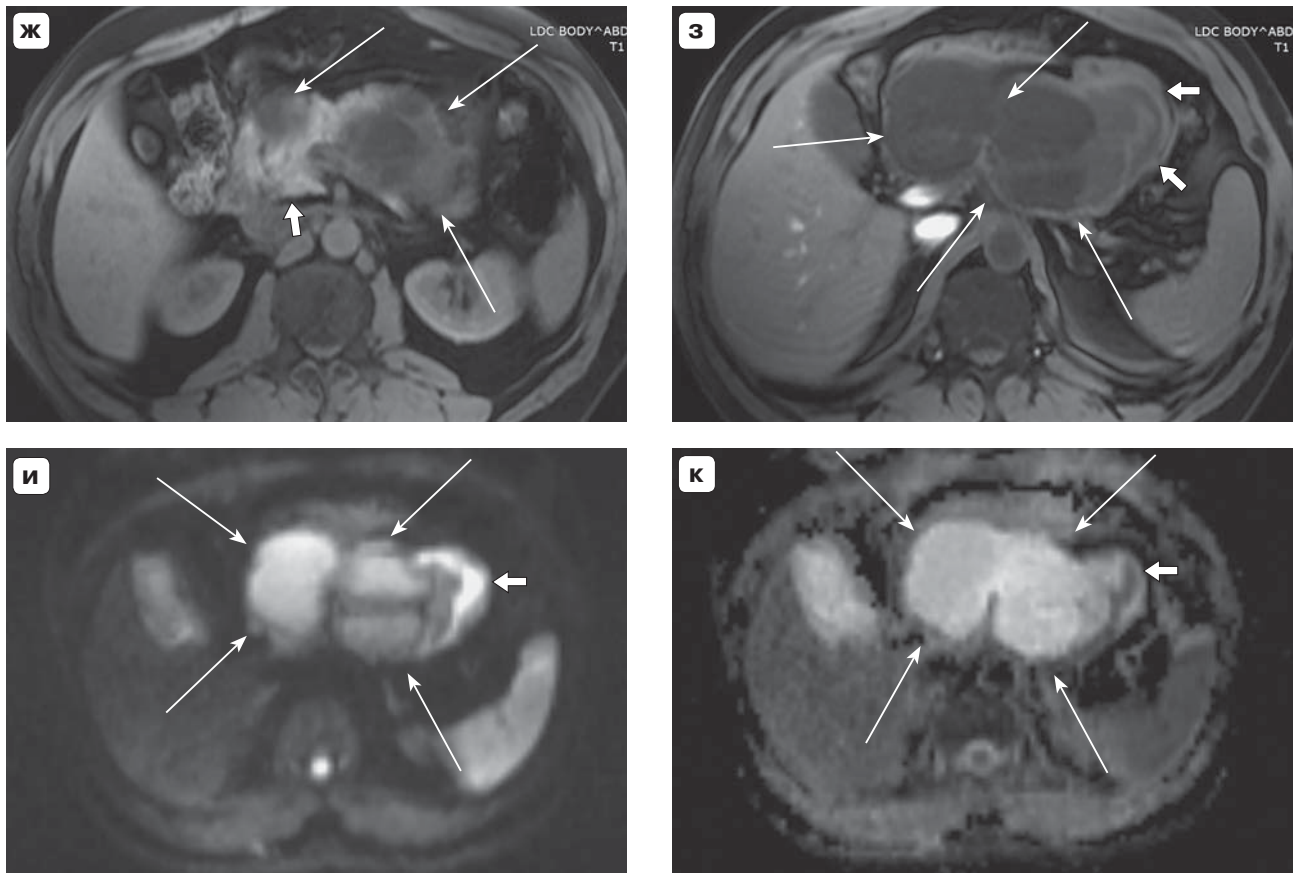


Рис. 1 (окончание).

кистозно-солидной массой (преимущественно кистозной, многокамерной) с гиперинтенсивной внутренней структурой в T2 (рис. 1 а–г) и при ДВ-МРТ (рис. 1 и–к), гипоинтенсивной в T1 (длинные стрелки), при этом кистозные элементы имели различные форму и размеры (от 0,5 до 10 см в поперечнике). Отмечено, что одна крупная киста (около 10 см) была окружена множеством разновеликих и разноформенных мелких (короткие стрелки). В левых латеральных отделах массива определялась ярко выраженная капсула (толстые стрелки) различной толщины (0,5–1,5 см), гипоинтенсивная в T2 (рис. 1 а–г), смешанной интенсивности в T1 (рис. 1 д–з). Черной стрелкой на рис. 1 ж показан фрагмент сохраненной паренхимы в головке ПЖ. **Заключение:** опухоль ПЖ ?

В связи с неопределенностью диагноза и подозрением на опухолевое поражение ПЖ пациент направлен в Москву в НМИЦ онкологии им. Н.Н. Блохина для дообследования и лечения, где 27.05.2020 была выполнена контрольная КТ с внутривенным контрастированием (рис. 2), при которой выявлено следующее: в области тела и хвоста ПЖ определялось массивное объемное образование с четкими контурами, общими попереч-

ными размерами около 15 × 8 см, при вертикальном размере около 9 см. (длинные стрелки) Внутренняя структура выявленного массива – неоднородная за счет сливающихся между собой кистозных и мягкотканых элементов, с множественными сливающимися петрификатами по периферии, с образованием неравномерно выраженной “скорлупы” толщиной на отдельных участках до 5–7 мм. (короткие стрелки). Выявляемый массив оттеснял желудок (звездочка) кпереди при частичном сохранении разделительных жировых прослоек между ними. Отмечалось тесное прилегание образования к висцеральной поверхности печени (в области ее ворот) без признаков взаимосвязи между ними. Головка ПЖ выглядела неизменной. Панкреатический проток в ее области был не расширен. Каких-либо патологических изменений в других органах абдоминальной области (печени, почках, надпочечниках и селезенке) обнаружено не было. Забрюшинные и внутрибрюшинные лимфатические узлы не увеличены. Свободной и осумкованной жидкости в брюшной полости не определялось. **Заключение:** однозначная характеристика изменений в ПЖ затруднена, можно думать, как об опухолевом, так и о паразитарном ее поражении.

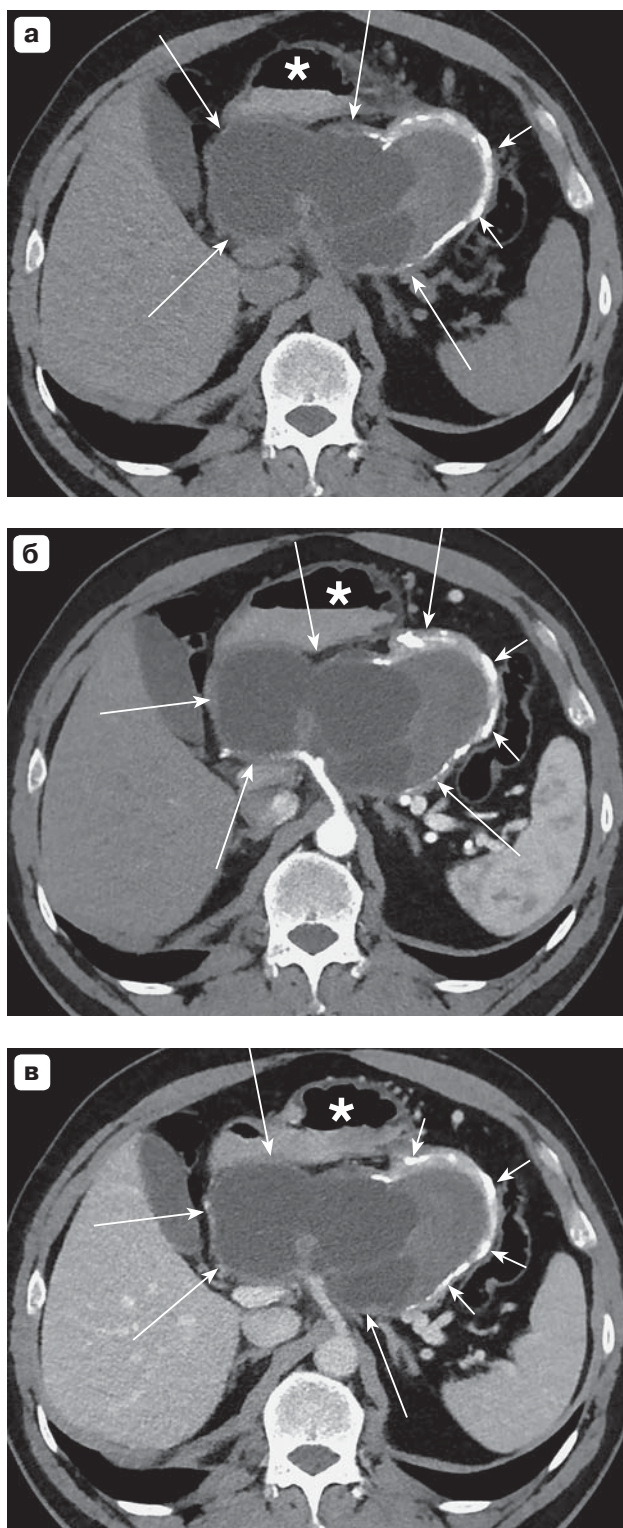
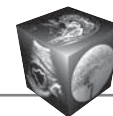


Рис. 2. Аксиальные компьютерные томограммы брюшной полости пациента Ш. 54 лет. **а** – нативная фаза; **б** – артериальная фаза; **в** – венозная фаза (см. подробные пояснения в тексте).

Данные лабораторных исследований

Опухолевые маркеры от 20.05.2020: РЭА – 2,29 нг/мл, СА 19-9 – 0,54 Ед/мл. В общем (клиническом) и биохимическом анализах крови – без явных отклонений от нормы.

На основании анамнеза и всех полученных при обследовании пациента данных, выполнение пункционной биопсии признано нецелесообразным (с учетом возможного наличия паразитарного процесса). На проведенном консилиуме принято решение о выполнении хирургического вмешательства.

02.06.2020 выполнена дистальная субтотальная резекция поджелудочной железы, гастрэктомия, спленэктомия, резекция толстой кишки.

При лапаротомии и ревизии брюшной полости: признаков наличия диссеминации процесса по брюшине, метастатического поражения печени и асцита не обнаружено. В теле и хвосте ПЖ определялось массивное опухолевое образование размером около 15 × 10 см, состоящее из сливающихся узлов кистозно-солидной структуры с выраженными, плотными, кальцинированными стенками. Данное образование инфильтрировало заднюю стенку желудка, малую и большую его кривизну на большом протяжении, брыжейку и стенку поперечно-ободочной кишки (вблизи селезеночного ее изгиба), а также корень брыжейки. Один из опухолевидных узлов с кистозным компонентом тесно прилежал к печеночно-двенадцатиперстной связке, воротной вене, общей печеночной артерии, гастродуоденальной артерии и чревному стволу. Левые желудочная артерия и вена проходили между опухолевыми узлами и в их толще не дифференцировались. Общая печеночная артерия на значительном протяжении была сращена с капсулой опухоли. Селезеночные артерия и вена, а также средние ободочная артерия и вена находились в толще инфильтрата. Воротная и верхне-брыжеечные вены были значительно смещены и сдавлены опухолевыми узлами.

С техническими трудностями массив был отделен от печеночно-двенадцатиперстной связки, воротной вены и задней стенки желудка, выполнена резекция поперечно-ободочной кишки вместе с брыжейкой дистальной ее трети. Выделены гастро-дуоденальная и общая печеночная артерии, чревный ствол. Перевязаны и пересечены правая и левая желудочные артерии, а также левая желудочная вена. Мобилизована двенадцатиперстная кишка вместе с головкой ПЖ (по Кохеру), а также и нижний край пораженной железы вместе с опухолевидным образованием. Тело и хвост ПЖ вместе с упомянутым кистозно-солидным массивом отделены от забрюшинного пространства (до верхне-брыжеечной вены). При этом выявлена инфильтрация в зоне слияния селезеночной и верхне-брыжеечной вен. На границе головки и тела, ПЖ была пересечена острым путем. Препарат удален. Культи головки ушита 8-образными швами.

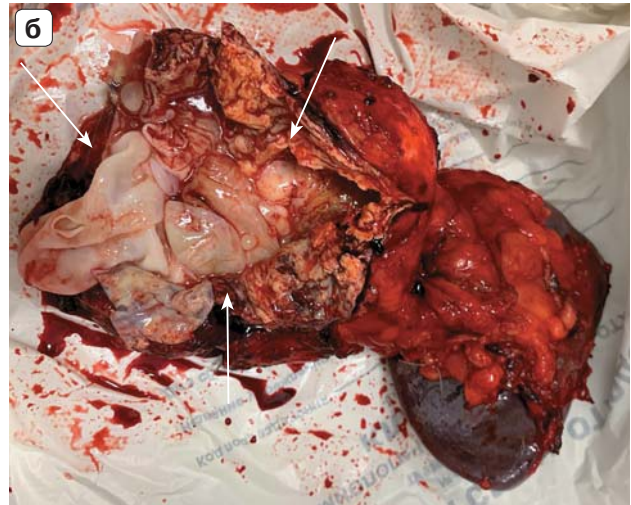


Рис. 3. Макропрепарат удаленного образования в поджелудочной железе. Отчетливо видны множественные разновеликие кисты (стрелки).

Учитывая отсутствие адекватного кровоснабжения желудка и признаки его ишемизации (цианоз стенок) была выполнена гастрэктомия. Сформированы эзофаго-энтероанастомозы по Ру и двурядный колоно-колоно анастомоз “бок в бок”. Брюшная полость промыта и осушена, установлены 3 дренажные трубки.

Гистологическое исследование

Макроскопически: органокомплекс, включающий в себя поджелудочную железу с окружающей клетчаткой и селезенку. В области тела и хвоста поджелудочной железы – кистозное образование $14 \times 9 \times 9$ см с толщиной стенки 1–3 см с участками костной плотности. В просвете кистозного образования бесструктурная желеобразная желтовато – серые массы и большое количество пузырьковидных образований диаметром от 0,5–5 см с тонкими стенками, заполненными полупрозрачным содержимым (рис. 3).

Микроскопически: стенка кистозного образования представлена фиброзной тканью с воспалительным инфильтратом, включающим лимфоидные, плазматические клетки, макрофаги. Внутренняя стенка выстлана частично слущенными слоистыми тканями. В просвете пузырьков – очень мелкие, т.н. дочерние кисты эхинококка.

Заключение: картина изменений соответствует эхинококку. Элементов опухоли не найдено.

Пациент выписан на 9-е сутки в удовлетворительном состоянии под наблюдение хирурга по месту жительства с необходимостью контрольного обследования через 3 мес.

Обсуждение

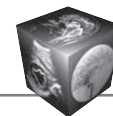
Наше клиническое наблюдение вначале вызвало определенные диагностические трудности,

однако ретроспективно представляется, что корректный диагноз поставить было бы можно.

Сложности корректной дооперационной диагностики паразитарного поражения ПЖ в данном случае были обусловлены, с одной стороны, исключительной редкостью изолированной (одиночной) локализации эхинококкоза в ней, с другой стороны, значительным разнообразием кистозных (кистовидных) вариантов (проявления) опухолевых процессов в этом органе. Безусловно, наличие мягкотканного компонента (воспалительные изменения вокруг кисты) и участков обызвествления стенки эхинококковой кисты (что также наблюдается на периферии муцинозных цистаденом и цистаденокарцином) осложняло первичную диагностику.

Следует заметить, что среди весьма многочисленных амбулаторных и стационарных пациентов НМИЦ онкологии им. Н.Н. Блохина с самыми разнообразными опухолевыми и воспалительными поражениями ПЖ, ее изолированный эхинококкоз мы встретили в первый раз.

Анализируя ретроспективно полученные КТ/МРТ изображения (при учете анамнеза пациента) можно было бы более уверенно высказаться о паразитарном поражении ПЖ на основе следующих находок: при МРТ – множественных разновеликих, кистозных образований, окружающих одну крупную кисту (что, в целом, представляло собой многокамерное формирование), при КТ – ярко выраженной, сливающейся кальцинации по периферии опухолевидного массива с образованием неравномерно утолщенной “скорлупы” до 5–7 мм. Дополнительной подсказкой служил бы факт дли-



тельной занятости пациента в сельском хозяйстве в эндемичном по эхинококкозу регионе.

Что касается выбранной лечебной тактики, то альтернативы хирургическому вмешательству у этого конкретного пациента мы не видели, что вполне согласуется и с литературными сведениями [1, 3–10].

Таким образом, данное наблюдение на наш взгляд подчеркивает целесообразность включения изолированных (очень редких) форм эхинококкоза в дифференциально-диагностический ряд при неоднозначной картине опухолевых или опухолевидных образований в любых органах.

Human echinococcosis is a parasitic disease caused by tapeworms of the genus *Echinococcus*. In clinical practice, the most common species are *Echinococcus granulosus* and *Echinococcus multilocularis*. In medical literature, the disease caused by *E. granulosus* is traditionally called echinococcosis, and the one caused by *E. multilocularis* is called alveococcosis. The main difference between their display by imaging methods (ultrasound, CT, MRI) include: hydatid echinococcosis (*E. granulosus*) is characterized by a stage of cysts formation, while alveococcosis (*E. multilocularis*) has an infiltrative growth pattern, visually similar to a tumor.

In recent years, the Russian Federation has shown a tendency to increase the incidence of echinococcosis in the population. More than 500 cases are registered annually. In 2012, the incidence of echinococcosis in Russia increased by 7.9% compared to 2011 [1].

Echinococcosis is widespread in many countries all over the world. It is especially common in rural areas associated with animal-breeding. Among animals infected with echinococcosis, pigs make up 64.8%, cattle – 25.5%, small cattle – 9.5%, horses – 0.2% [2].

In Russia, echinococcosis is often registered in regions, where animal breeding and agriculture are developed, such as Bashkortostan, Tatarstan, Stavropol, Krasnodar, Altai, Krasnoyarsk and Khabarovsk territories, as well as in Volgograd, Samara, Rostov, Orenburg, Chelyabinsk, Tomsk, Omsk, Magadan and Amur regions, and Chukotka [3].

As is known, human parasitic cysts most commonly localize in liver (50–80%), less often they localize in lungs (6–40%) [4, 5].

Diagnosis of echinococcosis is significantly challenged in some cases due to its unusual localization. For example, there is a case of localization of echinococcal cyst in the main pancreatic duct. Diagnosed with “pancreatic tumor”, the patient underwent pancreatoduodenal resection with the “tumor” removal.

Участие авторов

Лукьянченко А.Б. – концепция и дизайн исследования, написание текста, утверждение окончательного варианта статьи.

Валиев Р.К. – проведение исследования, сбор и обработка данных.

Романова К.А. – подготовка и редактирование текста.

Медведева Б.М. – подготовка, создание опубликованной работы.

Нурбердыев М.Б. – сбор и обработка данных.

Сташків В.И. – подготовка и редактирование текста.

Кармазановский Г.Г. – ответственность за целостность всех частей статьи, утверждение окончательного варианта статьи.

Intraoperatively, the cysts were represented by fibrous tissue with multiple septa on the incision, but histological examination of the removed materials diagnosed echinococcosis [1]. In addition, there are other individual cases of isolated pancreatic echinococcosis in the Russian literature [4, 5].

It was noted that an echinococcal cyst in the pancreas can manifest as an aspect of acute pancreatitis, and its rupture can cause development of an acute abdomen clinic [6, 7]. There are cases of combined damage of the right lobe of the liver and of the head of the pancreas [8], and of primary localization of *Echinococcus* in the adrenal gland and in the gluteus [9, 10].

Formally, a growing echinococcal cyst may resemble a primary pancreatic tumor, which was observed in our patient.

Patient Sh., 54 years (born in 1965), medical record 20/15633, visited the NMRC of oncology of N.N. Blokhin complaining of discomfort and dull pain in the epigastric region radiating to the back. The pain usually occurs when eating, rapid satiety is noticed. These complaints had remained for a year.

Medical history: the patient was born and raised in the Republic of Tajikistan (near Pamir). From the age of 18, he served in the army in the Rostov Region (Russian Federation). After the army service, he continued to live and work in farming in the Rostov Region. Since the above-mentioned complaints appeared (in early 2019), he had been observed and treated by a gastroenterologist without any noticeable effect at the place of residence for a year. Ultrasound of the abdomen (dated February, 2020) detected a large cystic formation in the body and tail of the pancreas (about 15 × 10 cm) of an undefined genesis. In this connection, the patient was referred to Rostov for further examination, where MRI of the abdomen was performed on May 9, 2020 (without intravenous contrast). The examination also revealed a large formation with liquid elements in

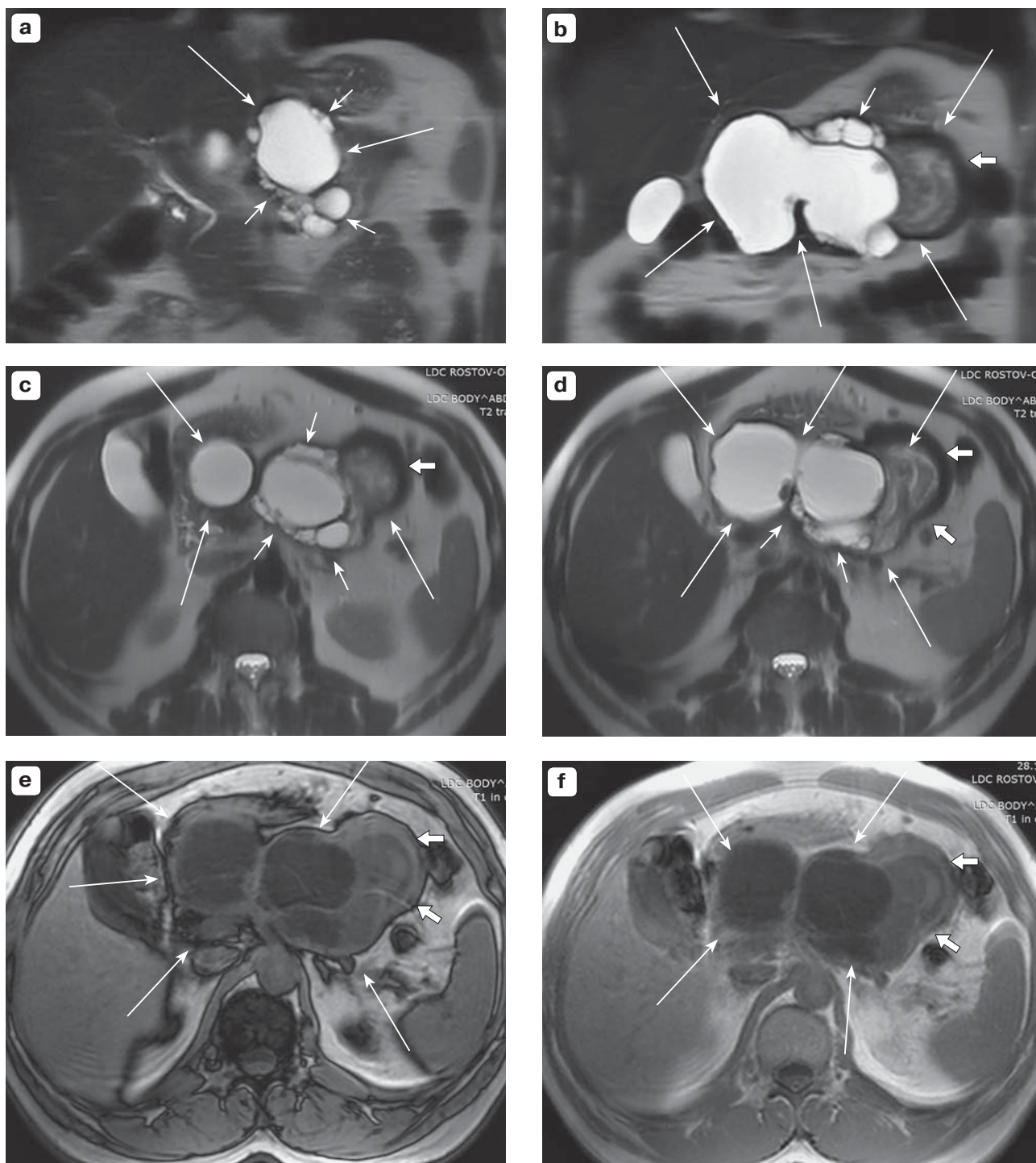


Fig. 1. MR images of the abdomen of patient Sh., 54 years.

a–b – frontal T2-tomograms; **c–d** – axial T2-tomograms; **e** – T1(out-of-phase)- and **f** – T1(in-phase)-tomograms; **g–h** – axial T1-tomograms; **i** – diffusion-weighted MR-tomogram (DW-MRI) with b-value = 400 s/mm²; **j** – map of the apparent diffusion coefficient (ADC map). (The details in the text).

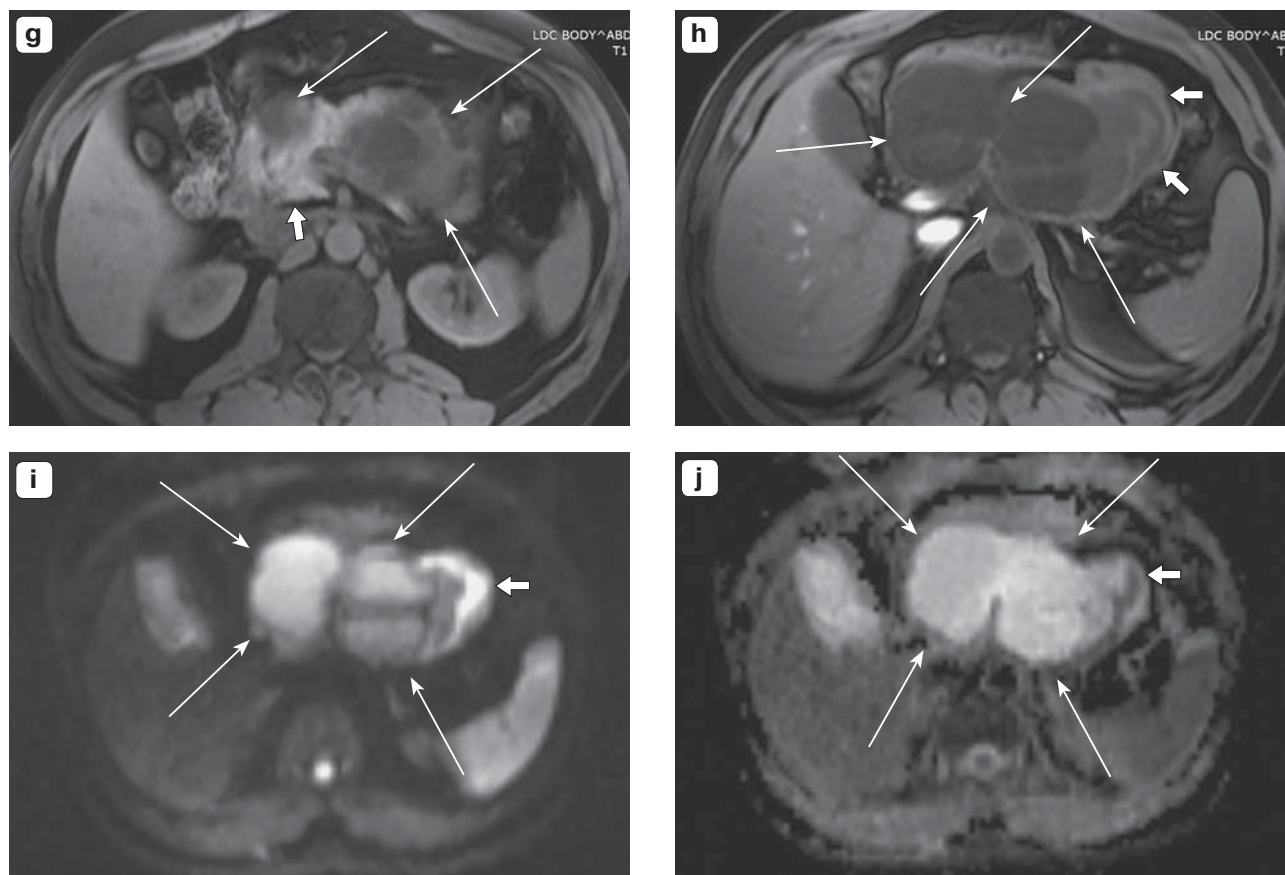
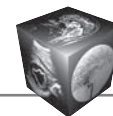


Fig. 1 (end).

the body and tail of the pancreas (about 15×8 cm). Its' nature remained unspecified. (Fig. 1). The tail and body of the pancreas were not differentiated, because they were completely replaced by an irregular-shaped cystic solid mass (mainly cystic, multilocularis) with a hyperintensive internal structure in T2 (Fig. 1 a–d) and in DW-MRI (Fig. 1 i–j), hypointensive in T1 (long arrows), while the cystic elements had different shapes and sizes (from 0.5 to 10 cm across). It can be noted that one large cyst (about 10 cm) was surrounded by many small cysts of different sizes and shapes (short arrows). In the left lateral zone of the mass, a pronounced capsule (thick arrows) of various thicknesses (0.5–1.5 cm), hypointensive in T2 (Fig. 1 a–d) and of mixed intensity in T1 (Fig. 1 e–h) were determined. A black arrow in Fig. 1 g indicates a fragment of preserved parenchyma in the pancreas head.

Conclusion: pancreatic tumor ?

Due to uncertainty of the diagnosis and a tumor lesion of the pancreas suspected, the patient was referred to Moscow to the NMRC of oncology of N.N. Blokhin for further examination and treatment, where CT with intravenous contrast was performed on May 27, 2020 (Fig. 2). It determined a massive formation with clear contours, (long arrows) with the overall transverse dimensions of about 15×8 cm and the vertical dimensions of about 9 cm in the area of the pancreas

body and tail. The internal structure of the identified mass was heterogeneous due to diffusing cystic and soft tissue elements with multiple merging petrifications along the periphery, an unevenly expressed “shell” was formed with wall thickness up to 5–7 mm (short arrows). The detected mass pushed the stomach (asterisk) anteriorly, fat layers between them were only partially preserved. This mass was closely attached to the visceral surface of the liver (in the area of its portae) without any signs of interrelations between them. No changes in the pancreas head were detected. The pancreatic duct in the head area was not expanded. No pathological changes were found in other organs of the abdomen (liver, kidneys, adrenal glands and spleen). Retroperitoneal and intraperitoneal lymph nodes were not enlarged. There was no free or encapsulated fluid in the abdominal cavity. Conclusion: unambiguous characterization of changes in the pancreas is challenged, both tumor and parasitic lesions are possible.

Data of laboratory tests

Tumor markers dated May 20, 2020: CEA – 2.29 ng/ml, CA 19-9 – 0.54 U/ml. CBT and biochemistry showed no obvious deviations from the norm.

Based on the medical history and all the data obtained, a puncture biopsy was considered unnecessary (taking into account possible presence of a parasitic process). At the

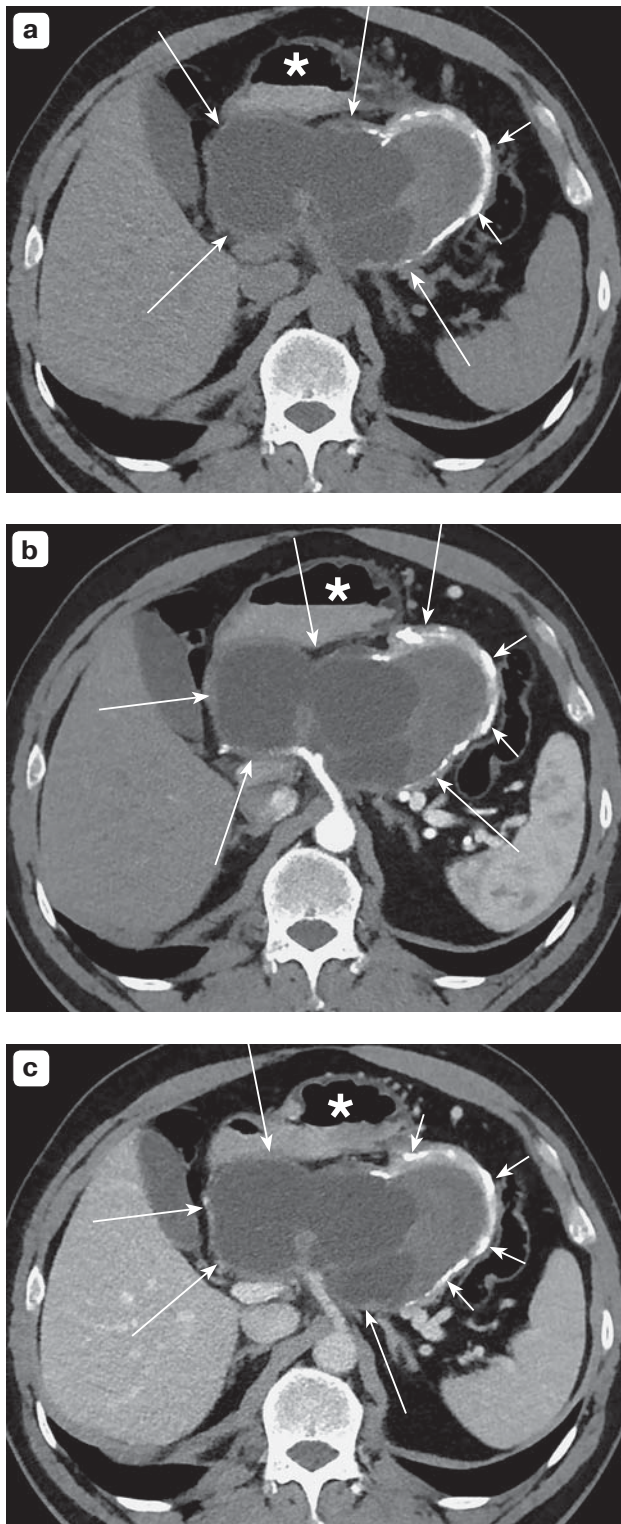


Fig. 2. Axial computed tomography of the abdomen of patient Sh., 54 years. **a** – native phase; **b** – arterial phase; **c** – venous phase (the details in the text).

multidisciplinary team meeting, it was decided to perform a surgical treatment.

On June 2, 2020 a distal near-total pancreas resection, gastrectomy, splenectomy, colon resection was performed.

During laparotomy and revision of the abdominal cavity no signs of dissemination of the process along the peritoneum, metastatic liver damage and ascites were found. In the pancreas body and tail, a massive tumor formation of about 15×10 cm was determined. It consisted of diffusing nodes of a cystic solid structure with pronounced, dense, calcified walls. The formation infiltrated the posterior wall of the stomach, its minor and major curves over a large length, mesentrium and the wall of the transverse colon (near the splenic flexure) and the mesenteric root. One of the tumor-like nodes with a cystic component was closely attached to the hepatoduodenal ligament, portal vein, common hepatic artery, gastroduodenal artery, and celiac trunk. The left gastric artery and vein passed between the tumor nodes and could not be differentiated in the tumor mass. The common hepatic artery fused with the tumor capsule for a considerable length. The splenic artery and vein, as well as the middle colonic artery and vein, were located in the column of the infiltrate. The portal and superior mesenteric veins were significantly displaced and compressed by tumor nodes.

With technical difficulties, the mass was separated from the hepatoduodenal ligament, portal vein and posterior wall of the stomach. The transverse colon was resected along with the mesentrium distal third. The gastroduodenal and common hepatic arteries and the celiac trunk were differentiated. The right and left gastric arteries, as well as the left gastric vein, were secured and transected. The duodenum along with the pancreas head and the lower edge of the affected gland along with the tumor-like formation were mobilized (by Kocher). The pancreas body and tail together with the above-mentioned cystic solid mass were separated from the retroperitoneum (up to the superior mesenteric vein). During surgery, infiltration in the area of fusion of the splenic vein and the superior mesenteric vein was detected. At the border of head and body, the pancreas was transected by a sharp dissection. The specimen was removed. The stump of the head is sutured with figure 8 sutures. Considering lack of adequate blood supply to the stomach and signs of its ischemia (cyanosis of the walls), gastrectomy was performed. Esophago-enteroanastomosis by Roux and two-row side-to-side (colon -colon) anastomosis were formed. The abdominal cavity was bathed and drained, 3 drainage tubes were installed.

Histological examination

Macroscopically: a complex of organs, including pancreas with surrounding tissue and spleen, is observed. There is a cystic formation of $14 \times 9 \times 9$ cm with a wall thickness of 1–3 cm with areas of bone density in the area of pancreas body and tail. In the lumen of the cystic formation, there are a structureless jelly-like yellow-gray mass and a large num-

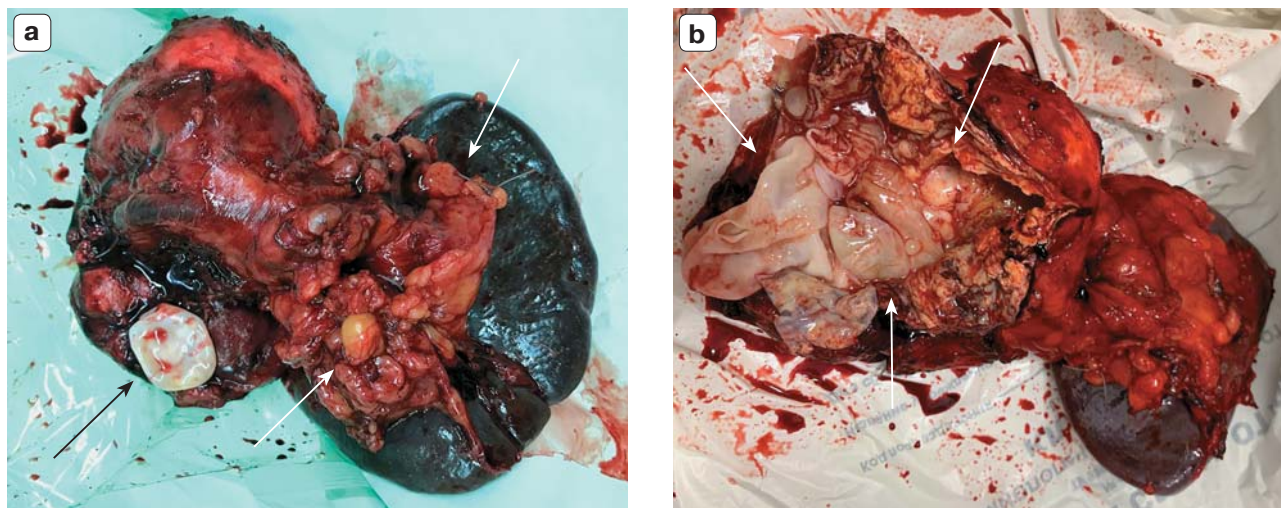
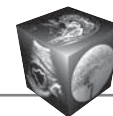


Fig. 3. Gross specimen of the removed formation of pancreas. Multiple cysts of different sizes are clearly observed (arrows).

ber of bubble-like formations of 0.5–5 cm in diameter with thin walls, filled with semitranslucent content. (Fig. 3)

Microscopically: the wall of the cystic formation is represented by fibrous tissue with inflammatory infiltrate, including lymphoid and plasma cells and macrophages. The inner wall is lined with partially desquamated laminate tissues. In the lumen of the bubbles, extremely small so-called daughter cysts of echinococcus are detected.

Conclusion: the pattern of changes corresponds to Echinococcus. No tumor elements were found.

On the 9th day of stay, the patient was discharged in a satisfactory condition under supervision of a surgeon at the place of residence. A follow-up examination is prescribed in 3 months.

Discussion

Our clinical observation caused some diagnostic challenges initially, but in retrospect it seems that the patient could have been diagnosed properly.

On the one hand, correct preoperative diagnosis of the pancreas parasitic lesions was challenged due to exceptional rarity of an isolated (single) localization of echinococcosis in the case. On the other hand, it was complicated by a significant variety of cystic formations (manifestations) of tumor processes in pancreas. Presence of a soft tissue component (inflammatory changes around the cyst) and areas of calcification of the echinococcal cyst wall (which is also observed on the periphery of mucinous cystadenomas and cystadenocarcinomas) certainly complicated the initial diagnosis.

It should be noted that it was the first time we faced an isolated hydatid cyst of pancreas among very numerous outpatient and inpatient patients with a wide variety of tumor and inflammatory lesions of pancreas in the NMRC of oncology of N.N. Blokhin.

Analyzing the obtained CT/MRI images retrospectively (taking into account the patient's history), it could have been possible to speak more confidently about parasitic lesion of the pancreas based on the following findings: in MRI – multiple cystic formations of different sizes surrounding one large cyst (in general, it constituted a multilocularis formation), in CT-pronounced diffusing calcification along the periphery of the tumor mass with formation of an unevenly thickened “shell” up to 5–7 mm. An additional clue would be the fact that the patient was engaged in farming in the region endemic for echinococcosis for a long term.

As for the chosen treatment strategy, we did not see any alternative to surgical intervention in this particular patient, which is quite consistent with the literature [1, 3–10].

Thus, we believe that the clinical observation emphasizes expediency of including isolated (extremely rare) forms of echinococcosis in the differential diagnosis of an ambiguous presentation of tumor or tumor-like formations in any organs.

Authors' participation

Lukianchenko A.B. – concept and design of the study, writing text, approval of the final version of the article.

Valiev R.K. – conducting research, statistical analysis.

Romanova K.A. – text preparation and editing.

Medvedeva B.M. – preparation and creation of the published work.

Nurberdiev M.B. – collection and analysis of data.

Stashkiv V.I. – text preparation and editing.

Karmazanovsky G.G. – responsibility for the integrity of all parts of the article, approval of the final version of the article.



Список литературы

1. Письмо Роспотребнадзора от 24.12.2013 №01/14780-13-32 "О заболеваемости эхинококкозом и альвеококкозом в Российской Федерации" https://www.rospotrebnadzor.ru/documents/details.php?ELEMENT_ID=1097 (доступно 26.11.2020)
2. Поляков Н.В., Ромих В.В., Сафаров Р.В., Поляков В.Е. Однокамерный (гидативный) эхинококкоз. *Исследования и практика в медицине*. 2015; 2 (1): 27–35
3. Шевченко Ю.Л., Назыров Ф.Г. Хирургия эхинококкоза. Москва: Династия. 2016: 32–33.
4. Буткевич А.Ц., Богданов С.Н., Задоян Ю.С. Эхинококкоз поджелудочной железы. *Анналы хирургической гепатологии*. 2016; 21 (1): 86–88.
5. Мухин А.С., Буровкин Б.А., Синельщиков Д.А. Редкий случай локализации эхинококкоза в поджелудочной железе и воротах селезенки. *Нижегородский медицинский журнал*. 2002; 2: 116–117.
6. Kowalczyk M., Kurpiewski W., Zieliński E., Zadrozny D., Klepacki L., Juskiewicz W., Lasocki J., Dysko L., Batia K., Pesta W. A rare case of the simultaneous location of Echinococcus multilocularis in the liver and the head of the pancreas: case report analysis and review of literature. *BMC Infectious Diseases*. 2019; 19 (661): 1–6. <https://doi.org/10.1186/s12879-019-4274-y>
7. Guraya S.Y., Alzobydi A.H., Guraya S.S. Primary extrahepatic hydatid cyst of the soft tissue: a case report. Primary extrahepatic hydatid cyst of the soft tissue: a case report. *J. Med. Case Rep.* 2012; 6 (404): 1–4. <https://doi.org/10.1186/1752-1947-6-404>
8. Tazi F., Ahsaini M., Khalouk A., Mellas S., Stuurman-Wieringa R., Elfassi MJ, Farih MH. Giant primary adrenal hydatid cyst presenting with arterial hypertension: a case report and review of the literature. *J. Med. Case Rep.* 2012; 6 (46): 1–5. <https://doi.org/10.1186/1752-1947-6-46>
9. Makni A., Jouini M., Kacem M., Ben Safa Z. Acute pancreatitis due to pancreatic hydatid cyst: a case report and review of the literature. *World J. Emerg. Surgery*. 2012; 7 (7): 1–4. <https://doi.org/10.1186/1749-7922-7-7>
10. Bîrluțiu V., Bîrluțiu RM. The management of abdominal hydatidosis after the rupture of a pancreatic hydatid cyst: a case report. *J. Med. Case Rep.* 2015; 9 (27): 1–5. <https://doi.org/10.1186/1752-1947-9-27>

References

1. Rospotrebnadzor letter 24.12.2013 "Echinococcosis and alveococcosis morbidity in Russian Federation" https://www.rospotrebnadzor.ru/documents/details.php?ELEMENT_ID=1097 (Accessed on November 26, 2020) (In Russian)
2. Polyakov N.V., Romih V.V., Safarov R.V., Polyakov V.E. Hydatid echinococcosis. *Investigation and practice in medicine*. 2015; 2 (1): 27–35. (In Russian)
3. Shevchenko Ju.L., Nazyrov F.G. Surgery of echinococcosis. Moscow: Dynasty. 2016: 32–33. (In Russian)
4. Butkevich A.C., Bogdanov S.N., Zadoyan Ju.S. Pancreas echinococcosis. *Annaly khirurgicheskoy gepatologii = Annals of HPB surgery*. 2016; 21 (1): 86–88. (In Russian)
5. Muhin A.S., Burovkin B.A., Sinelshikov D.A. Rare case of pancreas echinococcosis localization in the spleen gate. *Medical Journal of N. Novgorod*. 2002; 2: 116–117. (In Russian)
6. Kowalczyk M., Kurpiewski W., Zieliński E., Zadrozny D., Klepacki L., Juskiewicz W., Lasocki J., Dysko L., Batia K., Pesta W. A rare case of the simultaneous location of Echinococcus multilocularis in the liver and the head of the pancreas: case report analysis and review of literature. *BMC Infectious Diseases*. 2019; 19 (661): 1–6. <https://doi.org/10.1186/s12879-019-4274-y>
7. Guraya S.Y., Alzobydi A.H., Guraya S.S. Primary extrahepatic hydatid cyst of the soft tissue: a case report. Primary extrahepatic hydatid cyst of the soft tissue: a case report. *J. Med. Case Rep.* 2012; 6 (404): 1–4. <https://doi.org/10.1186/1752-1947-6-404>
8. Tazi F., Ahsaini M., Khalouk A., Mellas S., Stuurman-Wieringa R., Elfassi MJ, Farih MH. Giant primary adrenal hydatid cyst presenting with arterial hypertension: a case report and review of the literature. *J. Med. Case Rep.* 2012; 6 (46): 1–5. <https://doi.org/10.1186/1752-1947-6-46>
9. Makni A., Jouini M., Kacem M., Ben Safa Z. Acute pancreatitis due to pancreatic hydatid cyst: a case report and review of the literature. *World J. Emerg. Surgery*. 2012; 7 (7): 1–4. <https://doi.org/10.1186/1749-7922-7-7>
10. Bîrluțiu V., Bîrluțiu RM. The management of abdominal hydatidosis after the rupture of a pancreatic hydatid cyst: a case report. *J. Med. Case Rep.* 2015; 9 (27): 1–5. <https://doi.org/10.1186/1752-1947-9-27>

Для корреспонденции*: Романова Ксения Александровна – 115478 Москва, Каширское шоссе, д. 24. НИИ клинической и экспериментальной радиологии ФГБУ "НМИЦ онкологии им. Н.Н. Блохина" Минздрава России. Тел. +7-926-079-20-00. E-mail: luxenia@gmail.com

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

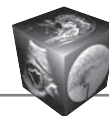
Валиев Рамиз Камрадинович – канд. мед. наук, заведующий онкологическим отделением хирургических методов лечения №13 НИИ клинической онкологии им. Н.Н. Трапезникова ФГБУ "НМИЦ онкологии им. Н.Н. Блохина" Минздрава России, Москва. <https://orcid.org/0000-0002-3640-6075>

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

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

Нурбердыев Максат Байрамович – врач онкологического отделения хирургических методов лечения №13 НИИ клинической онкологии им. Н.Н. Трапезникова ФГБУ "НМИЦ онкологии им. Н.Н. Блохина" Минздрава России, Москва. <https://orcid.org/0000-0001-6167-5085>

Сташкис Владислава Ивановна – ординатор ФГБУ "НМИЦ хирургии имени А.В. Вишневского" Минздрава России, Москва. <https://orcid.org/0000-0002-7349-1192>



Кармазановский Григорий Григорьевич – член-корр. РАН, доктор мед. наук, профессор, заведующий отделением рентгенологии и магнитно-резонансных исследований с кабинетом ультразвуковой диагностики ФГБУ «НМИЦ хирургии имени А.В. Вишневского» Минздрава России; профессор кафедры лучевой диагностики и терапии медико-биологического факультета ФГБОУ ВО «РНИМУ имени Н.И. Пирогова» Минздрава России, Москва. <https://orcid.org/0000-0002-9357-0998>

Contact*: Ksenia A. Romanova – 24, Kashirskoe Schosse, 115478 Moscow, Russian Federation. N.N. Blokhin National Medical Research Center of oncology. Research Institute of Clinical and Experimental Radiology. Phone: +7-926-079-20-00. E-mail: luxenia@gmail.com

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>

Ramis K. Valiev – Doct. of Sci. (Med.), Head of the Surgery department #13 of N.N. Trapeznikov Clinical Oncology institute, N.N.Blokhin National Medical Research Center of oncology, Moscow <https://orcid.org/0000-0002-3640-6075>

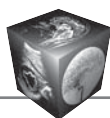
Ksenia A. Romanova – Cand. of Sci. (Med.), researcher of the Diagnostic radiology department, N.N. Blokhin National medical research center of oncology, Moscow. <https://orcid.org/0000-0002-8938-3313>

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>

Maksut B. Nurberdiev – surgeon of the Surgery department N13 of N.N. Trapeznikov Clinical Oncology institute, N.N.Blokhin National Medical Research Center of oncology, Moscow. <https://orcid.org/0000-0001-6167-5085>

Vladislava I. Stashkiv – Resident of A.V. Vishnevsky National Medical Research Center of Surgery, Moscow. <https://orcid.org/0000-0002-7349-1192>

Grigory G. Karmazanovsky – Corresponding member of the Russian Academy of Sciences, Doct. of Sci. (Med.), Professor, Head of X-ray and magnetic resonance studies department with ultrasound of A.V. Vishnevsky National Medical Research Center of Surgery; Professor of the Diagnostic radiology department of Pirogov Russian National Research Medical University. <https://orcid.org/0000-0002-9357-0998>



Брюшная полость | Abdomen

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

<https://doi.org/10.24835/1607-0763-2020-4-64-73>

Спленоз: путы неизвестности или шаг через существующие предосторожности (часть I)

© Губергриц Н.Б.^{1*}, Zubov A.D.², Borodiy K.N.², Mozhyna T.L.³¹ Украинский Клуб панкреатологов; 030039 Киев, ул. 40-летия Октября, д. 26, Украина² ГОО ВПО Донецкий национальный медицинский университет имени М. Горького; 83000 Донецк, проспект Ильича, д. 16.³ Центр здорового сердца доктора Крахмаловой; 63000 Харьков, ул. Целиноградская, 58-Б, Украина

Цель исследования: представить редкий клинический случай множественного посттравматического интраабдоминального спленоза в сочетании с макроамилаземией 2-го типа, хроническим панкреатитом у женщины 27 лет, клинически манифестировавшего появлением пальпируемого образования в правой подвздошной области.

Основные положения. В I-й части статьи приведен детальный анализ анамнеза болезни, представлены результаты архивных визуализирующих исследований и данные лабораторно-инструментального обследования на момент обращения. В обзоре литературы изложены современные определения понятия спленоз, а также краткие сведения об анатомии и физиологии селезенки.

Заключение. Диагностический процесс требует детального анализа анамнеза болезни, выполнения лабораторных исследований в сочетании с проведением современных визуализирующих исследований, а также тщательного изучения литературных данных.

Ключевые слова: спленоз, новообразование малого таза, макроамилаземия, беременность

Авторы подтверждают отсутствие конфликтов интересов.

Для цитирования: Губергриц Н.Б., Zubov A.D., Borodiy K.N., Mozhyna T.L. Спленоз: путы неизвестности или шаг через существующие предосторожности (часть I). *Медицинская визуализация*. 2020; 24 (4): 64–73.

<https://doi.org/10.24835/1607-0763-2020-4-64-73>

Поступила в редакцию: 07.07.2020. **Принята к печати:** 24.11.2020. **Опубликована online:** 10.12.2020.

Splenosis: fetters of the unknown or step through existing precautions (part I)

© Natalia B. Gubergrits^{1*}, Alexander D. Zubov², Ksenia N. Borodiy², Tetiana L. Mozhyna³¹ Ukrainian pancreatic Club; 26, 40th anniversary of October str, Kiev, Ukraine, 030039² GOO VPO Donetsk National Medical University named after M. Gorky; 16, Ilyich Avenue, Donetsk, 83000³ The Dr. Krakhmalova Center of the Healthy Heart; 58-B, Tselinogradskaya str, Kharkov, Ukraine, 63000

Aim: to present a rare clinical case of multiple post-traumatic intra-abdominal splenosis in combination with type 2 macroamylaseemia, chronic pancreatitis in a 27-year-old woman, clinically manifested like a palpable mass in the right iliac region.

Main results. In the first part of the article, a detailed analysis of the medical history is given, the results of archival imaging studies and the data of laboratory and instrumental examination at the time of treatment are presented. The literature review presents modern definitions of splenosis, as well as brief information about the anatomy and physiology of the spleen.

Conclusion. The diagnostic process requires a detailed analysis of the history of the disease, the performance of laboratory studies in combination with modern imaging studies, as well as a thorough study of the literature data.

Keywords: splenosis, pelvic neoplasm, macroamylaseemia, pregnancy

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

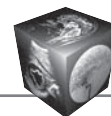
For citation: Gubergrits N.B., Zubov A.D., Borodiy K.N., Mozhyna T.L. Splenosis: fetters of the unknown or step through existing precautions (part I). *Medical Visualization*. 2020; 24 (4): 64–73.

<https://doi.org/10.24835/1607-0763-2020-4-64-73>

Received: 07.07.2020.

Accepted for publication: 24.11.2020.

Published online: 10.12.2020.



Больше всего человека пугает неизвестность. Как только эта неизвестность, пусть даже враждебная, идентифицирована, он чувствует облегчение. Незнание включает воображение...

Бернар Вербер

Введение

Получение результатов визуализирующих исследований, свидетельствующих о наличии объемного образования, всегда является шоком для пациента. Ведь впереди – пугающая неизвестность дополнительного обследования, страх перед вероятной злокачественностью обнаруженного образования, томительное нежелание оглашения неблагоприятного прогноза. Однако в некоторых случаях даже повторное проведение современных высокотехнологических исследований не дает точный ответ, позволяющий определить источник опухолевого процесса и назначить действенную терапию. Вынужденное пребывание в неизвестности, страх перед будущим сковывает пациентов, лишая надежд и начиная руководить всеми их действиями, ведь как утверждал Альфред Мюссе: «Неизвестность – самая мучительная из всех пыток». Прекратить эти истязательства может умение врача анализировать имеющиеся данные на основании накопленных многовековых знаний. В представляемой публикации мы приводим пример командной работы врачей различных специальностей, позволившей разрушить оковы неизвестности, установить правильный диагноз и выбрать оптимальную тактику действий в отношении одной пациентки.

Клинический случай

Жалобы

Пациентка У., 27 лет, осенью 2018 г. обратилась на консультативный прием с жалобами на появление в правой подвздошной области пальпируемого образования, умеренные болевые ощущения в этой зоне, возникающие независимо от приема пищи, двигательной активности, времени суток. Дополнительным поводом для обращения явилось планирование беременности и желание оценить возможные риски для своего здоровья, связанные с вынашиванием плода, родовой деятельностью. Стул и диурез в норме. Вес стабильный.

Анамнез заболевания

Считает себя больной с 19 лет, когда впервые отметила появление ноющих болей в правом подреберье после приема жирной, жареной пищи. На протяжении 2011–2012 гг. прошла тщательное лабораторно-инструментальное обследование.

2011 г. В 2011 г. болевой синдром усилился, что стало поводом для обращения за медицинской помощью. В ходе лабораторно-инструментального обследования

констатировано незначительное снижение уровня гемоглобина до 11,7 г/дл (норма 12,0–16,0 г/дл), повышение уровня тромбоцитов до $366 \times 10^3/\text{мм}^3$ (норма $180\text{--}320 \times 10^3/\text{мм}^3$), увеличение активности амилазы крови до 147,1 Ед/л (норма 3,6–100,0 Ед/л). Другие биохимические показатели (общий белок, общий и прямой билирубин, АСТ, АЛТ, щелочная фосфатаза (ЩФ), гамма-глутамилтранспептидаза (ГГТП), липаза, панкреатическая изоамилаза, холестерин, триглицериды, глюкоза, гликозилированный гемоглобин, мочевины, креатинин, мочевая кислота и железо крови) находились в рамках нормативных значений. При ультразвуковом исследовании (УЗИ) органов брюшной полости селезенка не визуализировалась, обнаружены эхопризнаки увеличения лимфатических узлов брюшной полости, умеренные диффузные изменения печени и поджелудочной железы (ПЖ), эхопризнаки холецистита, солевого диатеза. В ходе верхней эндоскопии диагностирована эритематозная гастро- и дуоденопатия, изменения со стороны слизистой оболочки желудка не обнаружены. Проведено определение онкомаркеров (α -фетопротеин, СЕА, СА 19-9), получены отрицательные результаты; обнаружены антитела класса IgG к цитомегаловирусу (CMV) и ядерный антиген вируса Эпштейн–Барр (EBV-NA). На фоне консервативной терапии (праймер, квамтел, дуспаталин, цинарикс, эрмиталь 25000, бифиформ комплекс, момордика композитум, мукоза композитум) отметила некоторое улучшение самочувствия, которое сопровождалось нормализацией уровня гемоглобина с сохранением высоких концентраций амилазы, тромбоцитов.

Спустя 3 мес при контрольном УЗИ в проекции ложа удаленной селезенки обнаружено изоэхогенное образование размером 1,96 x 1,72 см с ровными четкими контурами, по структуре близкое к паренхиме селезенки; состояние других органов осталось неизменным. При проведении спиральной компьютерной томографии (КТ) органов брюшной полости и забрюшинного пространства с предварительным пероральным контрастированием в проекции ложа удаленной селезенки обнаружено мягкотканное образование с четкими, неровными контурами размерами 3,6 x 2,0 см; подобные образования выявлены в брюшной полости, они локализовались парасагитально под передней брюшной стенкой на уровне L_{II}–L_{IV} и имели четкие, ровные контуры, размером до 0,9–1,3 см (рис. 1).

Отмечено увеличение головки ПЖ до 3,5 x 3,2 см, наличие в ней мелких участков пониженной плотности. Обнаруженные изменения в ПЖ трактовались как воспалительный процесс, выявленные объемные образования – как добавочная селезенка или неоплазия неясного ге-



неза. Хирург, консультировавший пациентку, расценил описанные данные в пользу *lien accessories* без показаний для проведения оперативного вмешательства.

2012 г. Стойкое сохранение гиперамилаземии (в рамках 1,5–3,0 норм) на фоне отсутствия каких-либо иных жалоб стало поводом для обращения в 2012 г. к профессору Н.Б. Губергриц. При объективном осмотре отмечено двухстороннее увеличение паховых, подмышечных лимфоузлов до 0,5 см, подчелюстных – до 2×1 см, а также чувствительность в проекции головки и тела ПЖ. В клиническом анализе крови сохранялись явления незначительного тромбоцитоза ($348 \times 10^3/\text{мм}^3$ при норме $180\text{--}320 \times 10^3/\text{мм}^3$) и лимфоцитоза (38% при норме 19–37%). В биохимическом анализе крови обращал на себя внимание повышенный уровень амилазы (144,6 Ед/л при норме до 125 Ед/л) при неизменном содержании α -амилазы в моче (60,7 Ед/л при норме 0,0–460,0 Ед/л). Остальные показатели (ГГТП, ЩФ, билирубин, креатинин, мочевины, липаза, общий холестерин, триглицериды, глюкоза, гликозилированный гемоглобин, кальций, железо, ферритин) соответствовали нормативным значениям. Повторное определение онкомаркеров СА 19-9, СА 125 не выявило патологических отклонений этих показателей от референтных значений.

Проведен скрининг инфицирования различными вирусами: не обнаружены HBsAg, анти-HBcore IgG+M, анти-HCV IgG+M, ДНК-HSV-1/2, анти-CMV класса IgM, ДНК CMV в крови, антитела класса IgM к EBV-NA. Отмечено повышение титра анти-CMV класса IgG (24,2 Ед/мл при норме $<3,0$ Ед/мл), антител класса IgG к EBV-NA (57,8 Ед/мл при норме $<3,0$ Ед/мл), в крови обнаружена ДНК EBV (++). Пациентка прошла обследование на инфицирование ВИЧ, получен отрицательный результат. Исключена гельминтная инвазия: антитела класса IgG к токсокарам, трихинелле, описторхису, эхинококку соответствовали нормативным значениям. Несмотря на значительное повышение уровня IgG к токсоплазме (3,2 МЕ/мл при норме $<1,0$ МЕ/мл), антитела класса IgM к этому возбудителю не обнаружены, также как и ДНК токсоплазмы.

В июне 2012 г. профессором А.Д. Zubовым проведено УЗИ органов брюшной полости, в ходе которого обнаружены три округлых образования, расположенные возле брюшной стенки (рис. 2).

Печень в размерах не увеличена, контур ее ровный, капсула не уплотнена, признаков гепатоментопексии нет, общая эхогенность не изменена, очаговые изменения не выявлены. Диаметр воротной вены составляет 0,9 см, скорость кровотока по ней – 24,0–30,0 см/с, гепатопетальный волнообразный кровоток. В печеночной артерии скорость кровотока не превышает 80,0 см/с, кровоток – по низкорезистентному типу. Отмечается уплотнение круглой связки печени с наличием эффекта дистального затухания от нее, без признаков реканализации. Желчный пузырь имеет обычное анатомическое

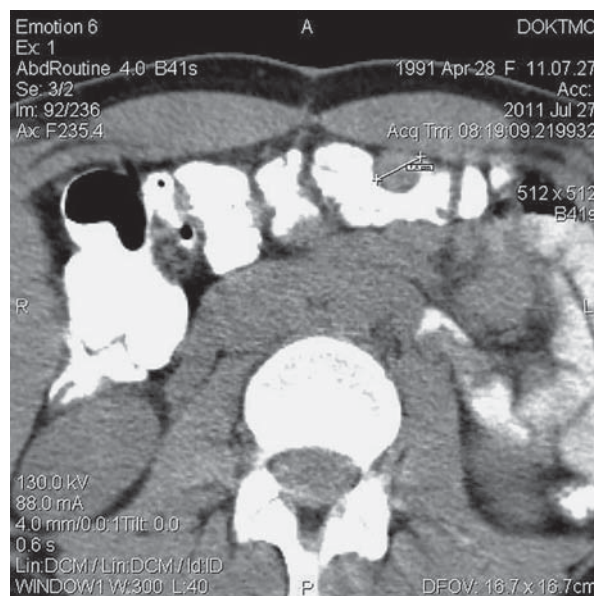


Рис. 1. Спиральная КТ органов брюшной полости, забрюшинного пространства пациентки У., 2011 г. (собственное наблюдение). В брюшной полости, парасагитально под передней брюшной стенкой на уровне L_{II} – L_{IV} позвонков определяются округлые мягкотканые образования.

Fig. 1. Spiral CT scan of the abdominal organs, retroperitoneal space of patient U., 2011. (own observation). Rounded soft tissue formations are detected in the abdominal cavity, parasagittally under the anterior abdominal wall at the level of L_{II} – L_{IV} vertebrae.

расположение, форму, контур, объем; стенка его не утолщена. Диаметр холедоха составляет 0,3 см, конкременты в нем не определяются. Жидкостные коллекторы в проекции сальниковой сумки не обнаружены. Общий объем ПЖ не увеличен, железа имеет ровный контур, эхогенность ее незначительно повышена, в проекции шейки и тела визуализируется не расширенный (0,2 см в диаметре) вирсунгианов проток. Селезенка удалена. Ближе к передней брюшной стенке, у границы париетальной брюшины расположены три солидных гипоехогенных образования округлой формы, с четкими контурами. В почках, надпочечниках видимые патологические изменения не обнаружены. Отмечено равномерное увеличение в объеме подчелюстных и околоушных слюнных желез, уплотнение их капсул с некоторым повышением эхогенности и наличием незначительного количества линейных эхопозитивных включений без очаговых изменений. Признаки сиалолитиаза, дилатации выводных протоков, очаговых изменений не обнаружены. У левого угла нижней челюсти визуализирован единичный лимфоузел $1,6 \times 0,8$ см с четким контуром, относительным нарушением дифференциации коры мозгового вещества (эхопризнаки лимфаденита); остальные группы лимфоузлов не изменены.

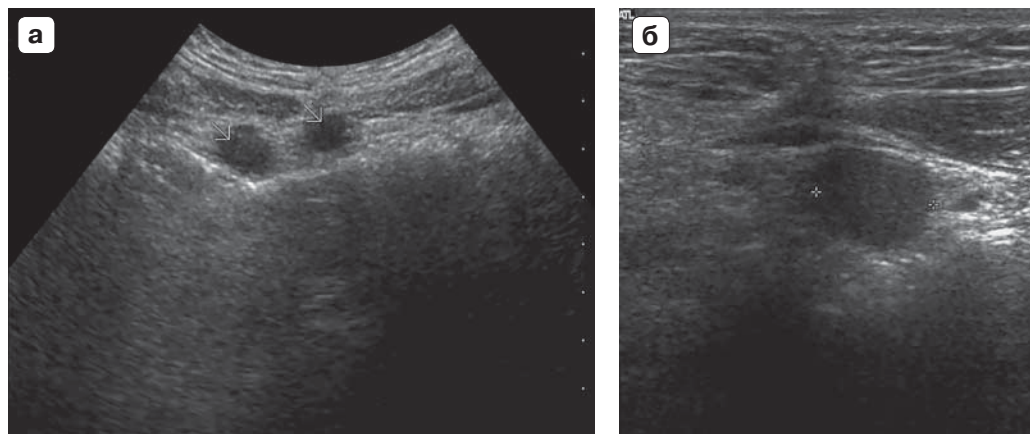
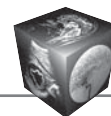


Рис. 2. УЗИ органов брюшной полости пациентки У., 2012 г. (собственное наблюдение). Ближе к передней брюшной стенке, у границы париетальной брюшины расположены три солидных гипоехогенных образования округлой формы, с четкими контурами, однородной структурой, умеренно подвижные при инструментальной пальпации, подвижные при дыхательной экскурсии. Выявленные структуры локализованы в эпигастрии поперечно, на расстоянии до 2,0 см друг от друга; при энергетическом картировании на границе “шума” – с единичными локусами кровотока.

Fig. 2. Ultrasound of the abdominal cavity organs in patient U., 2012. (own observation). Closer to the anterior abdominal wall, at the border of the parietal peritoneum there are three solide hypoechogenic formations of rounded shape, with clear contours, homogeneous structure, moderately mobile at instrumental palpation, mobile at respiratory excursion. The revealed structures are localized in epigastria transversely, at a distance of up to 2.0 cm from each other; at energy mapping at the “noise” border – with single loci of blood flow.

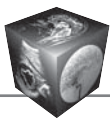
Проведена мультисрезовая КТ органов брюшной полости, забрюшинного пространства с внутривенным болюсным усилением. Получено следующее описание. “Печень диффузно увеличена, с ровными, четкими контурами, однородной структурой; дополнительные образования и очаги патологической плотности в ней не визуализируются. Размеры ПЖ не изменены, контуры ее четкие и ровные, структура однородная, дополнительные образования не выявлены. В ложе удаленной селезенки определяется округлое образование с однородной структурой, четкими, ровными контурами 2,1 см в диаметре (вероятно, добавочная доля). Надпочечники и почки обычной формы, размеров и структуры, дополнительные образования в них не определяются. Полостные системы почек не расширены, конкременты не визуализируются, сосудистые ножки не изменены. Мочеточники не расширены. В брюшной полости непосредственно под передней брюшной стенкой на 1,0–4,0 см выше пупка определяются четыре округлых образования 1,1–1,6 см в диаметре, количество, структура и размеры которых по сравнению с предыдущим исследованием (27.07.2011) существенно не изменились. В брюшной полости, под правой долей печени определяется мягкотканное образование с достаточно четкими, ровными контурами размерами 2,7 × 2,1 см. Вышеописанные образования умеренно равномерно накапливают контрастное вещество. Лимфатические узлы в брюшной полости и забрюшинном пространстве не увеличены. В параметральной клетчатке слева определяются единичные уплотненные лимфатические узлы до 0,9 см в диаметре. Деструктивные изменения в костных структурах на уровне

исследования не выявлены”. Сформулировано следующее заключение: “Узловые образования брюшной полости без четкой органной принадлежности, характер которых в настоящее время полностью не ясен. Добавочная доля селезенки. Диффузные изменения печени”. Хирург, консультировавший пациентку, подчеркнул необходимость проведения дифференциального диагноза между лимфоидным, неопластическим или иным процессом, а также эктопией селезеночной паренхимы.

Для уточнения генеза выявленных образований выполнена статическая сцинтиграфия печени с ^{99m}Tc (июнь 2012 г.). В ходе исследования отмечена обычная форма печени, хорошее накопление и распределение радиофармпрепарата; селезенка не визуализировалась (удалена). В заключении отмечено отсутствие сцинтиграфических признаков органического поражения печени. Выполнение сцинтиграфии с мечеными ^{99m}Tc термически поврежденными аутоэритроцитами, признаваемой специфичным для селезеночной ткани методом, к сожалению, не представлялось возможным.

Пациентка осмотрена стоматологом, гематологом, онкологом; специалисты рекомендовали проведение пункционной биопсии образований, локализованных под передней брюшной стенкой. Выполнена пункционная чрескожная трепанбиопсия одного из указанных образований брюшной полости, в биоптате обнаружена ткань селезенки.

Рассчитано соотношение клиренсов амилазы и креатинина, оно составило 0,6% (при норме 1–4%). Проведено осаждение амилазной активности сыворотки крови ПЭГ 6000: зафиксировано осаждение 87% активности амила-



зы (при норме – до 73%). Учитывая стойкое повышение показателей альфа-амилазы крови при нормальной активности альфа-амилазы мочи и липазы крови, снижение соотношения клиренсов амилазы и креатинина, повышенные результаты осаждения амилазной активности сыворотки крови ПЭГ 6000, диагностирован 2-й тип макроамилаземии (МАЕ) по алгоритму J. E. Berk (1995).

Несмотря на отсутствие типичной скинтиграфической картины, состояние пациентки расценено как посттравматический спленоз в сочетании с МАЕ:

Основной диагноз. Посттравматический (1998 г.) спленоз.

Сопутствующий диагноз. Макроамилаземия, тип 2. Хронический панкреатит в стадии ремиссии. Хронический холецистит вне обострения. EBV-инфекция, стадия персистенции.

Анамнез жизни

В 7-летнем возрасте пациентке выполнена лапаротомия, спленэктомия по поводу тупой травмы живота (падение с высоты), сопровождавшейся разрывом селезенки и внутрибрюшным кровотечением. С 4-летнего возраста отмечается лимфаденопатия (периодически пальпируются подчелюстные, подмышечные, паховые лимфоузлы).

Туберкулез, тифы, малярию, венерические заболевания, дизентерию, вирусные гепатиты, ВИЧ, гемотрансфузии отрицает. Аллергологический анамнез не отягощен. Наследственный анамнез отягощен. Мать пациентки перенесла двукратное (апрель, май 1995 г.) дренирование кисты хвоста ПЖ, имеет инвалидность III группы по поводу хронического непрерывно-рецидивирующего панкреатита на фоне оперированной ПЖ в мае 1995 г. (резекция хвоста ПЖ, спленэктомия). Предоставлено гистологическое заключение: “Киста хвоста ПЖ, интимно спаянная с паренхимой селезенки. Внутренняя поверхность ее очагово выстлана высоким призматическим эпителием, покрыта грануляциями, в других участках – некротическим и гнойно-некротическим детритом, с очаговой гигантско-клеточной реакцией типа “инородных тел”. Стенка кисты – грубоволокнистая соединительная ткань”. У матери больной обнаружена двусторонняя лимфаденопатия: подмышечная (с 2001 г.), надключичная и подчелюстная (с 2011 г.).

Данные объективного обследования на момент обращения (2018 г.)

Общее состояние удовлетворительное, положение активное, сознание ясное. Телосложение по женскому типу, достаточного питания. Кожные покровы и видимые слизистые обычной окраски, чистые. Температура тела – 36,5 °С. Щитовидная железа не увеличена в размерах, при пальпации безболезненна. Периферические лимфоузлы (подмышечные, паховые) увеличены до 2 см, безболезненны, не спаяны с прилежащими тканями.

Опорно-двигательный аппарат без видимой патологии, движения в суставах безболезненны, сохранены в полном объеме. Периферических отеков нет. При пальпации грудная клетка резистентна, безболезненна. Грудная клетка цилиндрической формы, перкуторно над всей поверхностью легких ясный легочный звук, аускультативно – везикулярное дыхание. При осмотре предсердечной области патологической пульсации не выявлено, перкуторно границы относительной сердечной тупости соответствовали нормативным значениям. Тоны сердца громкие, деятельность ритмична. Частота сердечных сокращений – 74 в 1 мин, пульс – 74 в 1 мин, удовлетворительных качеств, ритмичный. Артериальное давление на правой руке соответствовало таковому на левой и составляло 120 и 70 мм рт.ст. Язык влажный, чистый. Живот в объеме не увеличен. При осмотре отмечается послеоперационный рубец по срединной линии; в области левого подреберья несколько пигментных пятен. При поверхностной пальпации живот мягкий, безболезненный. При глубокой пальпации в правой подвздошной области пальпируется округлое образование 3,0 × 2,5 см с четкими контурами, неспаянное с подлежащими тканями, безболезненное; отмечается чувствительность в проекции головки и тела ПЖ. Симптомы Кера, Ортенера, раздражения брюшины отрицательны. Отрезки кишечника обычных пальпаторных свойств, безболезненны. Печень на 0,5 см выступает из подреберья, эластичной консистенции, безболезненна. Селезенка не пальпируется. Симптом Пастернацкого отрицателен с обеих сторон.

Данные лабораторно-инструментального исследования на момент обращения (2018 г.)

Несмотря на прошедшие несколько лет от момента первоначального обследования, сохранялись явления незначительного тромбоцитоза ($350 \times 10^3/\text{мм}^3$ при норме $180\text{--}320 \times 10^3/\text{мм}^3$), лимфоцитоза (39% при норме 19–37%), гиперамилаземии (154,6 Ед/л при норме до 125 Ед/л) при неизменном содержании α -амилазы в моче (72,10 Ед/л при норме 0,0–460,0 Ед/л). Другие показатели биохимического анализа крови (ГГТП, ЩФ, билирубин, креатинин, мочевины, липаза, общий холестерин, триглицериды, глюкоза, гликозилированный гемоглобин, кальций, железо, ферритин), также как и уровень онкомаркеров (СА 19-9, СА 125) соответствовали референтным значениям. Проведен повторный скрининг инфицирования различными вирусами: сохранялся несколько повышенный титр антител класса IgG к EBV-NA (62,8 Ед/мл при норме <3,0 Ед/мл), обнаружена ДНК EBV (++). Маркеры инфицирования HBV, HCV, HSV-1/2, CMV, ВИЧ отрицательны.

Контрольное УЗИ выполнил проф. А.Д. Зубов, который не выявил значимых изменений со стороны ранее описанных очагов спленоза. В правой подвздошной области обнаружено дополнительное солидное образо-

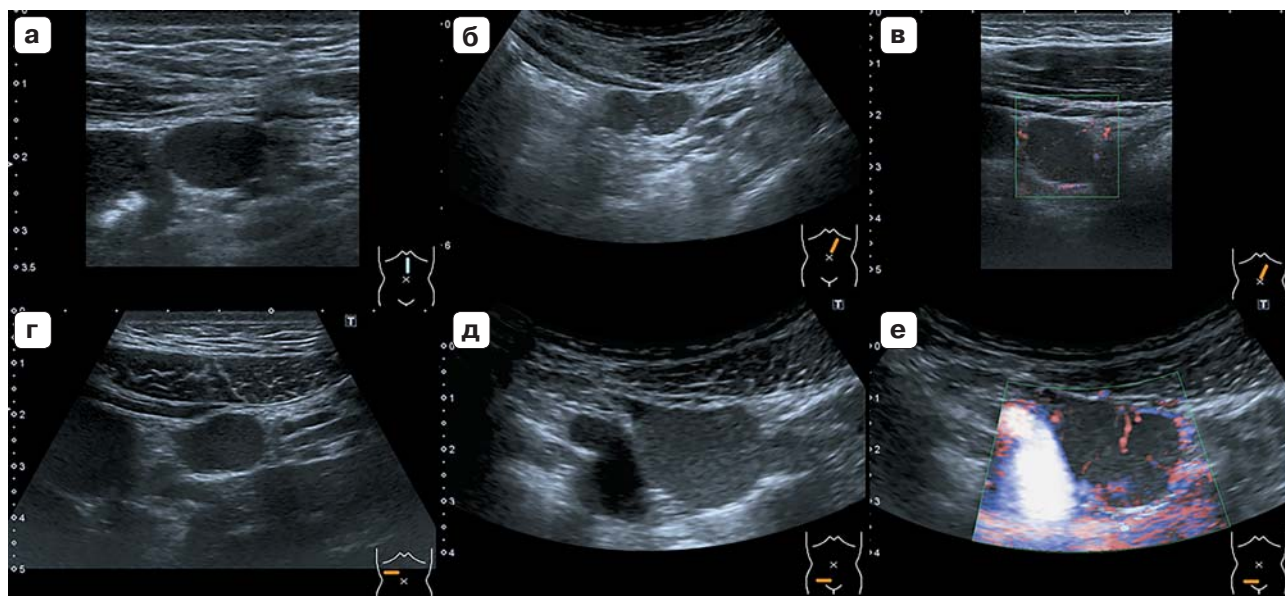
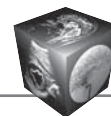


Рис. 3. Трансабдоминальное УЗИ очагов спленоза у пациентки У., 2018 г. (собственное наблюдение). А – очаг 1, В-режим; В – очаги 2–3, В-режим; С – очаг 2, режим ADF; Д – очаг 4, В-режим; Е – очаг 5, В-режим; F – 5-й очаг, режим ADF.

Fig. 3. Transabdominal ultrasound of splenosis foci in patient U., 2018. (own observation). A - focus 1, B - mode; B - focus 2-3, B - mode; C - focus 2, ADF mode; D - focus 4, B - mode; E - focus 5, B - mode; F - focus 5, ADF mode.

вание правильной формы размером $3,7 \times 2,4 \times 2,2$ см с четким контуром, дорсально прилегающее к поясничной мышце, вентрально – к петлям кишечника, не спаянное с окружающими тканями (рис. 3).

Образование подвижно, смещается при компрессии датчиком. При доплерографическом исследовании зафиксирован структурированный артериальный и венозный кровоток. Экспертом сделан вывод об идентичности ультразвуковых характеристик данного образования ранее выявленным очагам спленоза; отмечено наличие незначительного количества жидкости в полости малого таза.

При повторном изучении КТ-изображений, полученных в 2011 и 2012 гг., признаки очаговых изменений в правой подвздошной области в зоне локализации вновь выявленного образования не выявлены. Таким образом, в настоящий момент у пациентки имеется пять образований, предположительно, очагов спленоза: четыре ранее диагностированных (условно – очаги 1, 2, 3, 4) и одно – вновь выявленное (очаг 5). При динамическом наблюдении в течение 15 мес изменений в размерах и структуре вновь выявленного очага не выявлено.

Учитывая планируемую беременность, на 3-й день менструального цикла дополнительно проведено трансвагинальное УЗИ, в ходе которого не выявлены изменения со стороны матки: она располагалась в антефлексии, имела нормальные размеры ($4,3 \times 3,2 \times 4,5$ см), четкие и ровные контуры, однородную структуру миометрия и эндометрия (4 мм; фаза пролиферации), не измененную шейку матки. Правый яичник не увеличен

в размерах ($3,3 \times 1,5$ см), неоднороден, содержит единичные жидкостные включения (фолликулы), желтое тело в стадии регресса (1,35 см). Контуры ровные, четкие, связи с образованием в правой подвздошной области (очагом спленоза?) не выявлено. Размеры левого яичника ($3,4 \times 1,6$ см) соответствовали нормативным значениям, обнаружены единичные жидкостные включения (фолликулы) (рис. 4). Свободная жидкость в позадиматочном пространстве не обнаружена.

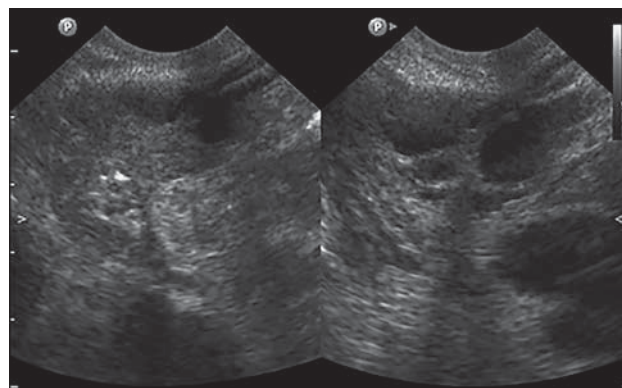
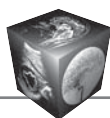


Рис. 4. Трансвагинальное УЗИ органов малого таза пациентки У., 2018 г. (собственное наблюдение). Определяются неизмененные правый (справа) и левый (слева) яичники.

Fig. 4. Transvaginal ultrasound of small pelvic organs in patient U., 2018. (own observation). Invariable right (right) and left (left) ovaries are determined.



Обзор литературы

I. Спленоз

Дефиниция

В современной литературе описания эктопии селезенки и спленоза встречаются крайне редко. В настоящее время недостаточно изучена роль этих состояний с клинических и морфофункциональных позиций. Пока не существует единой классификации эктопической селезенки, а различие определений “эктопическая селезенка”, “дополнительная селезенка”, “добавочная селезенка” и “спленоз” приводит к некоторой путанице. Согласно Большой медицинской энциклопедии, под добавочной селезенкой (“*lien accessories*”) понимают разрастание селезеночной ткани вне селезенки, что может быть врожденной аномалией развития или же возникать в результате посттравматической имплантации клеток паренхимы селезенки в другие органы и ткани. В случае, если добавочная селезенка присутствует с самого рождения, такой вариант у конкретного индивидуума является вариантом нормы. Как правило, врожденная добавочная селезенка имеет небольшие размеры, а ее ультразвуковая картина идентична таковой нормальной селезенки.

Термин спленоз описывает появление эктопической ткани селезенки у пациентов, перенесших травматический разрыв этого органа: “Эктопическая селезеночная ткань, получившая развитие после спленэктомии, представляет собой очаг регенерации ткани селезенки, диссеминированной во время травмы и кровотечения в брюшную полость, или фрагмент ткани на своем месте как неудаленный участок”. Помимо посттравматического генеза спленоз может иметь ятрогенный характер в случае целенаправленной аутотрансплантации ткани селезенки при необходимости удаления данного анатомического образования, проводящейся с целью профилактики постспленэктомического синдрома. Как правило, регенераторные очаги селезеночной ткани локализуются на париетальной и висцеральной брюшине, в ложе удаленной селезенки, но могут обнаруживаться во всем теле (даже в головном мозге), в различном количестве и разнообразных размеров [1–5].

Первоначально для описания данного состояния Н. Pearson и соавт. предложили использовать понятие “воскресшая селезенка” [6], несколько позже L. Griffini и соавт. подтвердили наличие у селезенки регенераторных свойств, обнаружив у спленэктомизированных собак очаги спленоза на поверхности брюшины [7]. Подобную особенность наблюдали Albrecht и соавт., описав развитие более 400 очагов спленоза у людей, перенесших спленэктомию [8]. Сам термин “спленоз” поя-

вился примерно в 1939 г. благодаря работе J. Buchbinder и соавт., которые не только предложили указанную дефиницию, но и сформулировали критерии, благодаря которым следует отличать дополнительную селезенку от спленоза: дополнительные дольки селезенки развиваются в дорсальном отделе мезогастрия, кровоснабжаются селезеночной артерией, имеют ворота, напоминают интактную селезенку, немногочисленные по своему количеству [9].

Спленоз и добавочная селезенка – это не единственные объяснения обнаружения эктопических очагов селезеночной ткани. Другой причиной является спленогенное слияние (редкий врожденный порок развития, встречающийся преимущественно у мужчин, в виде сращения селезенки и половых желез) [10]. Эктопическая ткань селезенки в яичнике, как правило, развивается на фоне обширного спленоза тазовых органов, тогда как изолированный спленоз яичников встречается крайне редко [10].

Краткие сведения об анатомии и физиологии селезенки

Помимо своего анатомического значения, слово “spleen” в английском и французском языках используется для обозначения меланхолического настроения, хандры, а иногда – депрессии или “черной желчи”. Один из отцов современной медицины Гален полагал, что предназначение “полной таинственности” селезенки заключается в укрывании черной желчи, очищении содержимого печени и улучшении настроения. Согласно современным мировоззрениям, функции селезенки гораздо более многообразны: они включают фильтрацию крови, элиминацию старых и поврежденных эритроцитов и тромбоцитов, депонирование крови, гемопоэз, иммунную защиту.

Самый крупный лимфоидный орган человека покрыт тонкой фиброзной капсулой и содержит небольшое количество гладких мышечных волокон во внутреннем слое (рис. 5). Селезенка (ее масса у взрослого человека составляет около 175 г.) получает 5% сердечного выброса через селезеночную артерию, которая после ворот разделяется на несколько ветвей, каждая ветвь окружена белой пульпой, богатой лимфоцитами, а затем – красной пульпой, содержащей преимущественно макрофаги.

Селезенка представляет собой лимфатический орган, включенный в систему кровообращения, в котором существуют теснейшие связи между лимфатической тканью, кровеносными сосудами и клетками ретикулоэндотелиальной системы. Первоначально кровь поступает в селезеночные

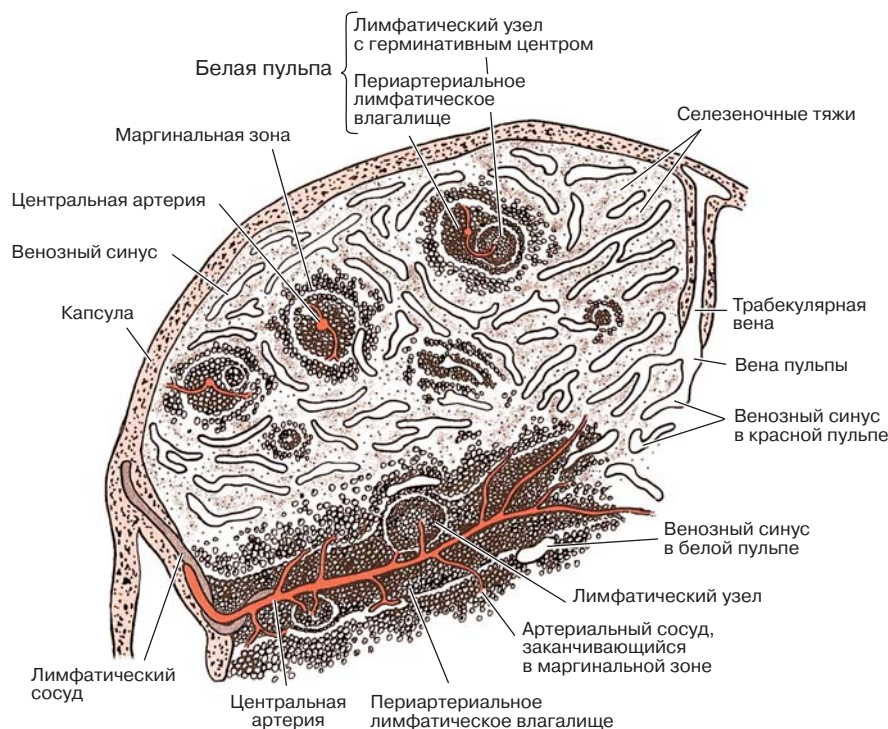
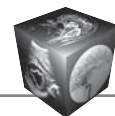


Рис. 5. Строение селезенки (по N. Connell и F. Schiffman, 2011 [11]). Кровь поступает в селезенку по селезеночной артерии и ее ветвям, доставляя патогены в лимфатические узлы и периартериальные лимфатические влагалища.

Fig. 5. Spleen structure (by N. Connell and F. Schiffman, 2011 [11]). Blood enters the spleen through the splenic artery and its branches, delivering pathogens to lymph nodes and periarterial lymphatic vaginas.

тяги (трабекулы), затем – центральную артериолу и артериальные капилляры, венулы и возвращается в системный кровоток посредством продавливания через фенестры, локализованные между венозными синусами эндотелиальных клеток. Неизменные эритроциты обладают высокой способностью к деформации, что позволяет им проходить через фенестры (отверстия), тогда как дефектные клетки контактируют с селезеночными макрофагами и отбраковываются (разрушаются). Необходимо отметить, что смешанный тип циркуляции обуславливает фазовость изображения селезенки при КТ или МРТ: первоначально в раннюю артериальную фазу селезенка предстает неомогенной, позднее, в позднюю артериальную или венозную стадии, – гомогенной [11].

Селезенка является органом внутриутробного эритропоэза; во взрослом состоянии она может оставаться местом экстрамедуллярного кроветворения: в ней обнаруживают “островки” гемопоэза при некоторых инфильтративных и гемолитических состояниях, однако, в норме селезенка взрослого лишена собственной гемопоэтической активности и ее задача заключается в поддержании роста циркулирующих незрелых эритроцитов.

В селезенке содержится целый ряд клеток, принимающих участие в иммунном ответе. Кровь, содержащая различные антигены, поступая в селезенку, проходит через синусы, периартериальные лимфатические влагалища, лимфатические

узлы, где контактирует с различными клетками иммунной системы – в красной пульпе с макрофагами, в белой пульпе – с лимфоцитами (рис. 6).

Селезенка является основным местом, где синтезируются IgM, их количество может возрастать в десять раз у пациентов со спленомегалией и катастрофически снижаться при асплении или гипоспении, отмечается снижение количества циркулирующих В-клеток на 75% [11]. Селезенка принимает участие в депонировании и быстром высвобождении моноцитов при воспалении. Опсонизированные антигены эффективно утилизируются селезеночными макрофагами; по данным некоторых авторов, этот процесс в селезенке протекает даже более активно, чем в других органах ретикулоэндотелиальной системы, в частности, печени [11].

Одной из уникальных функций интактной селезенки является способ, посредством которого ее ретикулярная структура обеспечивает иммунный ответ. Эндотелиальные клетки, выстилающие венозные синусы, опираются на базальную плазматическую мембранную сеть волокон, состоящих из актиновых и миозиноподобных филаментов. Эти волокна создают давление в фенестрах, сквозь которые должны пройти клеточные элементы, что значительно облегчает отбор деформированных, поврежденных или инфицированных лейкоцитов, эритроцитов (рис. 7). Такие клетки

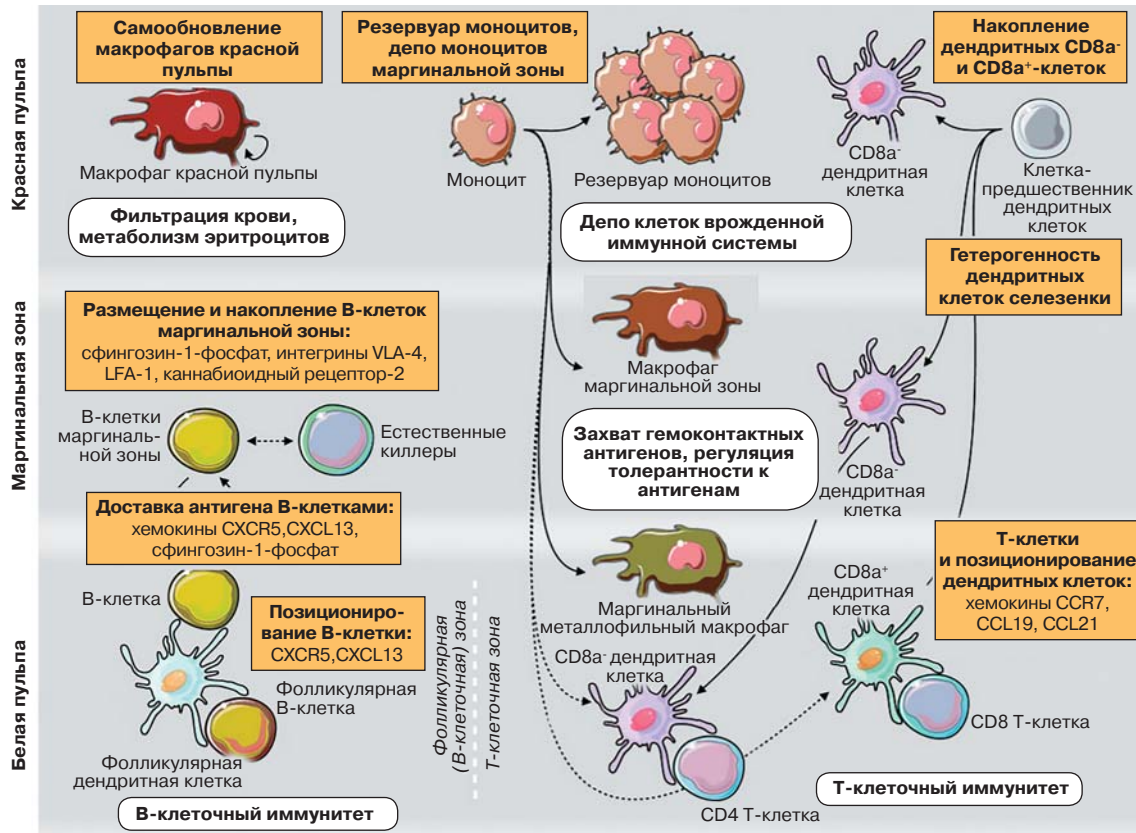
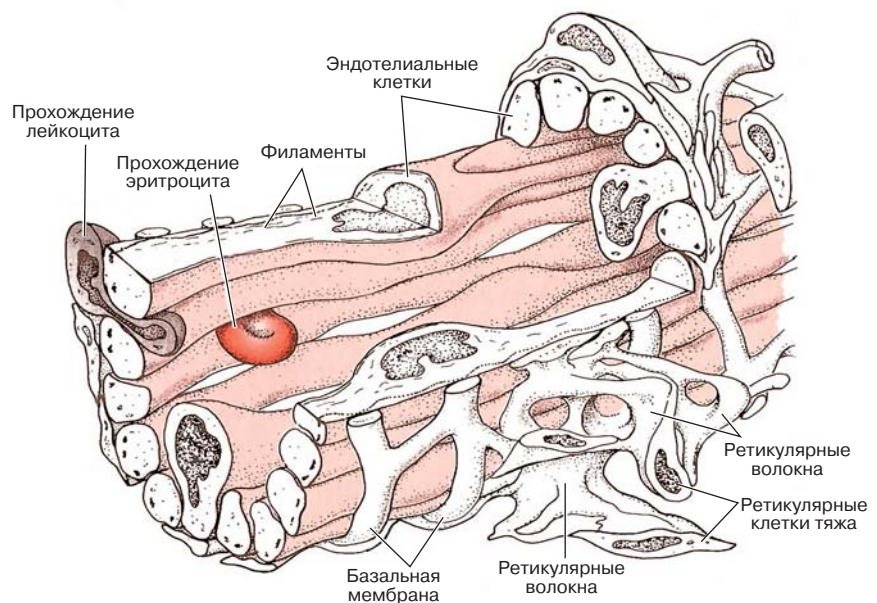


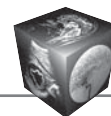
Рис. 6. Функции иммунных клеток селезенки (по V. Bronte et al., 2013 [12]). Рисунок демонстрирует области селезенки, в которых локализованы различные клетки, ответственные за формирование врожденного и приобретенного иммунитета. В оранжевых боксах указан источник происхождения клеток, а также механизмы, помогающие контролировать позиционирование или передвижение клеток внутри селезенки. Белые боксы содержат информацию о функциях различных субпопуляций иммунных клеток селезенки.

Fig. 6. Functions of immune cells in the spleen (by V. Bronte et al., 2013 [12]). The figure shows the areas of the spleen where various cells responsible for the formation of innate and acquired immunity are localized. The orange boxes indicate the source of cell origin as well as mechanisms that help control the positioning or movement of cells within the spleen. The white boxes contain information on the functions of various subpopulations of immune cells in the spleen.

Рис. 7. Организация синусов селезенки (по N. Connell и F. Schiffman, 2011 [11]). Лейкоциты и эритроциты подвергаются тщательному изучению при прохождении через ретикулярные волокна эндотелиальных клеток, чтобы иметь возможность попасть в селезеночные синусы. Фенестры сокращаются и расслабляются в соответствии с симпатическими стимулами для регулирования прохождения клеток.

Fig. 7. Organization of spleen sinuses (by N. Connell and F. Schiffman, 2011 [11]). Leukocytes and erythrocytes are thoroughly studied when passing through the reticular fibers of endothelial cells to allow them to enter the spleen sinuses. Phenesters are reduced and relaxed according to sympathetic stimuli to regulate cell passage.





попадают в “ловушку” между волокнами и подвергаются иммунологическому ответу. Кроме этого, эндотелиальные клетки селезенки экспрессируют рецепторы к маннозе, Toll-подобные рецепторы, которые помогают улавливать и представлять антигены, в том числе инкапсулированные бактерии.

Удаление селезенки приводит к ослаблению функционирования иммунной защиты организма, что может проявляться в виде синдрома генерализованной постспленэктомической инфекции. Как правило, этот синдром развивается на протяжении первых нескольких лет после спленэктомии, но описаны случаи его манифестации спустя десятилетия. Риск возникновения синдрома генерализованной постспленэктомической инфекции при выполнении спленэктомии по поводу травматического повреждения или идиопатической тромбоцитопенической пурпуры возрастает в 2,03–2,07 раза, но если оперативное вмешательство обусловлено талассемией, то вероятность формирования этого осложнения возрастает в 11,6 раз [11].

Список литературы [References]

1. Al Dandan O., Hassan A., Alsaif H.S., Altalaq S., Al-Othman A., Aljawad B., Alhajjaj G., Alshomimi S. Splenosis of the Mesoappendix with Acute Appendicitis: A Case Report. *Am J Case Rep.* 2020; 21: e921685. <http://doi.org/10.12659/AJCR.921685>
2. Ananthan K., Yusuf G.T., Kumar M. Intrahepatic and intra-abdominal splenosis: A case report and review of literature. *World J Hepatol.* 2019; 11 (12): 773–779. <http://doi.org/10.4254/wjh.v11.i12.773>
3. El-Helou E., Alimoradi M., Sabra H., Ghousoub Y., Zaarour M., Abousleiman G. Small bowel obstruction due to splenosis 30 years after splenectomy [published online ahead of print, 2020 Jun 8]. *Ann R Coll Surg Engl.* 2020; e1–e3. <http://doi.org/10.1308/rcsann.2020.0131>
4. El-Kheir A., Abdelnour M., Boutros J.G. Simultaneous small bowel and colon obstruction due to splenosis. A case report and review of literature. *Int J Surg Case Rep.* 2019; 58: 63–66. <http://doi.org/10.1016/j.ijscr.2019.03.040>
5. Matsubayashi H., Bando E., Kagawa H., Sasaki K., Ishiwatari H., Ono H. A Multinodular Mass of Abdominal Splenosis: Case Report of Uncommon Images of a Rare Disease. *Diagnostics (Basel).* 2019; 9 (3): 111. <http://doi.org/10.3390/diagnostics9030111>
6. Pearson H.A., Johnston D., Smith K.A., Touloukian R.J. The born-again spleen. Return of splenic function after splenectomy for trauma. *N. Engl. J. Med.* 1978; 298: 1389–1392.
7. Griffini L., Tizzoni G. Étude expérimentale sur la reproduction partielle de la rate. *Arch. Ital. Biol.* 1883; 4: 303–306.
8. Albrecht H. Ein Fall von sehr zahlreichen, über das ganze Peritoneum Nebenmilzen. *Beitr. Pathol. Anat.* 1896; 20: 513–527.
9. Buchbinder J., Lipkoff C. Splenosis: multiple peritoneal splenic implants following abdominal injury: a report of a case and review of the literature. *Surgery.* 1939; 6: 927–934.
10. Karpathiou G., Chauleur C., Mehdi A., Peoc'h M. Splenic tissue in the ovary: Splenosis, accessory spleen or splenogonadal fusion? *Pathol Res Pract.* 2019; 215 (9): 152546.
11. Connell NT, Brunner AM, Kerr CA, Schiffman FJ. Splenosis and sepsis: The born-again spleen provides poor protection. *Virulence.* 2011; 2 (1): 4–11. <http://doi.org/10.4161/viru.2.1.14611>

Для корреспонденции*: Губергриц Наталья Борисовна – 030039 Киев, ул. 40-летия Октября, д. 26. E-mail: profnbg@ukr.net

Губергриц Наталья Борисовна – доктор мед. наук, профессор, президент Украинского клуба панкреатологов, Киев.

<https://orcid.org/0000-0003-3655-9554>. E-mail: profnbg@ukr.net

Зубов Александр Демьянович – доктор мед. наук, профессор кафедры онкологии и радиологии Донецкого национального медицинского университета имени М. Горького, Донецк. <https://orcid.org/0000-0002-9948-9744>. E-mail: ius-don@mail.ru

Бородий Ксения Николаевна – канд. мед. наук, ассистент кафедры факультетской терапии им. проф. А. Я. Губергрица Донецкого национального медицинского университета имени М. Горького, Донецк. <https://orcid.org/0000-0001-5585-1572>. E-mail: vmmed2@gmail.com

Можина Татьяна Леонидовна – канд. мед. наук, врач-консультант Центра здорового сердца доктора Крахмаловой, Харьков.

<https://orcid.org/0000-0001-8239-6093>. E-mail: info@krakhmalova.com

Contact*: Natalia B. Gubergrits – 26, 40th anniversary of October str, 030039, Kiev, Ukraine. E-mail: profnbg@ukr.net

Natalia B. Gubergrits – the President of Ukrainian Pancreatic Club, Dr. of Sci. (Med), Professor, Kiev. <https://orcid.org/0000-0003-3655-9554>. E-mail: profnbg@ukr.net

Alexander D. Zubov – Dr. of Sci. (Med.), Professor of the Department of Oncology and Radiology of the M. Gorky Donetsk National Medical University, Donetsk. <https://orcid.org/0000-0002-9948-9744>. E-mail: ius-don@mail.ru

Ksenia N. Borodiy – Cand. of Sci. (Med.), assistant of the Department of Faculty Therapy named after A. Ya. Gubergrits of the M. Gorky Donetsk National Medical University, Donetsk. <https://orcid.org/0000-0001-5585-1572>. E-mail: vmmed2@gmail.com

Tetiana L. Mozhyna – Cand. of Sci. (Med.), Consultant Doctor of The Dr. Krakhmalova Center of the Healthy Heart, Kharkov.

<https://orcid.org/0000-0001-8239-6093>. E-mail: info@krakhmalova.com



Сердце и сосуды | Heart and vessels

ISSN 1607-0763 (Print); ISSN 2408-9516 (Online)
<https://doi.org/10.24835/1607-0763-2020-4-74-80>

Сравнение гемодинамических параметров трансаортального кровотока у пациентов с аортальным стенозом в зависимости от двустворчатого или трехстворчатого строения клапана

© Базылев В.В., Бабуков Р.М.*, Бартош Ф.Л., Горшкова А.В.

ФГБУ «Федеральный центр сердечно-сосудистой хирургии» Минздрава России, Пенза;
440071 Пенза, ул. Стасова, д. 6, Российская Федерация

Цель исследования: сравнение гемодинамических параметров трансаортального кровотока у пациентов с аортальным стенозом в зависимости от двустворчатого или трехстворчатого строения аортального клапана (АК).

Материал и методы. Проведено исследование 180 пациентов с изолированным стенозом АК с дву- и трехстворчатым строением. Пациенты были ранжированы на 3 подгруппы сравнения по площади эффективного отверстия АК от 4 до 1,5 см², от 1,5 до 1 см² и менее 1 см². Проводилось эхокардиографическое исследование с вычислением всех необходимых параметров для исследования.

Результаты. Подгруппы сравнения были сопоставимы по показателям площади эффективного отверстия (AVA), индекса площади эффективного отверстия (IAVA), индекса массы тела (BMI), индекса УО ЛЖ и ФВ ЛЖ ($p > 0,05$).

Однако показатели $V_{\max}$, G_{mean} и показатель времени ускорения (AT) у пациентов с двустворчатым строением АК во всех подгруппах сравнения были значительно больше, чем у пациентов с трехстворчатым строением. Подгруппа сравнения с AVA от 4 до 1,5 см²: $V_{\max}$ 2,8 ± 9 и 2,5 ± 6 м/с, $p = 0,02$; G_{mean} 18,6 ± 7,2 и 15 ± 6 мм рт.ст., $p = 0,03$; AT 82 ± 12 и 70 ± 10 мс, $p = 0,002$. Подгруппа сравнения с AVA от 1,5 до 1 см²: $V_{\max}$ 3,7 ± 0,8 и 3,5 ± 0,6 м/с, $p = 0,02$; средний трансаортальный градиент 37 ± 10 и 29 ± 5 мм рт.ст., $p = 0,04$; AT 103 ± 11 и 94 ± 10 мс, $p = 0,02$. Подгруппа сравнения с площадью эффективного отверстия менее 1 см²: $V_{\max}$ 5,7 ± 1,2 и 4,7 ± 0,7 м/с, $p = 0,001$; G_{mean} 54 ± 15 и 43 ± 11 мм рт.ст., $p < 0,001$; AT 127 ± 20 и 112 ± 10 мс, $p = 0,002$.

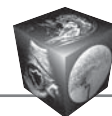
Заключение. Эхокардиографические показатели $V_{\max}$, G_{mean} у пациентов с двустворчатым строением АК имеют более высокие значения, чем у пациентов с трехстворчатым строением АК при сопоставимой площади отверстия.

Ключевые слова: аортальный стеноз, эхокардиография, площадь отверстия, градиент давления

Авторы подтверждают отсутствие конфликтов интересов.

Для цитирования: Базылев В.В., Бабуков Р.М., Бартош Ф.Л., Горшкова А.В. Сравнение гемодинамических параметров трансаортального кровотока у пациентов с аортальным стенозом в зависимости от двустворчатого или трехстворчатого строения клапана. *Медицинская визуализация*. 2020; 24 (4): 74–80.
<https://doi.org/10.24835/1607-0763-2020-4-74-80>

Поступила в редакцию: 21.01.2020. **Принята к печати:** 19.06.2020. **Опубликована online:** 10.12.2020.



Comparison of the hemodynamic parameters of transaortic blood flow in patients with aortic stenosis depending on the bicuspid or tricuspid valve structure

© Vladlen V. Bazylev, Ruslan M. Babukov*, Fedor L. Bartosh, Alena V. Gorshkova

Federal Centre for Cardiovascular Surgery, Penza; 6, Stasova str., Penza, 440071, Russian Federation

Purpose: comparison of hemodynamic parameters of transaortic blood flow in patients with aortic stenosis depending on the bicuspid or tricuspid structure of the aortic valve.

Materials and methods. A study of 180 patients with isolated aortic valve stenosis (AC) with two – and three-leaf structure was conducted. Patients were ranked into 3 comparison subgroups by the area of the effective AC opening from 4 to 1.5 cm²; 1.5 to 1 cm² and less than 1 cm². An echocardiographic study was performed with the calculation of all the necessary parameters for the study.

Results. The comparison subgroups were comparable in terms of effective orifice area (AVA), effective orifice area index (IAVA), body mass index (BMI), LV UO index, and LV FV ($p > 0.05$). However, the indicators V_{max} , G_{mean} , and AT in patients with a bicuspid AC structure in all comparison subgroups were significantly higher than in patients with a tricuspid structure. Comparison subgroup with AVA from 4 to 1.5 cm²: V_{max} 2.8 ± 9 m/s and 2.5 ± 6 m/s $p = 0.02$. G_{mean} 18.6 ± 7.2 mm Hg and 15 ± 6 mm Hg $p = 0.03$, AT 82 ± 12 ms and 70 ± 10 ms $p = 0.002$. Comparison subgroup with AVA from 1.5 to 1 cm²: V_{max} 3.7 ± 0.8 m/s and 3.5 ± 0.6 m/s $p = 0.02$. Average transaortic gradient 37 ± 10 mm Hg and 29 ± 5 mm Hg $p = 0.04$, AT 103 ± 11 ms and 94 ± 10 ms $p = 0.02$. Comparison subgroup with an effective area of less than 1 cm²: V_{max} 5.7 ± 1.2 m/s and 4.7 ± 0.7 m/s $p = 0.001$, G_{mean} 54 ± 15 and 43 ± 11 mm Hg $p < 0.001$, AT 127 ± 20 ms and 112 ± 10 ms $p = 0.002$.

Conclusion. Echocardiographic indicators of V_{max} and G_{mean} in patients with bicuspid AC structure have higher values than in patients with tricuspid AC structure with a comparable opening area.

Keywords: aortic stenosis, echocardiography, area of the valve, the pressure gradient

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

For citation: Bazylev V.V., Babukov R.M., Bartosh F.L., Gorshkova A.V. Comparison of the hemodynamic parameters of transaortic blood flow in patients with aortic stenosis depending on the bicuspid or tricuspid valve structure. *Medical Visualization*. 2020; 24 (4): 74–80. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-2020-4-74-80>

Received: 21.01.2020.

Accepted for publication: 19.06.2020.

Published online: 10.12.2020.

Введение

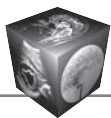
Точная оценка аортального стеноза (АС) необходима для оптимального ведения пациентов и своевременного оказания хирургической помощи. Эхокардиография на сегодняшний день является “золотым стандартом” в оценке тяжести АС. Согласно современным рекомендациям Американского колледжа кардиологии и Американской ассоциации сердца (АСС/АНА) 2016 г., эхокардиографическими критериями выраженного АС являются площадь отверстия (AVA) < 1 см², индекс площади эффективного отверстия (IAVA) < 0,6 см²/м², средний трансортальный градиент (G_{mean}) > 40 мм рт.ст., пиковая скорость трансортального кровотока (V_{max}) > 4 м/с. Критериями умеренного АС являются: AVA от 1,5 до 1 см², IAVA от 0,85 до 0,6 см²/м², G_{mean} от 20 до 40 мм рт.ст.,

V_{max} от 3 до 4 м/с. К критериям малого АС относятся AVA от 3 до 1,5 см², IAVA > 0,85 см²/м², G_{mean} < 20 мм рт.ст., V_{max} от 2,5 до 3 м/с [1].

В клинической практике мы заметили, что эхокардиографические показатели у пациентов с двустворчатым строением аортального клапана (АК) часто диссонируют с критериями современных рекомендаций. Это побудило нас провести исследование, где мы сравнили эхокардиографические параметры тяжести стеноза АК у пациентов с двустворчатым и трехстворчатым строением АК.

Цель исследования

Сравнение гемодинамических параметров трансортального кровотока у пациентов с АС в зависимости от двустворчатого или трехстворчатого строения АК.



Материал и методы

Исследование проводилось на базе ФГБУ “Федеральный центр сердечно-сосудистой хирургии” Минздрава России (Пенза). В работу было включено 180 пациентов с изолированным стенозом АК различной степени тяжести. Пациенты были разделены на 3 группы в зависимости от площади аортального отверстия, измеренной планиметрически с помощью чреспищеводной эхокардиографии. Данные подтверждались методом магнитно-резонансной томографии: 1-я группа – 48 пациентов с площадью отверстия более $1,5 \text{ см}^2$, 2-я группа – 58 пациентов с AVA от $1,5$ до 1 см^2 , 3-я группа – 74 пациента с AVA $< 1 \text{ см}^2$. В дальнейшем каждая из групп в зависимости от дву- или трехстворчатого строения клапана была разделена на 2 подгруппы. Критерии исключения из исследования: наличие умеренной или выраженной аортальной недостаточности, сопутствующего подклапанного и надклапанного стеноза аорты, фибрилляции предсердий, сопутствующей умеренной или выраженной митральной недостаточности или стеноза митрального клапана, диаметр восходящего отдела аорты менее 30 мм.

Эхокардиография. Все пациенты проходили комплексную эхокардиографию с использованием ультразвуковых аппаратов GE VIVID 7 PRO, VIVID 9 (Норвегия). Трансторакальная эхокардиографическая оценка изучаемых параметров у пациентов проводилась в интервале частоты сердечных сокращений (ЧСС) 60–80 в 1 мин и после нормализации значений артериального давления (<150 и 90 мм рт.ст.). Эхокардиографические измерения проводили в соответствии с рекомендациями Американского и Европейского обществ эхокардиографии. Скорости и градиенты кровотока были получены из интегралов линейной скорости кровотока в соответствии с уравнением Бернулли. Измерение проводилось непрерывным волновым доплером на уровне АК в апикальной пятикамерной проекции. Конечного-диастолический объем левого желудочка (КДО ЛЖ), конечно-систолический объем левого желудочка (КСО ЛЖ), фракция выброса левого желудочка (ФВ ЛЖ), ударный объем левого желудочка (УО ЛЖ) вычислялись по методу Симпсона (BIPLANE) (измерения производятся в апикальных позициях, во взаимно перпендикулярных плоскостях, в четырех- и двухкамерной проекциях). Систолические временные интервалы были измерены с использованием кривой трансаортального потока, полученных в 5-камерной апикальной проекции непрерывно-волновым доплером. Показатель времени ускорения (АТ) был определен как временной интервал

между началом систолического кровотока и его максимальной скоростью.

Статистика. База данных составлялась в виде электронных таблиц в программе Microsoft Office Excel 2007. Обработка данных производилась в демоверсии SPSS Statistics (англ. Statistical Package for the Social Sciences). Результаты представлены в виде $M \pm SD$, где M – среднее значение, SD – стандартное отклонение. Значимость различий между количественными признаками определялась при помощи t-критерия Стьюдента. Статистически значимыми считали различия при уровне $p \leq 0,05$.

Результаты

В результате проведенных нами исследований достоверных различий показателей: AVA, IAVA, ФВ ЛЖ, индекса УО ЛЖ у пациентов с дву- и трехстворчатым строением АК во всех исследуемых подгруппах сравнения выявлено не было, $p > 0,05$ (табл. 1–3).

Однако показатели $V_{\max}$, G_{mean} во всех подгруппах сравнения у пациентов с двустворчатым строением АК были достоверно выше, чем у пациентов с трехстворчатым строением АК. Так, показатель $V_{\max}$ в первой подгруппе сравнения составил $2,8 \pm 9$ и $2,5 \pm 6$ м/с, $p = 0,02$, показатель G_{mean} – $18,6 \pm 7,2$ и 15 ± 6 мм рт.ст., $p = 0,03$. Показатель $V_{\max}$ во второй подгруппе сравнения составил $3,7 \pm 0,8$ и $3,5 \pm 0,6$ м/с, $p = 0,02$, показатель G_{mean} – 37 ± 10 и 29 ± 55 мм рт.ст., $p = 0,04$. Показатель $V_{\max}$ в третьей подгруппе сравнения составил $5,7 \pm 1,2$ м/с и $4,7 \pm 0,9$ м/с, $p = 0,001$, показатель G_{mean} – 54 ± 15 и 43 ± 11 мм рт.ст., $p = 0,001$. Кроме того, во всех исследуемых подгруппах у пациентов с двустворчатым строением АК показатель АТ был значительно выше, чем у пациентов с трехстворчатым строением. В первой подгруппе сравнения с показатель составил 82 ± 12 и 70 ± 10 мс, $p = 0,03$; во второй подгруппе сравнения – 103 ± 11 и 94 ± 10 мс, $p = 0,02$; в третьей подгруппе сравнения – 127 ± 20 и 112 ± 10 мс, $p = 0,02$ (см. табл. 1–3).

Обсуждение

Эхокардиография является “золотым стандартом” в выявлении и оценке тяжести АС. Существует достаточно много эхокардиографических показателей для оценки степени стеноза АК. Гемодинамически значимыми из них являются $V_{\max}$ на АК ≥ 4 м/с, $G_{\text{mean}} \geq 40$ мм рт.ст., AVA $\leq 1,0 \text{ см}^2$, IAVA $0,6 \text{ см}^2/\text{м}^2$, так как эти показатели свидетельствуют о наличии значимого АС и плохом прогнозе для пациента [1–5]. Тем не менее оценка тяжести

**Таблица 1.** Сравнение пациентов с дву- и трехстворчатым строением АК и площадью AVA более 1, 5 см²**Table 1.** Comparison of patients with two-and three-leaf structure of the AC and the area of AVA more than 1, 5 cm²

Показатели	Двустворчатое строение АК (n = 24)		Трехстворчатое строение АК (n = 24)		p
	Me	95% ДИ	Me	95% ДИ	
Возраст, годы	54 ± 8	40,5; 55,9	65 ± 10	59,6; 66,2	0,0003
BSA, м ²	1,96 ± 0,8	1,84; 1,99	1,93 ± 0,8	1,9; 2,0	0,6
BMI	34 ± 6,4	28;39	34 ± 6,3	27;39	0,5
ФВ ЛЖ, %	63 ± 7	60,7; 67,7	61 ± 7	55,6; 62,7	0,15
Индекс УО ЛЖ, мл/м ²	38 ± 8	35,7; 42,7	36 ± 8	35,3; 38,9	0,29
ЧСС в 1 мин	74 ± 6	69,4; 79,7	70 ± 6	68,0; 74,1	0,2
V _{max} , мс	2,8 ± 9	2,5; 3,2	2,5 ± 6	2,1; 2,9	0,002
G _{mean} , мм рт.ст.	18,6 ± 7,2	13,1; 31,0	15 ± 6	9,6;18,3	0,03
IAVA, см ² /м ²	1,5 ± 0,6	1,26; 1,9	1,5 ± 0,05	1,2; 1,7	0,6
AVA, см ²	2,3 ± 1,4	1,5;3,4	2,3 ± 1,2	1,5; 3,1	0,05
Время раскрытия створок АК, мс	70 ± 10	60; 88	82 ± 12	78; 97	0,01

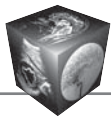
Примечание. Здесь и в табл. 2, 3: BSA (body surface area) – площадь поверхности тела, BMI (body mass index) – индекс массы тела, ФВ ЛЖ – фракция выброса левого желудочка, индекс УО ЛЖ – индекс ударного объема левого желудочка, V_{max} – пиковая скорость кровотока через аортальный клапан, G_{mean} – средний трансаортальный градиент давления, AVA (aortic valve area) – площадь эффективного отверстия аортального клапана, IAVA (Index of aortic valve area) – индекс площади эффективного отверстия аортального клапана.

Таблица 2. Сравнение пациентов с дву- и трехстворчатым строением АК и площадью AVA от 1 до 1, 5 см²**Table 2.** Comparison of patients with two-and three-leaf structure of AK and area AVA from 1 to 1, 5 cm²

Показатели	Двустворчатое строение АК (n = 29)		Трехстворчатое строение АК (n = 29)		p
	Me	95% ДИ	Me	95% ДИ	
Возраст, годы	52 ± 8	45,1; 59,0	65 ± 10	53,9; 65,8	0,09
BSA, м ²	1,98 ± 0,8	1,8; 1,99	1,96 ± 0,8	1,9;2,0	0,5
BMI	34 ± 6,4	29;40	34 ± 6,4	29;39	0,5
ФВ ЛЖ, %	61 ± 7	57,2; 66,4	67 ± 8	63,0; 68,1	0,3
Индекс УО ЛЖ, мл/м ²	40 ± 8	38,6; 44,5	41 ± 7	39,8; 48,0	0,6
ЧСС в 1 мин	70 ± 6	65,6; 76,0	72 ± 6	66,9; 73,4	0,5
V _{max} , мс	3,7 ± 0,8	3,8; 4,1	3,5 ± 0,6	3,6; 3,8	0,02
G _{mean} , мм рт.ст.	37 ± 10	35,4; 41,9	29 ± 5,8	29,4; 33,7	0,04
IAVA, см ² /м ²	0,64 ± 0,02	0,63; 0,75	0,63 ± 0,02	0,6; 0,69	0,3
AVA, см ²	1,3 ± 0,3	1;1,5	1,4 ± 0,3	1;1,5	0,3
Время раскрытия створок АК, мс	103 ± 11	91 : 110	94 ± 10	84 : 99	0,01

Таблица 3. Сравнение третьей подгруппы с дву- и трехстворчатым строением АК и площадью AVA менее 1 см²**Table 3.** Comparison of the third subgroup with two-and three-leaf structure of AK and area AVA less than 1 cm²

Показатели	Двустворчатое строение АК (n = 37)		Трехстворчатое строение АК (n = 37)		p
	Me	95% ДИ	Me	95% ДИ	
Возраст, годы	60 ± 7	55,5; 63,5	68 ± 10	64,1; 74,2	0,007
BSA, м ²	1,8 ± 0,8	1,84; 1,9	1,8 ± 0,7	1,7; 1,9	0,2
BMI	35 ± 6	30;41	35 ± 6	31;41	0,5
ФВ ЛЖ, %	66 ± 9	62,0; 69,4	65 ± 8	53,1; 65,9	0,3
Индекс УО ЛЖ, мл/м ²	37,5 ± 6	33,8; 42,1	41 ± 8	37,4; 43,6	0,14
ЧСС в 1 мин	68 ± 5	66,4; 71,0	69 ± 5	65,2; 74,9	0,7
V _{max} , мс	5,7 ± 1,2	4,8; 6,0	4,7 ± 0,9	4,3; 5,0	0,001
G _{mean} , мм рт.ст.	54 ± 15	66,0; 90,0	43 ± 11	47,8; 61,7	0,001
IAVA, см ² /м ²	0,39 ± 0,07	0,35; 0,43	0,4 ± 0,08	0,35; 0,43	0,9
AVA, см ²	0,6 ± 0,4	0,3;0,8	0,6 ± 0,4	0,3;0,7	0,4
Время раскрытия створок АК, мс	127 ± 20	113 : 142	112 ± 10	100: 115	0,02



АС по-прежнему остается сложной. Несоответствие между показателями G_{mean} , V_{max} и AVA встречаются у 30% пациентов, что затрудняет ведение пациентов с АС и проведение своевременной хирургической коррекции порока [6–9].

По данным ряда исследований причина расхождения показателей G_{mean} и AVA может быть связана с уменьшением УО ЛЖ вследствие уменьшения ФВ ЛЖ (<50%), встречающаяся примерно в 10% случаев. Несоответствие $AVA < 1 \text{ см}^2$ и/или $IAVA < 0,6 \text{ см}^2/\text{м}^2$ и $G_{mean} < 40 \text{ мм рт.ст.}$ в этом случае может быть неправильно интерпретировано исследователем и, таким образом, привести к недооценке тяжести стеноза или переоценке его тяжести [10–13].

У 15% пациентов с выраженным АС это может быть связано с парадоксальным снижением УО ЛЖ при сохранной ФВ ЛЖ. Это наиболее сложная в клинической практике категория пациентов. Снижение индекса УО ЛЖ меньше $35 \text{ мл}/\text{м}^2$ может быть связано с выраженным концентрическим ремоделированием левого желудочка, в результате чего нарушается диастолическое наполнение левого желудочка. В итоге эхокардиографически определяется небольшая $AVA \leq 1 \text{ см}^2$ и / или $IAVA \leq 0,6 \text{ см}^2/\text{м}^2$, низкое значение $G_{mean} < 40 \text{ мм рт.ст.}$ и $V_{max} < 4 \text{ м}/\text{с}$ [12–16].

Это подтверждается исследованием Z. Natcha и соавт., где подчеркивается важность связи между индексом УО ЛЖ и показателями G_{mean} [10].

В дальнейшем P. Lancellotti и соавт. подтвердили, что у пациентов с индексами УО ЛЖ менее $35 \text{ мл}/\text{м}^2$ при выраженном АС показатели G_{mean} могут быть занижены и иметь значения менее 40 мм рт.ст. [17].

Кроме того, на показатели тяжести АС влияет масса тела пациента. Так, у пациента с низкой массой тела при $AVA \leq 1,0 \text{ см}^2$ может не быть повышения $V_{max} \geq 4 \text{ м}/\text{с}$ и $G_{mean} \geq 40 \text{ мм рт.ст.}$ и имеется относительно адекватный для него сердечный выброс. И наоборот, у пациента с избыточной массой тела при $AVA > 1,0 \text{ см}^2$ могут быть высокие показатели $V_{max} \geq 4 \text{ м}/\text{с}$ и $G_{mean} \geq 40 \text{ мм рт.ст.}$ [17–20]. По этой причине было предложено оценивать IAVA, при значениях которых менее $0,6 \text{ см}^2/\text{м}^2$ можно считать АС выраженным [1].

Приблизительно у 80% взрослых пациентов с АС имеется сопутствующая аортальная регургитация, которая может завысить показатели G_{mean} и AVA за счет увеличения объема трансаортального потока через АК, что приводит к несоответствию гемодинамических показателей и площади эффективного отверстия АК [19].

Митральная регургитация достаточно часто встречается при выраженных АС. Тяжелая ми-

тральная регургитация может напрямую влиять на оценку тяжести АС, так как данная патология приводит к снижению эффективного УО ЛЖ, что, в свою очередь, может привести к снижению G_{mean} при тяжелом АС. Немаловажной является оценка АС при сопутствующем выраженном стенозе митрального клапана, так как в данном случае может быть низкий сердечный выброс, что может привести к занижению V_{max} и G_{mean} [1].

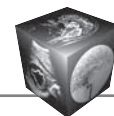
Немаловажное влияние на показатели G_{mean} оказывает диаметр восходящего отдела аорты. H. Baumgartner и соавт. показали, что при диаметре восходящего отдела аорты менее 30 мм возможно завышение значения трансаортальных градиентов. Авторы связали данное явление с недостаточно быстрым спадом градиента давления на выходе за счет высокой турбулентности потока при малом диаметре восходящего отдела аорты [21].

Кроме того, высокие значения ЧСС и показатели артериального давления имеют большое влияние на значения трансаортального градиента. По этой причине перед началом исследования необходимо скорректировать значения данных показателей [21].

По нашему мнению, при оценке тяжести АС нужно учитывать количество створок АК, а именно двустворчатое его строение, которое может провоцировать ускорение трансаортального кровотока. Данный феномен обусловлен значительной резистентностью створок АК, для эффективного раскрытия которого требуется больше времени и создание более высокого давления в левом желудочке. Это подтверждается результатами нашего исследования. У пациентов с двустворчатым строением АК во всех исследуемых подгруппах время раскрытия АК и G_{mean} достоверно имели более высокие значения, чем у пациентов с трехстворчатым строением АК. Кроме того, у пациентов с двустворчатым строением АК из-за особенностей анатомического раскрытия створок, имеющих в большинстве случаев щелевидную форму, может создаваться турбулентный поток на АК, что отражается повышением G_{mean} . Учитывая эти обстоятельства, по нашему мнению, современные рекомендации не всегда применимы к данной категории пациентов, что требует более детального изучения данного вопроса.

Заключение

Эхокардиографические показатели V_{max} , G_{mean} у пациентов с двустворчатым строением АК имеют более высокие значения, чем у пациентов с трехстворчатым строением АК при одинаковой площади отверстия.



Участие авторов

Базылев В.В. – участие в научном дизайне, утверждение окончательного варианта статьи.

Бабукон Р.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.

Бартош Ф.Л. – концепция и дизайн исследования, участие в научном дизайне.

Горшкова А.В. – подготовка и редактирование текста, участие в научном дизайне, подготовка, создание опубликованной работы, ответственность за целостность всех частей статьи.

Authors' participation

Bazylev V.V. – participation in scientific design, approval of the final version of the article.

Babukov R.M. – concept and design of the study, conducting research, collection and analysis of data, 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.

Bartosh F.L. – concept and design of the study, participation in scientific design.

Gorshkova A.V. – 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.

Список литературы [References]

- Baumgartner H., Hung J., Bermejo J., Chambers J.B., Edvardsen T., Goldstein S., Lancellotti P., LeFevre M., Miller F. Jr., Otto C.M., Recommendations on the echocardiographic assessment of aortic valve stenosis: a focused update from the european association of cardiovascular imaging and the american society of echocardiography *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 2017; 30 (4): 372–392.
- Lancellotti P., Donal E., Magne J., Moonen M., O'Connor K., Daubert J.C. Risk stratification in asymptomatic moderate to severe aortic stenosis: the importance of the valvular, arterial and ventricular interplay. *Heart.* 2010; 96: 1364–1371.
- Vahanian A., Alfieri O., Andreotti F., Antunes M.J., Bar n-Esquivias G., Baumgartner H., Borger M.A., Carrel T.P., De Bonis M., Evangelista A., Falk V., Iung B., Lancellotti P., Pierard L., Price S., Schäfers H.J., Schuler G., Stepinska J., Swedberg K., Takkenberg J., Von Oppell U.O., Windecker S., Zamorano J.L., Zembala M. Guidelines on the management of valvular heart disease (version 2012). *Eur. Heart J.* 2012; 33 (19): 2451–2496. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehs109>
- Nishimura R.A., Otto C.M., Bonow R.O., Carabello B.A., Erwin J.P. 3rd, Guyton R.A., O'Gara P.T., Ruiz C.E., Skubas N.J., Sorajja P., Sundt T.M. 3rd, Thomas J.D. 2014 AHA/ACC guideline for the management of patients with valvular heart disease: a report of the american college of cardiology/ American heart association task force on practice guidelines. ACC/AHA Task Force Members. *Circulation.* 2014; 10: 2438–2488.
- Baumgartner H., Hung J., Bermejo J., Chambers J.B., Edvardsen T., Goldstein S., Lancellotti P., LeFevre M., Miller F. Jr, Otto C.M. Recommendations on the echocardiographic assessment of aortic valve stenosis: a focused update from the european association of cardiovascular imaging and the American Society of Echocardiography *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 2017; 30: 372–392. <https://doi.org/10.1016/j.echo.2017.02.009>.
- Minners J., Allgeier M., Gohlke-Baerwolf C., Kienzle R.P., Neumann F.J., Jander N. Inconsistent grading of aortic valve stenosis by current guidelines: haemodynamic studies in patients with apparently normal left ventricular function. *Heart.* 2010; 96: 1463–1468. <https://doi.org/10.1136/hrt.2009.181982>
- Minners J., Allgeier M., Gohlke-Baerwolf C., Kienzle R.P., Neumann F.J., Jander N. Inconsistencies of echocardiographic criteria for the grading of aortic valve stenosis. *Eur. Heart J.* 2008; 29: 1043–1048.
- Jander N., Minners J., Holme I., Gerdts E., Boman K., Brudi P., Chambers J.B., Egstrup K., Kesäniemi Y.A., Malbecq W., Nienaber C.A., Ray S., Rossebø A., Pedersen T.R., Skjærpe T., Willenheimer R., Wachtell K., Neumann F.J., Gohlke-Bärwolf C. Outcome of patients with low-gradient “severe” aortic stenosis and preserved ejection fraction. *Circulation.* 2011; 123: 887–895.
- Michelen H.I., Margaryan E., Miller F.A., Eleid M., Maalouf J., Suri R., Messika-Zeitoun D., Pellikka P.A., Enriquez-Sarano M. Inconsistent echocardiographic grading of aortic stenosis: is the left ventricular outflow tract important? *Heart.* 2013; 99: 921–931.
- Hachicha Z., Dumesnil J.G., Bogaty P., Pibarot P. Paradoxical low flow, low gradient severe aortic stenosis despite preserved ejection fraction is associated with higher afterload and reduced survival. *Circulation.* 2007; 115: 2856–2864.
- Ozkan A. Low gradient “severe” aortic stenosis with preserved left ventricular ejection fraction. *Cardiovasc. Diagn. Ther.* 2012; 2: 19–27.
- Pibarot P., Dumesnil J.G. Low-flow, low-gradient aortic stenosis with normal and depressed left ventricular ejection fraction. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2012; 60: 1845–1853.
- Adda J., Mielot C., Giorgi R., Cransac F., Zirphile X., Donal E., Sportouch-Dukhan C., Réant P., Laffitte S., Cade S., Le Dolley Y., Thuny F., Touboul N., Lavoute C., Avierinos J.F., Lancellotti P., Habib G. Low-flow, low-gradient severe aortic stenosis despite normal ejection fraction is associated with severe left ventricular dysfunction as assessed by speckle-tracking echocardiography: A multicenter study. *Circ. Cardiovasc. Imaging.* 2012; 5: 27–35.
- Eleid M.F., Sorajja P., Michelen H.I., Malouf J.F., Scott C.G., Pellikka P.A. Flow-gradient patterns in severe aortic stenosis with preserved ejection fraction: clinical characteristics and predictors of survival. *Circulation.* 2013; 128: 1781–1789.



15. Lancellotti P., Magne J., Donal E., Davin L., O'Connor K., Rosca M., Szymanski C., Cosyns B., Piérard L.A. Clinical outcome in asymptomatic severe aortic stenosis insights from the new proposed aortic stenosis grading classification. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2012; 59: 235–243.
16. Saito T., Muro T., Takeda H., Hyodo E., Ehara S., Nakamura Y., Hanatani A., Shimada K., Yoshiyama M. Prognostic value of aortic valve area index in asymptomatic patients with severe aortic stenosis. *Am. J. Cardiol.* 2012; 110: 93–97.
17. Jander N., Gohlke-Bärwolf C., Bahlmann E., Gerdtz E., Boman K., Chambers J.B., Egstrup K., Nienaber C.A., Pedersen T.R., Ray S., Rossebø A.B., Willenheimer R., Kienzle R.P., Wachtell K., Neumann F.J., Minners J. Indexing aortic valve area by body surface area increases the prevalence of severe aortic stenosis. *Heart.* 2014; 100: 28–33.
18. Jander N., Gohlke-Bärwolf C., Bahlmann E., Gerdtz E., Boman K., Chambers J.B., Egstrup K., Nienaber C.A., Pedersen T.R., Ray S., Rossebø A.B., Willenheimer R., Kienzle R.P., Wachtell K., Neumann F.J., Minners J. Adjusting parameters of aortic valve stenosis severity by body size. *Heart.* 2014; 100: 1024–1030.
19. Zoghbi W.A., Enriquez-Sarano M., Foster E., Grayburn P.A., Kraft C.D., Levine R.A., Nihoyannopoulos P., Otto C.M., Quinones M.A., Rakowski H., Stewart W.J., Waggoner A., Weissman N.J. Recommendations for evaluation of the severity of native valvular regurgitation with two-dimensional and Doppler echocardiography. *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 2003; 16: 777–802.
20. Baumgartner H., Stefenelli T., Niederberger J., Schima H., Maurer G. 'Overestimation' of catheter gradients by Doppler ultrasound in patients with aortic stenosis: a predictable manifestation of pressure recovery. *J. Am. Coll. Cardiol.* 1999; 33: 1655–1661.
21. Mascherbauer J., Fuchs C., Stoiber M., Schima H., Pernicka E., Maurer G. Systemic pressure does not directly affect pressure gradient and valve area estimates in aortic stenosis *in vitro*. *Eur. Heart J.* 2008; 29: 2049–2057.

Для корреспонденции*: Бабуков Руслан Медарисович – 440071 Пенза, ул. Стасова, 6. Федеральный центр сердечно-сосудистой хирургии Минздрава России. Тел.: +7-937-421-69-69. E-mail: cardio-penza@yandex.ru; ruslan.babukov@mail.ru

Базылев Владлен Владленович – доктор мед. наук, профессор, главный врач ФГБУ “Федеральный центр сердечно-сосудистой хирургии” Минздрава России, Пенза. <https://orcid.org/0000-0001-6089-9722>

Бабуков Руслан Медарисович – врач ультразвуковой диагностики ФГБУ “Федеральный центр сердечно-сосудистой хирургии” Минздрава России, Пенза. <https://orcid.org/0000-0002-7338-9462>

Бартош Федор Леонидович – канд. мед. наук, заведующий отделением функциональной и ультразвуковой диагностики ФГБУ “Федеральный центр сердечно-сосудистой хирургии” Минздрава России, Пенза. <https://orcid.org/0000-0001-5482-3211>

Горшкова Алёна Витальевна – врач ультразвуковой диагностики ФГБУ “Федеральный центр сердечно-сосудистой хирургии” Минздрава России, Пенза. <https://orcid.org/0000-0002-3210-3974>

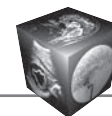
Contact*: Ruslan M. Babukov – 6, Stasova str., Penza, 440071, Russian Federation. Phone: +7-937-421-69-69. E-mail: cardio-penza@yandex.ru; ruslan.babukov@mail.ru

Vladlen V. Bazylev – Doct. of Sci. (Med.), Chief doctor of the Federal Centre for Cardiovascular Surger, Penza, Russia. <https://orcid.org/0000-0001-6089-9722>

Ruslan M. Babukov – doctor cardiologist, ultrasound diagnosis doctor Federal Centre for Cardiovascular Surgery, Penza, Russia. <https://orcid.org/0000-0002-7338-9462>

Fedor L. Bartosh – Cand. of Sci. (Med.), Heads of the department of the of functional and ultrasound diangistics Federal Centre for Cardiovascular Surgery, Penza, Russia. <https://orcid.org/0000-0001-5482-3211>

Alena V. Gorshkova – ultrasound diagnosis doctor Federal Centre for Cardiovascular Surgery, Penza, Russia. <https://orcid.org/0000-0002-3210-3974>



ISSN 1607-0763 (Print); ISSN 2408-9516 (Online)
<https://doi.org/10.24835/1607-0763-2020-4-81-101>

МРТ- и КТ-венография в диагностике гемодинамических нарушений у пациентов с хроническими заболеваниями вен нижних конечностей

Часть I. Возможности МРТ-исследований в визуализации сосудистого русла нижних конечностей

© Шайдаков Е.В.¹, Санников А.Б.^{2, 3*}, Емельяненко В.М.³,
Крюкова Л.Н.², Баранова А.Е.², Рачков М.А.²

¹ ФГБУН “Институт мозга человека имени Н.П. Бехтеревой” РАН; 197376 Санкт-Петербург, ул. Академика Павлова, д. 9, Российская Федерация

² Клиника инновационной диагностики “Медика”; 600031 Владимир, ул. Вокзальная, д. 24, Российская Федерация

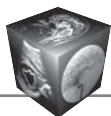
³ ФГАОУ ВО “РНМУ имени Н.И. Пирогова” Минздрава России; 117997 Москва, ул. Островитянова, д. 1, Российская Федерация

Несмотря на то что в России большинство сосудистых хирургов крайне редко используют в своей ежедневной практике магнитно-резонансную томографию (Magnetic Resonance Imaging – MRI), на сегодня интерес к этому методу визуализации среди специалистов в мире неуклонно возрастает. Это связано со стремлением клиницистов иметь еще один неинвазивный метод диагностики гемодинамических нарушений как артериального (Magnetic Resonance Angiography – MRA), так и венозного сосудистого русла (Magnetic Resonance Venography – MRV). Развитие этих методов сегодня связано с решением многих технических задач, разработкой специальных импульсных последовательностей и методов постобработки полученного изображения.

В данном обзоре литературы проводится анализ опубликованных научных данных по методологии проведения MRI применительно к сосудистой системе и выбору оптимальных режимов сканирования. Учитывая, что данный материал рассчитан в первую очередь на сосудистых хирургов и флебологов, а не радиологов, в первой части кратко изложены базовые основы понимания сути физических явлений, лежащих в основе получения MRI-изображения, без чего невозможен вдумчивый анализ преимуществ и недостатков MRA и поиск наиболее оптимального режима сканирования для проведения MRV. Учитывая, постоянное стремление клиницистов к самообразованию, представляется, что эта часть представленного материала не будет сложной для восприятия.

При описании разработанных бесконтрастных и контрастных методов проведения MRA уделено внимание ставшим традиционными методам обработки изображения в 2D-режиме (TOF, PC) с использованием импульсных последовательностей: спин-эхо (SE), мульти-эхо (SE T2), турбо спин-эхо (TSE), быстрого улучшения спин-эхо (Fast Advanced Spin Echo – FASE), градиентного эхо (Gradient Echo – GE, GRE) и восстановления с инверсией (Inversion Recovery – IR). Кроме того, сделан акцент на самых современных решениях, включающих: мультиплантарное переформатирование (multiplanar reformatting – MPR), проекции максимальной интенсивности (maximum intensity projection – MIP), субволюмную максимальную интенсивность, поверхностный рендеринг (surface rendering – SR), объемный рендеринг (volume rendering – VR) и виртуальную интраваскулярную эндоскопию (virtual intraluminal endoscopy – VIE). В отношении всех используемых на сегодня методов проведения MRA показана специфичность и информативность с подробным анализом преимуществ и недостатков. Показаны нюансы понимания полученной ангиографической картинки в T1- и T2-взвешенном изображении и феноменов “яркой крови” и “черной крови”.

Учитывая, что в отечественной литературе информация о возможностях использования MRI в диагностике гемодинамических нарушений у пациентов с патологией сосудистого русла отсутствует или в лучшем



случае носит характер краткого упоминания, представляется, что данный материал является актуальным и вызовет определенный интерес со стороны различных специалистов.

Особый интерес представляет потенциальная возможность использования методов проведения бесконтрастной и контрастной MRA в изучении венозной патологии нижних конечностей и таза, особенно, что касается своевременной и точной диагностики глубокого венозного тромбоза (Deep Vein Thrombosis – DVT) и венозного тромбоземболизма (Venous Thrombo-Embolism – VTE), которые в структуре пациентов с хроническими заболеваниями вен нижних конечностей (Chronic Venous Disorders – CVD) занимают особое положение.

Ключевые слова: магнитно-резонансная томография, магнитно-резонансная ангиография, магнитно-резонансная флебография, компьютерная томография, компьютерно-томографическая флебография, хронические заболевания вен, диагностика тромбоза вен нижних конечностей, варикозное расширение вен, анатомическое строение вен нижних конечностей

Авторы подтверждают отсутствие конфликтов интересов.

Для цитирования: Шайдаков Е.В., Санников А.Б., Емельяненко В.М., Крюкова Л.Н., Баранова А.Е., Рачков М.А. МРТ- и КТ-венография в диагностике гемодинамических нарушений у пациентов с хроническими заболеваниями вен нижних конечностей. Часть I. Возможности МРТ-исследований в визуализации сосудистого русла нижних конечностей. *Медицинская визуализация*. 2020; 24 (4): 81–101.
<https://doi.org/10.24835/1607-0763-2020-4-81-101>

Поступила в редакцию: 09.05.2020. **Принята к печати:** 26.05.2020. **Опубликована online:** 10.12.2020.

MRI and CT venography in the diagnosis of hemodynamic disorders in patients suffering from the lower extremities veins chronic diseases Part I. Possibilities of MRI in visualization of the vascular blood flow of the lower extremities

© Aleksandr B. Sannikov¹, Evgenij V. Shajdakov^{2, 3*}, Vladimir M. Emelyanenko³, Lyudmila N. Kryukova², Anna E. Baranova², Mihail A. Rachkov²

¹ Bekhterev Institute of human brain of the Russian Academy of Sciences (RAS); 9, Acad. Pavlov str., St. Petersburg, 197376, Russian Federation

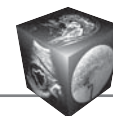
² Innovative Diagnostic Clinic "MEDICA"; 24, Vokzal'naya str., Vladimir, 1600031, Russian Federation

³ Pirogov Russian National Research Medical University of the Ministry of Health of Russia; 1, Ostriviyanova str., Moscow, 117997, Russian Federation

Despite the fact that most vascular surgeons in Russia rarely use magnetic resonance imaging (MRI) in their daily practice, today interest in this method of imaging among specialists in the world is steadily increasing. This is due to the desire of clinicians to have another non – invasive method for diagnosing hemodynamic disorders of both the arterial (Magnetic Resonance Angiography – MRA) and venous vascular bed (Magnetic Resonance Venography – VRA). The development of these methods today is associated with the solution of many technical problems, the development of special pulse sequences and post-processing methods for the resulting image.

This literature review analyzes published scientific data on the methodology of MRI in relation to the vascular system and the choice of optimal scanning modes. Taking into consideration the fact that this material is intended primarily for vascular surgeons and phlebologists, and not radiologists, the first part summarizes the basic understanding of the physical phenomena underlying the MRI image, without which a thoughtful analysis of the advantages and disadvantages of MR-Angiography and the search for the most optimal scanning mode for MR-Venography is not possible. Based on the constant desire of clinicians to be self-educated, it seems that this part of the presented material will not be difficult to understand.

When describing the developed contrast-free and contrast-free MRA methods, attention is paid to the traditional methods of image processing in 2D mode (TOF, PC) using pulse sequences: spin echo (SE), multi-echo (SE T2), turbo spin echo (TSE), fast Advanced Spin Echo (fast Advanced Spin Echo-FASE), gradient echo (Gradient Echo-GE, GRE) and inversion recovery (Inversion Recovery-IR). In addition, the focus is on the most modern solu-



tions, including: multiplanar reformatting (MPR), maximum intensity projection (MIP), subvolume maximum intensity, surface rendering (SR), volume rendering (VR) and virtual intraluminal endoscopy (VIE). For all the methods used today, MR-Angiography is shown to be specific and informative, with a detailed analysis of the advantages and disadvantages. The nuances of understanding the resulting angiographic image in T1 and T2-weighted images and the phenomena of “bright blood” and “black blood” are shown.

Since the absence of information or a brief mention only about the possibilities of using MRI in the diagnosis of hemodynamic disorders in patients with vascular pathology in Russian scientific literature it seems that this material is relevant and will arouse some interest from various specialists.

Of particular interest is the potential use of contrast-free and contrast – free MR Angiography in the study of venous pathology of the lower extremities and pelvis, especially with regard to timely and accurate diagnosis of deep venous thrombosis (deep Vein Thrombosis-DVT) and venous thromboembolism (Venous Thrombosis – Embolism – VTE), which occupy a special position in the structure of patients with chronic venous Disorders of the lower extremities (Chronic Venous Disorders-CVD).

Keywords: magnetic resonance imaging, magnetic resonance angiography, magnetic resonance venography, computed tomography, computed tomography venography, chronic venous disorders, lower extremities deep vein thrombosis, varicose veins, anatomical structure of lower extremity veins

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

For citation: Shaydakov E.V., Sannikov A.B., Emelynenko V.M., Kryukova L.N., Baranova A.E., Rachkov M.A. MRI and CT venography in the diagnosis of hemodynamic disorders in patients suffering from the lower extremities veins chronic diseases. Part I. Possibilities of MRI in visualization of the vascular blood flow of the lower extremities. *Medical Visualization*. 2020; 24 (4): 81–101. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-2020-4-81-101>

Received: 09.05.2020.

Accepted for publication: 26.05.2020.

Published online: 10.12.2020.

Введение

На протяжении многих десятилетий рентгено-контрастная флебография (Contrast Venography – CV) являлась “золотым стандартом” в обследовании пациентов с хроническими заболеваниями вен нижних конечностей (Chronic Venous Disorders – CVD) [1]. Особое значение этот метод диагностики приобретал при подозрении у пациентов наличия тромбоза глубоких вен (Deep Vein Thrombosis – DVT). Комплексное обследование с использованием дистальных и проксимальных методов введения контраста позволяло исключать тромботическую окклюзию на уровне любого сегмента нижних конечностей и таза (Lower Extremities Deep Vein Thrombosis – LEDVT), а также установить степень выраженности морфологических и функциональных изменений в глубоких венах как у пациентов с посттромботической болезнью (Post-Thrombotic Disease – PTD), так и с первичным варикозным расширением вен нижних конечностей (Varicosity Disease – VD) [1]. Исходя из устоявшихся положений, в России вплоть до середины 90-х годов практически всем пациентам с хронической венозной недостаточностью, поступающим в хирургический стационар, перед операцией выполнялось флебографическое обследование, недостатки которого были очевидны: инвазивность исследования, возможность развития аллергических реакций на введение контрастных препаратов, лучевая нагрузка на пациента и персонал [2].

Ситуация радикально изменилась с началом активного и повсеместного внедрения во флебо-

логическую практику ультразвуковых методов исследования (duplex UltraSound – US), которые на сегодня стали основным методом диагностики гемодинамических нарушений при первичном обследовании всех пациентов с CVD нижних конечностей [3, 4]. Однако некоторые задачи при использовании US остаются решенными не до конца. В первую очередь это касается диагностики DVT на уровне вен таза и нижней полой вены, а также глубоких вен голени [5, 6]. Кроме того, US не позволяет получать подробную информацию об особенностях анатомического строения и объемной архитектонике венозных коллекторов нижних конечностей, знание которой, например для проведения реконструктивных оперативных вмешательств, всегда оставалось важной задачей [2, 7].

Вместе с этим в начале 2000-х годов интенсивный вектор развития и использования в клинической практике получили методы магнитно-резонансной (Magnetic Resonance Imaging – MRI) и компьютерной томографии (Computed Tomography – CT), технический прогресс которых сделал применимыми их и в диагностике нарушений кровотока [8]. Однако, несмотря на то что со времени появления первых наиболее значимых научных публикаций использования MRI и CT во флебологической практике прошло около 30 лет [9–11], многие вопросы диагностической значимости и приоритетов использования этих методов исследований в отношении пациентов с CVD на сегодняшний день не имеют окончательных ответов.



Изначально в наши планы не входило описание физических явлений, лежащих в основе магнитного резонанса, однако по мере накопления информации мы все чаще ловили себя на мысли о необходимости сделать это, пусть даже в самых общих чертах. Почему это важно? Хотя бы с целью понимания тех терминов, которые мы будем активно использовать впоследствии при описании и обсуждении различных методик проведения MRI применительно к венозной системе в объеме проведения магнитно-резонансной венографии (Magnetic Resonance Venography – MRV).

Вашему вниманию представляется первая часть нашей работы, посвященная анализу имеющихся данных о возможности MRI-ангиографических исследований в визуализации сосудистого русла нижних конечностей (Magnetic Resonance Angiography – MRA).

Физические основы магнитно-резонансной томографии

С целью даже самого поверхностного понимания сути явлений, происходящих в тканях живого организма при MRI необходимо совершить краткий экскурс в основы квантовой физики или иначе физики элементарных частиц, как бы это страшно и безнадежно ни звучало [12].

Атом водорода, являясь основной элементарной частицей живого организма, находится в постоянном активном движении, характеризующемся свойственным только ей “гиромангнитным отношением”, от величины которого зависит ориентация данной частицы в пространстве. Вращаясь, атом водорода генерирует вокруг себя магнитное поле, являясь, по сути, маленьким магнитом, из большого числа которых и состоит любая ткань человека (рис. 1а). Полюса различных атомов водорода в организме не расположены хаотично, а ориентированы таким образом, что все магнитные силы уравниваются друг друга, в результате чего организм человека в целом находится в магнитном балансе. При помещении человека в магнитное поле томографа с напряженностью 1,5 Тл, которое в 30 000 раз сильнее гравитационного поля Земли, с протонами водорода (есть еще электрон) происходят интересные явления. Во-первых, протоны водорода выстраиваются в участке ткани, подверженном магнитному воздействию, вдоль магнитного поля двумя способами – параллельно и антипараллельно. Кроме того, протоны начинают совершать колебательные движения вокруг своей оси (процессировать) с определенной (ларморовой) частотой, величина которой прямо пропорциональна напряженности внешнего магнитного поля (рис. 1б). Следовательно, чем выше напряженность

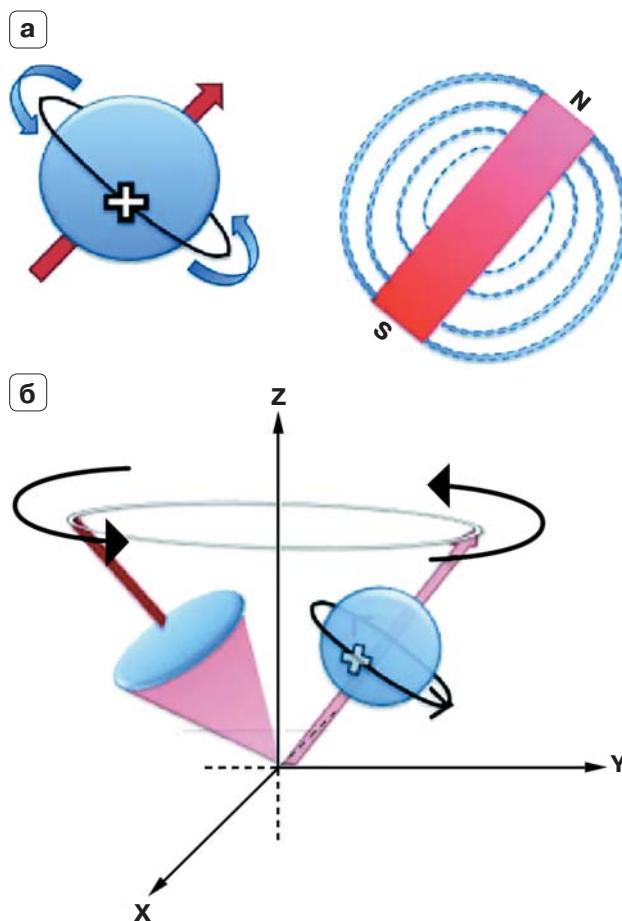


Рис. 1. Физические основы магнитно-резонансной томографии. Положительно заряженные протоны водорода, вращаясь вокруг своей оси, создают собственное магнитное поле (а); начало процессии протонов водорода под воздействием внешнего магнитного поля (б) (по [16]).

Fig. 1. Physical basis of magnetic resonance imaging. Protons possess a positive charge and are constantly spinning around their own axes. This generates a magnetic field (a); When exposed to an external magnetic field, protons precess (b) (from [16]).

воздействующего снаружи магнита, тем большее количество протонов займет параллельную ориентацию, а колебательная частота их будет выше. Количество выстроенных параллельно протонов водорода будет составлять суммарную намагниченность [13] (рис. 2).

Под воздействием внешнего магнитного поля атом водорода возбуждается, в результате чего происходит изменение направления основного вектора намагниченности. Однако это состояние длится недолго, атом водорода начинает отдавать полученную энергию в ткани или релаксирует (рис. 3). При этом атом водорода начинает совершать обратное движение, которое происходит

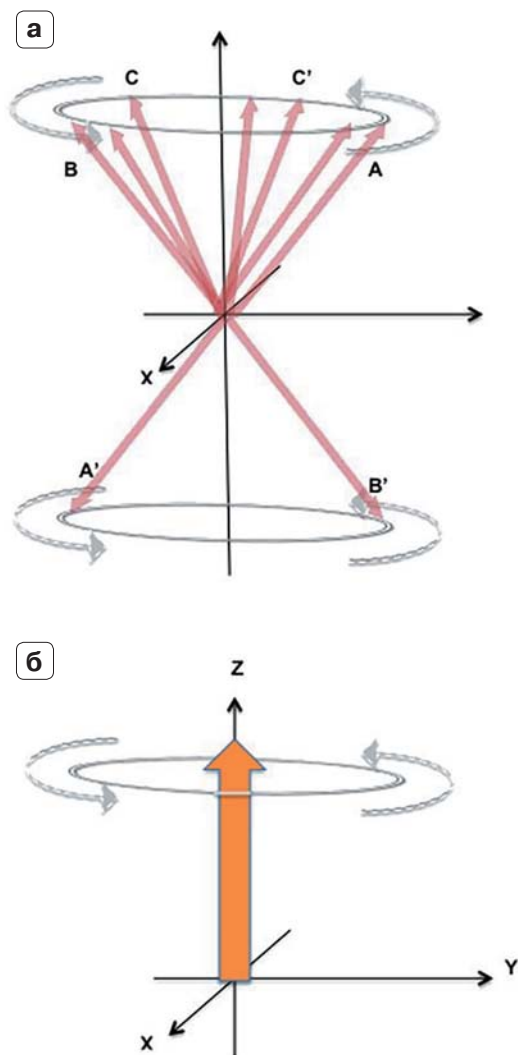
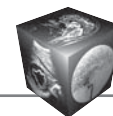


Рис. 2. Физические основы магнитно-резонансной томографии. Разнонаправленность прецессии протонов водорода (а) с созданием вектора суммарной намагнитченности (б) (по Currie S., Hoggard N., Craven I.J., Hadjivassiliou M. Understanding MRI: Basic MR physics for physicians. *Postgrad. Med. J.* 2012; 89: 1050. <https://doi.org/10.1136/postgradmedj-2012-131342>).

Fig. 2. Physical basis of magnetic resonance imaging. The different directions of hydrogen protons (а) with the creation of the total magnetization vector (б). The magnetic moments of protons precessing in the external magnetic field. (from Currie S., Hoggard N., Craven I.J., Hadjivassiliou M. Understanding MRI: Basic MR physics for physicians. *Postgrad. Med. J.* 2012; 89: 1050. <https://doi.org/10.1136/postgradmedj-2012-131342>).

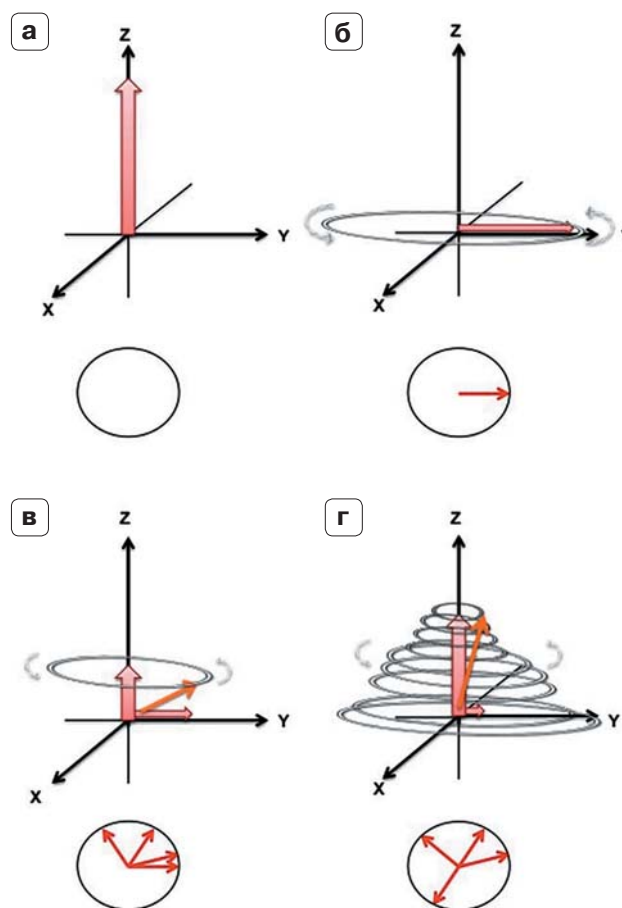


Рис. 3. Физические основы магнитно-резонансной томографии. Изначальное расположение суммарного вектора намагнитченности (а). После 90° РЧ-импульса вектор изменяет направление (б) с распространением поперечной намагнитченности, в плоскости которой атомы прецессируют по фазе. Данный импульс называется 90° импульс насыщения. Спустя время часть протонов выпадают из фазы и начинают восстанавливаться продольная намагнитченность (в). Однако вся система продолжает совершать прецессию (г). Восстановление продольной намагнитченности называется T1-релаксацией, а потеря поперечной намагнитченности называется T2-релаксацией (по Currie S., Hoggard N., Craven I.J., Hadjivassiliou M. Understanding MRI: Basic MR physics for physicians. *Postgrad. Med. J.* 2012; 89: 1050. <https://doi.org/10.1136/postgradmedj-2012-131342>).

Fig. 3. Physical basis of magnetic resonance imaging. The initial location of the total magnetization vector (а). After the 90° RF pulse, protons fall out of phase, transverse magnetisation decreases and longitudinal magnetisation begins to recover (б). An RF pulse that abolishes longitudinal magnetisation to zero while inducing transverse magnetisation is called a 90° (saturation) pulse as the sum magnetisation vector is seen to tilt or flip 90° . Immediately following an RF pulse, protons precess in phase in the transverse plane (в). During this process, the whole system continues precessing and so the sum vector takes a spiralling motion (г). Recovery of longitudinal magnetisation is termed T1 relaxation and loss of transverse magnetisation is called T2 relaxation (from Currie S., Hoggard N., Craven I.J., Hadjivassiliou M. Understanding MRI: Basic MR physics for physicians. *Postgrad. Med. J.* 2012; 89: 1050. <https://doi.org/10.1136/postgradmedj-2012-131342>).

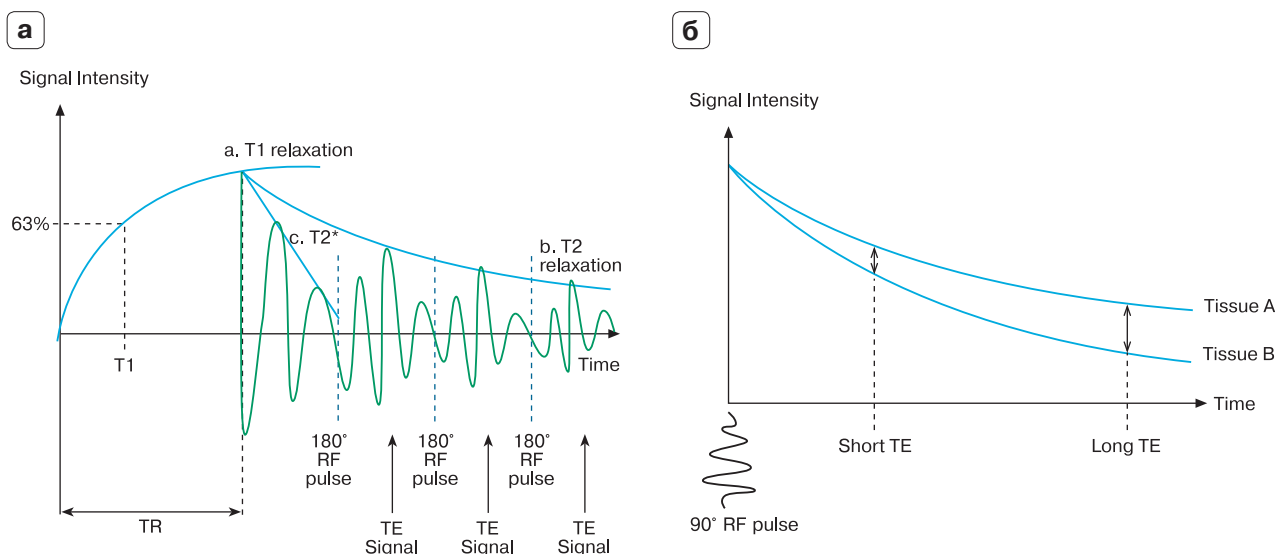
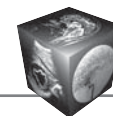


Рис. 4. Физические основы магнитно-резонансной томографии. **а** – построение графика восстановления продольной намагниченности (кривая T1). Кривая T2b после воздействия дополнительного 180° РЧ-импульса перефокусировки протонов для продолжения их движения по фазе, что приводит к временному увеличению интенсивности сигнала во время TE (время эхо); **б** – каждая ткань организма имеет свое индивидуальное T2, с увеличением разницы при более длительном TE, чем при коротком. (По Currie S., Hoggard N., Craven I.J., Hadjivassiliou M. Understanding MRI: Basic MR physics for physicians. *Postgrad. Med. J.* 2012; 89: 1050. <https://doi.org/10.1136/postgradmedj-2012-131342>)

Fig. 4. Physical basis of magnetic resonance imaging. **a** – T1 curve: Plotting the recovery of longitudinal magnetisation over time following the switching off of a radiofrequency (RF) pulse results in a T1 curve. T2b curve: An 180° refocusing pulse acts to 'combat' the effects of external magnetic field inhomogeneity by rephasing the protons. This results in a temporary gain in signal intensity at time echo time (TE) termed spin echo; **б** – Each subsequent echo will be of lower intensity due to T2 effects. A curve connecting the spin echo intensities is the T2 curve. (Copied from Currie S., Hoggard N., Craven I.J., Hadjivassiliou M. Understanding MRI: Basic MR physics for physicians. *Postgrad. Med. J.* 2012; 89: 1050. <https://doi.org/10.1136/postgradmedj-2012-131342>)

вдвух взаимных плоскостях Z и XY. Характеристикой этих вращательных обратных движений с точки зрения физики элементарных частиц является спин [14]. Процесс обратной отдачи энергии (релаксации) происходит в два этапа, которые принято обозначать как T1 и T2. Во время T1-релаксации (спин-решетчатой) возвращение основного вектора намагниченности происходит в плоскости Z и является, по сути, временным критерием, необходимым для достижения 63% продольной намагниченности от первоначального уровня намагниченности. T2-релаксация (спин-спиновая) идет одновременно с T1-релаксацией, однако эти вращения происходят в плоскости XY и являются временным критерием, необходимым для достижения протонами 37% от изначального значения смещенных по фазе протонов [12]. Исходя из этого, T2-релаксация представляет собой скорость обратного смещения протонов по фазе (рис. 4а). Все дело в том, что в обычных условиях протоны вращаются вокруг своей оси вне фазы, что позволяет им поддерживать стройность своего порядка (можно представить два колеса

телеги, вращающихся в разном направлении). Когда происходит изменение вектора намагниченности, протоны внутри молекулы воды в плоскости XY начинают вращаться по фазе, как, например, два колеса телеги при обычном движении. Таким образом, во время T1-релаксации протоны возвращают себе параллельную ориентацию относительно основного вектора намагниченности по Z, продолжая еще вращаться по фазе. В течение времени T2 фазовое вращение протонов вокруг своей оси в плоскости XY прекращается и элементарная частица (водород) возвращается к своей спокойной жизни. T2-релаксация по времени протекает гораздо быстрее T1. Исходя из расположения плоскостей, в которых происходит возвращение возбужденных протонов к своему первоначальному состоянию, T1-релаксация получила название поперечной релаксации, а T2-релаксация – продольной. Кривые T1- и T2-релаксации являются различными для каждой ткани, что и легло в основу разработки принципов магнитно-ядерного резонанса [12]. В результате этих обратных вращательных моментов со стороны протонов



во время T2-релаксации происходит создание магнитного поля, “посылающего” сигнал, получивший название спин-эхо. Созданное протонами магнитное поле в период T2-релаксации индуцирует в приемной катушке MRI-сканера электрический ток, который в итоге трансформируется в изображение [15]. Приемные магнитные катушки устроены по принципу кодирования поступающего сигнала за счет появления собственного магнитного поля и включения двух градиентов, один из которых (фазово-кодирующий градиент) ориентирован в переднезаднем направлении по оси Y (Gy) и второй (частотно-кодирующий градиент) ориентирован справа налево по оси X (Gx) [16]. В результате этих кодирований информация поступает на матрицу (k-пространство) или временную область, где в зависимости от заданной программой *импульсной последовательности* сканирования выстраивается окончательное изображение [12, 17]. Однако прежде чем перейти к непосредственной характеристике используемых импульсных последовательностей при проведении MRI, необходимо остановиться на таком понятии, как *контраст изображения*.

Как было отмечено выше, при релаксации идут одновременно два процесса T1 и T2. В принципе все изображения имеют сочетание T1- и T2-контрастов. Однако в зависимости от установленных параметров той или иной последовательности каждая из релаксаций может иметь основной или второстепенный вклад в получение контраста изображения [18]. Каждая ткань человеческого тела имеет свои характеристики релаксации, на чем и построен основной принцип ядерного магнитного резонанса (рис. 4б).

T1-взвешенное изображение

В данном случае контраст изображения зависит от процесса T1-релаксации. В результате мы получаем сильный сигнал от всех тканей, в которых уже произошла продольная релаксация, время которой зависит от количества протонов, находящихся в данной ткани. Понятно, что быстрее релаксируются ткани с меньшим количеством воды, а вклад в T1-взвешенное изображение водных структур организма будет незначительным. Именно по этой причине кровь в просвете сосуда будет иметь “*черный вид*”. Изображение, полученное в период T2-релаксации получило название T2-взвешенного изображения.

T2-взвешенное изображение

В данном случае контраст изображения зависит от T2-релаксации. По причине того, что все ткани с различной структурой за достаточно дли-

тельный временной период подверглись полной T1-релаксации и только в структурах с повышенным содержанием протонов водорода (воды) еще осталась фазовая когерентность, жидкость (кровь в просвете сосуда) получит “*яркий вид*”. Изображение, полученное в период T2-релаксации получило название T2-взвешенного изображения.

Контраст протонной плотности

Контраст изображения протонной плотности (Proton Density – PD) занимает промежуточное положение между T1- и T2-взвешенными изображениями. Это происходит по той причине, что в определенный временной период активная T2-релаксация еще не наступила, а T1-релаксация уже утратила свои лидирующие позиции.

В результате при анализе в этих трех последовательных изображениях, например, яркость жидкости будет иметь палитру перехода от черной к серой и от серой к яркой.

Таким образом, характер (интенсивность) получаемого сигнала при MRI будет зависеть от нескольких характеристик: числа протонов водорода на единицу плотности (протонной плотности); времени T1-релаксации; времени T2-релаксации и применяемой импульсной последовательности.

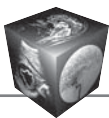
T1- и T2-взвешенные изображения являются прежде всего изображениями, выведенными на экран, однако, прежде чем их собрать, необходимо при сканировании применить определенные последовательности РЧ-импульсов, основные из которых имеют следующие названия [12, 17, 18]:

Последовательность спин-эхо (SE)

В основе данной последовательности лежит повторное применение 180° РЧ-импульса через короткий промежуток времени после первого 90° РЧ-импульса, что позволяет добиться сохранения движения спинов по фазе и как следствие получения высокого сигнала, что и влияет в итоге на качество изображения. Градусы в данном случае отображают смещение основного вектора намагниченности [19].

Последовательность мульти-эхо (SE T2)

Данная последовательность подразумевает использование трех последовательных импульсов. За первым 90° РЧ-импульсом следует 180° РЧ-импульс, в результате чего получается изображение протонной плотности. После получения данного изображения дается еще один 180° РЧ-импульс с последующим получением T2-изображения. Исходя из включения в программу исследования двух последовательных 180° РЧ-импульсов, данная последовательность имеет и другое название – Double-Echo-Spin Echo (DESE) [19].



Последовательность турбо-спин-эхо (TSE)

Еще одним названием данной последовательности является быстрый спин-эхо (Fast Spin Echo – FSE). В основе этой последовательности лежит принцип подачи после стандартного 90° РЧ-импульса серии, состоящей из 7 последовательных 180° РЧ импульсов (Echo Train Length – ETL). Основное преимущество заключается в значительном сокращении времени сканирования, например в сравнении с SE T2 в 7 раз. А с учетом, что в некоторых предложенных последовательностях количество импульсов (ETL) может достигать до 100 и более, преимущества становятся очевидными [20].

Последовательность быстрого улучшения спин-эхо (Fast Advanced Spin Echo – FASE)

Как и в предыдущей последовательности, в данном случае используется большое количество следующих друг за другом 180° РЧ-импульсов (общее ETL равно 212), однако в дополнение к предыдущей последовательности формирования конечного изображения происходит половинным Фурье-преобразованием (Half-Fourier Imaging – HFI), что наряду с ускорением сканирования дает качественное улучшение полученного изображения [20].

Последовательность градиентного эхо (Gradient Echo – GE, GRE)

Данная последовательность отличается от SE-последовательности способом усиления сигнала. Так, если в последовательности SE используется повторный 180° перефразирующий импульс, то в последовательности GRE используется принцип обращения полярности градиента. Таким образом, на момент считывания сигнала частотно-кодирующий градиент (Gro) меняет полярность с отрицательной на положительную, чем достигается аналогичный эффект усиления как от повторного импульса при SE, однако процесс этот происходит намного быстрее. Большое значение в данной последовательности имеет выбор угла переворота FA, который может находиться в диапазоне от 1° до 180° [21].

Последовательность восстановления с инверсией (Inversion Recovery – IR)

В данной последовательности изначальное возбуждение инициируется не 90° , а 180° РЧ-импульсом, в результате чего происходит переворот изначальной суммарной намагниченности. В данном случае процесс T1-релаксации длится вдвое дольше и задается временем инверсии (Inversion Time – TI). В этой последовательности имеется

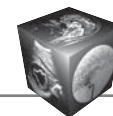
довольно длительное время повторения импульсов и короткое время эхо. Основным преимуществом данной последовательности является то, что кривые T1-релаксации различных тканей изначально значительно разведены друг от друга, что создает большие различия в T1-взвешенном изображении. С одной стороны, при использовании данной последовательности длительность сканирования увеличивается, однако возможность соединения последовательности с инверсией с последовательностью турбо-спин-эхо (TSE) значительно сокращает время сканирования без потери качества изображения. Изменение времени инверсии может осуществляться двумя путями. Первый путь – это использование последовательности восстановления с инверсией и ослаблением сигнала жидкости (Fluid Attenuation Inversion Recovery – FLAIR) или включением последовательности восстановления с коротким временем инверсии (Short TI Inversion Recovery – STIR) [19–22].

В отношении использования различных импульсных последовательностей необходимо отметить, что их основными динамическими параметрами, от изменения которых зависит оптимальный сбор информации при любом MRI исследовании, являются [23]:

TR (Repetition Time) – время повторения
TE (Echo Time) – время эхо
FA (Flip Angle) – угол переворота
TI (Inversion Time) – время инверсии
NA (Number of Acquisitions) – число сбора данных
MX (Matrix) – матрица
FOV (Field Of View) – поле наблюдения
ST (Slice Thickness) – толщина среза
SG (Slice Gap) – зазор между срезами
PE (Phase Encoding) – кодирование фазы
BW (Bandwidth) – полоса пропускания

Бесконтрастные методы выполнения MRA

Использование бесконтрастных методов выполнения MRA основано на потенциальной возможности MR-сигнала реагировать на движение. И хотя при обследовании различных отделов организма человека это может привести к появлению различных артефактов, именно изменения MR-сигнала, вызванные потоком крови при использовании определенных импульсных последовательностей, позволяют визуализировать кровеносные сосуды и потенциально даже получить количественные данные о потоке крови. Методы бесконтрастной MRA, основанные на эффекте потока крови могут быть разделены на две принципиальные группы: методы, основанные на амплитудных



эффектах – время пролета (Time-of-Flight – TOF), и методы, основанные на фазовых эффектах (Phase Contrast – PC) [24]. В первом случае в результате различной продольной намагниченности поступающая в срез кровь и выходящая из него по сравнению со стационарными спинами (спин-эхо – характеристика движения протона) зависит от продолжительности пребывания в срезе (времени пролета) в срезе. Другими словами, в данных условиях интенсивность сигнала будет зависеть от скорости вытеснения “насыщенных” спинов “ненасыщенными” (T1-взвешенное изображение). Во втором случае в основе лежит разность поперечной намагниченности потока крови по сравнению со стационарными спинами (неподвижные ткани) с точки зрения различия в них фазовых эффектов (T2-взвешенное изображение). Применение различных импульсных последовательностей в обеих группах может усилить один эффект и подавить другой. Используемые методики MRA в зависимости от интенсивности сигнала, поступающего от крови и окружающих тканей, могут быть подразделены на MRA “яркой крови”, во время которой усиленный интенсивный сигнал поступает от потока, а фоновый сигнал с окружающих тканей подавляется (T1-взвешенное изображение) или MRA “черной крови” (T2-взвешенное изображение), когда гиперинтенсивный сигнал, наоборот, поступает с окружающих сосудов тканей [20, 22].

Понятие “пустоты потока” имеет несколько иной физический смысл и в первую очередь обусловлен потерей сигнала, связанного с оттоком. О данном MRI-феномене речь идет, когда с целью ангиографического исследования используется импульсная последовательность спин-эхо (SE). Как было отмечено выше, сигнал могут обеспечить только те спины, которые попали под двойное последовательное воздействие 90° РЧ-импульса и 180° РЧ-импульса. В условиях интенсивного потока крови атомы водорода не успевают попасть под воздействие обоих импульсов и не дают ответный спин-эховый сигнал. Кроме того, может наступать эффект размыва, который удается устранить путем использования в этих случаях дополнительно импульсной последовательности градиентного эхо (GRE) [25]. Однако и в этом случае в условиях T2-взвешенного изображения будет наблюдаться “пустота потока”, отсутствие которой может быть рассмотрено в качестве признака выраженного замедления кровотока или полной окклюзии (тромбоза) сосуда. Причиной, связанной с возникновением феномена “яркой крови”, может быть следствием изменения параметров последовательности SE или GRE путем увеличения количества повторных 180° РЧ-им-

пульсов, длительность периода которых регулируется временем повторения TR и удлинением времени T1-релаксации. В результате протекающая кровь даст сначала значительно более высокой интенсивности сигнал по сравнению с интенсивностью уже насыщенных спинов в неподвижной ткани. Этот MRI-феномен получил название эффекта “усиления притока” [24, 25].

Времяпролетная MRA (Time-of-Flight – TOF)

Механизм контрастирования сосудистой системы при использовании метода TOF MRA основан на эффекте притока (рис. 5). Однако чтобы получить эффект “яркой крови”, во время этого исследования необходимо использовать уже нам известную импульсную последовательность градиентного эхо (GRE) [25–27], во время которой применяются незначительные по протяженности $TR < 40$ мс и $TE < 5$ мс. В принципе, возможно использование и последовательности SE (SE, SET2 и TSE). Однако, как показала практика, при использовании последовательности SE, все же присутствует эффект “вымывания”, избежать которого при GRE удастся за счет быстрого перефазирования в поперечной намагниченности, но не за счет использования одного или нескольких дополнительных следующих друг за другом 180° РЧ-импульсов. Это происходит по причине гораздо более быстрого изменения полярности градиента [25]. Кроме того, использование при проведении TOF MRA последовательности GRE с использованием матрицы 256×512 (MXPE = 256) позволяет осуществлять сканирование в режиме мультисрезов. Использование режима мультисрезов позволяет сохранить фазовую когерентность во время исследования и за счет повторного импульса достигнуть своевременного перефазирования спинов, что в итоге приводит к восстановлению движения спинов по фазе с получением высокого сигнала и четкого изображения “яркой крови”. Для достижения оптимального отношения сигнал/шум толщина среза должна быть не менее 2–3 мм [28].

Использование последовательности GRE позволяет выстраивать 2D- и 3D-модели изображения кровеносного русла нижних конечностей. Основным условием использования 2D-метода построения изображения остается строгое соблюдение перпендикулярной направленности плоскости изображения к сканирующему сосуду.

Некоторыми авторами настоятельно рекомендуется при проведении 2D TOF MRA в последовательности GRE 2D (multi-slice) дополнительно использовать ЭКГ-триггерные последовательности. По мнению авторов, синхронизация сбора данных в этих случаях с сердечным циклом позволяет

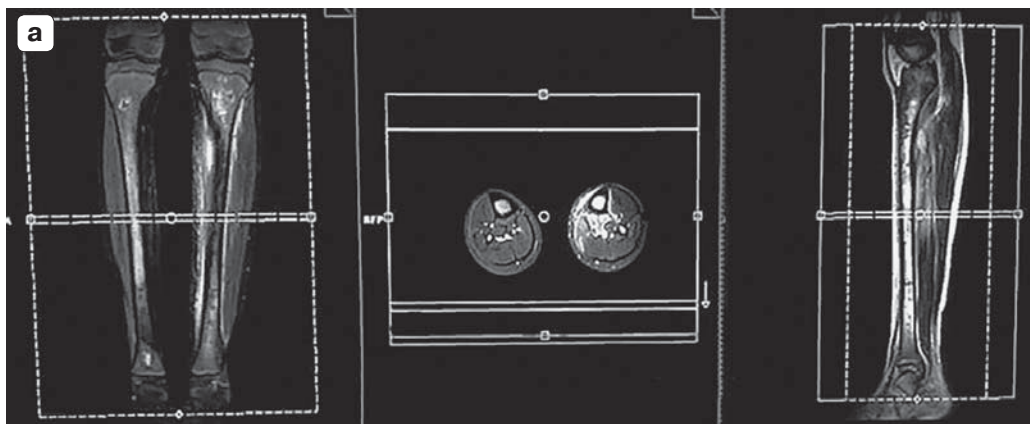


Рис. 5. Бесконтрастная магнитно-резонансная ангиографии в режиме 2D TOF MRA при использовании последовательности турбо-спин-эхо (TSE). **а** – методика MRA с последующим анализом в T1-взвешенном изображении с получением эффекта “яркой крови”; **б** – окклюзионный стеноз подколенной артерии (показано стрелкой).

Fig. 5. Contrast-free MRA in mode 2D TOF MRA with using a sequence TSE. **a** – method of magnetic resonance angiography with subsequent analysis in a T1-weighted image to obtain the effect of “bright blood”; **б** – occlusal stenosis of the popliteal artery (shown by the arrow).



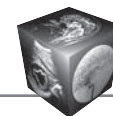
добиться большей интенсивности изображения, что, безусловно, требует дополнительного времени [29].

При 3D TOF MRA происходит возбуждение протонов во всем выбранном объеме среза толщиной 30–60 мм, а уже затем происходит разделение этой “плиты перекрытия” на тонкие срезы дополнительным градиентом фазового кодирования вдоль направления выбора среза. Этот метод позволяет получать срезы толщиной менее 1 мм [30].

Недостатком 3D-метода является постоянное повторное воздействие РЧ-импульса на движущуюся кровь на протяжении сканирующего объема конечности (вокселя) без участия в этом перефазирования, в результате чего закономерно интенсивность сигнала прогрессивно уменьшается. Понятно, что в этом случае на качество получаемого изображения будет влиять скорость кровотока. Так, в артериях с большими скоростными показателями протоны крови в меньшей степени

будут подвержены повторному воздействию РЧ-импульса на протяжении одной “плиты перекрытия”, в то время как для вен с медленным кровотоком повторное воздействие РЧ-импульса на протяжении одной “плиты перекрытия” приведет к угасанию сигнала. Исходя из этого, уменьшение насыщенности в данной ситуации может быть достигнуто за счет увеличения TR. Однако D.L. Parker и соавт. предложили решать эту задачу иначе, а именно путем разделения общего 3D-сканирования на несколько меньших по габаритам “плит” с перекрытием их на 20–30%, чтобы компенсировать процесс затухания сигнала на периферии этих “плит” [30]. Данный метод получил название множественного перекрытия тонких плит (Multiple Overlapping Thin Slab Acquisition – MOTSA) и явился, по сути, с физической точки зрения гибридом 2D TOF и 3D TOF MRA [28].

Не будем забывать, что при проведении ТОФ MRI как в формате 2D, так и 3D чрезвычайно



важным является определение оптимального угла поворота сканирования для последовательности GRE, который значительно может влиять на контрастность сосудистого фона. Необходимо помнить, что большие углы переворота градиента не только генерируют высокий сигнал на стороне входа крови, но также провоцируют быстрое снижение сигнала по ходу сосуда из-за насыщения [31]. При этом небольшие углы переворота градиента создают не только меньший контраст между сосудами и фоном, но меньшую насыщенность. Исходя из этого, при 2D TOF MRA обычно используют углы поворота в диапазоне 30–70°, в то время как при 3D TOF MRA используются более низкие углы между 15–20° для улучшения насыщенности [28].

Фазово-контрастная MRA (Phase Contrast – PC)

Отличием данного метода бесконтрастной MRA является использование для визуализации кровеносных сосудов фазового эффекта (PC) поперечной намагниченности, который максимально подавлялся при TOF MRA.

Существует два PC-способа достижения изображения кровотока.

Первый получил название метода магнитудного контраста (Magnitude Contrast method – MC), в основе которого лежит анализ набора данных, состоящего из рефазирования и дефазирования спинов в поперечном намагничивании [32]. Первое измерение осуществляется с помощью GRE-последовательности с получением от текущей крови сигнала высокой интенсивности. Второе измерение направлено на непосредственную регистрацию скорости фазовых сдвигов движущихся спинов. Поскольку неподвижная кровь выглядит одинаково в обоих случаях, вычитание одного набора данных из другого приводит к тому, что сигнал неподвижной ткани вычитается, оставляя видимой только движущуюся кровь. Несмотря на то что данный метод не имеет сегодня широкого применения, его можно считать применимым для визуализации периферических сосудов, особенно в условиях медленного венозного кровотока. Недостатком данного метода PC является отсутствие предоставления информации о направлении и скорости потока крови.

Второй метод получил название непосредственного фазово-контрастного контрастирования (Phase Contrast Method – PC), в основе которого лежит получение так же двух наборов данных, различающихся по фазе движущихся спинов, но в условиях непосредственного кодирования скорости кровотока [33, 34]. В связи с этим производители MR-сканеров сегодня представляют набор

последовательностей, непосредственно адаптированных к различным скоростям кровотока. При проведении данного исследования важно заранее оценить максимальную скорость потока, ожидаемого в сосуде, чтобы выбрать наиболее оптимальную последовательность проведения PC.

Контрастные методы выполнения MRA

Общепризнанно, что основным недостатком всех бесконтрастных методик проведения MRA (TOF & PC) является лежащий в основе визуализации эффект потока для генерации сосудистого сигнала. Несмотря на многочисленные программные разработки, используемые при TOF и PC, специалистам так и не удалось исключить появление множественных артефактов, связанных с потерей сигнала от спинного насыщения движущегося потока крови. В итоге это при анализе данных приводило в некоторых случаях к гипердиагностики не только возможных стенозов, но и даже полной окклюзии сосудов [25, 35, 36].

Первые наиболее значимые работы с анализом результатов использования нового метода контрастной MRA появились в конце 90-х годов, и с этого времени процесс внедрения нового метода диагностики в клиническую практику было уже не остановить. По этой причине контрастно-усиленная MRI-ангиография (Contrast-Enhanced MR Angiography – CE MRA), начиная с середины 2000-х годов, несмотря на имеющиеся недостатки методики проведения исследования и не решенные до конца технические задачи, начала постепенно занимать определенную позицию среди методов диагностики сосудистых патологий [37–39]. Среди основных недостатков уже ставшей лидером CT-Angiography отмечалось наличие возможного нефротоксического эффекта йодированных контрастных веществ с повышением вероятности развития этого осложнения в группе пациентов с сахарным диабетом, частота которого в качестве сопутствующего заболевания у пациентов с сосудистой патологией была высока. Безусловно, приходилось учитывать и лучевую нагрузку на пациента, неминуемо сопровождающую любое CT-исследование [17, 24, 40, 41].

Понятно, что речь в данном случае идет о введении определенного количества контрастного вещества в сосудистую систему путем пункции кубитальной вены, однако прежде чем сделать акцент на основных технических деталях и принципиально важных моментах непосредственно проведения CE MRA, необходимо вкратце остановиться на самих контрастных веществах, используемых при проведении CE MRI-исследований.



Рис. 6. Контрастно-усиленная Gd магнитно-резонансная ангиография в режиме 3D CE MRI-Gd GRE. **а** – отчетливая визуализация подвздошных и бедренных артерий. Вариант нормы (по [50]); **б** – окклюзия правой поверхностной бедренной и подколенной артерий. Слева – окклюзионный стеноз подколенной артерии и диффузная аневризматическая болезнь передней большеберцовой артерии с полной окклюзией задней большеберцовой и малоберцовой артерий (по [79]).

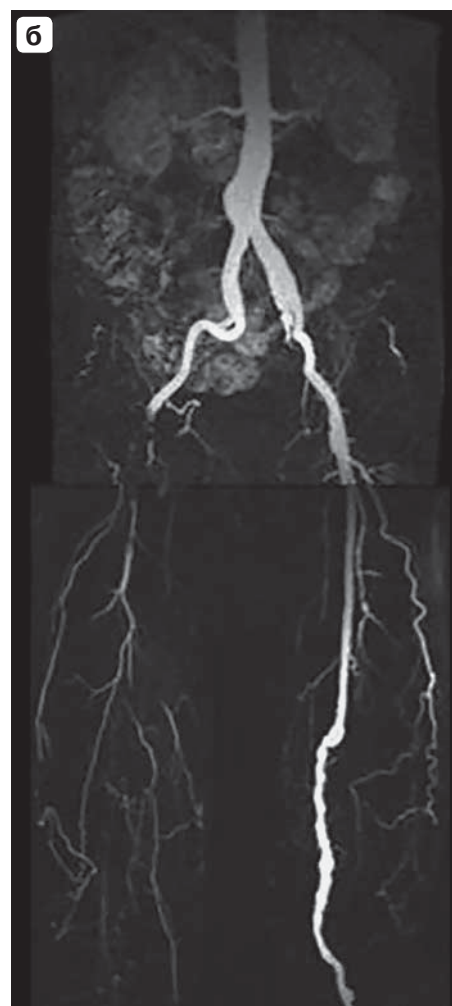
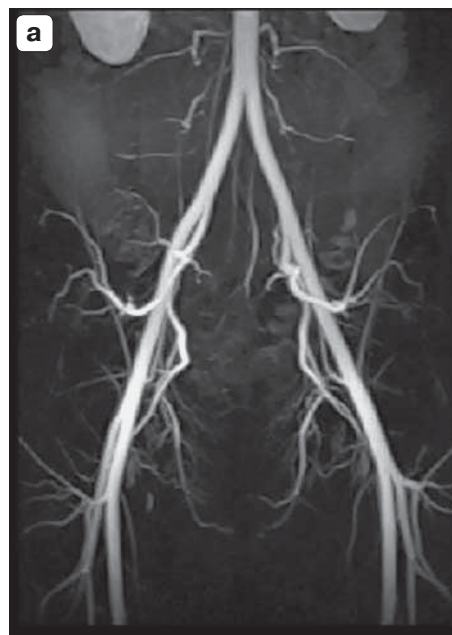
Fig. 6. Contrast-Enhanced (Gd) MR-Angiography in mode 3D CE MRI-Gd GRE. **a** – the image shows a quality improved visualization of iliac and femoral segments in norm (from [50]); **б** – the image demonstrate occlusion of the right superficial femoral and popliteal arteries. On the left side, note diffuse aneurysmal disease of the distal superficial femoral and popliteal arteries. The posterior tibial artery is patent and enlarged, the peroneal artery is occluded and the left anterior tibial artery is of small caliber. (from [79]).

Контрастные вещества для MRA делятся на две группы.

Первая группа объединяет препараты на основе гадолиния (Gd) (рис. 6), который с химической точки зрения является редкоземельным металлом, входящим в специальную 17-ю группу таблицы Менделеева. Как и все вещества этой группы, гадолиний относится к парамагнетикам, то есть веществам, которые намагничиваются во внешнем магнитном поле в направлении внешнего магнитного поля, чем и было обусловлено его использование в качестве контрастного усилителя при проведении MRI. Препараты на основе гадолиния подразделяются по своей способности вступать в связь с белками крови. Взаимодействие с белками крови может быть сильным или слабым [42].

Препараты второй группы в своей основе содержат частицы оксида железа, который по своей природе является суперпарамагнитным. Препараты этой группы подразделяются по размеру используемых частиц оксида железа и специфическому их покрытию [43].

С точки зрения физических основ, лежащих в CE MRA, эффект использования гадолиниевых препаратов состоит в способности их вызывать ускоренную T1-релаксацию при удлинении релаксации по фазе в T2, что и позволяет добиться значительного повышения визуализации сосудистого русла, в котором находится гадолиний [44]. В чем заключаются отрицательные стороны использования контрастных гадолиниевых препаратов, не обладающих способностью к взаимодействию с белками крови? Было установлено, что препараты этой группы в результате так называемого эффекта трансметаллизации способны высвобождать свободные ионы гадолиния [45]. Учитывая, что свободный гадолиний токсичен и не так легко выводится из организма, потенциал его высвобождения из менее стабильных соединений,



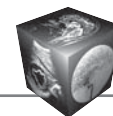


Рис. 7. Контрастно-усиленная Gd магнитно-резонансная ангиография в режиме 3D CE MRA-Gd GRE. **а** – контрастно-усиленная MRA всего тела, выполненная методом контрастного усиления Gd в режиме Angiographic System for Unlimited Rolling Field-of-views – Angio SURF (по Goyen M. Whole Body 3D MR Angiography. Chapter in Book: Magnetic Resonance Angiography. Springer, 2005: 301–308. ISBN 88-470-0266-4. https://doi.org/10.1007/88-470-0352-0_18); **б** – MIP-изображение в режиме 3D CE MRA (Gd, 0,1 ммоль/кг), показано изображение аневризмы дистального отдела брюшной аорты и правой общей подвздошной артерии с многоэтажным комбинированным окклюзионным и аневризматическим поражением бедренных артерий с обеих сторон (по [24]).

Fig. 7. Contrast-enhanced Gd MR-Angiography in the mode 3D CE MRA-Gd GRE. **a** – contrast-enhanced Gd MR-Angiography of whole-body in the mode Angiographic System for Unlimited Rolling Field-of-views – Angio SURF (from Goyen M. Whole Body 3D MR Angiography. Chapter in Book: Magnetic Resonance Angiography. Springer, 2005: 301–308. ISBN 88-470-0266-4. https://doi.org/10.1007/88-470-0352-0_18); **б** – на MIP-изображении набора данных 3D CE MRA (Gd, 0,1 ммоль/кг) показано люминальное изображение аорты с обширным атеросклеротическим поражением подвздошных и бедренных сосудов и дилатацией, а также неровности стенки дистальной брюшной аорты и правой общей подвздошной артерии (from Schneider G., Prince M.R., et al [24]).

не связанных с белками крови, может быть очень велик, что и стало впоследствии причиной для беспокойства. Это было доказано длительным присутствием гадолиния в костных структурах и недостаточно быстрым выведением его через почки [46]. Уменьшить возможность токсического влияния на организм при использовании группы гадолиниевых контрастов, не имеющих связи с белками крови, попытались уменьшением концентрации агента, однако, как показали последующие исследования, существенной разницы в ка-

честве визуализации при сохраняющейся потенциальной токсичности получено не было [47].

Инновационным решением стала разработка Gd-контрастных препаратов, имеющих слабую связь с белками крови и альбумином в частности [48–50]. Основной задачей, которую пытались решить разработчики, было снижение вероятности освобождения ионов гадолиния. Данные препараты являлись представителями второй линии разработки. Кроме того, проведенные исследования показали, что при использовании новых пре-

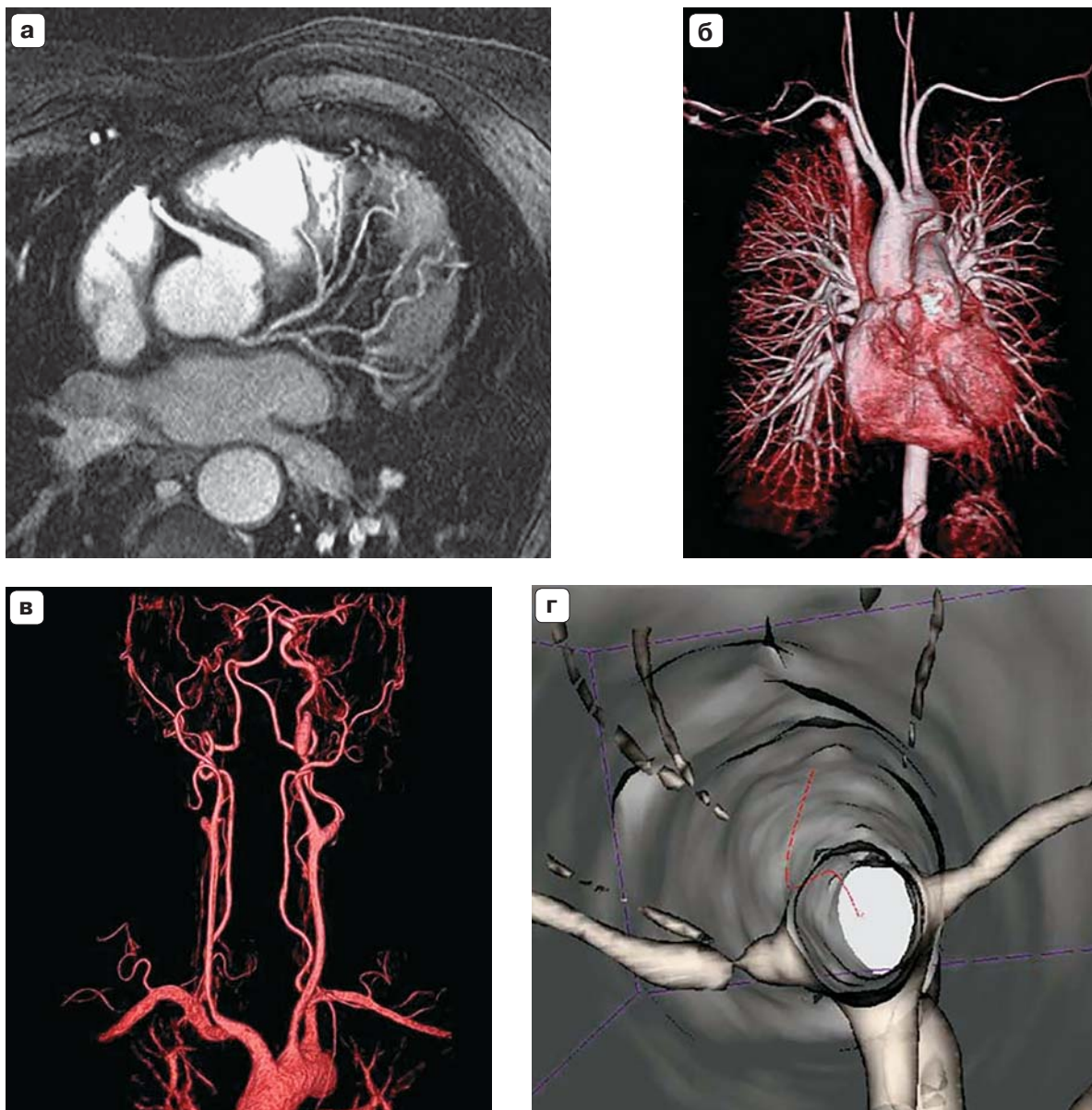
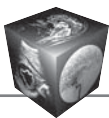
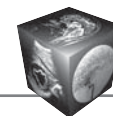


Рис. 8. Контрастно-усиленная гадолинием магнитно-резонансная ангиография. **а** – MRA в режиме 2D CE MRA-Gd GRE. T1-взвешенное изображение. Визуализация правой коронарной артерии. Вариант нормы (по Desai M.Y., Stuber M. MR Angiography of the Coronary Arteries. Chapter in Book: Magnetic Resonance Angiography. Springer, 2005: 179–194. ISBN 88-470-0266-4. https://doi.org/10.1007/88-470-0352-0_10); **б, в** – контрастно-усиленная MRA аорты и ее ветвей с постобработкой изображения посредством метода объемного рендеринга (VR) (по [86]); **г** – контрастно-усиленная MRA брюшного отдела аорты с постобработкой изображения посредством метода виртуальной внутрипросветной эндоскопии (VIE). (по Douek P.C., Hernández-Hoyos M., Orkisz M. Image Processing in Contrast-Enhanced MR Angiography. Chapter in Book: Magnetic Resonance Angiography. Springer, 2005: 55–64. ISBN 88-470-0266-4. https://doi.org/10.1007/88-470-0352-0_4).

Fig. 8. Contrast-Enhanced Gadolinium MR-Angiography. **a** – the coronary MRA technique in mode 2D CE MRA-Gd GRE. T1 – weighted image. Visualization of the right coronary artery in norm (from Desai M.Y., Stuber M. MR Angiography of the Coronary Arteries. Chapter in Book: Magnetic Resonance Angiography. Springer, 2005: 179–194. ISBN 88-470-0266-4. https://doi.org/10.1007/88-470-0352-0_10); **б, в** – volume rendered (VR) CE MRA image of the normal anatomy of the aorta and its branches (from [86]); **г** – virtual endoscopy of the abdominal aorta guided by the vessel centerline (VIE). (from Douek P.C., Hernández-Hoyos M., Orkisz M. Image Processing in Contrast-Enhanced MR Angiography. Chapter in Book: Magnetic Resonance Angiography. Springer, 2005: 55–64. ISBN 88-470-0266-4. https://doi.org/10.1007/88-470-0352-0_4).



паратов достигнуть хорошей визуализации удавалось при значительно меньшей концентрации Gd в препарате. Это делало использование новых контрастных препаратов на основе гадолиния перспективным даже у пациентов с заболеваниями почек. С физической точки зрения это объяснялось еще более высокой T1-релаксацией в сравнении с препаратами первой линии [51]. Еще одним преимуществом использования препаратов этой группы стала хорошая визуализация периферической сосудистой сети на достаточно большом поле сканирования [52, 53].

Gd-препараты, образующие сильную и стабильную ковалентную связь с белками крови, получили название веществ “пула крови” из-за гораздо более длительного периода нахождения их и сильной связи с альбумином, достигающей от 88 до 96% [54]. Следствием этого стало еще большее увеличение эффекта T1-релаксации, превышающее это значение в сравнении с препаратами первой линии в 6–10 раз [55]. Использование препаратов третьей линии в диагностической практике показало высокую потенциальную возможность визуализации не только артерий подвздошно-бедренного и дистальных сегментов (рис. 7) [54], но и даже коронарных артерий, что дало толчок к развитию целого направления в MRI-диагностике – 3D-коронарной MRA (рис. 8а, б) [56, 57]. Одним из типичных представителей этой группы Gd-препаратов является сегодня гадоколуксусная кислота [58, 59].

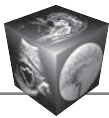
Второй основной группой активно разрабатываемых сегодня контрастных веществ, потенциальная возможность использования которых при MRA вызывает все меньше сомнений, являются препараты, содержащие в своем составе в качестве суперпарамагнитного агента ультрамалые частицы оксида железа (Ultra-Small Particles of Iron Oxide – USPIO) [60–62]. Преимуществом препаратов этой группы, по мнению разработчиков является длительный период внутрисосудистого полураспада с минимальным выходом препарата в интерстициальное пространство [63–65].

Технические детали проведения контрастно-усиленной MRA

Из представленного выше описания понятно, что визуализация любого сосудистого русла при MRA основана на наличии контрастного вещества определенной концентрации в просвете сосуда во время получения изображения. Отмечено было и то, что внедрение MRA в диагностическую практику потребовало разработки контрастных препаратов нового поколения, основным преимущест-

вом которых стало замедление их выхода в интерстициальное пространство. Такими препаратами стали контрастные вещества на основе гадолиния [66, 67]. В идеале MRA-визуализация подвергнувшего отдела сосудистой системы должна выполняться на пике контрастного усиления, когда перекрывающиеся структуры и окружающие ткани находятся без усиления [68]. То есть сканирование определенного артериального русла должно быть синхронизировано с определенным периодом таким образом, чтобы концентрация Gd в этот временной промежуток в конкретной артерии была максимальна, но без контрастного усиления со стороны вен или мягких тканей [69]. Особую роль приобретает задержка дыхания (иногда до 25 с) при проведении обследования сосудистого русла грудной или брюшной полостей [70]. Как при исследовании центрального, так и периферического сосудистого русла, любые движения пациента между до и постконтрастными наборами данных могут привести к пространственной дезориентации сигнала, что неминуемо и значительно ухудшит качество вычитания изображения [71]. Постановка катетера при стандартном MRA-исследовании осуществляется путем пункции правой кубитальной вены. При размере иглы не менее 22 G скорость болюсной инфузии контраста должна быть не менее 2 мл/с [72]. Для большинства исследований (за исключением головы и шеи) пациент помещается ногами вперед в направлении магнита. В последние годы все больше производителей предлагают специально разработанные для проведения исследования в различных сегментах тела катушки, фазированные антенной решеткой, для более четкого центрирования катушки вокруг интересующей области. Кроме того, появление новых сканеров с увеличенным количеством приемных каналов и одновременным использованием нескольких катушек позволяет охватить сразу все тело пациента без его перемещения [25] (см. рис. 7а).

Как было отмечено выше, синхронизация момента сканирования с пиковой концентрацией нахождения контраста в исследуемом сегменте имеет первостепенное значение [68]. До появления MRA-совместимых инжекторов и быстрых методов визуализации оценка времени поступления контраста в необходимый сосудистый сегмент была исключительно эмпирической. С учетом того, что, например для каротидных артерий, время достижения максимальной контрастности может составлять всего 5 с, а для брюшной аорты достигать до 60 с, становится понятным, с какими техническими сложностями сталкивались специали-



сты на первых этапах проведения исследований [73]. Появившееся со временем новое программное обеспечение позволило устанавливать определенные для разных сосудистых бассейнов фиксированные временные задержки сканирования, что значительно упростило исследование, но не позволило избежать технических погрешностей, так как эти физиологические параметры могли варьировать между отдельными пациентами. К тому же проведение исследования продолжало требовать больших доз контрастного вещества.

Ситуация изменилась с началом использования во время проведения контрастно-усиленной MRA методов синхронизации. На сегодняшний день используются три основные методики синхронизации. Первая методика основана на проведении тестового болюсного сканирования и заключается во введении 1–2 мл контрастного вещества, разведенного в 30–60 мл физиологического раствора, с проведением пробного сканирования и определения конкретного времени поступления контраста в интересующую анатомическую область. Тестовая болюсная визуализация должна выполняться с использованием быстрой 2D, T1-взвешенной импульсной последовательности в режиме градиентного эхо (GRE) [73]. При этом параметры визуализации (TR, TE, поле зрения, матрица и т.д.) должны быть скорректированы таким образом, чтобы получить временное разрешение примерно одного изображения каждые 1–2 с. Получение кадра с максимальным артериальным усилением будет соответствовать оптимальному времени сканированию [73, 74]. Вторая методика основана на принципе синхронизации MRA исследования в реальном времени и связана с инновационными разработками в этом направлении. Одна из таких разработок принадлежит компании “General Electric Medical System” (США), в которой мониторинг поступления контрастного болюса и инициирование сбора данных с необходимой части тела автоматизированы и интегрированы в единую импульсную последовательность, в основе которой лежит принцип быстрого спинного эхо с высоким временным разрешением (до 400 мс), в результате чего система сама информирует оператора, когда следует начать непосредственно сканирование после введения контраста [75]. Еще один метод синхронизации CE MRA в реальном времени осуществляется с использованием флюороскопического триггера (Philips Medical Systems, Нидерланды) [76]. Метод MR-флюороскопии в реальном времени также объединяет фазу мониторинга и фазу визуализации в единую последовательность импульсов. Однако при использовании MR-флюороскопи-

ческого метода контроль осуществляется оператором визуально с использованием непрерывной быстрой 2D-последовательности эхоимпульсов в режиме градиентного эхо, центрированной над сосудистым руслом. С помощью этого метода оператор может видеть прибытие контрастного болюса и вручную инициировать начало фазы визуализации. Все эти три метода позволяют получать надежные и эффективные результаты проведения исследования [24].

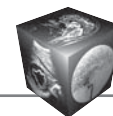
Что касается непосредственного проведения CE MRA нижних конечностей, то необходимо отметить, что на сегодня данный метод окончательно вытеснил все ранее используемые методики бесконтрастного сканирования (TOF и PC), которые не смогли оказать существенного влияния на клиническую практику. Выше мы уже касались общих преимуществ CE MRA нижних конечностей, давайте попытаемся их сформулировать более конкретно.

Первое – данный метод является независимым от “потока”, так как основывается на парамагнитном контрастном веществе, генерирующим внутрисосудистый сигнал с укорочением времени T1-релаксации [77]. Второе – использование самого непродолжительного времени повторения TR (5 мс в сравнении с 30 мс) позволяет осуществлять сканирование в максимально быстром режиме. Третье – уникальная природа используемой в этих исследованиях матрицы (к-пространства) позволяет добиться получения периферических ангиограмм высшего качества по причине выстраивания оптимального соотношения сигнал/шум [77, 78]. Четвертое – оптимизированная плоскость сбора информации в 3D-режиме обеспечивает наибольший анатомический охват при любой комбинации параметров: поля зрения, количества срезов и их толщины [79]. Пятое – не требуется запуск ЭКГ [79]. Шестое – технологии подвижного стола позволяют охватить при сканировании всю соответствующую анатомическую область или даже все тело в целом [80].

Имеет ли метод CE MRA нижних конечностей недостатки? Безусловно, да. Основным является появление венозного усиления во время третьего сканирования даже при использовании метода нескольких инъекций [79, 81]. Однако этот недостаток, как мы покажем впоследствии, может с определенной пользой использоваться при проведении CE MR-Venography [79, 82].

Заключение

В качестве заключения к первой части проведенного нами анализа хотелось бы еще раз остановиться на тех задачах, которые он преследовал.



На начальном этапе, имея уже накопленный опыт в проведении CT-Venography-исследований [83], мы обратились к нашим специалистам MRI лишь с одним интересующим нас вопросом: почему MRA не используется сегодня активно в России не только в диагностике патологии артериального русла, но и венозных нарушений? Ведь отсутствие лучевой нагрузки на пациента во время исследования делает этот метод визуализации венозной системы гораздо более привлекательным. Не получив удовлетворяющего нас ответа, мы были вынуждены обратиться к поиску литературных источников. И каково же было наше удивление, когда обнаружилось, что в мире такие исследования сегодня не только активно проводятся, но и вызывают гораздо больший интерес, чем CT-Angiography. С чем связано повышенное внимание к MRA? В первую очередь с неудержимым техническим прогрессом научной мысли в дальнейшем совершенствовании и сканирующих систем (уже проходит клиническая апробация в мире MRI-сканеров с магнитным полем до 10 Тл) и нового программного обеспечения. Сегодня рассматривается перспективность использования при проведении MRA методов визуализации центрального и периферического сосудистого русла на основе инновационных технологий. В первую очередь это относится к разработке новых методов постобработки изображения, некоторые из которых значительно облегчают независимую друг от друга визуализацию артериальных и венозных структур – от передачи данных изображения до автоматической количественной оценки морфологического повреждения сосудистых коллекторов различных структур (от коронарных артерий до сосудистой плантарной сети). Наиболее перспективное значение для использования сегодня в клинической практике имеют следующие методы постобработки MRA изображений: мультиплантарное переформатирование (multiplanar reformatting – MPR); проекции максимальной интенсивности (maximum intensity projection – MIP); субволюмная максимальная интенсивность; поверхностный рендеринг (surface rendering – SR); объемный рендеринг (volume rendering – VR) (рис. 8б, в) и виртуальная интрузивная эндоскопия (virtual intraluminal endoscopy – VIE) (рис. 8г). Дальнейшая разработка этих методик позволит в 3D-режиме изображать артериальную и венозную систему в разном цвете и даже визуализировать интрузивные структуры, такие как венозные клапаны или атеросклеротические бляшки [84–88]. Не вдаваясь в подробности, можно заключить, что в основе всех этих методов визуализации сосудистой системы лежит создание

нового программного обеспечения считывания MRI-сигналов, их постобработки и построения на этой основе качественно нового и даже цветного 3D-изображения.

Как было отмечено, изначально в наши планы не входило описание физических основ проведения MRA и принципов, заложенных в использовании того или иного метода визуализации. Однако, сталкиваясь в любом информационном источнике с описанием той или иной методики проведения MRA или MRV (что являлось наиболее интересным для нас), мы были вынуждены каждый раз обращаться к специалистам MRI с просьбой пояснить суть различий или объяснить недостатки и преимущества. Количество таких вопросов со временем только возрастало. Следует отдать должное терпению наших специалистов MRI-диагностики, но в один из дней они нас отправили к изучению базовых основ физики MRI-исследований.

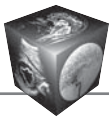
Учитывая наше стремление находится со специалистами MRI-диагностики в одном информационном поле, полностью понимать друг друга и общаться на одном языке, мы были вынуждены углубить свои познания в сути физических явлений, происходящих при MRI. Понимание в данном случае основ физики является столь же необходимым, как для хирурга знание анатомии.

В результате анализа данных по причине большого количества информационных источников мы были вынуждены разделить весь материал на несколько частей. Представленная сегодня вашему вниманию первая часть посвящена общему анализу (обзору) методов MRA, которая должна стать информационным базисом при дальнейшем анализе и оценке возможностей этого метода визуализации применительно к венозной системе. MRV станет основным предметом обсуждения во второй части. Третья часть будет посвящена CT-Venography. В этой же части мы планируем сделать заключение и попытаться выработать определенные рекомендации по использованию этих методов в клинической практике.

Учитывая, что в отечественной литературе информация о возможностях использования как MRI, так и CT-исследований в изучении венозной патологии отсутствует или в лучшем случае носит характер краткого упоминания, представляется, что данный материал является актуальным и вызовет определенный интерес со стороны различных специалистов.

Участие авторов

Шайдаков Е.В. – концепция и дизайн исследования, утверждение окончательного варианта статьи.



Санников А.Б. – сбор и обработка данных, написание текста, ответственность за целостность всех частей статьи.

Емельяненко В.М. – подготовка и редактирование текста.

Рачков М.А. – подготовка, создание опубликованной работы.

Баранова А.Е. – подготовка, создание опубликованной работы.

Крюкова Л.Н. – сбор и обработка данных.

Authors' participation

Shaydakov E.V. – concept and design of the study, approval of the final version of the article.

Sannikov A.B. – collection and analysis of data, writing text, responsibility for the integrity of all parts of the article.

Emelynenko V.M. – text preparation and editing.

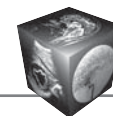
Rachkov M.A. – preparation and creation of the published work.

Baranova A.E. – preparation and creation of the published work.

Kryukova L.N. – collection and analysis of data.

Список литературы [References]

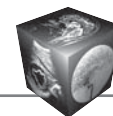
1. De Valois J.C., van Schaik C.C., Verzijlbergen F., van Ramshorst B., Eikelboom B.C., Meuwissen O.J.A.Th. Contrast venography: from gold standard to golden backup in clinically suspected deep vein thrombosis. *Eur. J. Radiol.* 1990; 11: 131–137. [https://doi.org/10.1016/0720-048x\(90\)90162-5](https://doi.org/10.1016/0720-048x(90)90162-5)
2. Ozbudak O., Erogullari I., Ogus C., Cilli A., Turkay M., Ozdemir T. Doppler ultrasonography versus venography in the detection of deep vein thrombosis in patients with pulmonary embolism. *J. Thromb. Thrombolysis.* 2006; 21: 159–162. <https://doi.org/10.1007/s11239-006-5207-3>
3. Gloviczki P., Comerota A.J., Dalsing M.C., Eklof Bo G., Gillespie D.L. The care of patients with varicose veins and associated chronic venous diseases: Clinical Practice Guidelines of the Society for Vascular Surgery and the American Venous Forum. *J. Vasc. Surg.* 2011; 53 (5, Suppl.): 2S–48S. <https://doi.org/10.1016/j.jvs.2011.01.079>
4. Wittens C., Davies A.H. Management of Chronic Venous Disease. Clinical Practice Guidelines of European Society for Vascular Surgery (ESVS). *Eur. J. Vasc. Endovasc. Surg.* 2015; 49 (6): 678–737. <https://doi.org/10.1016/j.ejvs.2015.09.024>
5. Mintz B.L., Araki C.T., Kritharis A., Hobson R.W. Venous Duplex Ultrasound of the Lower Extremity in Diagnosis of Deep Venous Thrombosis. Chapter in Book: Noninvasive Vascular Diagnosis. Eds Abu Rahma A.F., Bergan J.J. London: Springer, 2007: 385–393. https://doi.org/10.1007/978-1-84628-450-2_35
6. Righini M. Is it worth diagnosing and treating distal deep venous thrombosis? No. *J. Thromb. Haemost.* 2007; 5 (1): 55–59. <https://doi.org/10.1111/j.1538-7836.2007.02468.x>
7. Dalsing M., Eklof B. Management of chronic venous disorders. Book Chapter in Handbook of Venous Disorders. CRS Press; 2008. <https://doi.org/10.1201/b13654-32>
8. Kanne J.P., Lalani T.A. Role of Computed Tomography and Magnetic Resonance Imaging for Deep Venous Thrombosis and Pulmonary Embolism. *Circulation.* 2004; 109 (12): 15–21. <https://doi.org/10.1161/01.cir.0000122871.86662.72>
9. Carpenter J.P., Holland G.A., Baum R.A., Owen R.S., Carpenter J.T., Cope C. Magnetic resonance venography for the detection of deep venous thrombosis: Comparison with contrast venography and duplex Doppler ultrasonography. *J. Vasc. Surg.* 1993; 18 (5): 734–741. [https://doi.org/10.1016/0741-5214\(93\)90325-g](https://doi.org/10.1016/0741-5214(93)90325-g)
10. Moody A.R., Pollock J.G., O'Connor A.R., Bagnall M. Lower-limb deep venous thrombosis: direct MR imaging of the thrombus. *J. Radiol.* 1998; 209 (2): 349–355. <https://doi.org/10.1148/radiology.209.2.9807558>
11. Coche E.E., Hamoir X.L., Hammer F.D., Hainaut P., Goffette P.P. Using dual-detector helical CT angiography to detect deep venous thrombosis in patients with suspicion of pulmonary embolism: diagnostic value and additional findings. *Am. J. Roentgenol.* 2001; 176: 1035–1039. <https://doi.org/10.2214/ajr.176.4.1761035>
12. Evert J Bink. Basic MRI Physics, Application specialist MRI, 2004. <https://www.mri-physics.net>
13. Idrees M. An overview on MRI physics and its clinical applications. *Int. J. Curr. Pharmac. & Clin. Res.* 2014; 4: 185–193. <https://www.researchgate.net>
14. Kangarlou A., Robitaille P.M. Biological effects and health implications in magnetic resonance imaging. *Concepts Magn. Resonance.* 2000; 12: 321–359. [https://doi.org/10.1002/1099-0534\(2000\)](https://doi.org/10.1002/1099-0534(2000))
15. Anderson C.M., Edelman R.R., Turski P.A. Clinical Magnetic Resonance Angiography. New York: Raven Press, 1993. <https://doi.org/10.1002/mrm.1910310519>
16. Brown R.W., Cheng Yu.N., Haacke E.M., Thompson M.R., Venkatesan R. Magnetic Resonance Imaging. Physical Principles and Sequence Design. 2nd ed. Wiley Blackwell, 2014. ISBN: 9781118633984. <https://doi.org/10.1002/9781118633953>
17. Westbrook C., Roth C., Talbot J. MRI in Practice. 4th ed. Oxford, UK: Blackwell Publishing, 2011. ISBN 978-1444337433. <https://doi.org/10.2214/ajr.11.8252>
18. Obuchowski N.A., Gazelle G.S. Handbook for Clinical Trials of Imaging and Image-Guided Interventions. Wiley Blackwell, 2016. ISBN: 9781118849569. <https://doi.org/10.1002/9781118849712>
19. Brawn M.A., Nishino T., Semelka R. MRI: Basic Principles and Applications. *J. Med. Phys.* 2004; 31 (1): 170. <https://doi.org/10.1118/1.1636163>
20. Kwong R.Y. Cardiovascular Magnetic Resonance Imaging. Springer nature Switzerland AG, 2008. ISBN 978-1-59745-306-6. <https://www.springer.com>
21. Nasif M. Cardiovascular magnetic resonance imaging. *J. Radiol. Brasileira.* 2008; 41 (2): 18. <https://doi.org/10.1590/s0100.39842008000100016>
22. Dale B.M., Brown M.A., Semelka R.C. MRI Basic Principles and Applications. Wiley-Blackwell, 2010. <https://doi.org/10.1002/9781119013068>
23. Va Hecke P., Rink P.A. Magnetic resonance in medicine. The Basic Textbook of the European Magnetic Resonance Forum. *Eur. Radiol.* 2002. <https://www.link.Springer.com>. <https://doi.org/10.1007/s00330-001-1154-8>
24. Schneider G., Prince M.R., Meaney J.F.M., Ho V.B. Magnetic Resonance Angiography. Techniques, Indications and Practical Applications, foreword by E.J. Potchen. Italia: Springer-Verlag, 2005. ISBN 88-470-0266-4. <https://www.springer.com>
25. Reichenboch J.R., Haacke E.M. Gradient Echo Imaging. Book Chapter in Susceptibility Weighted Imaging in MRI. Wiley-Blackwell, 2011. ISBN 9780470043431. <https://doi.org/10.1002/9780470905203>



26. Lenz G, Haacke E, Masaryk T, Laub G.A. Inplane vascular imaging: pulse sequence design and strategy. *J. Radiol.* 1988; 166 (3): 875–882.
<https://doi.org/10.1148/radiology.166.3.3340788>
27. Laub G.A., Kaiser W.A. MR angiography with gradient motion refocusing. *J. Comput. Assist. Tomogr.* 1988; 12: 377–382.
<https://doi.org/10.1097/00004728-198805010-00002>
28. Backeus M., Schmitz B. Unenhanced MR Angiography. Chapter in Book: Magnetic Resonance Angiography. Springer, 2005: 3–22. ISBN 88-470-0266-4.
<https://www.springer.com>
29. Keller P.J., Drayer B.P., Fram E.K., Williams K.D. MR angiography with two-dimensional acquisition and three-dimensional display. *J. Radiol.* 1989; 173 (2): 527–532.
<https://doi.org/10.1148/radiology.173.2.2798885>
30. Parker D.L., Yuan C., Blatter D.D. MR angiography by multiple thin-slab 3D acquisitions. *J. Magn. Reson. Med.* 1991; 17 (2): 434–451.
<https://doi.org/10.1002/mrm.1910170215>
31. Atkinson D., Brant-Zawadzki M., Gillan G. Improved MR angiography: Magnetization transfer suppression with variable flip angles excitation and increased resolution. *J. Radiol.* 1994; 190: 890–894.
<https://doi.org/10.1148/radiology.190.3.8115646>
32. Axel L., Morton D. MR flow imaging by velocity-compensated/uncompensated difference images. *J. Comput. Assist. Tomogr.* 1987; 11 (1): 31–34.
<https://doi.org/10.1097/00004728-198701000-00006>
33. Dumoulin C.L., Hart H.R. Magnetic Resonance Angiography. *J. Radiology.* 1986; 161 (3): 717–720.
<https://doi.org/10.1148/radiology.161.3.3786721>
34. Dumoulin C.L., Souza S.P., Walker M.F., Wagle W. Three-dimensional phase contrast angiography. *J. Magn. Reson. Med.* 1989; 9 (1): 139–149.
<https://doi.org/10.1002/mrm.1910090117>
35. Kaufman J.A., McCarter D., Geller S.C., Waltman A.C. Two-dimensional time-of-flight MR angiography of the lower extremities: artifacts and pitfalls. *Am. J. Roentgenol.* 1998; 171 (1): 129–135.
<https://doi.org/10.2214/ajr.171.1.9648776>
36. Plein S., Greenwood J., Ridgway J.P. Cardiovascular MR Manual. Springer International Publishing, 2015. ISBN 978-3-319-20940-1.
<https://doi.org/10.1007/978-3-319-20940-1>
37. Yucel E.K., Anderson C.M., Edelman R.R., Crist T.M., Baum R.A., Manning W.J. Magnetic resonance angiography. *Circulation.* 1999; 100 (22): 2284–2301.
<https://doi.org/10.1161/01.cir.100.22.2284>
38. Koelemay M.J., Lijmer J.G., Stoker J., Legemate D.A., Bossuyt P.M.M. Magnetic resonance angiography for the evaluation of lower extremity arterial disease. A meta-analysis. *JAMA.* 2001; 285 (10): 1338–1345.
<https://doi.org/10.1001/jama.285.10.1338>
39. Nelemans P.J., Leiner T., de Vet H.C., van Engelenhoven J.M.A. Peripheral arterial disease: meta-analysis of the diagnostic performance of MR angiography. *J. Radiol.* 2000; 217 (1): 105–114.
<https://doi.org/10.1148/radiology.217.1.r00oc11105>
40. Ho V.B., Foo T.K.F., Czum J.M., Marcos H., Choyke P.L., Knopp M.V. Contrast-Enhanced Magnetic Resonance Angiography: Technical Considerations for Optimized Clinical Implementation. *Top Magn. Reson. Imaging.* 2001; 12 (4): 283–299.
<https://doi.org/10.1097/00002142-200108000-00005>
41. Maki J.H., Knopp M.V., Prince M. Contrast-enhanced MR angiography. *App. Radiol.* 2003; 32 (Suppl.): 3–31.
<https://doi.org/10.1201/b14328-16>
42. Knopp M.V., von Tengg-Kobligh H., Floemer F.S., Schoenberg S.O. Contrast agents for MRA: future directions. *JMRI.* 1999; 10 (3): 314–316.
[https://doi.org/10.1002/\(sici\)1522-2586\(199909\)10\(3\)<314::AID-JMRI314>3.0.CO;2-1](https://doi.org/10.1002/(sici)1522-2586(199909)10(3)<314::AID-JMRI314>3.0.CO;2-1)
43. Reimer P., Bremer C., Allkemper T., Engelhardt M., Mahler M., Ebert W., Tombach B. Myocardial perfusion and MR angiography of chest with SHU555C: results of placebo-controlled clinical phase I study. *Radiology.* 2004; 231: 474–481.
<https://doi.org/10.1148/radiol.2312021251>
44. Haacke E.M., Reichenbach L.R. Susceptibility Weighted Imaging in MRI. Basic Concepts and Clinical Applications. Wiley Blackwell. ISBN: 9780470905197.
<https://doi.org/10.1002/9780470905203>
45. Gibby W.A., Gibby K.A., Gibby W.A. Comparison of Gd DTPA-BMA (Omniscan) versus Gd HP-DO3A (ProHance) retention in human bone tissue by Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectroscopy. *Invest. Radiol.* 2004; 39 (3): 138–142.
<https://doi.org/10.1097/01.rli.0000112789.57341.01>
46. Goyan M., Ruehm S.G., Debatin J.F. MR Angiography: the role of contrast agents. *Eur. J. Radiol.* 2000; 34 (3): 247–256.
[https://doi.org/10.1016/s0720-048x\(00\)00203-5](https://doi.org/10.1016/s0720-048x(00)00203-5)
47. Hany T.F., Schmidt M., Hilfiker P.R., Steiner P., Debatin J.F. Optimization of contrast dosage for gadolinium-enhanced 3D MRA of the pulmonary and renal arteries. *Magn. Reson. Imaging.* 1998; 16: 901–906.
[https://doi.org/10.1016/s0730-725x\(98\)00012-5](https://doi.org/10.1016/s0730-725x(98)00012-5)
48. de Haën C., Cabrini M., Akhnana L., Ratti D., Calabi L., Gozzini L. Gadobenate dimeglumine 0.5M solution for injection (Multi-Hance): pharmaceutical formulation and physicochemical properties of a new magnetic resonance imaging contrast medium. *J. Comput. Assist. Tomogr.* 1999; 23: 161–168.
<https://doi.org/10.1097/00004728-199911001-00021>
49. Cavagna F., Maggioni F., Castelli P. Gadolinium chelates with weak binding to serum proteins. A new class of high-efficiency, general purpose contrast agents for magnetic resonance imaging. *Invest. Radiol.* 1997; 32 (2): 780–796.
<https://doi.org/10.1097/00004424-199712000-00009>
50. Knopp M., Schoenberg S., Rehm C., Floemer F., Von-Tengg-Kobligh H. Assessment of Gadobenate Dimeglumine (Gd-BOPTA) for MR Angiography: Phase I Studies. *Invest. Radiol.* 2002; 37 (12): 706–715.
<https://doi.org/10.1097/00004424-200212000-00011>
51. Völkl M., Strotzer M., Lenhart M., Seitz J., Manke C., Feuerbach S., Link J. Renal time-resolved MR angiography: quantitative comparison of gadobenate dimeglumine and gadopentetate dimeglumine with different doses. *J. Radiol.* 2001; 220 (2): 484–488.
<https://doi.org/10.1148/radiology.220.2.r01au38484>
52. Wyttenbach R., Gianella S., Alerci M., Braghett., Cozzi L., Gallino A. Prospective Blinded Evaluation of Gd-DOTA – versus Gd-BOPTA-enhanced Peripheral MR Angiography, as Compared with Digital Subtraction Angiography. *J. Radiol.* 2003; 227 (1): 261–269.
<https://doi.org/10.1148/radiol.2271011989>
53. Herborn C.U., Goyen M., Lauenstein T.C. Comprehensive time-resolved MRI of peripheral vascular malformations. *Am. J. Roentgenol.* 2003; 181 (3): 729–735.
<https://doi.org/10.2214/ajr.181.3.1810729>
54. Perreault P., Edelman M.A., Baum R.A., Yucel E.K., Weisskoff R.M. MR angiography with gadofosveset trisodium for peripheral vascular disease: phase II trial. *J. Radiol.* 2003; 229 (3): 811–820.
<https://doi.org/10.1148/radiol.2293021180>



- 100



82. Ruehm Stefan G. MR Venography. Chapter in Book: Magnetic Resonance Angiography. Springer, 2005: 3–22. ISBN 88-470-0266-4. <https://www.springer.com>
83. Sannikov A.B., Emelianenko V.M., Rachcov M.A. The Specific Anatomical of the Structure of the Calf Intramuscular Veins in the Healthy Subjects and in the Patients Presenting with Chronic Venous Disease: the Data Obtained by Multi-Spiral Computed Phlebography. *Flebologiya*. 2018; 12 (4): 292–299. <https://doi.org/10.17116/flebo201812041292> (In Russian)
84. Calhoun P.S., Kuszyk B.S., Heath D.G., Carley J.C., Fishman E.K. Three-dimensional volume rendering of spiral CT data: theory and method. *Radiographics*. 1999; 19: 745–764. <https://doi.org/10.1148/radiographics.19.3.g99ma14745>
85. Hu X., Alperin N., Levin D.N. Visualization of MR angiographic data with segmentation and volume-rendering techniques. *J. Magn. Reson. Imaging*. 1991; 1 (5): 539–546. <https://doi.org/10.1002/jmri.1880010506>
86. Hernández-Hoyos M., Anwander A., Orkisz M. A deformable vessel model with single point initialization for segmentation, quantification and visualization of blood vessels in 3D MRA. In MICCAI 2000 Medical Image Computing & Computer-Assisted Intervention (Lecture Notes in Computer Sci-64 Magnetic Resonance Angiography ence). S.L. Delp, A.M. Digiola, B. Jaramaz, eds. Berlin, Germany: Springer-Verlag, 2000: 735–745. https://doi.org/10.1007/978-3-540-40899-4_76
87. Olga Kubassova. Automatic Segmentetion of the Blood Vessels from Dynamic MRI Datasets. Book Chapter in Medical Image Computing & Computer-Assisted Intervention. MICCAI 2007. Berlin, Germany: Springer-Verlag, 2007: 593–600. https://doi.org/10.1007/978-3-540-75757-3_72
88. Moeller T.B., Reif E. Pocket Atlas of Sectional Anatomy Computed Tomography and Magnetic Resonance Imaging. Vol. 1, Vol. 2. Stuttgart: Thieme, 2015. *Eur. J. Nucl. Med. Molec. Imaging*. 2015; 42 (6). ISBN 678-3-13-125504-4. <https://www.linkSpringer.com>. <https://doi.org/10.1007/s00259-015-2998-5>

Для корреспонденции*: Санников Александр Борисович – 600031 Владимир, а/я 14. Тел: 8-999-776-47-73. E-mail: aliplast@mail.ru

Шайдаков Евгений Владимирович – доктор мед. наук, профессор, ФГБУН “Институт мозга человека имени Н.П. Бехтерева” РАН, президент Санкт-Петербургской ассоциации флебологов (SPSP), Санкт-Петербург. <https://orcid.org/0000-0002-7260-4968>. E-mail: evgenyshaydakov@gmail.com

Санников Александр Борисович – канд. мед. наук, заместитель главного врача, сосудистый хирург Клиники инновационной диагностики “Медика”, Владимир; доцент кафедры дополнительного профессионального образования специалистов здравоохранения РНИМУ имени Н.И. Пирогова Минздрава России, Москва. <https://orcid.org/0000-0003-1792-2434>. E-mail: aliplast@mail.ru

Емельяненко Владимир Михайлович – доктор мед. наук, профессор, заведующий кафедрой дополнительного профессионального образования специалистов здравоохранения РНИМУ имени Н.И. Пирогова Минздрава России, Москва. <https://orcid.org/0000-0003-0909-1693>. E-mail: vla05@yandex.ru

Крюкова Людмила Николаевна – врач-рентгенолог кабинета МРТ Клиники инновационной диагностики “Медика”, Владимир. <https://orcid.org/0000-0001-5128-5075>. E-mail: masha1ivanova@yandex.ru

Баранова Анна Евгеньевна – врач-рентгенолог кабинета МРТ Клиники инновационной диагностики “Медика”, Владимир. <https://orcid.org/0000-0002-2448-4885>. E-mail: annashik.baranova@mail.ru

Рачков Михаил Александрович – врач-рентгенолог кабинета КТ Клиники инновационной диагностики “Медика”, Владимир. <https://orcid.org/0000-0002-7674-8221>. E-mail: rachkoff@gmail.com

Contact*: Aleksandr B. Sannikov – mailbox 14, 600031, Vladimir, Russian Federation. Phone: +7-999-776-47-73. E-mail: aliplast@mail.ru

Evgenij V. Shajdakov – Doct. of Sci. (Med.), professor, Bekhterev Institute of human brain of the Russian Academy of Sciences (RAS); President of the Saint Petersburg Association of Phlebologists (SPSP), Saint Petersburg. <https://orcid.org/0000-0002-7260-4968>. E-mail: evgenyshaydakov@gmail.com

Aleksandr B. Sannikov – Cand. of Sci. (Med.), assistant of chief physician, vascular surgeon of the Clinic of Innovative Diagnostics “Medika”, Vladimir; assistant of professor of the Department of additional professional education of health professionals of the Pirogov Russian National Research Medical University of the Ministry of Health of Russia, Moscow. <https://orcid.org/0000-0003-1792-2434>. E-mail: aliplast@mail.ru

Vladimir M. Emelyanenko – doctor of medical sciences, professor, chief of the department of additional professional education of health professionals of the Pirogov Russian National Research Medical University of the Ministry of Health of Russia, Moscow. <https://orcid.org/0000-0003-0909-1693>. E-mail: vla05@yandex.ru

Lyudmila N. Kryukova – radiologist of the MRI office of the Clinic of Innovative Diagnostics “Medika”, Vladimir. <https://orcid.org/0000-0001-5128-5075>. E-mail: masha1ivanova@yandex.ru

Anna E. Baranova – radiologist of the MRI office of the Clinic of Innovative Diagnostics “Medika”, Vladimir. <https://orcid.org/0000-0002-2448-4885>. E-mail: annashik.baranova@mail.ru

Mihail A. Rachkov – radiologist of the CT office of the Clinic of Innovative Diagnostics “Medika”, Vladimir. <https://orcid.org/0000-0002-7674-8221>. E-mail: rachkoff@gmail.com



ISSN 1607-0763 (Print); ISSN 2408-9516 (Online)
<https://doi.org/10.24835/1607-0763-2020-4-102-107>

Значение компьютерной томографии в предоперационном обследовании для выявления анатомических аномалий среднего уха у детей с холестеатомой: клиническое наблюдение латеропозиции сигмовидного синуса

© Власова Г.В.*, Павлов П.В., Авдеев В.К.

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» Минздрава России; 194100 Санкт-Петербург, ул. Литовская, д. 2, Российская Федерация.

Под латеропозицией сигмовидного синуса понимают значительное внедрение борозды в боковую стенку черепа и нахождение его относительно антрума в более латеральном положении. Аномалия встречается достаточно редко и по разным источникам составляет 5–10%. Компьютерно-томографическое исследование височной кости, которое по стандарту проводится всем больным с длительным заболеванием уха, детально визуализирует анатомию височной кости. Значение дооперационной диагностики латеропозиции сигмовидного синуса велико, так как определяет особенности хирургического подхода к полостям среднего уха. В представленном клиническом наблюдении наличие латеропозиции сигмовидного синуса (по данным КТ височных костей) у больного 14 лет с хроническим гнойным средним отитом с холестеатомой не было учтено при выборе хирургического подхода к антруму при операции. Был использован транскортикальный доступ к полостям среднего уха, что привело к неминуемому и необоснованному обнажению сигмовидного синуса, затруднению дальнейшего проведения операции из-за опасности его травмирования и, как следствие, недостаточной санации среднего уха. При проведении реоперации вскрытие и санация полостей среднего уха проводились через барабанную полость, по так называемому анатомическому пути, что позволило избежать опасного контакта с синусом и эффективно санировать ухо.

Ключевые слова: компьютерная томография височных костей, латеропозиция сигмовидного синуса, хронический отит, холестеатома

Данное исследование не имело финансирования. Конфликт интересов отсутствует.

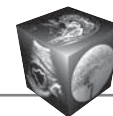
Для цитирования: Власова Г.В., Павлов П.В., Авдеев В.К. Значение компьютерной томографии в предоперационном обследовании для выявления анатомических аномалий среднего уха у детей с холестеатомой: клиническое наблюдение латеропозиции сигмовидного синуса. *Медицинская визуализация*. 2020; 24 (4): 102–107. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-2020-4-102-107>

Поступила в редакцию: 14.11.2019. **Принята к печати:** 18.05.2020. **Опубликована online:** 10.12.2020.

Value of computed tomography in the preoperative evaluation to identify anatomical abnormalities of the middle ear in children with cholesteatoma: clinical case of lateral position of the sigmoid sinus

© Galina V. Vlasova*, Pavel V. Pavlov, Vasiliy K. Avdeev

St. Petersburg State Pediatric Medical University of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation; 2, Litovskaya str., St. Petersburg, 194100, Russian Federation



The lateral position of the sigmoid sinus is a significant indentation of its sulcus into the lateral wall of the skull, the sigmoid sinus is located lateral to the antrum. This anomaly is rare, occurs in 5–10%. Computerized tomography of temporal bones is performed for all patients with chronic middle ear disease. CT of the temporal bones visualizes in detail the anatomy of the temporal bone. Preoperative diagnosis of lateral position of the sigmoid sinus is very important and determines the choice of a surgical approach to the middle ear during surgery. Clinical observation of a child (14 years) with cholesteatoma of the middle ear is presented in this article.

CT tomograms visualized lateral position of the sigmoid sinus. However, the lateral position of the sigmoid sinus was not taken into account when choosing the surgical approach. A transcortical approach to the middle ear was chosen in this clinical observation. Therefore, there was the inevitable and unreasonable denudation of the sigmoid sinus, the difficulty in performing an operation due to the risk of injury. In the reoperation, surgical approach to the middle ear was performed through the tympanic cavity. This avoided dangerous contact with the sigmoid sinus and effectively remove cholesteatoma.

Keywords: computerized tomography of the temporal bones, lateral position of the sigmoid sinus, chronic otitis media, cholesteatoma

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

For citation: Vlasova G.V., Pavlov P.V., Avdeev V.K. Value of computed tomography in the preoperative evaluation to identify anatomical abnormalities of the middle ear in children with cholesteatoma: clinical case of lateral position of the sigmoid sinus. *Medical Visualization*. 2020; 24 (4): 102–107. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-2020-4-102-107>

Received: 14.11.2019.

Accepted for publication: 18.05.2020.

Published online: 10.12.2020.

Введение

Появление термина “хирургическая анатомия височной кости” связано с внедрением в практическую оториноларингологию компьютерной томографии (КТ) [1]. Диагностические возможности этого метода исследования позволяют проводить своевременную и точную диагностику заболеваний уха. А детальное представление о хирургической анатомии височной кости, полученное на этапе дооперационного обследования, практически является гарантом безопасности при проведении операций на ухе [2].

О хирургически “опасной” височной кости говорят в случаях визуализации на томограммах: 1) высокого стояния луковицы яремной вены; 2) низкого расположения дна средней черепной ямки; 3) предлежания сигмовидного синуса (отношение его борозды к наружному слуховому проходу); 4) латеропозиции сигмовидного синуса (отношение его борозды к наружной поверхности сосцевидного отростка) [3].

Под латеропозицией сигмовидного синуса понимают значительное внедрение борозды в боковую стенку черепа и нахождение его относительно антрума в более латеральном положении (рис. 1).

Такая позиция синуса делает практически невозможным транскортикальный доступ к полостям среднего уха, так как влечет за собой опасность обнажения, ранения этого крупного сосуда и массивного кровотечения.

Клиническое наблюдение

Пациент С., 14 лет, поступил в оториноларингологическую клинику СПбГПМУ с жалобами на гнойные выделения из правого уха с запахом.

Anamnesis morbi. 4 года назад у ребенка диагностирован правосторонний хронический гнойный средний отит, по поводу обострений которого пациент неоднократно получал консервативную терапию. В связи с отсутствием ремиссии гнойно-воспалительного процесса в ухе в ноябре 2017 г. в одном из стационаров города была выполнена антромастодотомия справа. Ход операции, операционные находки, результаты гистологического исследования в выписной справке указаны не были. После проведенного оперативного лечения ремиссия воспалительного процесса отмечалась на протяжении года. В ноябре 2018 г. вновь возникло гнойотечение из правого уха, не купируемое консервативной терапией, в связи с чем ребенок был госпитализирован.

В оториноларингологическом отделении СПбГПМУ 30.10.2018 в рамках стандартного обследования пациента с хроническим гнойным средним отитом была выполнена КТ височных костей (рис. 2), при которой выявлено:

1) костный дефект наружной стенки сосцевидного отростка справа – результат проведенной год назад антромастодотомии;

2) обширный костный дефект в области задней черепной ямки, причина формирования которого не ясна;

3) содержимое мягкотканной плотности в нераскрытых клетках сосцевидного отростка и послеоперационной полости;

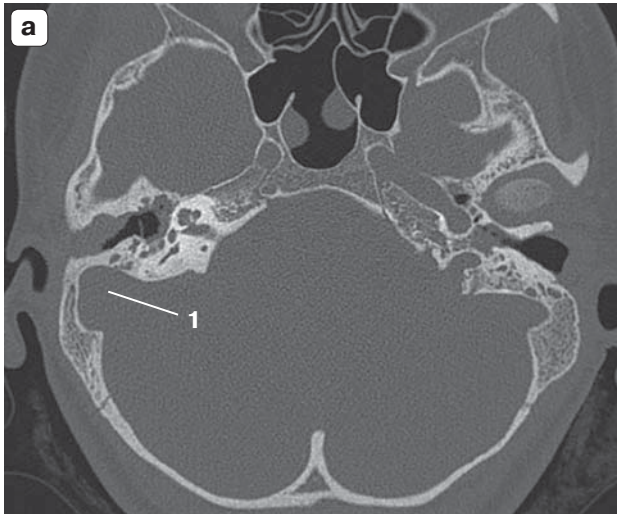


Рис. 1. КТ-изображения височных костей больной К., 15 лет (аксиальная проекция). **а** – внедрение борозды правого сигмовидного синуса в боковую стенку черепа (1); **б** – латеральное положение борозды правого сигмовидного синуса (1) относительно антрума (2).

Fig. 1. CT-scan of the temporal bones, patient K., 15 years (axial projection). **a** – indentation of the sulcus of the right sigmoid sinus into the lateral wall of the skull (1); **б** – sulcus of the sigmoid sinus (1) is located lateral to the antrum (2).

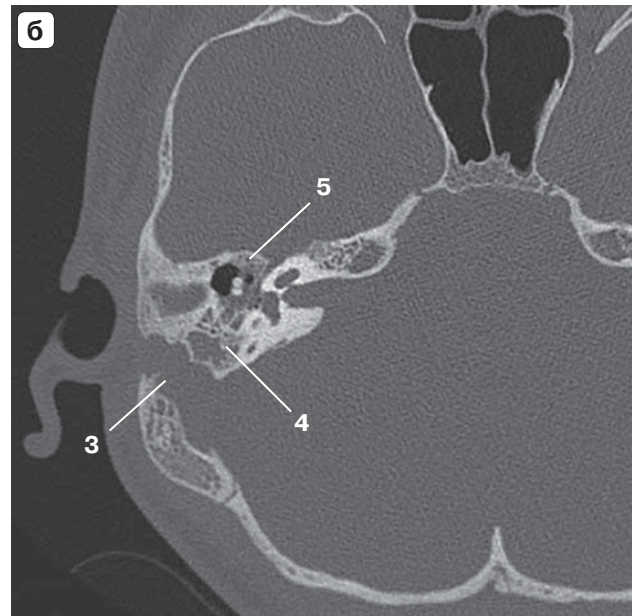
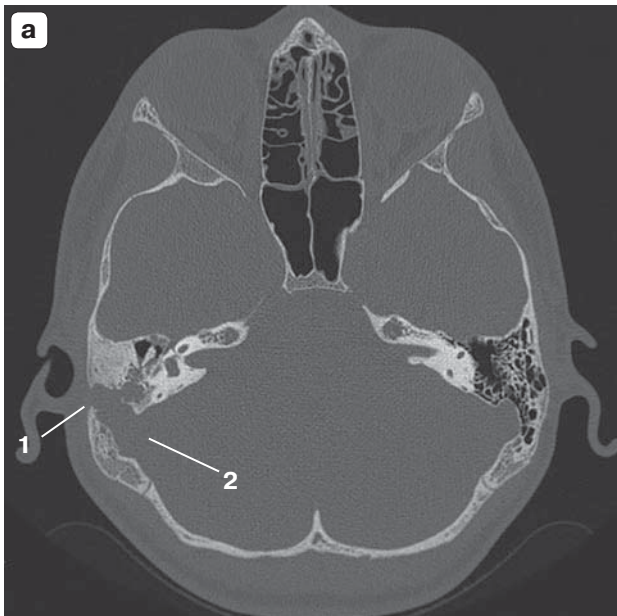


Рис. 2. КТ-изображения височных костей больного С., 14 лет, после первичной операции на ухе (аксиальная проекция). **а** – костный дефект наружной стенки сосцевидного отростка справа (1), костный дефект в области задней черепной ямки справа (2); **б** – содержимое мягкотканной плотности в послеоперационной полости (3) и нераскрытых клетках сосцевидного отростка справа (4), субтотальное снижение пневматизации барабанной полости справа (5).

Fig. 2. CT-scan of the temporal bones, patient C., 14 years, after the primary operation on the middle ear (axial projection). **a** – bone defect of the lateral wall of the mastoid process on the right (1), bone defect in the posterior cranial fossa on the right (2); **б** – reduced pneumatization of the postoperative cavity (3) and undisclosed cells of the mastoid process on the right (4), subtotal reduced pneumatization of the tympanic cavity on the right (5).

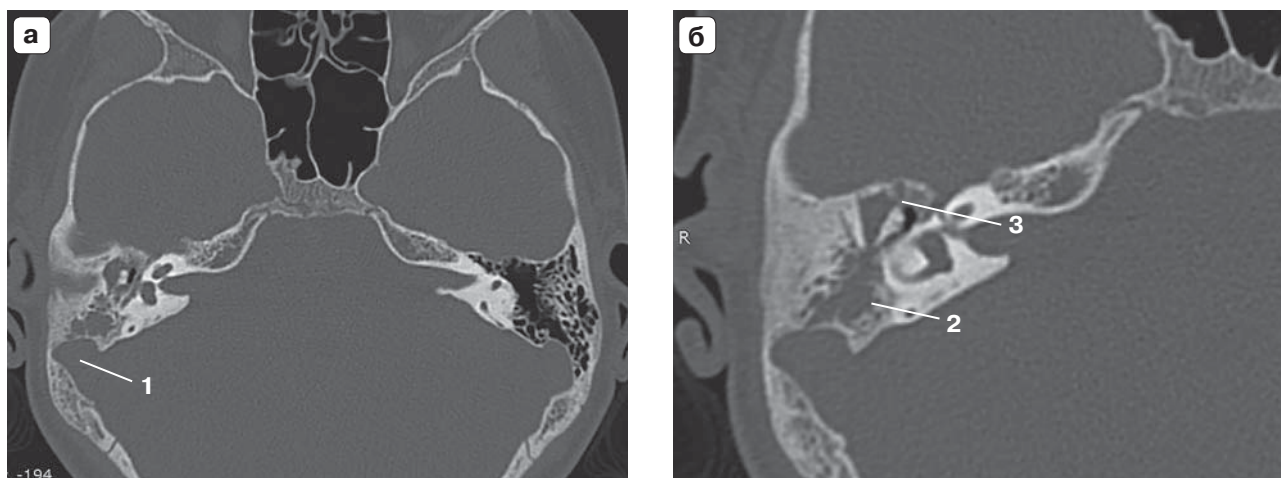
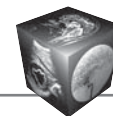


Рис. 3. КТ-изображения височных костей больного С., 14 лет, до операции на ухе (аксиальная проекция). **а** – латеропозиция сигмовидного синуса справа, внедрение его борозды в боковую стенку черепа (1); **б** – содержимое мягкотканной плотности в проекции антрума и небольших клеток сосцевидного отростка справа (2), тотальное снижение пневматизации барабанной полости справа (3).

Fig. 3. CT-scan of the temporal bones, patient С., 14 years, before the primary operation on the middle ear (axial projection). **a** – lateral position of the sigmoid sinus, indentation of the sulcus of the right sigmoid sinus into the lateral wall of the skull (1); **b** – reduced pneumatization of the antrum and cells of the mastoid process on the right (2), total reduced pneumatization of the tympanic cavity on the right (3).

4) содержимое мягкотканной плотности, частично заполняющее барабанную полость.

Учитывая невозможность однозначной трактовки причин столь значительного костного дефекта сосцевидного отростка в области задней черепной ямки (холестеатомно-деструктивный процесс или ятрогенное интраоперационное обнажение), был проведен ретроспективный анализ компьютерных томограмм височных костей от 14.11.2017. Были выявлены следующие изменения: с точки зрения первоначальной анатомии визуализируется отсутствие костного дефекта в области задней черепной ямки, выраженное внедрение борозды сигмовидного синуса в боковую стенку черепа справа, более латеральное расположение синуса относительно антрума, склеротический тип строения сосцевидного отростка, тотальное снижение пневматизации всех полостей среднего уха (рис. 3).

Дополнительно пациенту была проведена МРТ височных костей по протоколу выявления холестеатомы, включавшему стандартные T1- и T2-режимы, T2 3D drive с подавлением жира, толщиной среза 1 мм, а также диффузионно-взвешенные изображения (DWI) с коэффициентами диффузии b0 и b1000 толщиной среза 2 мм. Было выявлено сочетание сигнала низкой интенсивности в режиме T1 с сигналом высокой интенсивности в режиме T2, T2 3D drive и non-EPI DWI (b0 и b1000). При этом на DWI с коэффициентом диффузии b1000 МР-сигнал визуализировался как более интенсивный по

сравнению с изображением b0, что свидетельствовало о наличии холестеатомы в среднем ухе.

На основании комплексного клинико-лабораторного обследования, КТ височных костей, МРТ с использованием последовательности DWI по протоколу выявления холестеатомы диагностировано обострение правостороннего хронического гнойного среднего отита (эпителимита); холестеатома.

В связи с этим под эндотрахеальным наркозом проведена санирующая реоперация в объеме раздельной аттикоантротомии. После разреза и отсепаровывания мягких тканей заушной области визуализированы дефект кортикального слоя и послеоперационная мастоидальная полость, заполненная густым слизисто-гнойным отделяемым, после удаления которого в полости обнаружен обнаженный на значительном протяжении сигмовидный синус (рис. 4). Антрум в ходе предыдущей операции не раскрыт, в глубине пещеры видны белесоватые ткани – холестеатома (см. рис. 4).

Проведение реоперации путем дальнейшего расширения костной раны и осуществление доступа к антруму через мастоидальную полость было сопряжено с высоким риском повреждения синуса. Поэтому далее раскрытие полостей среднего уха проводилось по «анатомическому пути». Через наружный слуховой проход произведена аттико-, далее адито- и антротомия. Холестеатома удалена, полости санированы. Послеопера-

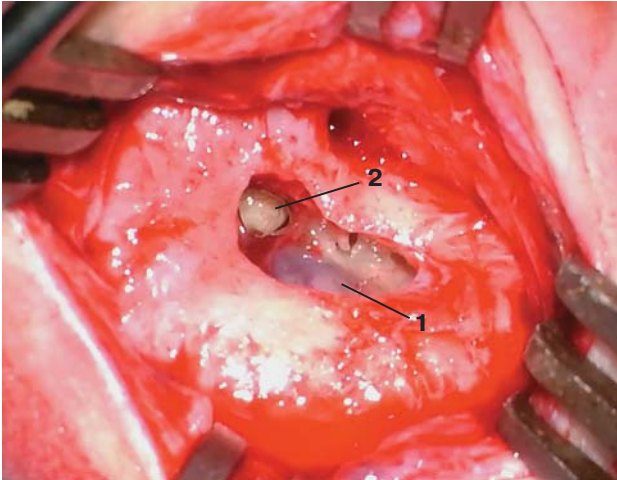


Рис. 4. Фотоизображение операционного поля, полученное с помощью операционного микроскопа (2,5-кратное увеличение) во время реоперации на правом ухе. Дефект кортикального слоя и послеоперационная полость сосцевидного отростка, гнойное отделяемое удалено отсосом. В послеоперационной мастоидальной полости визуализируется обнаженный на значительном протяжении сигмовидный синус (образование синюшного цвета) – 1; холестеатома в глубине антрума (образование белого цвета) – 2.

Fig. 4. Operating picture (operating microscope, 2.5× magnification). Reoperation on the right ear. Bone defect of the lateral wall of the mastoid process, postoperative cavity, purulent discharge was removed by suction. In the postoperative cavity is visualized: denudation sigmoid sinus (1); cholesteatoma in antrum (2).

ционный период протекал без особенностей: больной не лихорадил, болевой синдром умеренный, признаков раздражения лабиринта, *n. facialis* не было. В течение 8 дней больной получал антибактериальную терапию, швы сняты на 8-е сутки. Срок наблюдения больного после операции – 10 мес, ремиссия.

Заключение

Латеропозиция сигмовидного синуса встречается довольно редко: 10% по данным С.В. Брызгаловой [3], 5% по данным Г.В. Власовой и соавт. [4]. Однако значение этого варианта расположения сигмовидного синуса для хирургии среднего уха чрезвычайно высоко.

В представленном клиническом наблюдении наличие латеропозиции сигмовидного синуса (по данным КТ височных костей) не было учтено при выборе хирургического подхода к антруму при первой операции. Снятие кортикального слоя сосцевидного отростка привело к обнажению сигмовидного синуса, и дальнейшая работа в сосцевидном отростке была затруднена из-за опасности его повреждения.

При дальнейшем течении заболевания непосредственный контакт гнойного содержимого мастоидальной полости и сигмовидного синуса создает высокий риск возникновения внутричерепных и гнойно-септических осложнений. Находящийся в полости сосцевидного отростка сигмовидный синус представляет определенную опасность при последующих операциях.

Во время реоперации хирургический подход к полостям среднего уха осуществлялся со стороны наружного слухового прохода, минуя “опасную зону” сосцевидного отростка. При таком подходе вскрытие полостей среднего уха происходит с использованием хирургических боров различного диаметра под контролем операционного микро-

скопа, что в определенной степени обеспечивает безопасность вмешательства на ухе даже при аномалиях расположения синуса.

Правильная интерпретация анатомии височной кости с помощью КТ, в том числе и латеропозиции сигмовидного синуса, определяет выбор безопасного хирургического подхода [5, 6].

Благодарность: авторы выражают благодарность коллективу отделения лучевой диагностики за предоставленные материалы и сотрудничество.

Участие авторов

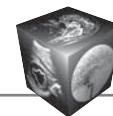
Власова Г.В. – концепция и дизайн исследования; проведение исследования; сбор и обработка данных; статистическая обработка данных; анализ и интерпретация полученных данных; написание текста; подготовка и редактирование текста; участие в научном дизайне; подготовка, создание опубликованной работы; ответственность за целостность всех частей статьи; утверждение окончательного варианта статьи.

Павлов П.В. – концепция и дизайн исследования; анализ и интерпретация полученных данных; подготовка и редактирование текста; участие в научном дизайне; подготовка, создание опубликованной работы; ответственность за целостность всех частей статьи; утверждение окончательного варианта статьи.

Авдеев В.К. – концепция и дизайн исследования; проведение исследования; сбор и обработка данных; статистическая обработка данных; анализ и интерпретация полученных данных; участие в научном дизайне.

Authors' participation

Vlasova G.V. – Concept and design of the study; conducting research; collection and analysis of data; 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.

Pavlov P.V. – concept and design of the study; analysis and interpretation of the obtained data; 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.

Avdeev V.K. – concept and design of the study; conducting research; collection and analysis of data; statistical analysis; analysis and interpretation of the obtained data; participation in scientific design.

Список литературы

1. Полунин М.М., Богомилский М.Р. Особенности хирургической анатомии клеточной системы среднего уха у детей раннего возраста. *Вестник РГМУ*. 2012; 1: 58–60.
2. Богомилский М.Р., Полунин М.М. Изучение хирургической анатомии височной кости у детей раннего возраста методом распилов. *Вестник РГМУ*. 2010; 5: 79–81.
3. Брызгалова С.В. Возможности рентгеновской компьютерной томографии в изучении строения височной кости и повышения эффективности диагностики воспалительных заболеваний среднего уха: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. СПб., 2009. 20 с. <https://www.dissercat.com/content/vozmozhnosti-rentgenovskoi-kompyuternoi-tomografii-v-izuchenii-stroeniya-visochnoi-kosti-i-povysheniya-effektivnosti-dagnostiki-vospalitel'nykh-zabolevanii-srednego-ukha>: Автoref. дис. ... канд. мед. наук. СПб., 2009. 20 с. <https://www.dissercat.com/content/vozmozhnosti-rentgenovskoi-kompyuternoi-tomografii-v-izuchenii-stroeniya-visochnoi-kosti-i-povysheniya-effektivnosti-dagnostiki-vospalitel'nykh-zabolevanii-srednego-ukha>
4. Власова Г.В., Александров Т.А. Современный подход к диагностике холестеатомы среднего уха у детей. *Folia Otorhinolaryngologiae et Pathologiae Respiratoriae*. 2019; 25 (1): 102–107.

5. Власова Г.В., Курьянова Ю.А. Холестеатома среднего уха у детей: особенности течения и результаты оперативного лечения в возрастном аспекте. *Педиатр*. 2017; 8 (S1): 89–90.
6. Travis A. Abele, Richard H. Wiggins III. Imaging of the Temporal Bone. *Radiol. Clin. N. Am.* 2015; 53 (1): 15–36. <https://doi.org/10.1016/j.rcl.2014.09.010>

References

1. Polunin M.M., Bogomilskiy M.R. Features of surgical anatomy of cell system of middle ear in children of the early age. *Vestnik RGMU*. 2012; 1: 58–60. (In Russian)
2. Bogomilskiy M.R. Polunin M.M. Study of surgical anatomy of a temporal bone in children of early age by dissection. *Vestnik RGMU*. 2010; 5: 79–81. (In Russian)
3. Bryzgalova S.V. [Vozmozhnosti rentgenovskoi komp'yuternoi tomografii v izuchenii stroeniya visochnoi kosti i povysheniya effektivnosti diagnostiki vospalitel'nykh zabolevanii srednego ukha]: Avtoref. dis. ... Cand. of Sci. (Med.). SPb., 2009. 20 p. (In Russian)
4. Vlasova G.V., Alexandrov T.A. Modern approach to the diagnosis of middle ear cholesteatoma in children. *Folia Otorhinolaryngologiae et Pathologiae Respiratoriae*. 2019; 25 (1): 102–107. (In Russian)
5. Vlasova G.V., Kur'yanova Yu.A. Kholesteatoma srednego ukha u detei: osobennosti techeniya i rezul'taty operativnogo lecheniya v vozrastnom aspekte [Middle ear cholesteatoma in children: features of the course and results of surgical treatment in the age aspect]. *Pediatr*. 2017; 8 (S1): 89–90. (In Russian)
6. Travis A. Abele, Richard H. Wiggins III. Imaging of the Temporal Bone. *Radiol. Clin. N. Am.* 2015; 53 (1): 15–36. <https://doi.org/10.1016/j.rcl.2014.09.010>

Для корреспонденции*: Власова Галина Владимировна – 194100 Санкт-Петербург, ул. Литовская, д. 2. Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет. Тел.: +7-911-751-76-63. E-mail: galinav71@mail.ru

Власова Галина Владимировна – канд. мед. наук, доцент кафедры оториноларингологии ФГБОУ ВО “Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет” Минздрава России, Санкт-Петербург. <https://orcid.org/0000-0003-4070-2835>. E-mail: galinav71@mail.ru

Павлов Павел Владимирович – доктор мед. наук, профессор, заведующий кафедрой оториноларингологии ФГБОУ ВО “Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет” Минздрава России, Санкт-Петербург. <https://orcid.org/0000-0002-4626-201X>. E-mail: pvpavlov@mail.ru

Авдеев Василий Константинович – клинический ординатор кафедры оториноларингологии ФГБОУ ВО “Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет” Минздрава России, Санкт-Петербург. <https://orcid.org/0000-0001-9363-7809>. E-mail: vasy_2008_2@mail.ru

Contact*: Galina V. Vlasova – 2, Litovskaya str., St. Petersburg, 194100, Russian Federation. St. Petersburg State Pediatric Medical University. Phone: +7-911-751-76-63. E-mail: galinav71@mail.ru

Galina V. Vlasova – Cand. of Sci. (Med.), Associate Professor, Department of otorhinolaryngology, St. Petersburg State Pediatric Medical University of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, St. Petersburg. <https://orcid.org/0000-0003-4070-2835>. E-mail: galinav71@mail.ru

Pavel V. Pavlov – Doct. of Sci. (Med.), Professor, Head of Department of otorhinolaryngology, St. Petersburg State Pediatric Medical University of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, St. Petersburg. <https://orcid.org/0000-0002-4626-201X>. E-mail: pvpavlov@mail.ru

Vasily K. Avdeev – clinical resident, Department of otorhinolaryngology of St. Petersburg State Pediatric Medical University of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, St. Petersburg. <https://orcid.org/0000-0001-9363-7809>. E-mail: vasy_2008_2@mail.ru



ISSN 1607-0763 (Print); ISSN 2408-9516 (Online)
<https://doi.org/10.24835/1607-0763-2020-4-108-118>

Сравнение двух методик асинхронной КТ-денситометрии

© Петряйкин А.В.^{1*}, Сморгочкова А.К.², Кудрявцев Н.Д.¹, Сергунова К.А.¹,
Артюкова З.Р.^{1,2}, Абуладзе Л.Р.³, Яссин Л.Р.³, Петряйкин Ф.А.⁴,
Лобанов М.Н.¹, Николаев А.Е.¹, Хоружая А.Н.¹, Семенов Д.С.¹,
Низовцова Л.А.¹, Владзимирский А.В.¹, Морозов С.П.¹

¹ ГБУЗ “Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий ДЗМ”; 109029 Москва, ул. Средняя Калитниковская, д. 28, стр. 1, Российская Федерация

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

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

⁴ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова; 119991 Москва, Ленинские горы, д. 1, Российская Федерация

Обоснование. Количественная компьютерная томография (ККТ) с асинхронной калибровкой не требует фантома при сканировании пациента. На основе данных калибровки этот метод преобразует рентгеновскую плотность (НУ) в минеральную плотность кости (МПК). Учитывая большое количество КТ-исследований, проводимых у пациентов с риском остеопороза, существует потребность в практичном методе, позволяющем оценить МПК за короткий период времени без специального программного обеспечения.

Цель. Разработать метод денситометрии кости QCT с использованием фантома РСК ФК2, сравнить измерения разработанного метода и результатами QCT с асинхронной калибровкой с использованием программного обеспечения от известного производителя.

Методы. Исследования проводились на 64-срезовом КТ-сканере. МПК измеряли с использованием двух методов: 1) QCT с асинхронной калибровкой с использованием программного обеспечения от известного производителя; 2) QCT-ФК с использованием фантома РСК ФК2 (Разработка средств измерения, фантом калиевый вторая модификация). Для преобразования НУ в значения МПК мы сканировали фантом РСК ФК2 и рассчитывали поправочный коэффициент. Фантом содержит “позвонки”, заполненные гидрофосфатом калия в разных концентрациях. В обоих методах значения BMD измеряли для позвонков L_{I-III} (в ряде наблюдений для Th_{XII}, L_{III}).

Результаты. В исследование было включено 65 человек (11 мужчин и 54 женщины); медиана возраста 69,0 года Q1 60 лет, Q3 71 год. Сравнение МПК позвонков, измеренное с помощью методов QCT и QCT-ФК, выявило значимую линейную корреляцию Пирсона $r = 0,977$ ($p < 0,05$). Анализ по Бленду–Альтману показал отсутствие связи между разницей в измерениях показателей и средней BMD, также было отмечено достоверное систематическое смещение BMD +4,50 мг/мл в QCT по сравнению с QCT-ФК. С использованием непараметрического критерия Уилкоксона было показано, что различия в разбиении на группы: остеопороз / остеопения / норма по критериям ACR (American College Radiology) для двух методов было недостоверным.

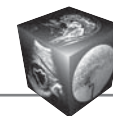
Вывод. Разработанный асинхронный метод QCT-ФК измеряет МПК сравнимо с широко используемым методом QCT с асинхронной калибровкой. Этот метод может использоваться для оппортунистического скрининга остеопороза.

Ключевые слова: количественная компьютерная томография, ККТ, оппортунистический скрининг остеопороза, минеральная плотность кости, МПК, фантомное моделирование

Авторы подтверждают отсутствие конфликтов интересов.

Для цитирования: Петряйкин А.В., Сморгочкова А.К., Кудрявцев Н.Д., Сергунова К.А., Артюкова З.Р., Абуладзе Л.Р., Яссин Л.Р., Петряйкин Ф.А., Лобанов М.Н., Николаев А.Е., Хоружая А.Н., Семенов Д.С., Низовцова Л.А., Владзимирский А.В., Морозов С.П. Сравнение двух методик асинхронной КТ денситометрии. *Медицинская визуализация*. 2020; 24 (4): 108–118. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-2020-4-108-118>

Поступила в редакцию: 24.09.2020. **Принята к печати:** 24.11.2020. **Опубликована online:** 10.12.2020.



Comparison of two asynchronous QCT methods

© Alexey V. Petraikin¹, Anastasia K. Smorchkova², Nikita D. Kudryavtsev¹,
Kristina A. Sergunova¹, Zlata R. Artyukova^{1, 2}, Liya R. Abuladze³, Leila R. Iassin³,
Fedor A. Petraikin⁴, Mihail N. Lobanov¹, Alexander E. Nikolaev¹, Anna N. Khoruzhaya¹,
Dmitry S. Semenov¹, Lyudmila A. Nisovstova¹, Anton V. Vladzimirskyy¹, Sergey P. Morozov¹

¹ Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of the Moscow Health Care Department; 16/26, str. 1, Raskovoy str. 125124, Moscow, Russian Federation

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

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

⁴ Lomonosov Moscow State University; 1, Leninskie gori, 119991, Moscow, Russian Federation

Rationale. Quantitative CT (QCT) bone densitometry with asynchronous calibration not require a phantom during the scan procedure. Based on calibration data it converts X-ray density in HU to bone mineral density (BMD). Given the large number of CT studies performed on patients at risk of osteoporosis, there is a need for a hands-on method capable of assessing BMD in a short period of time without tailored software or protocols.

Goal. To develop a method for QCT bone densitometry using an PHK (PHantom Kalium), to compare the volume BMD measurements with the QCT data with asynchronous calibration provided by software from a reputable developer.

Methods. The studies were performed at 64-slice CT unit with body scanning parameters. The BMD was measured using two techniques: 1) QCT with asynchronous calibration using software from a reputable developer; 2) QCT using a PHK phantom (QCT-PHK). For convert the HU to BMD values, we scanned the PHK phantom and calculate correction factor. Phantom contains "vertebrae" filled with potassium hydrogen phosphate in different concentrations. In both methods, the BMD values measured for L_{1-4} , and sometimes for Th_{xii} , L_{xiii} .

Results. The study enrolled 65 subjects (11 male and 54 female patients); median age 69.0 years. A comparison of the vertebrae BMD measured by QCT and QCT-PHK revealed a significant linear Pearson correlation $r = 0.977$ ($p < 0.05$). The Bland-Altman analysis demonstrated a lack of relationship between the difference in measurements and the average BMD and a systematic BMD; bias of +4.50 mg/ml in QCT vs. QCT-PHK. Differences in the division into groups osteoporosis / osteopenia / norm according to the ACR criteria for the two methods were not significant.

Conclusion. The developed asynchronous QCT-PHK method measure BMD comparable to the widely used QCT with asynchronous calibration. This method can be used for opportunistic screening for osteoporosis.

Keywords: quantitative computed tomography, QCT, opportunistic screening for, bone mineral density, BMD, phantom study

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

For citation: Petraikin A.V., Smorchkova A.K., Kudryavtsev N.D., Sergunova K.A., Artyukova Z.R., Abduladze L.R., Iassin L.R., Petraikin F.A., Lobanov M.N., Nikolayev A.E., Khoruzhaya A.N., Semenov D.S., Nizovtsova L.A., Vladzimirskyy A.V., Morozov S.P. Comparison of two asynchronous QCT methods. *Medical Visualization*. 2020; 24 (4): 108–118. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-2020-4-108-118>

Received: 24.09.2020.

Accepted for publication: 24.11.2020.

Published online: 10.12.2020.

Введение

Денситометрия как рентгеновский метод измерения плотности объектов уже давно используется в клинической практике. Одним из видов денситометрии является остеоденситометрия – метод, применяющийся для определения минеральной плотности кости (МПК) при диагностике остеопороза и оценке риска патологических переломов. Одним из видов остеоденситометрии, для которого не требуется установка дополнительного оборудования, является количественная КТ-денсито-

метрия [1]. Методики измерения МПК по данным КТ-исследования основываются на построении калибровочной прямой, позволяющей переводить единицы Хаунсфилда (HU) в значения МПК, по данным сканирования калибровочного фантома. Одним из видов КТ-денситометрии, применяющийся в клинической практике, является методика асинхронной QCT (без сканирования одновременно пациента и фантома). Для ее корректного использования необходимо периодическое (1 раз в месяц) сканирование фантома, предлагаемого



фирмой-производителем, с целью построения описанной выше калибровочной прямой для расчета и оценки МПК. Оценка МПК производится в области поясничного отдела позвоночника с использованием пользовательского интерфейса программного обеспечения (ПО) [2, 3].

Поскольку для КТ-денситометрии не требуется специальная укладка и подготовка пациента, становится возможным оппортунистический скрининг остеопороза на основе ранее полученных данных КТ-исследований [4] других областей (скрининг рака легкого, скрининг рака прямой кишки посредством КТ-колонографии [5], а также при анализе серий рутинных КТ органов грудной клетки [6] и органов брюшной полости [7–10]). Доступное для анализа большое количество КТ изображений органов грудной клетки и брюшной полости делает методику оппортунистического скрининга остеопороза привлекательной.

Например, в разгар пандемии COVID-19 в Москве за 3 мес КТ органов грудной клетки были выполнены более 93 тыс. пациентам старше 50 лет. Учитывая популяционные данные [11], из них более 29 тыс. пациентов с признаками остеопороза.

Учитывая бремя остеопороза, обусловленное прежде всего осложнениями – патологическими переломами [11], актуально создание методик оценки МПК, которые не требовали бы проведения отдельных исследований, больших дополнительных затрат и позволили бы сформировать группу риска для дальнейшего дообследования и назначения необходимой антирезорбтивной терапии.

Целью нашего исследования является разработка методики асинхронной количественной компьютерной томографии (QCT-ФК) с использованием фантома РСК-ФК2 на основе гидрофосфата калия и сравнение результатов измерения минеральной плотности кости позвонков с данными используемой в практике асинхронной КТ-денситометрии известного производителя [12].

Материалы и методы

Исследования выполнены на 64-срезовом КТ сканере: напряжение 120 кВ, сила тока при (пониженном) / (нормальном и повышенном) индексе массы тела 50/100 мА, фильтр реконструкции kernel FC08 (реконструкция мягких тканей с коррекцией эффекта beam hardening), область сканирования FOV 400 мм. Толщина среза реконструкции в аксиальной плоскости 3 мм.

Измерения объемной МПК (использовано сокращение МПК) проводили двумя способами: 1) методом асинхронной QCT известного произ-

водителя [12] с калибровкой по асинхронному фантому. Здесь и далее методика обозначена как “QCT”.

2) предложенным методом “QCT-ФК” (здесь и далее) с калибровкой по фантому РСК-ФК2.

Асинхронная QCT

Измерения МПК методом асинхронной QCT выполнялись в соответствии с рекомендациями производителя программного обеспечения [12]. Для этого у каждого пациента последовательно выделялась зона интереса в передней части тела позвонка (в большей части случаев анализировались позвонки L₁₋₁₁ (рис. 1)). Срезы выравнивались с помощью инструмента ротации. Оптимальная область интереса захватывала регион губчатой кости без включения кортикального слоя, была расположена над позвоночной веной и охватывала при этом максимально возможную площадь губчатой кости. Измерения МПК проводились в трехмерной области интереса толщиной 9 мм, в выделенной эллиптической области. Усредненные значения МПК, отложенные на возрастной нормативной кривой, а также риски повторных переломов экспортировались в виде стандартизованных отчетов в ЕРИС (Единый Радиологический Информационный Сервис) (рис. 1).

Калибровка КТ сканера по асинхронному фантому Model 4 проводилась ежемесячно в соответствии с рекомендациями [12].

Асинхронная методика QCT-ФК

Измерения МПК по методу QCT-ФК проводились для тех же пациентов и позвонков в программе просмотра изображений в ЕРИС с оценкой среднего значения HU внутри эллиптической стандартизированной области интереса, размер которой был сопоставим с размером области интереса для QCT (рис. 2). Так же, по аналогии с последовательностью измерений для QCT область интереса захватывала передние отделы тела позвонка, вещество губчатой кости без кортикального слоя и позвоночной вены. Полученные значения HU конвертировались в МПК по данным калибровки, полученным с помощью фантома РСК-ФК2.

Для построения калибровочной прямой проводилось сканирование полуантропоморфного фантома РСК-ФК2 [2]. Фантом содержит секции позвонков со значениями МПК (K_2HPO_4) 50,13; 100,18; 150,38 и 200,49 мг/мл с точностью задания объемной концентрации 0,5% (рис. 3, а). Калибровочная прямая пересчета HU в значения МПК строилась по усредненным результатам пятикратного сканирования фантома. В конструкцию фантома входят две парафиновые накладки, толщи-

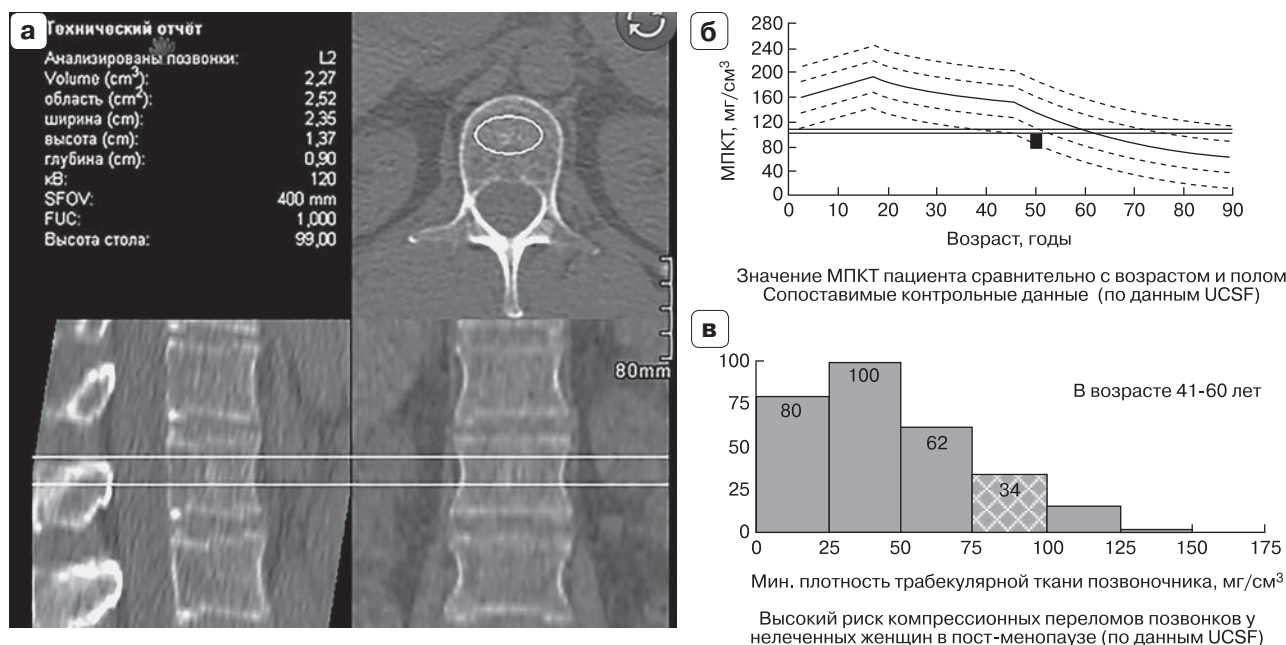
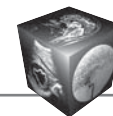
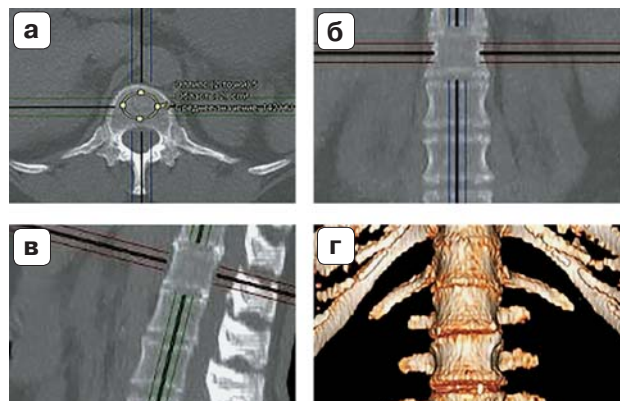


Рис. 1. Представление стандартизованного отчета определения МПК поясничного отдела позвоночника методом QCT из ЕРИС. **а** – локализация области интереса; **б** – измерения МПК на нормативной возрастной кривой; **в** – оценка риска переломов позвонков с учетом измеренной МПК.

Fig. 1. A URIS standardized report for assessment of lumbar vertebrae BMD by QCT. **а** – localized areas of interest; **б** – altered BMD on the reference age curve; **в** – fracture risks with reference to BMD changes.

Рис. 2. Пример позиционирования области интереса для оценки МПК на КТ-изображении пациента с использованием инструментов ЕРИС. **а** – аксиальная плоскость с результатами измерения HU в указанной области интереса; **б** – корональная плоскость; **в** – сагиттальная плоскость; **г** – 3D реконструкция.

Fig. 2. Localization of the area of interest to assess BMD on a CT image using URIS tools. **а** – axial plane with outcomes (HU) in the area of interest; **б** – coronal plane; **в** – sagittal plane; **г** – 3D reconstruction.



ной 38 мм, для моделирования подкожно-жировой клетчатки (ПЖК). Для построения калибровочной прямой использовались данные сканирования фантома с ПЖК, поскольку это более точно имитирует тканевой состав тела человека (рис. 3, б).

Для обоих методов QCT и QCT-ФК значения МПК получали усреднением измеренных значений, полученных для позвонков L_{I-II}, в ряде случаев Th_{XII}, L_{III}.

В данное исследование включались все пациенты старше 60 лет, которым было выполнено исследование QCT по направлению лечащего врача. Критерием исключения было наличие значимых изменений в позвонках Th_{XII}–L_{III} (метастатическое поражение, ортопедические конструкции и т.п.).

Исследования выполнялись в пределах одного месяца после калибровок КТ сканера для методик QCT и QCT-ФК, что позволило избежать необходимости повторной калибровки и связанных с этим возможных погрешностей. Распределение пациентов по группам “остеопороз” (МПК < 80 мг/мл), “остеопения” (80 < МПК < 120 мг/мл), “норма” (МПК > 120 мг/мл) проводилось по критериям American College of Radiology, 2018 revision 9 [13].

Данное исследование выполнено ретроспективно, результаты оценки МПК по методу QCT-ФК не влияли на постановку диагноза.

Статистический анализ сравнения МПК, полученный двумя методами, выполнен по методу

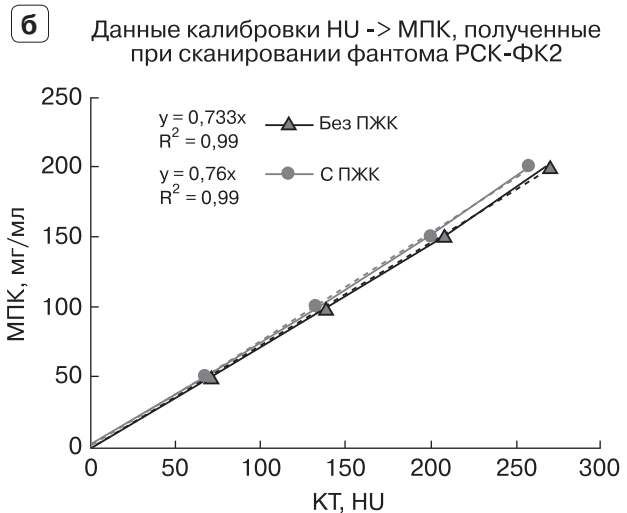
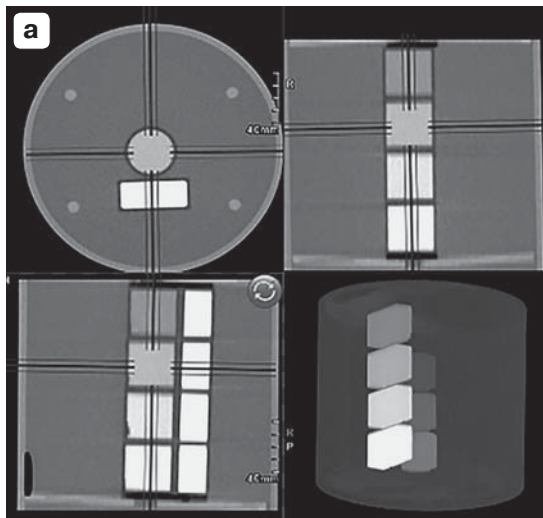


Рис. 3. Результаты сканирования фантома. **а** – КТ-изображения фантома РСК-ФК2 (мультипланарная реконструкция); **б** – калибровочная прямая в двух конфигурациях фантома с/без моделирования подкожно-жировой клетчатки (ПЖК).

Fig. 3. Results of the phantom scan. **a** – a CT image of the PHK phantom (multiplanar reconstitution); **b** – calibration line for phantom w/ and w/o subcutaneous adipose tissue (FAT).

Бленда–Альтмана и расчету коэффициента корреляции Пирсона. Сравнение распределения пациентов по группам норма/остеопения/остеопороз выполнялось с использованием непараметрического критерия Уилкоксона. Уровень значимости для всех критериев установлен $p < 0,05$.

Этическая экспертиза

По результату проведенной этической экспертизы на заседании НЭК МРО РОПР принято решение об одобрении данной публикации (протокол заседания независимого этического комитета, НЭК МРО РОПР от 17.09.2020 № 4/2020).

Результаты

По результатам пятикратного сканирования фантома были построены калибровочные прямые и определен поправочный коэффициент, определенный как угол наклона прямой для сканирования фантома с моделированием подкожно-жировой клетчатки (рис. 3). Рассчитанный поправочный коэффициент был равен $a = 0,765$ и использовался для пересчета измеренных внутри позвонков значений в HU в МПК у пациентов.

В исследование было включено 65 пациентов (11 мужчин, 54 женщины), которым ретроспективно выполнена оценка МПК методами QCT и QCT-ФК. Средний возраст пациентов составлял 64,6 лет, медиана 69,0 лет, 25%- и 75%-квартили 60 и 71 год.

При сравнении МПК позвонков пациентов по методам QCT и QCT-ФК была получена значимая

линейная корреляция Пирсона $R^2 = 0,977$ ($p < 0,05$) (рис. 4, а).

По результатам сравнения двух методов по критерию Бленда–Альтмана было показано отсутствие зависимости разности измерений от среднего значения МПК (коэффициенты линейной регрессии не имели статистически значимого отличия от нуля (рис. 4, б): для коэффициента наклона $p = 0,14$; для коэффициента смещения $p = 0,35$). Было показано статистически значимое смещение МПК при измерении методом QCT-ФК, равное $+4,50$ мг/мл ($p = 0,00$). Рассчитанное значение смещения может быть учтено при коррекции значений МПК, полученных методом QCT-ФК.

Стандартное отклонение разностей МПК, полученных методами QCT и QCT-ФК, составило 4,86 мг/мл, что соответствует 6,0% для значения МПК 80 мг/мл (уровень границы остеопороз/остеопения) и 4,0% для 120 мг/мл (уровень границы остеопения/норма).

Распределение пациентов по группам согласно критериям ACR при анализе по методу QCT составило 25 пациентов (38%) в группе “остеопороз”, 26 пациентов (40%) в группе “остеопения” (МПК < 80 мг/мл) и 14 пациентов (21%) в группе “норма” (рис. 5). Для QCT-ФК с корректировкой на 4,50 мг/мл распределение по группам составило 26 (40%), 24 (37%) и 15 (23%) человек, соответственно (см. рис. 5). Сравнение распределений пациентов по группам остеопороз/остеопения/норма, определенных двумя методами QCT и QCT-ФК с коррекцией на систематическое смещение,

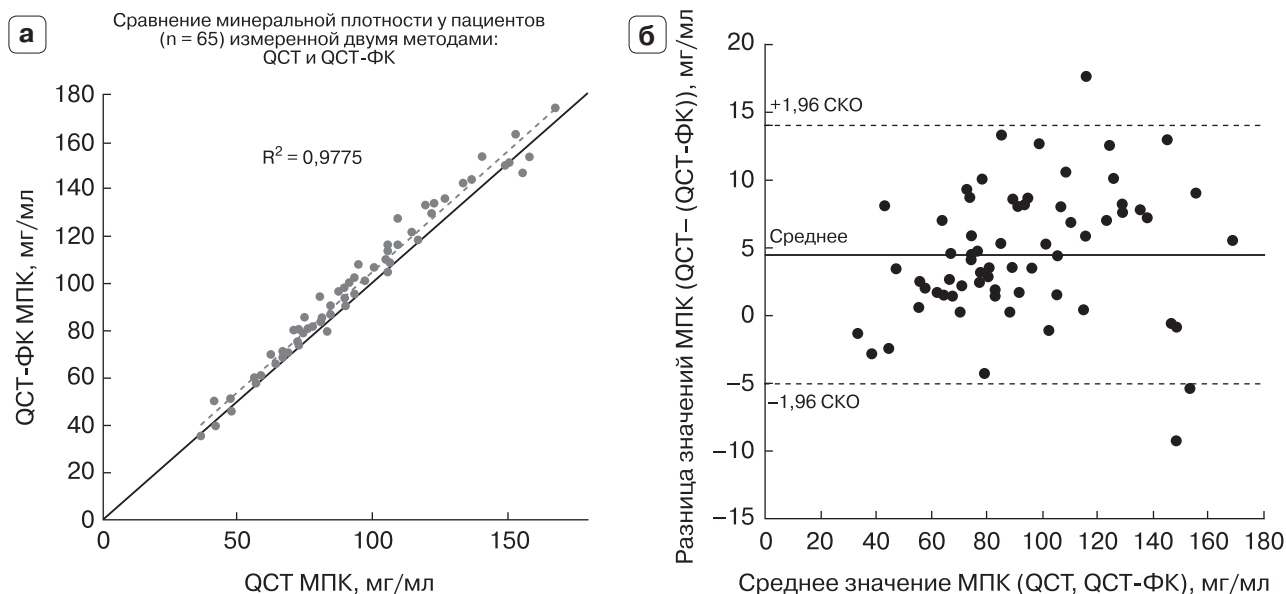
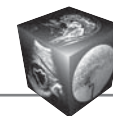


Рис. 4. Результаты сравнения измерений МПК двумя методами: QCT и QCT-ФК. **а** – линейная регрессия при сравнении МПК двумя методами; **б** – график Бленда-Альтмана.

Fig. 4. Comparison of QCT and QCT-PHK measurements of BMD. **a** – linear regression; **b** – Bland-Altman plot.

проведено с использованием непараметрического критерия Уилкоксона. В результате анализа показано отсутствие статистически значимых различий на уровне значимости $p < 0,05$.

Следует отметить время, затрачиваемое на проведение оценки в соответствии с каждым методом. Используя серверную версию программы QCT, врач-рентгенолог выполняет загрузку исследования из ЕРИС в специализированное ПО и проводит оценку МПК примерно за 10–15 мин, в то

время как, применяя метод QCT-ФК, он оценивает МПК за 3–5 мин используя инструменты ЕРИС без использования дополнительного программного обеспечения.

Обсуждение

Расширение парка КТ-сканеров и объемов выполняемых исследований предоставляет большое количество КТ изображений органов грудной клетки и брюшной полости доступное для оппортунистического скрининга остеопороза путем определения минеральной плотности костной ткани [1]. При этом требования к методике, наряду с точностью и быстротой анализа, – возможность определения МПК без сканирования пациента одновременно с калибровочным фантомом, что значительно упрощает выполнение исследования.

Наряду с внедренной в клиническую практику асинхронной методикой QCT [12] возможна оценка МПК другими методами без использования фантома во время сканирования. Например, применение двухэнергетической КТ с двухслойным (dual layers) детектором [10]. При сравнении методики, основанной на двухэнергетическом сканировании с асинхронной QCT Pro [10] была выявлена существенная корреляция ($r = 0,987$). Систематическое смещение значений МПК между двумя методами составило +2,81 мг/мл при использовании фантома ESP на основе гидроксипатита кальция [10], которое авторы исследования связывают с ошибкой из-за отсутствия учета

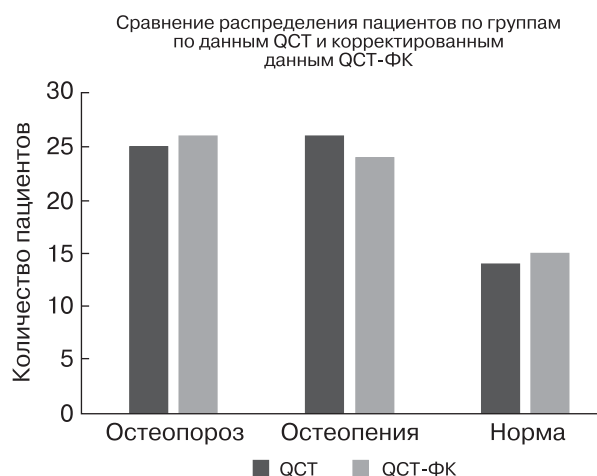


Рис. 5. Распределение пациентов в соответствии с критериями ACR. Сравнение прямой QCT и QCT-ФК.

Fig. 5. Distribution of patients in line with the ACR criteria. Comparison of QCT and QCT-PHK methods.



жировой фракции костного мозга, отмеченной и подтвержденной ранее в нескольких работах [14, 15]. По мнению авторов, эта ошибка может быть сведена к минимуму при использовании предлагаемой двухэнергетической КТ [10], однако двухэнергетические методики определения МПК ограничены небольшим количеством установленного оборудования (КТ с двухслойным, dual layers, детектором).

По данным литературы, ранее были проведены исследования, в которых для оценки МПК и риска переломов использовались только значения единиц Хаунсфилда, без дополнительного программного обеспечения [8]. Оценка МПК только по данным HU без проведения калибровки сканера привлекательна, но при этом ограничена точность методики: разбросы в определении HU при сканировании фантомов составили 68 HU для минеральной плотности 199,2 мг/мл, что составляет более 25% от средних показателей, приведенных для 20 сканеров [18]. Отмеченные нами ранее различия HU при проведении фантомных исследований и при оценке рентгеновской плотности у пациентов обусловлены особенностями режимов сканирования, использованием различных фильтров реконструкции (kernel) [19, 20, 21]. Приводятся практические рекомендации по созданию встроенного в матрас пациента калибровочного модуля с набором разведений хлорида кальция [21]. Это свидетельствует в пользу применения калибровки и поддержания стабильной работы сканера для оценки МПК, что зафиксировано в соответствующих позициях ISCD [16] на основе большого материала.

Разработанная методика QCT-ФК позволяет упростить процедуру расчета МПК по результатам выполненного исследования, проводя измерения в программе просмотра КТ-изображений в ЕРИС и расчете МПК по данным калибровки с помощью фантома РСК-ФК2 без привлечения дополнительного программного обеспечения.

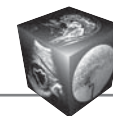
Одним из факторов сопоставимости результатов QCT и QCT-ФК можно отметить использование в обоих случаях калибровочных фантомов, моделирующих МПК растворами гидроортофосфата калия. В случае QCT – это был фантом модели 4 [12] – цилиндр с диаметром 4 см, содержащий раствор с высокой концентрацией K_2HPO_4 . Для проведения калибровочных измерений по методу QCT-ФК использовался фантом РСК-ФК2, цилиндр с диаметром 20 см заполненный водой с дополнительными парафиновыми накладками и вставками “позвонков” с концентрацией K_2HPO_4 в растворе от 50 до 550 мг/мл [2, 3]. Измерение МПК двумя методами проведено при идентичных

параметрах КТ-сканирования. Выявленное систематическое смещение при анализе по Бленду–Альтману (рис 4, б) вероятнее обусловлено различием конфигураций фантомов, которые применяются для калибровки по методам QCT и QCT-ФК (наличием у фантома QCT-ФК, в отличие от фантома QCT модели 4 [12], парафиновых накладок, имитирующих подкожно-жировую клетчатку). При этом оба фантома учитывают эффект усиления жесткости рентгеновского излучения (beam hardening). Полученная нами высокая корреляция $R^2 = 0,977$ и положительное смещение +4,86 мг/мл при сравнении методов в группе пациентов согласуются с данными полученными при использовании двухэнергетического сканирования $R^2 = 0,974$, смещение +2,81 мг/мл. Отмеченное положительное смещение, полученное в обеих работах может быть связано с более полным учетом Beam hardening эффекта по сравнению с асинхронной калибровкой QCT [12] и также влиянием жировой составляющей костного мозга, обсужденной выше [10].

Таким образом, разработка предложенной в данной работе методики QCT-ФК определения МПК по данным КТ-сканирования соответствует позиции Международного общества клинической денситометрии 2019 г., согласно которой КТ-денситометрия, основанная на измерении рентгеновской плотности с использованием сканируемого совместно с пациентом фантома, может быть заменена асинхронной калибровкой при условии поддержания стабильности работы сканера [16].

Учитывая большое количество КТ-исследований, выполняемых у пациентов группы риска развития остеопороза (женщины в постменопаузе и мужчины старше 50 лет, пациенты с эндокринными нарушениями, в том числе пациенты с сахарным диабетом, пациенты с обструктивной болезнью легких, бронхиальной астмой и др.) актуально широкое внедрение оппортунистического скрининга остеопороза с последующей оценкой вероятности переломов с использованием инструмента FRAX и направлением пациентов с низкой МПК к соответствующему специалисту или для выполнения рутинной денситометрии. С применением методики QCT-ФК это становится возможным без установки дополнительных программно-аппаратных комплексов QCT, необходимо лишь обеспечение доступа врача-рентгенолога только к ЕРИС. Это важно для своевременного начала лечения, профилактики развития патологических переломов, и таким образом – сохранения качества жизни пациента [11, 17].

Несмотря на описанные преимущества и отсутствие статистической значимости при сравнении



разработанной методики QCT-ФК со стандартным методом QCT, данное исследование имеет ряд ограничений: сравнения проведены только на одной модели томографа при определенных параметрах сканирования; нет данных по сравнению двух методик при проведении низкодозной КТ; не проведены исследования для более широкого возрастного диапазона пациентов.

Выводы

Предложенная в данной работе методика асинхронной КТ денситометрии QCT-ФК позволяет оценивать МПК тел поясничных позвонков сопоставимо с принятой в клинической практике методикой асинхронной QCT с использованием программного обеспечения от известного производителя. После дополнительных исследований данная методика может быть использована при проведении оппортунистического скрининга остеопороза, оценки минеральной плотности кости при выполнении КТ-исследования с другими целями (КТ органов грудной клетки, брюшной полости).

Участие авторов

Петрайкин А.В. – концепция и дизайн исследования, изготовление фантома РСК-ФК2, разработка метода QCT-ФК.

Сморчкова А.К. – проведение исследования, разработка метода QCT-ФК, написание текста.

Кудрявцев Н.Д. – разработка метода QCT-ФК, анализ и интерпретация полученных данных.

Сергунова К.А. – участие в научном дизайне.

Артюкова З.Р. – изготовление фантома РСК-ФК2, сбор и обработка данных, подготовка, создание опубликованной работы.

Абуладзе Л.Р. – сбор и обработка данных.

Яссин Л.Р. – сбор и обработка данных.

Петрайкин Ф.А. – статистическая обработка данных.

Лобанов М.Н. – участие в научном дизайне.

Николаев А.Е. – анализ и интерпретация полученных данных.

Хоружая А.Н. – подготовка и редактирование текста.

Семенов Д.С. – изготовление фантома РСК-ФК2, подготовка и редактирование текста.

Низовцова Л.А. – подготовка и редактирование текста.

Владимирский А.В. – консультативная поддержка, ответственность за целостность всех частей статьи.

Морозов С.П. – консультативная поддержка, утверждение окончательного варианта статьи.

Authors' participation

Petraikin A.V. – concept and design of the study, development of the PHK phantom, development of a QCT-PHK method.

Smorchkova A.K. – conducting research, development of a QCT-PHK method, writing text.

Kudryavtsev N.D. – development of a QCT-PK method, analysis and interpretation of the obtained data.

Sergunova K.A. – participation in scientific design.

Artyukova Z.R. – development of the PHK phantom, collection and analysis of data, preparation and creation of the published work.

Abduladze L.R. – collection and analysis of data.

Iassin L.R. – collection and analysis of data.

Petraikin F.A. – statistical analysis.

Lobanov M.N. – participation in scientific design.

Nikolayev A.E. – analysis and interpretation of the obtained data.

Khoruzhaya A.N. – preparation and creation of the published work.

Semenov D.S. – development of the PHK phantom, preparation and creation of the published work.

Nizovtsova L.A. – preparation and creation of the published work.

Vladymyrsky A.V. – consultative support, responsibility for the integrity of all parts of the article.

Morozov S.P. – consultative support, approval of the final version of the article.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта №20-015-00260.

Список литературы

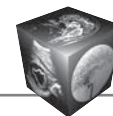
- Engelke K. Quantitative Computed Tomography – Current Status and New Developments. *J Clin Densitom.* 2017; 20 (3): 309–321. <https://doi.org/10.1016/j.jocd.2017.06.017>
- Петрайкин А.В., Смолячук М.Я., Петрайкин Ф.А., Низовцова Л.А., Артюкова З.Р., Сергунова К.А., Ахмад Е.С., Семенов Д.С., Владимирский А.В., Морозов С.П. Оценка точности денситометрических исследований. Применение фантома РСК ФК2. *Травматология и ортопедия России.* 2019; 25 (3): 124–134. <https://doi.org/10.21823/2311-2905-2019-25-3-124-134>
- Петрайкин А.В., Низовцова Л.А., Сергунова К.А., Ахмад Е.С., Семенов Д.С., Петрайкин Ф.А., Гомболевский В.А., Николаев А.Е., Кошурников Д.С., Титов Ю.И., Морозов С.П., Владимирский А.В. Оценка точности асинхронной компьютерной денситометрии по данным фантомного моделирования. *Радиология-практика.* 2019; 78 (6): 48–59.
- Brett A.D., Brown J.K. Quantitative computed tomography and opportunistic bone density screening by dual use of computed tomography scans. *J. Orthop. Transl.* 2015; 3 (4): 178–184. <https://doi.org/10.1016/j.jot.2015.08.006>
- Ziemlewicz T.J., Binkley N., Pickhardt P.J. Opportunistic Osteoporosis Screening: Addition of Quantitative CT Bone Mineral Density Evaluation to CT Colonography. *J. Am. Coll. Radiol.* 2015; 12 (10): 1036–1041. <https://doi.org/10.1016/j.jacr.2015.04.018>
- Therkildsen J., Winther S., Nissen L., Jørgensen H., Thygesen J., Ivarsen P., Frost L., Langdahl B., Hauge E., Boettcher M. Feasibility of Opportunistic Screening for Low Thoracic Bone Mineral Density in Patients Referred for Routine Cardiac CT. *J. Clin. Densitom.* 2020; 23 (1): 117–127. <https://doi.org/10.1016/j.jocd.2018.12.002>
- Lee S.J., Binkley N., Lubner M.G., Bruce R.J., Ziemlewicz T.J., Pickhardt P.J. Opportunistic screening for osteoporosis using the sagittal reconstruction from routine abdominal CT for combined assessment of vertebral fractures and density. *Osteoporos. Int.* 2016; 27 (3): 1131–1136. <https://doi.org/10.1007/s00198-015-3318-4>



8. Pickhardt P.J., Pooler B.D., Lauder T., del Rio A.M., Bruce R.J., Binkley N. Opportunistic screening for osteoporosis using abdominal computed tomography scans obtained for other indications. *Ann. Intern. Med.* 2013; 158 (8): 588–595. <https://doi.org/10.7326/0003-4819-158-8-201304160-00003>
9. Ziemlewicz T.J., Maciejewski A., Binkley N., Brett A.D., Brown J.K., Pickhardt P.J. Direct comparison of unenhanced and contrast-enhanced CT for opportunistic proximal femur bone mineral density measurement: Implications for osteoporosis screening. *Am. J. Roentgenol.* 2016; 206 (4): 694–698. <https://doi.org/10.2214/AJR.15.15128>
10. Roski F., Hammel J., Mei K., Baum T., Kirschke J., Laugerette A., Kopp F., Bodden J., Pfeiffer D., Pfeiffer F., Rummeny E., Noël P., Gersing A., Schwaiger B. Bone mineral density measurements derived from dual-layer spectral CT enable opportunistic screening for osteoporosis. *Eur. Radiol.* 2019; 29 (11): 6355–6363. <https://doi.org/10.1007/s00330-019-06263-z>
11. Лесняк О.М., Баранова И.А., Белова К.Ю., Гладкова Е.Н., Евстигнеева Л.П., Ершова О.Б., Каронова Т.Л., Кочиш А.Ю., Никитинская О.А., Скрипникова И.А., Торопцова Н.В., Арамисова Р.М.. Остеопороз в Российской Федерации: эпидемиология, медико-социальные и экономические аспекты проблемы (обзор литературы). *Травматология и ортопедия России.* 2018; 24 (1): 155–168. <https://doi.org/10.21823/2311-2905-2018-24-1-155-168>
12. Brown J.K., Timm W., Bodeen G., Chason A. Asynchronously Calibrated Quantitative Bone Densitometry. *J. Clin. Densitom.* 2017; 20 (2): 216–225. <https://doi.org/10.1016/j.jocd.2015.11.001>
13. The American College of Radiology. ACR–SPR–SSR Practice Parameter for the Performance of Musculoskeletal Quantitative Computed Tomography (QCT). <https://www.acr.org/-/media/ACR/Files/Practice-Parameters/QCT.pdf>. Published 2018.
14. Baum T., Yap S.P., Karampinos D.C., Nardo L., Kuo D., Burghardt A., Masharani U., Schwartz A., Li X., Link T. Does vertebral bone marrow fat content correlate with abdominal adipose tissue, lumbar spine bone mineral density, and blood biomarkers in women with type 2 diabetes mellitus? *J. Magn. Reson. Imaging.* 2012; 35 (1): 117–124. <https://doi.org/10.1002/jmri.22757>
15. Bredella M.A., Daley S.M., Kalra M.K., Brown J.K., Miller K.K., Torriani M. Marrow Adipose Tissue Quantification of the Lumbar Spine by Using Dual-Energy CT and Single-Voxel (1)H MR Spectroscopy: A Feasibility Study. *Radiology.* 2015; 277 (1): 230–235. <https://doi.org/10.1148/radiol.2015142876>
16. Shuhart C.R., Yeap S.S., Anderson P.A., Jankowski L.G., Lewiecki E.M., Morse L.R., Rosen H.N., Weber D.R., Zemel B.S., Shepherd J.A. Executive Summary of the 2019 ISCD Position Development Conference on Monitoring Treatment, DXA Cross-calibration and Least Significant Change, Spinal Cord Injury, Peri-prosthetic and Orthopedic Bone Health, Transgender Medicine, and Pediatrics. *J. Clin. Densitom.* 2019; 22 (4): 453–471. <https://doi.org/10.1016/j.jocd.2019.07.001>
17. Yates C.J., Chauchard M.A., Liew D., Bucknill A., Wark J.D. Bridging the osteoporosis treatment gap: Performance and cost-effectiveness of a fracture liaison service. *J. Clin. Densitom.* 2015; 18 (2): 150–156. <https://doi.org/10.1016/j.jocd.2015.01.003>
18. Engelke K., Lang T., Khosla S., Qin L., Zysset P., Leslie W.D., Shepherd J. A., Shousboe J. T. Clinical Use of Quantitative Computed Tomography-Based Advanced Techniques in the Management of Osteoporosis in Adults: the 2015 ISCD Official Positions-Part III. *J. Clin. Densitom.* 2015; 18 (3): 393–407. <https://doi.org/10.1016/j.jocd.2015.06.010>
19. Петрайкин А.В., Иванов Д.В., Ахмад Е.С., Сергунова К.А., Низовцова Л.А., Петрайкин Ф.А., Рыжов С.А., Кириллова И.В., Коссович Л.Ю., Бессонов Л.В., Доль А.В., Владимировский А.В., Харламов А.В. Фантомное моделирование для подбора оптимальных фильтров реконструкции в количественной компьютерной томографии. *Медицинская физика.* 2020; 2: 34–44.
20. Громов А.И., Петрайкин А.В., Кульберг Н.С., Ким С.Ю., Морозов С.П., Сергунова К.А., Усанов М.С. Проблема точности денситометрических показателей в современной многослойной компьютерной томографии. *Медицинская визуализация.* 2016; 6: 133–142.
21. Yudin A.L. A possible way to solve problems in CT densitometry. *Clin. Imaging.* 1995; 19 (3): 197–200.

References

1. Engelke K. Quantitative Computed Tomography – Current Status and New Developments. *J Clin Densitom.* 2017; 20 (3): 309–321. <https://doi.org/10.1016/j.jocd.2017.06.017>
2. Petraiikin A.V., Smoliarchuk M.Y., Petrayaykin F.A., Nizovtsova L.A., Artyukova Z.R., Sergunova K.A., Akhmad E.S., Semenov D.S., Vladzimirsky A.V., Morozov S.P. Assessment of the Accuracy of Densitometry Measurements Using DMA PP2 Phantom. *Traumatology and Orthopedics of Russia.* 2019; 25 (3): 124–134. (In Russian) <https://doi.org/10.21823/2311-2905-2019-25-3-124-134>
3. Petraiikin A.V., Nisovtsova L.A., Sergunova K.A., Akhmad E.S., Semenov D.S., Petrayaykin F.A., Gombolevsky V.A., Nikolaev A.E., Koshurnikov D.S., Titova Yu. I., Morozov S.P., Vladzimirsky A.V. Accuracy of asynchronous quantitative computed tomography by phantom modelling. *Radiology-practice.* 2019; 78 (6): 48–59. (In Russian)
4. Brett A.D., Brown J.K. Quantitative computed tomography and opportunistic bone density screening by dual use of computed tomography scans. *J. Orthop. Transl.* 2015; 3 (4): 178–184. <https://doi.org/10.1016/j.jot.2015.08.006>
5. Ziemlewicz T.J., Binkley N., Pickhardt P.J. Opportunistic Osteoporosis Screening: Addition of Quantitative CT Bone Mineral Density Evaluation to CT Colonography. *J. Am. Coll. Radiol.* 2015; 12 (10): 1036–1041. <https://doi.org/10.1016/j.jacr.2015.04.018>
6. Therkildsen J., Winther S., Nissen L., Jørgensen H., Thygesen J., Ivarsen P., Frost L., Langdahl B., Hauge E., Boettcher M. Feasibility of Opportunistic Screening for Low Thoracic Bone Mineral Density in Patients Referred for Routine Cardiac CT. *J. Clin. Densitom.* 2020; 23 (1): 117–127. <https://doi.org/10.1016/j.jocd.2018.12.002>
7. Lee S.J., Binkley N., Lubner M.G., Bruce R.J., Ziemlewicz T.J., Pickhardt P.J. Opportunistic screening for osteoporosis using the sagittal reconstruction from routine abdominal CT for combined assessment of vertebral fractures and density. *Osteoporos. Int.* 2016; 27 (3): 1131–1136. <https://doi.org/10.1007/s00198-015-3318-4>
8. Pickhardt P.J., Pooler B.D., Lauder T., del Rio A.M., Bruce R.J., Binkley N. Opportunistic screening for osteoporosis using abdominal computed tomography scans obtained for other indications. *Ann. Intern. Med.*



- 2013; 158 (8): 588–595. <https://doi.org/10.7326/0003-4819-158-8-201304160-00003>
9. Ziemlewicz T.J., Maciejewski A., Binkley N., Brett A.D., Brown J.K., Pickhardt P.J. Direct comparison of unenhanced and contrast-enhanced CT for opportunistic proximal femur bone mineral density measurement: Implications for osteoporosis screening. *Am. J. Roentgenol.* 2016; 206 (4): 694–698. <https://doi.org/10.2214/AJR.15.15128>
 10. Roski F., Hammel J., Mei K., Baum T., Kirschke J., Laugerette A., Kopp F., Bodden J., Pfeiffer D., Pfeiffer F., Rummeny E., Noël P., Gersing A., Schwaiger B. Bone mineral density measurements derived from dual-layer spectral CT enable opportunistic screening for osteoporosis. *Eur. Radiol.* 2019; 29 (11): 6355–6363. <https://doi.org/10.1007/s00330-019-06263-z>
 11. Lesnyak O.M., Baranova I.A., Belova K.Y., Gladkova E.N., Evstigneeva L.P., Ershova O.B., Karanova T.L., Kochish A.Yu., Nikitinskaya O.a., Skripnikova I.A., Toroptsova N.V., Aramisova R.M.. Osteoporosis in Russian Federation: Epidemiology, Socio-Medical and Economical Aspects (Review). *Traumatology and Orthopedics of Russia.* 2018; 24 (1): 155–168. <https://doi.org/10.21823/2311-2905-2018-24-1-155-168>
 12. Brown J.K., Timm W., Bodeen G., Chason A. Asynchronously Calibrated Quantitative Bone Densitometry. *J. Clin. Densitom.* 2017; 20 (2): 216–225. <https://doi.org/10.1016/j.jocd.2015.11.001>
 13. The American College of Radiology. ACR–SPR–SSR Practice Parameter for the Performance of Musculoskeletal Quantitative Computed Tomography (QCT). <https://www.acr.org/-/media/ACR/Files/Practice-Parameters/QCT.pdf>. Published 2018.
 14. Baum T., Yap S.P., Karampinos D.C., Nardo L., Kuo D., Burghardt A., Masharani U., Schwartz A., Li X., Link T. Does vertebral bone marrow fat content correlate with abdominal adipose tissue, lumbar spine bone mineral density, and blood biomarkers in women with type 2 diabetes mellitus? *J. Magn. Reson. Imaging.* 2012; 35 (1): 117–124. <https://doi.org/10.1002/jmri.22757>
 15. Bredella M.A., Daley S.M., Kalra M.K., Brown J.K., Miller K.K., Torriani M. Marrow Adipose Tissue Quantification of the Lumbar Spine by Using Dual-Energy CT and Single-Voxel (1)H MR Spectroscopy: A Feasibility Study. *Radiology.* 2015; 277 (1): 230–235. <https://doi.org/10.1148/radiol.2015142876>
 16. Shuhart C.R., Yeap S.S., Anderson P.A., Jankowski L.G., Lewiecki E.M., Morse L.R., Rosen H.N., Weber D.R., Zemel B.S., Shepherd J.A. Executive Summary of the 2019 ISCD Position Development Conference on Monitoring Treatment, DXA Cross-calibration and Least Significant Change, Spinal Cord Injury, Peri-prosthetic and Orthopedic Bone Health, Transgender Medicine, and Pediatrics. *J. Clin. Densitom.* 2019; 22 (4): 453–471. <https://doi.org/10.1016/j.jocd.2019.07.001>
 17. Yates C.J., Chauchard M.A., Liew D., Bucknill A., Wark J.D. Bridging the osteoporosis treatment gap: Performance and cost-effectiveness of a fracture liaison service. *J. Clin. Densitom.* 2015; 18 (2): 150–156. <https://doi.org/10.1016/j.jocd.2015.01.003>
 18. Engelke K., Lang T., Khosla S., Qin L., Zysset P., Leslie W.D., Shepherd J. A., Shousboe J. T. Clinical Use of Quantitative Computed Tomography-Based Advanced Techniques in the Management of Osteoporosis in Adults: the 2015 ISCD Official Positions-Part III. *J. Clin. Densitom.* 2015; 18 (3): 393–407. <https://doi.org/10.1016/j.jocd.2015.06.010>
 19. Petraikin A.V., Ivanov D.V., Akhmad E.S., Sergunova K.A., Nizovtsova L.A., Petryaykin F.A., Ruzov S.A., Kirilova I.V., Kossovich L.Yu., Bessonov L.V., Dol A.V., Vladzmyrskyy A.V., Harlamov A.V. Phantom modeling for selection of optimum reconstruction filters in the quantitative computer tomography. *Medicinskaya Fizika = Medical Physics.* 2020; 2: 34–44. (In Russian)
 20. Gromov A.I., Petraikin A.V., Kulberg N.S., Kim S.Yu., Morozov S.P., Sergunova K.A., Usanov M.S. The Problem of X-Ray Attenuation Estimation Accuracy in Multislice Computed Tomography. *Medical Visualization.* 2016; 6: 133–142. (In Russian)
 21. Yudin A.L. A possible way to solve problems in CT densitometry. *Clin. Imaging.* 1995; 19 (3): 197–200.

Для корреспонденции*: Петрайкин Алексей Владимирович – 109029 Москва, ул. Средняя Калитниковская, д. 28, стр. 1, Российская Федерация. ГБУЗ “Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий ДЗМ”. Тел.: +7-926-575-46-02. E-mail: alexeypetraikin@gmail.com

Петрайкин Алексей Владимирович – канд. мед. наук, доцент, ведущий научный сотрудник отдела инновационных технологий ГБУЗ “Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий ДЗМ”, Москва. <http://orcid.org/0000-0003-1694-4682>. E-mail: alexeypetraikin@gmail.com

Сморчкова Анастасия Кирилловна – ординатор кафедры лучевой диагностики и лучевой терапии ФГБУ ДПО “Центральная государственная медицинская академия” Управления делами Президента Российской Федерации, Москва. <http://orcid.org/0000-0002-9766-3390>. E-mail: smanki97@gmail.com

Кудрявцев Никита Дмитриевич – младший научный сотрудник отдела инновационных технологий ГБУЗ “Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий ДЗМ”, Москва. <https://orcid.org/0000-0003-4203-0630>. E-mail: n.kudryavtsev@nrcmr.ru

Сергунова Кристина Анатольевна – канд. техн. наук, руководитель отдела инновационных технологий ГБУЗ “Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий ДЗМ”, Москва. <http://orcid.org/0000-0002-9596-7278>. E-mail: sergunova@nrcmr.ru

Артюкова Злата Романовна – инженер, ординатор кафедры лучевой диагностики и лучевой терапии ГБУЗ “Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий ДЗМ”; ФГБУ ДПО “Центральная государственная медицинская академия” Управления делами Президента Российской Федерации, Москва. <http://orcid.org/0000-0003-2960-9787>. E-mail: zl.artukova@gmail.com

Абуладзе Лия Руслановна – студент института клинической медицины ФГАОУ ВО “Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России” (Сеченовский Университет), Москва. <https://orcid.org/0000-0001-6745-1672>. E-mail: drliaabuladze@gmail.com

Яссин Лейла Раедовна – студент института клинической медицины ФГАОУ ВО “Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России” (Сеченовский Университет), Москва. <https://orcid.org/0000-0002-2772-1401>. E-mail: yassin.leila@yandex.ru



Петрайкин Фёдор Алексеевич – аспирант факультета фундаментальной медицины Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова, Москва. <http://orcid.org/0000-0001-6923-3839>. Email: feda.petraykin@gmail.com

Лобанов Михаил Николаевич – канд. мед. наук, исполняющий обязанности заведующего организационно-методическим отделом ГБУЗ “Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий ДЗМ”, Москва. <http://orcid.org/0000-0003-4748-7808>. E-mail: m.lobanov@npcmr.ru

Николаев Александр Евгеньевич – младший научный сотрудник отдела развития качества радиологии ГБУЗ “Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий ДЗМ”, Москва. <https://orcid.org/0000-0001-5151-4579>. E-mail: a.nikolaev@npcmr.ru

Хоружая Анна Николаевна – младший научный сотрудник отдела инновационных технологий ГБУЗ “Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий ДЗМ”, Москва. <https://orcid.org/0000-0003-4857-5404>. E-mail: a.khoruzhaya@npcmr.ru

Семенов Дмитрий Сергеевич – научный сотрудник отдела инновационных технологий ГБУЗ “Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий ДЗМ”, Москва. <http://orcid.org/0000-0002-4293-2514>. E-mail: d.semenov@npcmr.ru

Низовцова Людмила Арсеньевна – доктор мед. наук, профессор, главный научный сотрудник отдела координации научной деятельности ГБУЗ “Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий ДЗМ”, Москва. <https://orcid.org/0000-0002-9614-450>. E-mail: nizovtsova@npcmr.ru

Владимирский Антон Вячеславович – доктор мед. наук, заместитель директора по научной работе ГБУЗ “Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий ДЗМ”, Москва. <http://orcid.org/0000-0002-2990-7736>. E-mail: a.vladimirsky@npcmr.ru

Морозов Сергей Павлович – доктор мед. наук, профессор, директор ГБУЗ “Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий ДЗМ”, Москва. <http://orcid.org/0000-0001-6545-6170>. E-mail: morozov@npcmr.ru

Contact*: Alexey V. Petraiкин – 16/26, str. 1, Raskovoy str. 125124, Moscow, Russian Federation. Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of the Moscow Health Care Department. Phone: +7-926-575-46-02. E-mail: alexeypetraiкин@gmail.com

Alexey V. Petraiкин – Cand. of Sci. (Med.), Associate Professor, Leading Researcher of the Department of Innovation Technology Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of the Moscow Health Care Department, Moscow. <http://orcid.org/0000-0003-1694-4682>. E-mail: alexeypetraiкин@gmail.com

Anastasia K. Smorchkova – Student of the Department of Radiology of Federal State Budgetary Institution “Central State Medical Academy” of the Administrative Department of the President of the Russian Federation”, Moscow. <http://orcid.org/0000-0002-9766-3390>. E-mail: smanki97@gmail.com

Nikita D. Kudryavtsev – Junior Researcher of the Department of Innovation Technology of Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of the Moscow Health Care Department, Moscow. <https://orcid.org/0000-0003-4203-0630>. E-mail: n.kudryavtsev@npcmr.ru

Kristina A. Sergunova – Cand. of Sci. (Tech.), Head of the Department of Innovation Technology of Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of the Moscow Health Care Department, Moscow. <http://orcid.org/0000-0002-9596-7278>. E-mail: sergunova@npcmr.ru

Zlata R. Artyukova – Engineer, Student of the Department of Radiology of Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of the Moscow Health Care Department; Federal State Budgetary Institution “Central State Medical Academy” of the Administrative Department of the President of the Russian Federation”, Moscow. <http://orcid.org/0000-0003-2960-9787>. E-mail: zl.artyukova@gmail.com

Liya R. Abuladze – Student of Institute of Clinical Medicine I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow. <https://orcid.org/0000-0001-6745-1672>. E-mail: drliaabuladze@gmail.com

Leila R. Iassin – Student of Institute of Clinical Medicine I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow. <https://orcid.org/0000-0002-2772-1401>. E-mail: yassin.leila@yandex.ru

Fedor A. Petraiкин – Graduate student of Faculty of Fundamental Medicine of Lomonosov Moscow State University, Moscow. <http://orcid.org/0000-0001-6923-3839>. Email: feda.petraykin@gmail.com

Mihail N. Lobanov – Cand. of Sci. (Med.), acting head of the Department of organizational and methodological of Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of the Moscow Health Care Department, Moscow. <http://orcid.org/0000-0003-4748-7808>. E-mail: m.lobanov@npcmr.ru

Alexander E. Nikolaev – Junior Researcher of the Department of Radiology Quality Development of Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of the Moscow Health Care Department, Moscow. <https://orcid.org/0000-0001-5151-4579>. E-mail: a.nikolaev@npcmr.ru

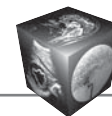
Anna N. Khoruzhaya – Junior Researcher of the Department of Innovation Technology of Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of the Moscow Health Care Department, Moscow. <https://orcid.org/0000-0003-4857-5404>. E-mail: a.khoruzhaya@npcmr.ru

Dmitry S. Semenov – Researcher of the Department of Innovation Technology of Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of the Moscow Health Care Department, Moscow. <http://orcid.org/0000-0002-4293-2514>. E-mail: d.semenov@npcmr.ru

Lyudmila A. Nisovstova – Doct. of Sci. (Med.), Professor, General Researcher of the Department of Science Coordination of Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of the Moscow Health Care Department, Moscow. <https://orcid.org/0000-0002-9614-450>. E-mail: nizovtsova@npcmr.ru

Anton V. Vladzimirsky – Doct. of Sci. (Med.), Deputy Director of Science of Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of the Moscow Health Care Department, Moscow. <http://orcid.org/0000-0002-2990-7736>. E-mail: a.vladzimirsky@npcmr.ru

Sergey P. Morozov – Doct. of Sci. (Med.), Professor, Head of Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of the Moscow Health Care Department, Moscow. <http://orcid.org/0000-0001-6545-6170>. E-mail: morozov@npcmr.ru



ISSN 1607-0763 (Print); ISSN 2408-9516 (Online)
<https://doi.org/10.24835/1607-0763-2020-4-119-132>

Плотность кальцификации при компьютерной томографии в зависимости от параметров сканирования: фантомное исследование

© Николаев А.Е.^{1*}, Коркунова О.А.¹, Блохин И.А.¹, Петрайкин А.В.¹,
 Никифорова М.В.², Гирько А.О.³, Дягилева Е.А.⁴, Сучилова М.М.¹,
 Груздев И.С.⁵, Першина Е.С.⁶, Силин А.Ю.¹, Гомболевский В.А.¹, Морозов С.П.¹

¹ ГБУЗ “Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий ДЗ города Москвы”; 125124 Москва, ул. Расковой, д. 16/26, Российская Федерация

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

³ ГБУЗ “Московский клинический научный центр имени А.С. Логинова ДЗ города Москвы”; 111123 Москва, шоссе Энтузиастов, 86, Российская Федерация

⁴ ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет); 119991 Москва, ул. Трубецкая, д. 8, стр. 2, Российская Федерация

⁵ ФГБУ “Национальный медицинский исследовательский центр хирургии имени А.В. Вишневского” Минздрава России; 117997 Москва, ул. Большая Серпуховская, д. 27, Российская Федерация

⁶ ГБУЗ города Москвы “ГКБ №1 имени Н.И. Пирогова ДЗ города Москвы”; 119049 Москва, Ленинский проспект, 8, Российская Федерация

Цель исследования: оценить на фантомах изменения плотности, индекса Агатстона, объемного коронарного индекса, массы фосфата коронарного кальция при разных параметрах сканирования.

Материал и методы. В исследовании использовались 8 инсулиновых шприцев объемом 1 мл, наполненных раствором гидроортофосфата калия, с разными характеристиками плотности. В дальнейшем данные шприцы на равном расстоянии друг от друга были помещены в два фантома: фантом 1-го типа – бокс, заполненный водой, фантом 2-го типа – Chest Phantom N1 “LUNGMAN”.

Фантомы были просканированы при помощи компьютерного томографа Philips Ingenuity Elite 128 срезов по протоколам с разным напряжением (80, 100, 120, 140 кВ), силой тока (27–45, 166, 330–400 мА), толщиной среза (0,625, 1, 2,5, 3 мм).

Результаты. Получены показатели плотности, индекса Агатстона при различных параметрах сканирования (напряжение, сила тока, толщина среза) для разных факторов плотности кальцификации в фантомах 1-го и 2-го типа.

Результаты представлены в виде таблицы со средними значениями плотности, стандартным отклонением (SD), индексом Агатстона коронарного кальция и параметрами сканирования.

Заключение. Исследование демонстрирует вариативность показателей факторов коронарного кальция при их оценке на различных параметрах сканирования. Полученную информацию возможно использовать на практике для более точного подсчета коронарного кальция вне зависимости от параметров сканирования.

Ключевые слова: коронарный кальций, ультра-НДКТ, низкодозная компьютерная томография, скрининг рака легкого, факторы кальцификации

Конфликт интересов: авторы заявляют, что предмет и содержание данного исследования не затрагивают конкурирующих интересов.

Финансирование: исследование не финансировалось какими-либо источниками.

Для цитирования: Николаев А.Е., Коркунова О.А., Блохин И.А., Петрайкин А.В., Никифорова М.В., Гирько А.О., Дягилева Е.А., Сучилова М.М., Груздев И.С., Першина Е.С., Силин А.Ю., Гомболевский В.А., Морозов С.П. Плотность кальцификации при компьютерной томографии в зависимости от параметров сканирования: фантомное исследование. *Медицинская визуализация*. 2020; 24 (4): 119–132.
<https://doi.org/10.24835/1607-0763-2020-4-119-132>

Поступила в редакцию: 18.03.2020. **Принята к печати:** 31.05.2020. **Опубликована online:** 10.12.2020.



Calcification density on computed tomography depending on scanning parameters: phantom study

© Aleksandr E. Nikolaev^{1*}, Olga A. Korkunova¹, Ivan A. Blokhin¹, Alexey V. Petraykin¹, Marina V. Nikiforova², Aleksandr O. Gir'ko³, Elena A. Dyagileva⁴, Maria M. Suchilova¹, Ivan S. Gruzdev⁵, Ekaterina S. Pershina⁶, Anton Yu. Silin¹, Viktor A. Gomboleviskiy¹, Sergey P. Morozov¹

¹ Research and Practical Clinical center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of the Moscow Health Care Department; 16/26, Raskovoy str., Moscow, 125124, Russian Federation

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

³ Moscow Clinical Scientific Center named after Loginov; 86, Enthusiasts hw., Moscow, 111123, Russian Federation

⁴ I.M. Sechenov First Moscow State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation (Sechenov University); 8, b.2, Trubetskaya str., Moscow, 119991, Russian Federation

⁵ A.V. Vishnevsky National Medical Research Center of Surgery; 27, Bol'shaya Serpukhovskaya str., Moscow, 117997, Russian Federation

⁶ Pirogov City Clinical Hospital №1; 8, Leninsky Prospekt, 117049, Moscow, Russian Federation

Purpose of research. The aim of the study is to evaluate changes in density, Agatston score, Volume and Mass scores of coronary calcium at different scanning parameters using phantom measurement.

Materials and methods. 8 1-ml insulin syringes filled with potassium hydroorthophosphate solution of different densities were used in the study. The syringes were placed at regular intervals into two phantoms: type 1 phantom – container filled with water; type 2 phantom – Chest Phantom N1 “LUNGMAN”. The phantoms were scanned with a Philips Ingenuity Elite CT 128 scanner using protocols with different voltages (80, 100, 120, 140 kV), amperage (27–45, 166, 330–400 mA), and slice thickness (0.625, 1, 2.5, 3 mm).

Results. Density and Agatston indexes were obtained at different scanning parameters (voltage, amperage, slice thickness) for different factors of calcification density in both phantoms.

The results are presented as a table with mean density values, standard deviation (SD), Agatston score of coronary calcium, and scanning parameters.

Conclusion. The study demonstrates the influence of various scanning parameters on coronary artery calcium scoring results. The obtained information can be used in practice for more accurate quantification of coronary artery calcium, regardless of the scanning parameters.

Keywords: coronary calcium, ultra-LDCT, low-dose computed tomography, lung cancer screening, calcification factors

Conflict of interest: the authors state that the subject and content of this study do not affect competing interests.

Financing: the study was not funded by any sources.

For citation: Nikolaev A.E., Korkunova O.A., Blokhin I.A., Petraykin A.V., Nikiforova M.V., Gir'ko A.O., Dyagileva E.A., Suchilova M.M., Gruzdev I.S., Pershina E.S., Silin A.Yu., Gomboleviskiy V.A., Morozov S.P. Calcification density on computed tomography depending on scanning parameters: phantom study. *Medical Visualization*. 2020; 24 (4): 119–132. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-2020-4-119-132>

Received: 18.03.2020.

Accepted for publication: 31.05.2020.

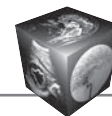
Published online: 10.12.2020.

Введение

Одной из наиболее частых причин смертности в развитых странах является ишемическая болезнь сердца (ИБС), предиктор которой – степень кальцификации коронарных артерий. В международных популяционных исследованиях отражена взаимосвязь между показателем коронарного кальциноза и развитием осложнений сердечно-сосудистых заболеваний [1].

Стратификация риска ИБС у некоторых категорий больных возможна с помощью определения степени кальцификации коронарных артерий. При показателе кальциевого индекса более 300 ед. по шкале Агатстона имеется высокая вероятность наличия гемодинамически значимых стенозов, а следовательно, и высокий риск ИБС [1–3].

Также повышенный риск развития сердечно-сосудистых заболеваний, таких как артериальная



гипертензия, инфаркт миокарда, и развитие их осложнений (вплоть до летальных исходов) ассоциированы с кальцификацией грудного отдела аорты. В зарубежных исследованиях степень аортальной кальцификации проводится по методике Агатстона [4].

В рутинной практике для выявления кальцинированных, смешанных и мягких бляшек при исследовании коронарных артерий выполняются компьютерная томография (КТ) с ЭКГ-синхронизацией (для оценки первого типа бляшек), а также КТ-коронарография (для оценки всех типов бляшек). Кальцификация коронарных артерий часто встречается при рутинной КТ, что является клинически важной случайной находкой [5].

В работах зарубежных и российских авторов показана возможность раннего выявления клинически значимых изменений сердечно-сосудистой системы, включая кальцификацию коронарных артерий, с помощью скрининговой низкодозовой компьютерной томографии (НДКТ) органов грудной клетки [6–8].

Выявление коронарного кальциноза целесообразно проводить в виде дополнительного обследования в рамках программ скрининга, используя либо визуальную оценку, либо количественную, если это позволяет качество изображений [9]. Пациентам, в анамнезе которых отсутствуют симптомы ИБС, в последние годы рекомендовано проведение скрининга с оценкой индекса коронарного кальция [1].

Методики подсчета коронарного индекса

В настоящее время широко используемыми методиками оценки коронарного кальция являются оценка кальциевого индекса (КИ) по методике Агатстона, объемного КИ, массы фосфата кальция.

Кальциевый индекс по методике Агатстона является методикой количественной оценки степени кальцификации коронарных артерий по результатам КТ. Артур Агатстон в 1990 г. предложил данный стандартизованный подсчет КИ по сумме индексов на разных срезах, равных произведению площади участка кальцификации в проекции коронарной артерии на фактор плотности [10].

$$\text{КИ} = (S_1 \cdot F_1) + (S_2 \cdot F_2) + (S_3 \cdot F_3) + \dots,$$

где S – площадь кальцинации, F – фактор плотности.

Факторы плотности:

- для кальцификатов плотностью 130–199 HU фактор плотности составляет 1;
- для кальцификатов плотностью 200–299 HU фактор плотности составляет 2;

• для кальцификатов плотностью 300–399 HU фактор плотности составляет 3;

• для кальцификатов плотностью от 400 HU фактор плотности составляет 4.

В 1999 г. J.A. Rumberger и соавт. представили классическую градацию тяжести кальциноза коронарных артерий у бессимптомных пациентов, которая также направляла дальнейшую тактику ведения пациента [11]. T.Q. Callister и соавт. в 1998 г. предложили алгоритм расчета объемного КИ (суммарный объем всех вокселей) – произведение объема одного вокселя на разных КТ-срезах на все воксели с плотностью >130 HU.

Объемный КИ =

$$= (V_1 \cdot N_1) + (V_2 \cdot N_2) + (V_3 \cdot N_3) + \dots,$$

где V – объем кальцината, N – число вокселей с плотностью >130 HU.

Масса фосфата кальция была предложена в 1997 г. H.C. Yoon и рассчитывается как сумма всех кальцинатов в проекции коронарных артерий, масса которых исчисляется соответственно в миллиграммах [12].

Предпосылки для вариабельности измерений

КТ является крупнейшим источником излучения в развитых странах [13], так как на нее приходится наибольшая суммарная эффективная доза ($>50\%$) от всех радиологических исследований, несмотря на то что КТ составляет 15% от всех методов медицинской визуализации [14, 15].

Принцип ALARA в рамках задачи по оптимизации эффективной дозы с учетом клинических показаний привел к созданию низкодозовых протоколов КТ. При этом основным аспектом являлось сохранение такого качества изображений, которое не сказывалось бы негативно при их интерпретации [16]. Важно отметить, что изменения, вносимые в протоколы сканирования, ведут к изменению параметров плотности органов и тканей, визуализируемых на компьютерной томограмме. Данный факт был наглядно продемонстрирован в исследовании, проведенном D.J. Rhee и соавт. [17].

В данном исследовании было показано, что шум влияет на изображение значительнее, чем разность сечений от различных энергий фотонов, так как для большинства структур разность плотностей одинакова, за исключением воздуха из-за его низкой плотности [17].

Поскольку НДКТ – диагностический метод с низким уровнем лучевой нагрузки, он используется повсеместно, особенно в скрининге рака легких, педиатрической радиологии, визуализации сердца с итеративной реконструкцией, лучевой терапии, гибридной визуализации. Поэтому рентгено-



логам важно достоверно оценивать плотность по данным КТ и НДКТ.

Недавно появилось оригинальное решение: спектральная КТ, имеющая детектор, ретроспективно генерирующий несколько слоев спектральных данных за одно низкодозовое сканирование. Полностью адаптированное решение, готовое к работе на практике, обеспечивает высокое диагностическое качество [18]. Надежность клинических результатов повышается, и уже при первом сканировании возможен правильный диагноз.

В медицинской литературе мы не нашли сведений об изменениях плотности гиперденсных структур, индекса Агатстона в зависимости от изменения напряжения, силы тока, толщины среза во время сканирования, готовых к использованию в качестве практического пособия врачами-рентгенологами.

Цель исследования

Оценить на фантомах изменения плотности, индекса Агатстона коронарного кальция при разных параметрах сканирования (напряжение, сила тока, толщина среза).

Материал и методы

Для исследования 8 инсулиновых шприцев были наполнены раствором гидроортофосфата калия с разными характеристиками плотности (табл. 1).

В дальнейшем данные шприцы на равном расстоянии друг от друга были помещены в бокс (фантом 1-го типа), заполненный водой, а также помещены в Chest Phantom N1 "LUNGMAN" и прикреплены вокруг сердца (фантом 2-го типа), которые представлены на рис. 1.

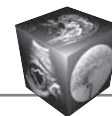
Таблица 1. Характеристики плотности 8 инсулиновых шприцев, наполненных раствором гидроортофосфата калия
Table 1. Density characteristics of the eight insulin syringes filled with potassium hydroorthophosphate solution

№ шприца	1	2	3	4	5	6	7	8
Плотность, мг/мл	50	100	150	200	250	350	400	450



Рис. 1. Представлены фантомы 1-го и 2-го типа.

Fig. 1. Type 1 and type 2 phantoms.



В дальнейшем фантомы были просканированы при помощи компьютерного томографа Philips Ingenuity Elite 128 срезов по протоколам с разным напряжением (80, 100, 120, 140 кВ), силой тока (27–45, 166, 330–400 мА), толщиной среза (0,625, 1, 2,5, 3 мм), что представлено в табл. 2, 3 для фантома 1-го и 2-го типа соответственно.

Ретроспективный анализ изображений в стандарте DICOM 3 проведен с помощью программного обеспечения OsiriX MD (v.5.5.1 64-bit). Плотность содержимого шприца измерялась в аксиальном сечении в центре шприца в фантомах 1-го и 2-го типа, как представлено на рис. 2. Для количественной оценки коронарного кальция применяли плагины Coronary Calcium (см. рис. 2).

Для фантома 1-го типа изучались плотностные и количественные показатели для шприцев № 2, 3, 5, 7, а для фантома 2-го типа – № 2, 4, 6, 8. Из оценки шприцы № 1, 4, 6, 8 для фантома 1-го типа и № 1, 3, 5, 7 для фантома 2-го типа были исключены по разным причинам, представленным ниже.

Шприц № 1 для фантома 1-го типа был исключен по причине низких плотностных показателей (меньше на 40 ед.Н, чем нижний крайний показатель для фактора 1 кальцификации). Для фантома 1-го типа из оценки шприцы № 4, 6 были исключены по причине пограничной плотности – 299 и 499 ед.Н для стандартного сканирования на

предмет оценки коронарного кальция. Шприц № 8 для фантома 1-го типа был исключен по причине высоких плотностных показателей, а именно больше на 100 ед.Н., чем максимальный показатель для фактора 4 кальцификации.

Для фантома 2-го типа из оценки были исключены шприцы № 3, 5, 7 по причине перпендикулярного расположения в базальной части сердца по отношению к остальным шприцам, что повлекло нелинейное увеличение при оценке плотности и количественных показателей. Шприц № 1 для фантома 2-го типа, несмотря на вертикальное схожее расположение по отношению к шприцам № 2, 4, 6, 8, был исключен из оценки по причине совокупности высокого уровня шума и низких плотностных показателей, что не позволяло проводить количественную оценку индекса Агатстона, объемного коронарного индекса, массы коронарного кальция.

Оценку индекса Агатстона и плотности определяли на 10 последовательных срезах в шприцах № 2, 3, 5, 7 для фантома 1-го типа, № 2, 4, 6, 8 для фантома 2-го типа. Плотность внутри шприца измерялась при помощи установки круга площадью 10 мм² в центре шприца. В центре шприца в фантомах 1-го и 2-го типа устанавливали курсор для полуавтоматической оценки, как представлено на изображении 2. Стандартное отклонение для оценки уровня шума исследования измерялось

Таблица 2. Протоколы сканирования для фантома 1-го типа

Table 2. The scanning protocols for type 1 phantom

Протокол сканирования	Вольтаж, кВ	Толщина среза, мм	Сила тока, мА
№1a	140	0,625	27
№1b	140	1	27
№1c	140	2,5	27
№1d	140	3	27
№2a	140	0,625	330
№2b	140	1	330
№2c	140	2,5	330
№2d	140	3	330
№3a	120	0,625	385
№3b	120	1	385
№3c	120	2,5	385
№3d	120	3	385
№4a	100	0,625	385
№4b	100	1	385
№4c	100	2,5	385
№4d	100	3	385
№5a	80	0,625	166
№5b	80	1	166
№5c	80	2,5	166
№5d	80	3	166

Таблица 3. Протоколы сканирования для фантома 2-го типа

Table 3. The scanning protocols for type 2 phantom

Протокол сканирования	Вольтаж, кВ	Толщина среза, мм	Сила тока, мА
№1a	140	0,625	27
№1b	140	1	27
№1c	140	2,5	27
№1d	140	3	27
№2a	140	0,625	333
№2b	140	1	333
№2c	140	2,5	333
№2d	140	3	333
№3a	120	0,625	389
№3b	120	1	389
№3c	120	2,5	389
№3d	120	3	389
№4a	100	0,625	389
№4b	100	1	389
№4c	100	2,5	389
№4d	100	3	389
№5a	80	0,625	400
№5b	80	1	400
№5c	80	2,5	400
№5d	80	3	400

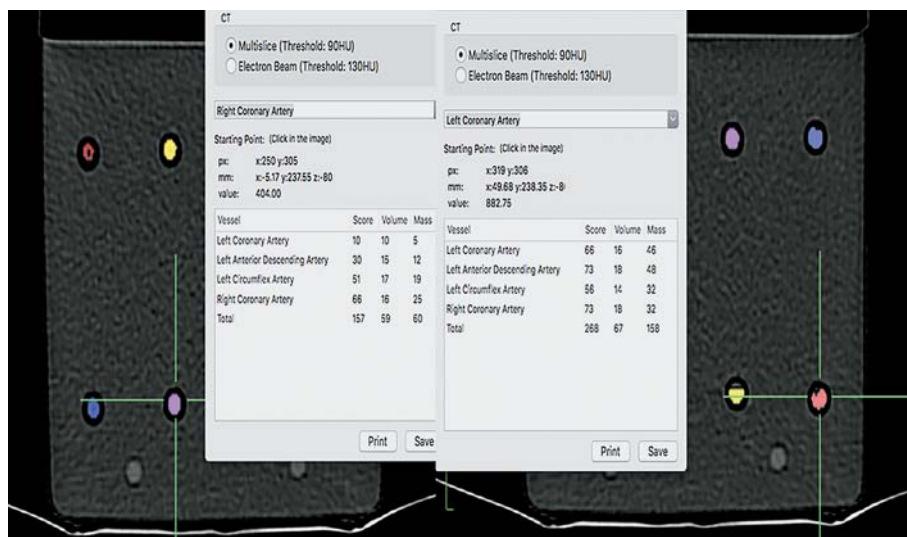


Рис. 2. Полуавтоматический анализ коронарного кальция в фантоме 1-го типа.

Fig. 2. Semi-automatic coronary calcium analysis for type 1 phantom.

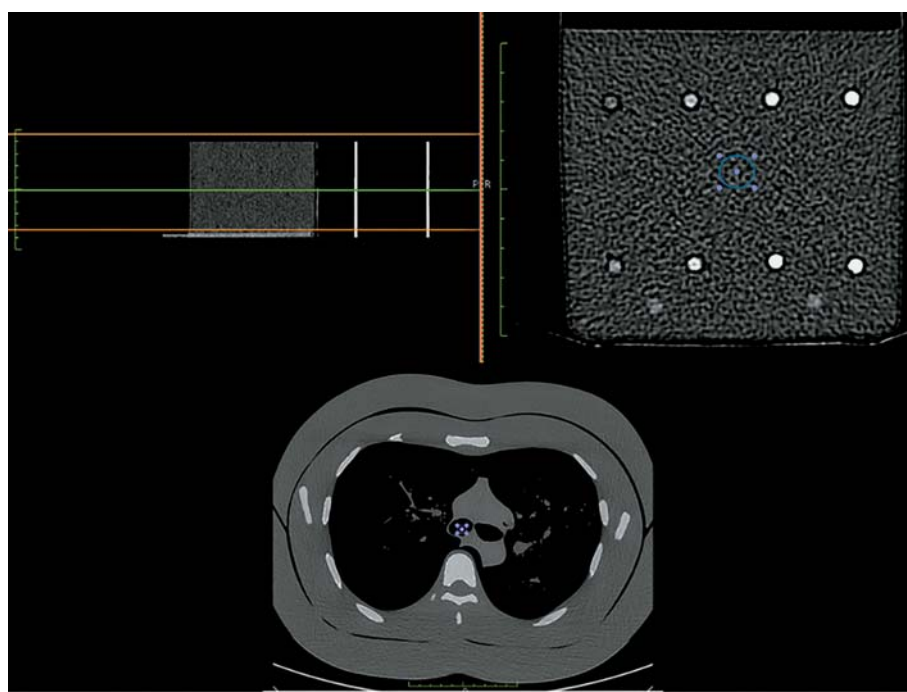


Рис. 3. Оценка стандартного отклонения на фантоме 1-го и 2-го типа.

Fig. 3. Evaluation of standard deviation for type 1 and type 2 phantoms.

в условном центре исследования, как представлено на рис. 3, с одинаковой площадью круга 1 см². В дальнейшем статистическая обработка данных была произведена в программе Microsoft Excel.

Результаты исследования

Представлены результаты измерений плотности, индекса Агатстона при различных параметрах сканирования (напряжение, сила тока, толщина среза) для разных факторов плотности кальцификации в фантомах 1-го и 2-го типа. Результаты приведены в виде таблиц со средними значениями плотности, стандартным отклонением (SD),

индексом Агатстона коронарного кальция и параметрами сканирования.

Для фантомов 1-го типа (табл. 4) и 2-го типа (табл. 5) представлены изменения показателей плотности и индекса Агатстона на изображениях с толщиной среза 1 мм, но с разным напряжением в сравнении со стандартной КТ и ультра-НДКТ.

Для фантомов 1-го типа (табл. 6) и 2-го типа (табл. 7) представлены изменения показателей плотности и индекса Агатстона на изображениях с толщиной среза 0,625 мм, но с разным напряжением в сравнении со стандартной КТ и ультра-НДКТ.

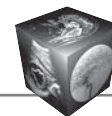


Таблица 4. Вариабельность плотности (Density), индекса Агатстона (Agatston), стандартного отклонения (SD) при КТ с толщиной среза 1 мм, но разным напряжением в сравнении со стандартной КТ и ультра-НДКТ для фантома 1-го типа

Table 4. Variability of density, Agatston score, and standard deviation (SD) on 1-mm-thick CT with different voltages when comparing standard CT and ultra-LDCT for type 1 phantom

Протокол	Стандартная КТ	у-НДКТ	Протокол №2b – 140 кВ	Протокол №3b – 120 кВ	Протокол №4b – 100 кВ	Протокол №5b – 80 кВ
SD центр	6,022	43,29	9,283	11,07	11,6	76,94
Density for №2	142,8	133,8	112,9	140,6	173	230,8
Agatston for №2	130	185	132	147	264	306
Density for №3	218	211,4	192,1	218,4	255,6	294,8
Agatston for №3	306	294	297	312	485	544
Density for №5	351,3	346,4	329,1	353,2	409,8	499
Agatston for №5	708	720	566	715	713	727
Density for №7	555	532,8	510,6	556,2	674,3	753,4
Agatston for №7	773	768	753	763	784	806

Таблица 5. Вариабельность плотности (Density), индекса Агатстона (Agatston), стандартного отклонения (SD) при КТ с толщиной среза 1 мм, но разным напряжением в сравнении со стандартной КТ и ультра-НДКТ для фантома 2-го типа

Table 5. Variability of density, Agatston score, and standard deviation (SD) on 1-mm-thick CT with different voltages when comparing standard CT and ultra-LDCT for type 2 phantom

Протокол	Стандартная КТ	у-НДКТ	Протокол №2b – 140 кВ	Протокол №3b – 120 кВ	Протокол №4b – 100 кВ	Протокол №5b – 80 кВ
SD центр	13,69	83,9	19,61	20,59	23,22	75,5
Density for №2	130,5	103	123,2	132,5	151,6	192,3
Agatston for №2	155	177	151	157	164	322
Density for №4	203,3	183,1	175,7	205,3	240,9	297,3
Agatston for №4	361	404	384	380	381	554
Density for №6	347,3	331,6	306,2	344	390,7	485,6
Agatston for №6	593	689	613	620	832	815
Density for №8	599,3	549,1	543,3	606,2	700,4	850,8
Agatston for №8	892	897	912	912	907	922

Таблица 6. Вариабельность плотности (Density), индекса Агатстона (Agatston), стандартного отклонения (SD) при КТ с толщиной среза 0,625 мм, но разным напряжением в сравнении со стандартной КТ и ультра-НДКТ для фантома 1-го типа

Table 6. Variability of density, Agatston score, standard deviation (SD) on 0.625-mm-thick CT with different voltages when comparing standard CT and ultra-LDCT for type 1 phantom

Протокол	Стандартная КТ	у-НДКТ	Протокол №1a – 140 кВ	Протокол №2a – 140 кВ	Протокол №3a – 120 кВ	Протокол №4a – 100 кВ	Протокол №5a – 80 кВ
SD центр	6,022	43,29	41	7,314	10,33	10,84	76,79
Density for №2	142,8	133,8	149,4	114	141,7	175,5	221,1
Agatston for №2	130	185	193	67	87	141	141
Density for №3	218	211,4	208,1	191,8	229,7	256,6	294,4
Agatston for №3	306	294	298	154	160	247	260
Density for №5	351,3	346,4	374,5	301,4	355,4	403,7	518,3
Agatston for №5	708	720	680	621	718	720	731
Density for №7	555	532,8	545,3	511,4	555,3	667,4	784,1
Agatston for №7	773	768	771	761	756	784	802



Таблица 7. Вариабельность плотности (Density), индекса Агатстона (Agatston), стандартного отклонения (SD) при КТ с толщиной среза 0,625 мм, но разным напряжением в сравнении со стандартной КТ и ультра-НДКТ для фантома 2-го типа

Table 7. Variability of density, Agatston score, standard deviation (SD) on 0.625-mm-thick CT with different voltages when comparing standard CT and ultra-LDCT for type 2 phantom

Протокол	Стандартная КТ	У-НДКТ	Протокол №1а – 140 кВ	Протокол №2а – 140 кВ	Протокол №3а – 120 кВ	Протокол №4а – 100 кВ	Протокол №5а – 80 кВ
SD центр	13,69	83,9	85,32	21,92	21,68	26,34	60,52
Density for №2	130,5	103	117,2	115,9	136,8	148,5	190,8
Agatston for №2	155	177	83	79	82	82	168
Density for №4	203,3	183,1	191,2	173,7	202,9	238,9	292
Agatston for №4	361	404	211	186	188	189	285
Density for №6	347,3	331,6	316,6	308,6	347,3	393,3	475,5
Agatston for №6	593	689	377	304	315	416	411
Density for №8	599,3	549,1	528,6	546	605,5	698,3	852,2
Agatston for №8	892	897	455	445	446	462	473

Таблица 8. Вариабельность плотности (Density), индекса Агатстона (Agatston), стандартного отклонения (SD) при КТ с толщиной среза 2,5 мм, но разным напряжением в сравнении со стандартной КТ и ультра-НДКТ для фантома 1-го типа

Table 8. Variability of density, Agatston score, standard deviation (SD) on 2.5-mm-thick CT with different voltages when comparing standard CT and ultra-LDCT for type 1 phantom

Протокол	Стандартная КТ	У-НДКТ	Протокол №1с – 140 кВ	Протокол №2с – 140 кВ	Протокол №3с – 120 кВ	Протокол №4с – 100 кВ	Протокол №5с – 80 кВ
SD центр	6,022	43,29	22,56	6,823	6,022	7,767	39,92
Density for №2	142,8	133,8	137,9	117,7	142,8	156,8	170,5
Agatston for №2	130	185	138	128	130	269	290
Density for №3	218	211,4	200,1	185,1	218	219,6	287
Agatston for №3	306	294	294	296	306	470	507
Density for №5	351,3	346,4	355,8	329,7	351,3	407,4	484,7
Agatston for №5	708	720	632	527	708	720	718
Density for №7	555	532,8	519,2	485,2	555	639,2	729
Agatston for №7	773	768	768	768	773	781	796

Таблица 9. Вариабельность плотности (Density), индекса Агатстона (Agatston), стандартного отклонения (SD) при КТ с толщиной среза 2,5 мм, но разным напряжением в сравнении со стандартной КТ и ультра-НДКТ для фантома 2-го типа

Table 9. Variability of density, Agatston score, standard deviation (SD) on 2.5-mm-thick CT with different voltages when comparing standard CT and ultra-LDCT for type 2 phantom

Протокол	Стандартная КТ	У-НДКТ	Протокол №1с – 140 кВ	Протокол №2с – 140 кВ	Протокол №3с – 120 кВ	Протокол №4с – 100 кВ	Протокол №5с – 80 кВ
SD центр	13,69	83,9	48,67	8,783	13,69	15,7	45,89
Density for №2	130,5	103	120,2	118,8	130,5	147,8	177,3
Agatston for №2	155	177	118	149	155	160	318
Density for №4	203,3	183,1	184	186,7	203,3	236,4	293,5
Agatston for №4	361	404	314	325	361	365	544
Density for №6	347,3	331,6	310,8	309,1	347,3	391	480,7
Agatston for №6	593	689	575	594	593	806	815
Density for №8	599,3	549,1	541	551,3	599,3	679,1	850,3
Agatston for №8	892	897	871	882	892	912	927

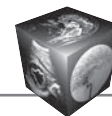


Таблица 10. Вариабельность плотности (Density), индекса Агатстона (Agatston), стандартного отклонения (SD) при КТ с толщиной среза 3 мм, но разным напряжением в сравнении со стандартной КТ и ультра-НДКТ для фантома 1-го типа

Table 10. Variability of density, Agatston score, standard deviation (SD) on 3-mm-thick CT with different voltages when comparing standard CT and ultra-LDCT for type 1 phantom

Протокол	Стандартная КТ	У-НДКТ	Протокол №1d – 140 кВ	Протокол №2d – 140 кВ	Протокол №3d – 120 кВ	Протокол №4d – 100 кВ	Протокол №5d – 100 кВ
SD центр	6,022	43,29	21,48	5,832	4,351	8,161	31,36
Density for №2	142,8	133,8	128,8	142,2	142,9	137	192
Agatston for №2	130	185	122	127	129	267	281
Density for №3	218	211,4	203,43	206,6	223,7	239,3	303
Agatston for №3	306	294	284	302	306	482	495
Density for №5	351,3	346,4	349	326,1	323,6	397,5	496,5
Agatston for №5	708	720	603	518	705	718	714
Density for №7	555	532,8	535,4	508	497,9	661,8	773
Agatston for №7	773	768	761	768	776	786	798

Таблица 11. Вариабельность плотности (Density), индекса Агатстона (Agatston), стандартного отклонения (SD) при КТ с толщиной среза 3 мм, но разным напряжением в сравнении со стандартной КТ и ультра-НДКТ для фантома 2-го типа

Table 11. Variability of density, Agatston score, standard deviation (SD) on 3-mm-thick CT with different voltages when comparing standard CT and ultra-LDCT for type 2 phantom

Протокол	Стандартная КТ	У-НДКТ	Протокол №1d – 140 кВ	Протокол №2d – 140 кВ	Протокол №3d – 120 кВ	Протокол №4d – 100 кВ	Протокол №5d – 100 кВ
SD центр	13,69	83,9	47,06	9,759	12,95	14,09	55,39
Density for №2	130,5	103	119,4	119	132,9	145,4	187,2
Agatston for №2	155	177	122	146	157	159	320
Density for №4	203,3	183,1	183	187,6	210,4	238	293,4
Agatston for №4	361	404	339	260	359	364	552
Density for №6	347,3	331,6	306,6	308,1	341,4	387,7	487
Agatston for №6	593	689	586	583	585	800	791
Density for №8	599,3	549,1	523,8	546,2	595,1	696,6	841
Agatston for №8	892	897	847	895	875	895	923

Для фантомов 1-го типа (табл. 8) и 2-го типа (табл. 9) представлены изменения показателей плотности и индекса Агатстона на изображениях с толщиной среза 2,5 мм, но с разным напряжением в сравнении со стандартной КТ и ультра-НДКТ.

Для фантомов 1-го типа (табл. 10) и 2-го типа (табл. 11) представлены изменения показателей плотности и индекса Агатстона на изображениях с толщиной среза 3 мм, но с разным напряжением в сравнении со стандартной КТ и ультра-НДКТ.

Обсуждение

При изменениях напряжения при схожих остальных параметрах сканирования (толщина среза, сила тока) плотность содержимого внутри шприца повышается при снижении напряжения, как представлено на рис. 4 в сравнении со стандартным и ультранизкодозным протоколом, что обуславливает переход по плотностям из одного

фактора в более высокий или низкий фактор по отношению к стандартному протоколу, что особенно важно для факторов 1 и 2. При напряжении 120–140 кВ в формировании рентгеновской плотности кальция участвует только комптоновское рассеивание, тогда как при 80 кВ дополнительно включается фотоэлектрический эффект. Следовательно, повышение плотности при 80 кВ закономерно.

Тем не менее при сопоставлении показателей на стандартном протоколе сканирования (толщина среза 3 мм, напряжение 120 кВ, сила тока 366 мА) для оценки коронарного кальция и ультранизкодозного протокола (толщина среза 1 мм, напряжение 140 кВ, сила тока 27 мА), используемого в скрининге рака легкого, отмечается для фантома 1-го типа незначительное снижение на –3,55, –8,95, –0,71, –6,90% для факторов 1, 2, 3, 4 соответственно, что представлено на рис. 5.

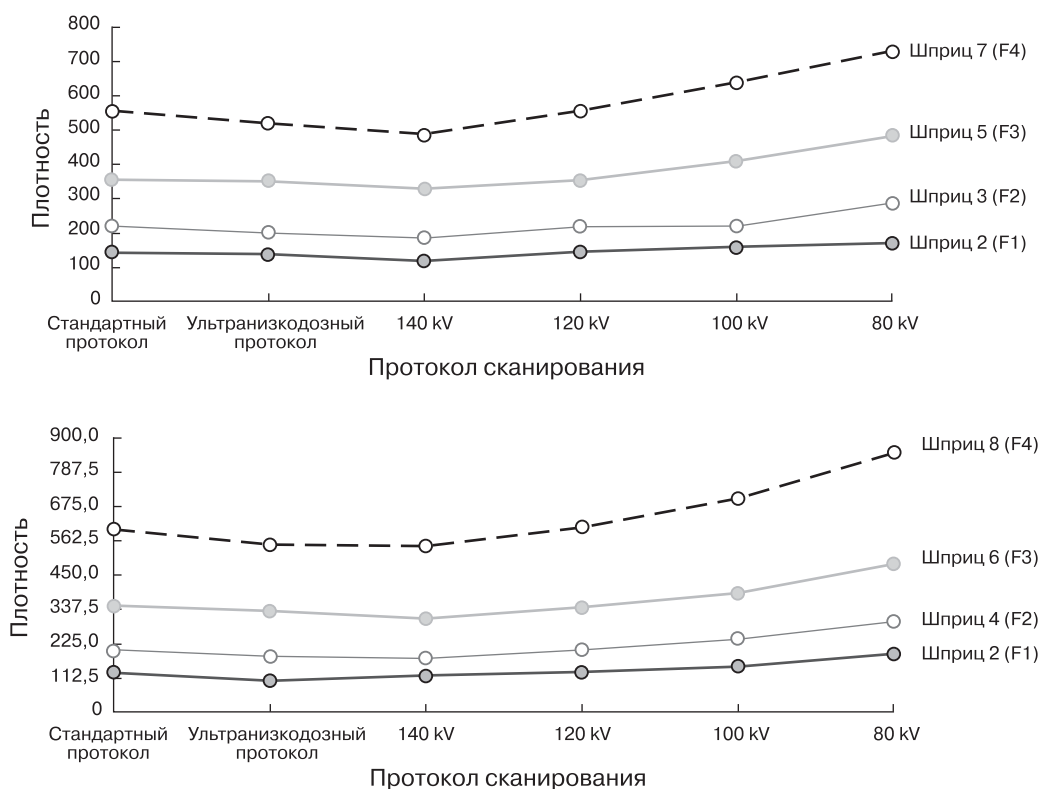


Рис. 4. Графики изменения плотностных показателей для фактора 1 (F1), фактора 2 (F2), фактора 3 (F3), фактора 4 (F4) в зависимости от повышения напряжения и в сравнении со стандартным и ультранизкодозным протоколами для фантомов 1-го и 2-го типа.

Fig. 4. Density change charts for Factor 1 (F1), Factor 2 (F2), Factor 3 (F3), and Factor 4 (F4) depending on the increase in voltage when comparing standard and ultra-low-dose protocols for type 1 and type 2 phantoms.

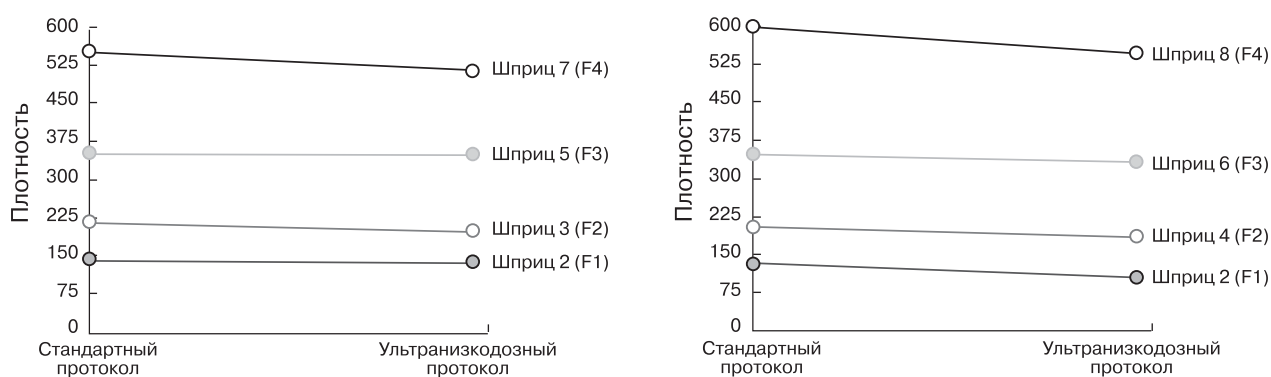


Рис. 5. Графики изменений плотностных показателей для фактора 1 (F1), фактора 2 (F2), фактора 3 (F3), фактора 4 (F4) в сравнении со стандартным и ультра-низкодозным протоколами для фантомов 1-го и 2-го типа.

Fig. 5. Density change charts for Factor 1 (F1), Factor 2 (F2), Factor 3 (F3), and Factor 4 (F4) when comparing standard and ultra-low-dose protocols for type 1 and type 2 phantoms.

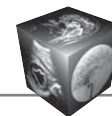


Таблица 12. Абсолютные ошибки по плотности и индексу Агатстона при сравнении ультра-НДКТ и стандартного протокола сканирования

Table 12. Absolute density and Agatston score errors when comparing ultra-LDCT and standard scanning protocol

	Абсолютная ошибка по модулю для фантома 1-го типа	Абсолютная ошибка по модулю для фантома 2-го типа
SD центр	86,09%	83,68%
Agatston for № 2	29,73%	12,43%
Agatston for № 3,4	4,08%	10,64%
Agatston for № 5,6	1,67%	13,93%
Agatston for № 7,8	0,65%	0,56%
Средняя абсолютная ошибка показателей Агатстона для фантомов 1-го и 2-го типа	9,03%	9,39%
Density for № 2	6,73%	26,70%
Density for № 3,4	3,12%	11,03%
Density for № 5,6	1,41%	4,73%
Density for № 7,8	4,17%	9,14%
Средняя абсолютная ошибка показателей плотности для фантомов 1-го и 2-го типа	3,86%	12,90%

Таблица 13. Поправочные коэффициенты для фантомов 1-го и 2-го типа

Table 13. Correlation factors for type 1 and type 2 phantoms

Фактор кальцификации	Поправочный коэффициент для фантома 1-го типа	Поправочный коэффициент для фантома 2-го типа
1	1,0673	1,267
2	1,0312	1,1103
3	1,0141	1,0473
4	1,0417	1,0914

При сканировании фантома 2-го типа отмечается высокий шум на изображениях, что влияет на показатели при сопоставлении со стандартным протоколом и составляет 12,43, 10,64, 3,93, 0,56%.

Большое стандартное отклонение на ультра-НДКТ в сравнении со стандартными изображениями обуславливает высокий уровень шума, что, по нашим данным, приводит к высоким значениям абсолютной ошибки индекса Агатстона для шприца № 2, несмотря на низкую абсолютную ошибку при сравнении плотностей, и что в большей степени обусловлено пограничным пороговым значением в 130 ед.Н (табл. 12). Тем не менее поправочные коэффициенты для факторов кальцификации возможно использовать при полуавтоматическом или полностью автоматическом подсчете коронарного кальция на изображениях ультра-НДКТ (менее 1 мЗв) с целью снижения средней абсолютной ошибки индекса Агатстона (табл. 13).

Заключение

Исследование демонстрирует изменчивость показателей факторов коронарного кальция при их оценке на различных параметрах сканирования. Полученную информацию возможно исполь-

зовать на практике в виде таблиц и диаграмм для более точного подсчета коронарного кальция на нестандартных параметрах сканирования КТ. Выведенные поправочные коэффициенты позволяют более точно оценивать изменения коронарной кальцификации при использовании нестандартных протоколов, что особенно важно для интерпретации ультранизкодозных изображений для скрининга рака легкого.

Список литературы

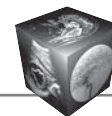
1. Greenland P., Blaha M.J., Budoff M.J., Erbel R., Watson K.E. Coronary calcium score and cardiovascular risk. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2018; 72 (4): 434–447. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2018.05.027>
2. Detrano R., Guerci A.D., Carr J.J., Bild D.E., Burke G., Folsom A.R., Liu K., Shea S., Szklo M., Bluemke D.A., O'Leary D.H., Tracy R., Watson K., Wong N.D., Kronmal R.A. Coronary calcium as a predictor of coronary events in four racial or ethnic groups. *N. Engl. J. Med.* 2008; 358 (13): 1336–1345. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa072100>
3. Shaw L.J., Raggi P., Callister T.Q., Berman D.S. Prognostic value of coronary artery calcium screening in asymptomatic smokers and non-smokers. *Eur. Heart J.* 2006; 27 (8): 968–975. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehi750>
4. Eisen A., Tenenbaum A., Koren-Morag N., Tanne D., Shemesh J., Imazio M., Fisman E.Z., Motro M., Schwam-



- menthal E., Adler Y. Calcification of the thoracic aorta as detected by spiral computed tomography among stable angina pectoris patients: association with cardiovascular events and death. *Circulation*. 2008; 118 (13): 1328–1334. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.107.712141>
5. Pakdaman M.N., Rozanski A., Berman D.S. Incidental coronary calcifications on routine chest CT: Clinical implications. *Trends Cardiovasc. Med*. 2017; 27: 475–480. <https://doi.org/10.1016/j.tcm.2017.04.004>
6. Arcadi T., Maffei E., Sverzellati N., Mantini C., Guaricci A.I., Tedeschi C., Martini Ch., La Grutta L., Cademartiri F. Coronary artery calcium score on low-dose computed tomography for lung cancer screening. *Wld J. Radiol*. 2014; 286 (6): 381–387. <https://doi.org/10.4329/wjrv.v6.i6.381>
7. Першина Е.С., Синицын В.Е., Мершина Е.А., Архипова И.М., Семитко С.П., Иванов В.А. Неинвазивная оценка фракционного резерва кровотока у пациентов с ишемической болезнью сердца по данным компьютерной томографии: первые результаты клинического применения. Сравнение с данными инвазивного измерения. *Медицинская визуализация*. 2018; 22 (2): 47–55. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-2018-2-47-55>
8. Николаев А.Е., Гомболевский В.А., Гончар А.П., Шапиев А.Н., Лайпан А.Ш., Морозов С.П. Случайные находки при скрининге рака легкого методом низкодозной компьютерной томографии. *Туберкулез и болезни легких*. 2018; 96 (11): 60–68. <https://doi.org/10.21292/2075-1230-2018-96-11-60-67>
9. Николаев А.Е., Шапиев А.Н., Блохин И.А., Рамазанова Д.М., Шапиева А.Н., Гомболевский В.А., Низовцова Л.А. Новые подходы к оценке изменений коронарных артерий при мультиспиральной компьютерной томографии. *Российский кардиологический журнал*. 2019; 12: 124–130. <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2019-12-124-130>
10. Agatson A.S., Janovitz W.R., Hildner F.J., Zusmer N.R., Viamonte M.Jr. Detrano R. Quantification of coronary artery calcium using ultrafast computed tomography. *J. Am. Coll. Cardiol*. 1990; 15: 827–832. [https://doi.org/10.1016/0735-1097\(90\)90282-t](https://doi.org/10.1016/0735-1097(90)90282-t)
11. Rumberger J.A., Brundage B.H., Rader D.J., Kondos G. Electron beam computed tomographic coronary calcium scanning: a review and guidelines for use in asymptomatic persons. *Mayo Clin. Proc*. 1999; 74: 243–252. <https://doi.org/10.4065/74.3.243>
12. Yoon H.C., Goldin J.G., Greaser L.E.(3rd), Sayre J., Fonarow G.C. Interscan variation in coronary artery calcium calcification in a large asymptomatic patient population. *Am. J. Roengenol*. 2000; 174: 803–809. <https://doi.org/10.2214/ajr.174.3.1740803>
13. Mayer C., Meyer M., Fink C., Schmidt B., Sedlmair M., Schoenberg S.O., Henzler T. Potential for radiation dose savings in abdominal and chest CT using automatic tube voltage selection in combination with automatic tube current modulation. *Am. J. Roentgenol*. 2014; 203 (2): 292–299.
14. Schauer D.A., Linton O.W. National Council on Radiation Protection and Measurements report shows substantial medical exposure increase. *Radiology*. 2009; 253 (2): 293–296. <https://doi.org/10.1148/radiol.11102376>
15. Sodickson A., Baeyens P.F., Andriole K.P., Prevedello L.M., Nawfel R.D., Hanson R., Khorasani R. Recurrent CT, cumulative radiation exposure, and associated radiation-induced cancer risks from CT of adults. *Radiology*. 2009; 251 (1): 175–184. <https://doi.org/10.1148/radiol.2511081296>
16. International Commission on Radiological Protection. Radiological protection in medicine: ICRP publication 105. *Ann. ICRP*. 2007; 37 (6): 1–63. <https://doi.org/10.1016/j.icrp.2008.08.001>
17. Rhee D., Kim S.-W., Moon Y.M., Kim J.K., Jeong D.H. Effects of the Difference in Tube Voltage of the CT Scanner on Dose Calculation. *J. Korean Phys. Soc*. 2015; 67 (1). <https://doi.org/10.3938/jkps.67.123>
18. McCollough C.H., Leng S., Yu L., Fletcher J.G. Dual- and multi-energy CT: principles, technical approaches, and clinical applications. *Radiology*. 2015; 276 (3): 637–653. <https://doi.org/10.1148/radiol.2015142631>

References

1. Greenland P., Blaha M.J., Budoff M.J., Erbel R., Watson K.E. Coronary calcium score and cardiovascular risk. *J. Am. Coll. Cardiol*. 2018; 72 (4): 434–447. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2018.05.027>
2. Detrano R., Guerci A.D., Carr J.J., Bild D.E., Burke G., Folsom A.R., Liu K., Shea S., Szklo M., Bluemke D.A., O'Leary D.H., Tracy R., Watson K., Wong N.D., Kronmal R.A. Coronary calcium as a predictor of coronary events in four racial or ethnic groups. *N. Engl. J. Med*. 2008; 358 (13): 1336–1345. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa072100>
3. Shaw L.J., Raggi P., Callister T.Q., Berman D.S. Prognostic value of coronary artery calcium screening in asymptomatic smokers and non-smokers. *Eur. Heart J*. 2006; 27 (8): 968–975. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehi750>
4. Eisen A., Tenenbaum A., Koren-Morag N., Tanne D., Shemesh J., Imazio M., Fisman E.Z., Motro M., Schwammenthal E., Adler Y. Calcification of the thoracic aorta as detected by spiral computed tomography among stable angina pectoris patients: association with cardiovascular events and death. *Circulation*. 2008; 118 (13): 1328–1334. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.107.712141>
5. Pakdaman M.N., Rozanski A., Berman D.S. Incidental coronary calcifications on routine chest CT: Clinical implications. *Trends Cardiovasc. Med*. 2017; 27: 475–480. <https://doi.org/10.1016/j.tcm.2017.04.004>
6. Arcadi T., Maffei E., Sverzellati N., Mantini C., Guaricci A.I., Tedeschi C., Martini Ch., La Grutta L., Cademartiri F. Coronary artery calcium score on low-dose computed tomography for lung cancer screening. *Wld J. Radiol*. 2014; 286 (6): 381–387. <https://doi.org/10.4329/wjrv.v6.i6.381>
7. Pershina E.S., Sinitsin V.E., Mershina E.A., Arkhipova I.M., Semitko S.P., Ivanov V.A. Non-invasive FFR derived from standard acquired coronary computed tomography angiography (CTA) datasets (FFRCT) for the diagnosis of myocardial ischemia in patients with coronary artery disease (CAD): first data of clinical use. Comparison with invasive measurement. *Medical Visualization*. 2018; 22 (2): 47–55. (In Russian) <https://doi.org/10.24835/1607-0763-2018-2-47-55>
8. Nikolaev A.E., Gombolevskiy V.A., Gonchar A.P., Shapiev A.N., Laypan A.S., Morozov S.P. Random findings on lung cancer screening by low-dose computed tomography. *Tuberculosis and lung diseases*. 2018; 96 (11): 60–68. (In Russian) <https://doi.org/10.21292/2075-1230-2018-96-11-60-67>
9. Nikolaev A.E., Shapiev A.N., Blokhin I.A., Ramazanova D.M., Shapieva A.N., Gombolevskij V.A., Nizovtsova L.A. New approaches for assessing coronary changes in multi-layer



- spiral computed tomography. *Russian Journal of Cardiology*. 2019; (12): 124–130. (In Russian) <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2019-12-124-130>.
10. Agatson A.S., Janovitz W.R., Hildner F.J., Zusmer N.R., Viamonte M.Jr. Detrano R. Quantification of coronary artery calcium using ultrafast computed tomography. *J. Am. Coll. Cardiol.* 1990; 15: 827–832. [https://doi.org/10.1016/0735-1097\(90\)90282-t](https://doi.org/10.1016/0735-1097(90)90282-t)
 11. Rumberger J.A., Brundage B.H., Rader D.J., Kondos G. Electron beam computed tomographic coronary calcium scanning: a review and guidelines for use in asymptomatic persons. *Mayo Clin. Proc.* 1999; 74: 243–252. <https://doi.org/10.4065/74.3.243>
 12. Yoon H.C., Goldin J.G., Greaser L.E.(3rd), Sayre J., Fonarow G.C. Interscan variation in coronary artery calcium calcification in a large asymptomatic patient population. *Am. J. Roengenol.* 2000; 174: 803–809. <https://doi.org/10.2214/ajr.174.3.1740803>
 13. Mayer C., Meyer M., Fink C., Schmidt B., Sedlmair M., Schoenberg S.O., Henzler T. Potential for radiation dose savings in abdominal and chest CT using automatic tube voltage selection in combination with automatic tube current modulation. *Am. J. Roentgenol.* 2014; 203 (2): 292–299.
 14. Schauer D.A., Linton O.W. National Council on Radiation Protection and Measurements report shows substantial medical exposure increase. *Radiology*. 2009; 253 (2): 293–296. <https://doi.org/10.1148/radiol.11102376>
 15. Sodickson A., Baeyens P.F., Andriole K.P., Prevedello L.M., Nawfel R.D., Hanson R., Khorasani R. Recurrent CT, cumulative radiation exposure, and associated radiation-induced cancer risks from CT of adults. *Radiology*. 2009; 251 (1): 175–184. <https://doi.org/10.1148/radiol.2511081296>
 16. International Commission on Radiological Protection. Radiological protection in medicine: ICRP publication 105. *Ann. ICRP*. 2007; 37 (6): 1–63. <https://doi.org/10.1016/j.icrp.2008.08.001>
 17. Rhee D., Kim S.-W., Moon Y.M., Kim J.K., Jeong D.H. Effects of the Difference in Tube Voltage of the CT Scanner on Dose Calculation. *J. Korean Phys. Soc.* 2015; 67 (1). <https://doi.org/10.3938/jkps.67.123>
 18. McCollough C.H., Leng S., Yu L., Fletcher J.G. Dual- and multi-energy CT: principles, technical approaches, and clinical applications. *Radiology*. 2015; 276 (3): 637–653. <https://doi.org/10.1148/radiol.2015142631>

Для корреспонденции*: Николаев Александр Евгеньевич – 125124 Москва, ул. Расковой, д. 16/26. ГБУЗ “Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий ДЗ города Москвы”. Тел.: +7-930-348-30-48. E-mail: a.e.nikolaev@yandex.ru

Николаев Александр Евгеньевич – младший научный сотрудник отдела развития качества радиологии ГБУЗ “Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий ДЗ города Москвы”, Москва. <https://orcid.org/0000-0001-5151-4579>. SPIN: 1320-1651. E-mail: a.e.nikolaev@yandex.ru

Коркунова Ольга Андреевна – младший научный сотрудник отдела развития качества радиологии ГБУЗ “Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий ДЗ города Москвы”, Москва. <https://orcid.org/0000-0002-5831-3742>. SPIN: 6879-129. E-mail: oa.korkunova@gmail.com

Блохин Иван Андреевич – младший научный сотрудник отдела развития качества радиологии ГБУЗ “Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий ДЗ города Москвы”, Москва. <https://orcid.org/0000-0002-2681-9378>. SPIN: 3306-1387. E-mail: blokhin.ioann@gmail.com

Петрайкин Алексей Владимирович – канд. мед. наук, доцент, старший научный сотрудник отдела разработки средств контроля и технического мониторинга ГБУЗ “Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий ДЗ города Москвы”, Москва. <https://orcid.org/0000-0003-1694-4682>, SPIN 6193-1656. E-mail: a.petraikin@npcmr.ru

Никифорова Марина Владиславовна – ординатор кафедры лучевой диагностики и терапии ФГАОУ ВО “РНМУ имени Н.И. Пирогова” Минздрава России”, Москва. <https://orcid.org/0000-0001-8933-6544>. SPIN: 1086-5509. E-mail: marina.nikif.802@mail.ru

Гирько Александр Олегович – ординатор ГБУЗ “МКНЦ имени А.С. Логинова ДЗМ”, Москва. <https://orcid.org/0000-0003-1320-2368>. E-mail: girko.alexandr@gmail.com

Дягилева Елена Александровна – ординатор кафедры лучевой диагностики и лучевой терапии ФГАОУ ВО “Первый МГМУ имени И.М. Сеченова” Минздрава России (Сеченовский Университет). <https://orcid.org/0000-0001-9247-4665>. E-mail: lenadtgileva@mail.ru

Сучилова Мария Максимовна – младший научный сотрудник отдела развития качества радиологии ГБУЗ “Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий ДЗ города Москвы”, Москва. <https://orcid.org/0000-0003-1117-0294>. SPIN: 4922-1894. E-mail: maria.suchilova@gmail.com

Груздев Иван Сергеевич – аспирант ФГБУ “НМИЦ хирургии имени А.В. Вишневского” Минздрава России, Москва. <https://orcid.org/0000-0003-0781-9898>. SPIN: 3350-0832. E-mail: gruzdev_van@mail.ru

Першина Екатерина Сергеевна – канд. мед. наук, врач-рентгенолог, руководитель Центра лучевой диагностики ГБУЗ “ГКБ № 1 имени Н.И. Пирогова ДЗ города Москвы”, Москва. <https://orcid.org/0000-0002-3952-6865>. SPIN: 7311-9276. E-mail: pershina86@mail.ru

Силин Антон Юрьевич – руководитель отдела развития ГБУЗ “Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий ДЗ города Москвы”. <https://orcid.org/0000-0003-4952-2347>. SPIN: 4411-87. E-mail: a.silin@npcmr.ru

Гомболевский Виктор Александрович – канд. мед. наук, руководитель отдела развития качества радиологии ГБУЗ “Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий ДЗ города Москвы”, Москва. <https://orcid.org/0000-0003-1816-1315>. SPIN: 6810-3279. E-mail: gombolevskiy@npcmr.ru

Морозов Сергей Павлович – доктор мед. наук, профессор, директор ГБУЗ “Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий ДЗ города Москвы”. <https://orcid.org/0000-0001-6545-6170>. SPIN: 8542-1720. E-mail: npcmmr@zdrav.mos.ru



Contact*: Aleksandr E. Nikolaev – 16/26, Raskova str., Moscow 125124. State Budget-Funded Health Care Institution of the City of Moscow “Research and Practical Clinical center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of the Moscow Health Care Department”. Phone: +7-930-348-30-48. E-mail: a.e.nikolaev@yandex.ru

Aleksandr E. Nikolaev – researcher of Department of quality of radiology, Research and Practical Clinical Center of Diagnostics and Telemedicine Technologies, Department of Health Care of Moscow, Moscow. <https://orcid.org/0000-0001-5151-4579>. SPIN: 1320-1651. E-mail: a.e.nikolaev@yandex.ru

Olga A. Korkunova – researcher of the Department of quality of radiology, Research and Practical Clinical Center of Diagnostics and Telemedicine Technologies, Department of Health Care of Moscow, Moscow. <https://orcid.org/0000-0002-5831-3742>. SPIN: 6879-129. E-mail: oa.korkunova@gmail.com

Ivan A. Blokhin – researcher of Department of quality of radiology, Research and Practical Clinical Center of Diagnostics and Telemedicine Technologies, Department of Health Care of Moscow, Moscow. <https://orcid.org/0000-0002-2681-9378>. SPIN: 3306-1387. E-mail: blokhin.ioann@gmail.com

Alexey V. Petraykin – Cand. of Sci. (Med.), Docent, expert-radiologist, senior researcher, Research and Practical Clinical Center of Diagnostics and Telemedicine Technologies, Department of Health Care of Moscow, Moscow. <https://orcid.org/0000-0003-1694-4682>, SPIN 6193-1656. E-mail: a.petraikin@npcmr.ru

Marina V. Nikiforova – resident of Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow. <https://orcid.org/0000-0001-8933-6544>. SPIN: 1086-5509. E-mail: marina.nikif.802@mail.ru

Aleksandr O. Gir'ko – resident of Moscow Clinical Scientific Center named after Loginov MHD, Moscow. <https://orcid.org/0000-0003-1320-2368>. E-mail: girko.alexandr@gmail.com

Elena A. Dyagileva – resident of Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education I.M. Sechenov First Moscow State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation (Sechenov University). <https://orcid.org/0000-0001-9247-4665>. E-mail: lenadtgileva@mail.ru

Maria M. Suchilova – researcher of Department of quality of radiology, Research and Practical Clinical Center of Diagnostics and Telemedicine Technologies, Department of Health Care of Moscow, Moscow. <https://orcid.org/0000-0003-1117-0294>. SPIN: 4922-1894. E-mail: maria.suchilova@gmail.com

Ivan S. Gruzdev – resident of Institute of Surgery named after A. V. Vishnevskogo, Moscow. <https://orcid.org/0000-0003-0781-9898>. SPIN: 3350-0832. E-mail: gruzdev_van@mail.ru

Ekaterina S. Pershina – Cand. od Sci. (Med.), radiologist, head of Radiology center, Pirogov City Clinical Hospital №1, Moscow. <https://orcid.org/0000-0002-3952-6865>. SPIN: 7311-9276. E-mail: pershina86@mail.ru

Anton Yu. Silin – Head of Development Department, researcher of Department of quality of radiology, Research and Practical Clinical Center of Diagnostics and Telemedicine Technologies, Department of Health Care of Moscow, Moscow. <https://orcid.org/0000-0003-4952-2347>. SPIN: 4411-87. E-mail: a.silin@npcmr.ru

Viktor A. Gombolevskij – Cand. od Sci. (Med.), Head of the Radiology Quality Development Division, Research and Practical Clinical Center of Diagnostics and Telemedicine Technologies, Department of Health Care of Moscow, Moscow. <https://orcid.org/0000-0003-1816-1315>. SPIN: 6810-3279. E-mail: gombolevskiy@npcmr.ru

Sergey P. Morozov – Doct. od Sci. (Med.), Professor, Director, Research and Practical Clinical Center of Diagnostics and Telemedicine Technologies, Department of Health Care of Moscow, Moscow. <https://orcid.org/0000-0001-6545-6170>. SPIN: 8542-1720. E-mail: npcmr@zdrav.mos.ru



Кости и суставы | Bones and joints

ISSN 1607-0763 (Print); ISSN 2408-9516 (Online)
<https://doi.org/10.24835/1607-0763-2020-4-133-145>

Комплексное применение методов лучевой диагностики у пациентки с множественной миеломой (клиническое наблюдение)

© Крюков Е.В.¹, Троян В.Н.¹, Рукавицын О.А.¹, Алексеев С.А.^{1*},
 Курбанов С.И.¹, Поп В.П.¹, Козырев С.В.¹, Сапельникова Э.Р.²

¹ ФГБУ «Главный военный клинический госпиталь имени академика Н.Н. Бурденко» Министерства обороны РФ; 105094 Москва, Госпитальная пл., д. 3, Российская Федерация

² ФКУ «Центральный военный клинический госпиталь имени П.В. Мандрыка» Министерства обороны РФ; 107014 Москва, Большая Оленья ул., 8а, Российская Федерация

В статье представлены возможности комплексного применения методов лучевой диагностики: рентгенографии костей, двухэнергетической рентгеновской абсорбциометрии (ДРА), компьютерной томографии (КТ), позитронно-эмиссионной томографии, совмещенной с компьютерной томографией с применением фтордезоксиглюкозы, меченной 18-фтором (ПЭТ/КТ с ¹⁸F-ФДГ), у пациентки с множественной миеломой, которой проводилось лечение в объеме высокодозной химиотерапии (ВДТХ) с последующей аутотрансплантацией гемопоэтических стволовых клеток (аутоТГСК). Диагноз был установлен иммуногистохимически. Применение этих методов позволило в динамике оценить патологические изменения, характерные для множественной миеломы.

Ключевые слова: множественная миелома, фтордезоксиглюкоза, меченная 18-фтором, аутотрансплантация гемопоэтических стволовых клеток, позитронно-эмиссионная томография, двухэнергетическая рентгеновская абсорбциометрия

Авторы подтверждают отсутствие конфликтов интересов.

Для цитирования: Крюков Е.В., Троян В.Н., Рукавицын О.А., Алексеев С.А., Курбанов С.И., Поп В.П., Козырев С.В., Сапельникова Э.Р. Комплексное применение методов лучевой диагностики у пациентки с множественной миеломой (клиническое наблюдение). *Медицинская визуализация*. 2020; 24 (4): 133–145. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-2020-4-133-145>

Поступила в редакцию: 24.10.2019. Принята к печати: 22.06.2020. Опубликовано online: 10.12.2020.

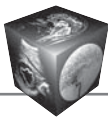
A complex of methods of radiation diagnostics in a patient with multiple myeloma (clinical case)

© Evgeny V. Kryukov¹, Vladimir N. Troyan¹, Oleg A. Rukavitsyn¹, Sergey A. Alekseev^{1*},
 Sergei I. Kurbanov¹, Vasily P. Pop¹, Sergey V. Kozyrev¹, Elmira R. Sapelnikova²

¹ N.N. Burdenko Main Military Clinical Hospital Ministry of Defense of the Russian Federation; 3, Gospital'naya square, Moscow 105094, Russian Federation

² P.V. Mandryk Central Military Clinical Hospital Ministry of Defense of the Russian Federation; 8a, Bolshaya Olen'ya str., 107014 Moscow, Russian Federation

The article presents the possibilities of the complex application of methods of radiation diagnostics: bone x-ray, dual-energy X-ray absorptiometry, computed tomography, positron emission tomography combined with computed tomography using fluorodeoxyglucose labeled with 18-fluorine (PET/CT with ¹⁸F-FDG) in a patient with multiple myeloma, which was treated in the amount of high-dose therapy with autologous transplantation of hematopoietic stem cells. The diagnosis was established immunohistochemically. The use of these methods allowed us to dynamically assess the pathological changes characteristic of multiple myeloma.



Keywords: multiple myeloma, fluorodeoxyglucose labeled with 18-fluorine, autotransplantation of hematopoietic stem cells, positron emission tomography, dual-energy X-ray absorptiometry

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

For citation: Kryukov E.V., Troyan V.N., Rukavitsyn O.A., Alekseev S.A., Kurbanov S.I., Pop V.P., Kozyrev S.V., Sapelnikova E.R. A complex of methods of radiation diagnostics in a patient with multiple myeloma (clinical case). *Medical Visualization*. 2020; 24 (4): 133–145. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-2020-4-133-145>

Received: 24.10.2019.

Accepted for publication: 22.06.2020.

Published online: 10.12.2020.

Введение

Множественная миелома (ММ) – злокачественное онкологическое заболевание системы крови, относящееся к группе парапротеинобластозов, исходящее из плазматических клеток, секретирующих патологический парапротеин. При ММ в костном мозге обнаруживаются аномальные плазматические клетки, продуцирующие моноклональный белок (М-протеин). Поражение скелета при ММ является основным клинико-рентгенологическим синдромом и наблюдается практически у всех больных. Чаще всего поражаются костные структуры черепа, позвоночника, таза, ребер [1–3]. Клинически у 70% пациентов возникают спонтанные боли в костях, ребрах, грудине, позвоночнике, ключицах, плечевых, тазовых и бедренных костях, появляющиеся при движениях и пальпации. Возможны патологические переломы костей конечностей, переломы позвонков, приводящие к уменьшению роста, сдавлению спинного мозга, что сопровождается радикулярной болью, различными видами нарушения чувствительности. По мнению многих исследователей [4, 5], более чем в 27% случаев при ММ также обнаруживается остеопороз.

Основным клинико-лабораторным критерием для оценки ответа на лечение у пациентов с ММ является патологический белок (М-компонент), определяемый в крови и/или моче [1, 3, 6]. Также возможно использование лучевых методов исследования, таких как двухэнергетическая рентгеновская абсорбциометрия (ДРА) [7, 8], рентгенография костей скелета, компьютерная томография (КТ), позитронно-эмиссионная томография, совмещенная с компьютерной томографией с применением фтордезоксиглюкозы, меченой 18-фтором (ПЭТ/КТ с ^{18}F -ФДГ). При рентгенографии костей скелета возможно выявление очагов деструкции и динамическое наблюдение за ними, также возможна косвенная оценка плотности костной ткани. КТ дает возможность выявить очаги деструкции, которые не определялись на рентгенограммах, позволяет оценить архитектуру кости, патологические изменения окружающих мягких тканей и количественно измерить плотность костной ткани в единицах Хаунсфилда (НУ) [9]. Эти методы имеют ряд ограничений после проведен-

ного лечения, поскольку остеолитические очаги, выявленные при КТ и рентгенографии, сохраняются в процессе наблюдения за пациентом, несмотря на изменение метаболической активности заболевания и уровня М-компонента. При КТ дифференцировка активных и неактивных (резидуальных) очагов затруднительна. Поэтому широко применяется ПЭТ/КТ с ^{18}F -ФДГ для выявления как костных, так и внекостных поражений [10, 11]. Данный метод (ПЭТ/КТ с ^{18}F -ФДГ) основан на способности поглощения ^{18}F -ФДГ в очагах поражения костной ткани вне зависимости от наличия визуализируемых скелетных изменений [10].

Клиническое наблюдение

Пациентка С., 54 года, считает себя больной с 2014 г., когда стала отмечать боли в плечевых суставах, в грудном отделе позвоночника, также обратила внимание на изменение голоса. При амбулаторном обследовании по данным рентгенографии плечевых суставов, ключиц, органов грудной клетки выявлены множественные костно-деструктивные изменения костей (рис. 1).

При последующем проведении КТ шеи и органов грудной клетки выявлены мягкотканное образование в области правой стенки гортани, множественные мягкотканые образования в костях с остеолитическими изменениями, диффузное снижение плотности костной ткани (рис. 2).

По лабораторным данным при цитологическом исследовании костного мозга выявлена плазмноклеточная инфильтрация 59%, при иммунохимическом исследовании уровень белка Бенс-Джонса λ 1,7 г/л, что позволило установить диагноз – множественная миелома.

В период с мая 2014 г. по май 2015 г. проводилась стандартная химиотерапия, результатом которой явилась иммунохимическая ремиссия заболевания (уровень белка Бенс-Джонса λ 0,25 г/л). В июне 2015 г. выполнена ВДТХ с аутоТГСК, в сентябре 2015 г. констатирована иммунохимическая и молекулярная ремиссия миеломы (уровень белка Бенс-Джонса λ 0,26 г/л). При контрольной КТ в сентябре 2015 г. по сравнению с предыдущими данными от 2014 г. положительная динамика – определяется уменьшение размеров ранее определяемых очагов поражения и повышение денситометрической плотности костной ткани на 80–110 НУ, ранее до 280 НУ (рис. 3).

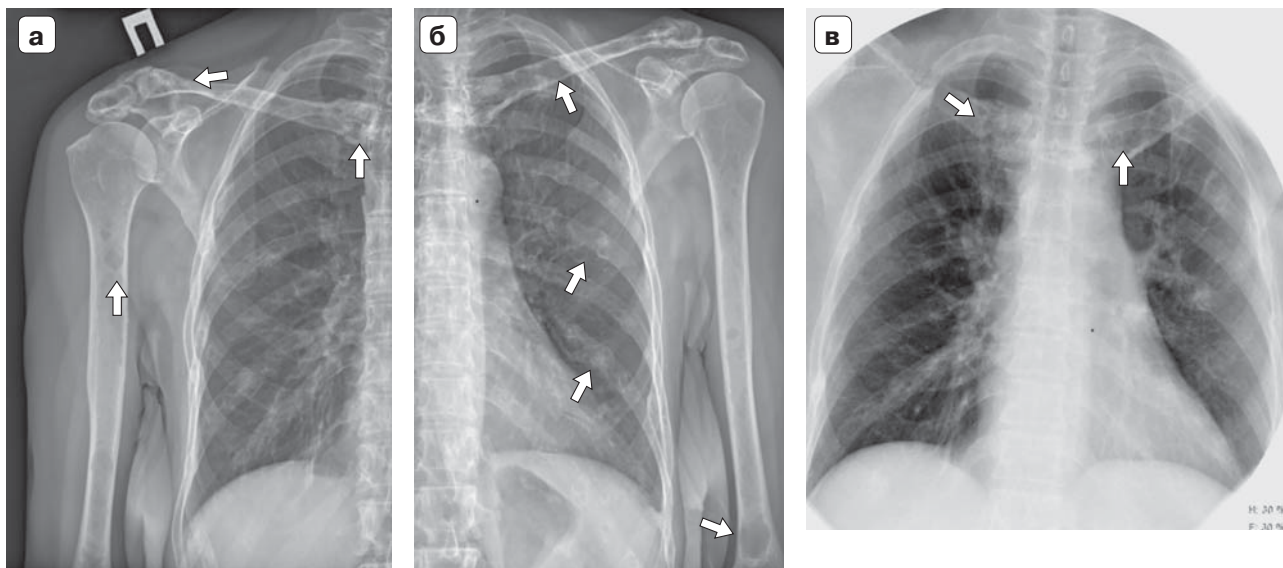
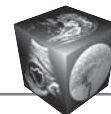


Рис. 1. Рентгенограммы плечевых суставов, ключиц, органов грудной клетки в прямой проекции. Визуализируются множественные очаги разрежения (остеодеструкция) костной ткани в обеих ключицах (**а, в**), ребрах (**б**), плечевых костях (**а, б**) – стрелки.

Fig. 1. X-ray picture of the shoulder joints, collarbones, chest organs. Multiple foci of rarefaction (osteodestruction) of bone tissue are visualized in both clavicles (**а, в**), ribs (**б**), humerus (**а, б**) – arrows.

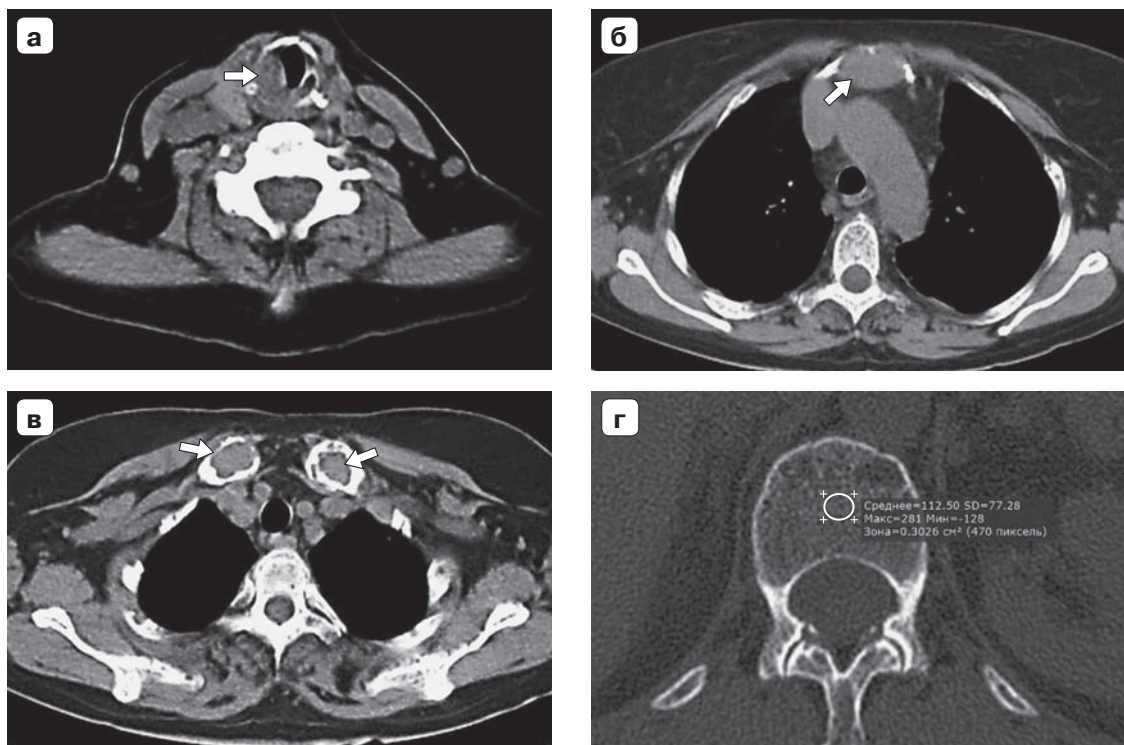


Рис. 2. КТ мягких тканей шеи и органов грудной клетки, выполненная в апреле 2014 г. Мягкотканые образования указаны стрелками. **а** – объемное образование гортани справа с поражением перстневидного хряща; **б** – мягкотканое образование грудины; **в** – мягкотканые образования обеих ключиц; **г** – снижение плотности вещества кости в теле L₁-позвонок.

Fig. 2. CT of the neck and chest organs, performed in April 2014. Soft tissue formations are indicated by arrows. **а** – volumetric laryngeal formation on the right with damage to the cricoid cartilage; **б** – soft tissue formation of the sternum; **в** – soft tissue formations of both clavicles; **г** – a decrease in the density of bone in the body L₁ vertebra.

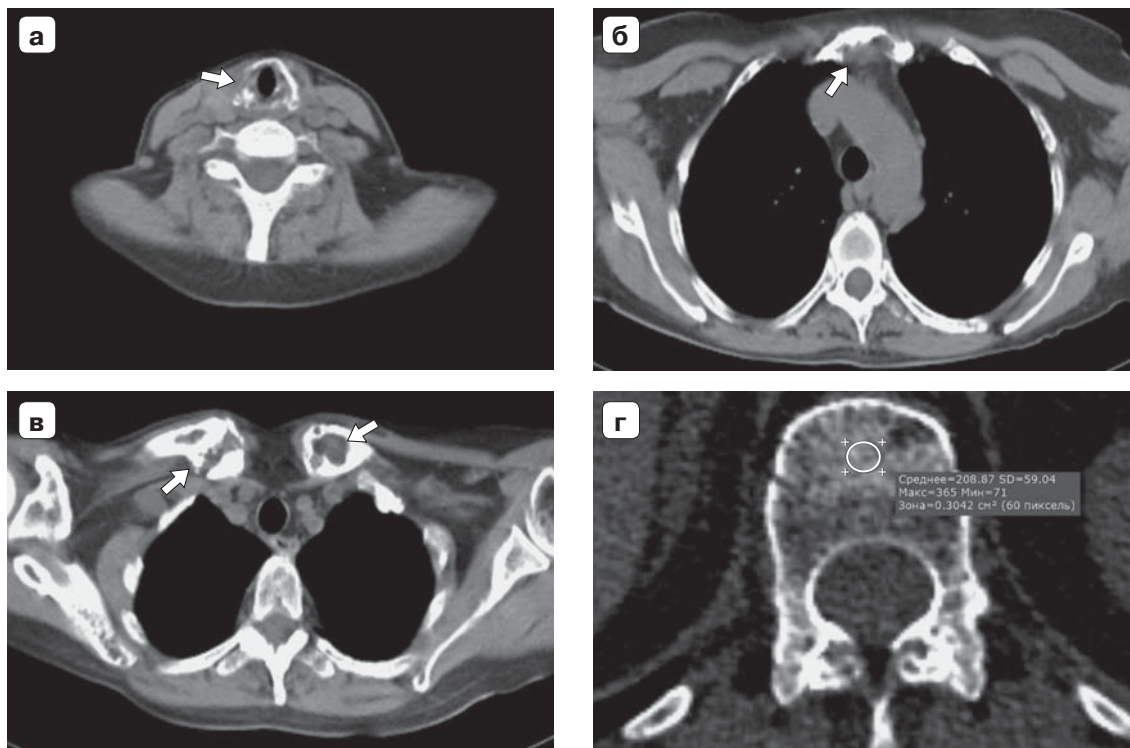


Рис. 3. Контрольная КТ мягких тканей шеи и органов грудной клетки, выполненная в сентябре 2015 г. **а** – объемное образование в области правой стенки гортани не дифференцируется; **б** – уменьшение размеров образования в груди; **в** – уменьшение размеров образований в ключицах с частичным склерозированием образования в правой ключице (стрелки); **г** – повышение плотности вещества кости в теле L₁-позвонка до 365 HU (ранее 281 HU).

Fig. 3. Control CT of the neck and chest organs performed in September 2015. **a** – the volumetric formation in the area of the right laryngeal wall does not differentiate; **б** – a decrease in the size of the formation in the sternum; **в** – reduction of the size of formations in the clavicle, with partial sclerosis of the formation in the right clavicle (arrows); **г** – increase in bone density in the L₁ of the vertebra to 365 HU (previously 281 HU).

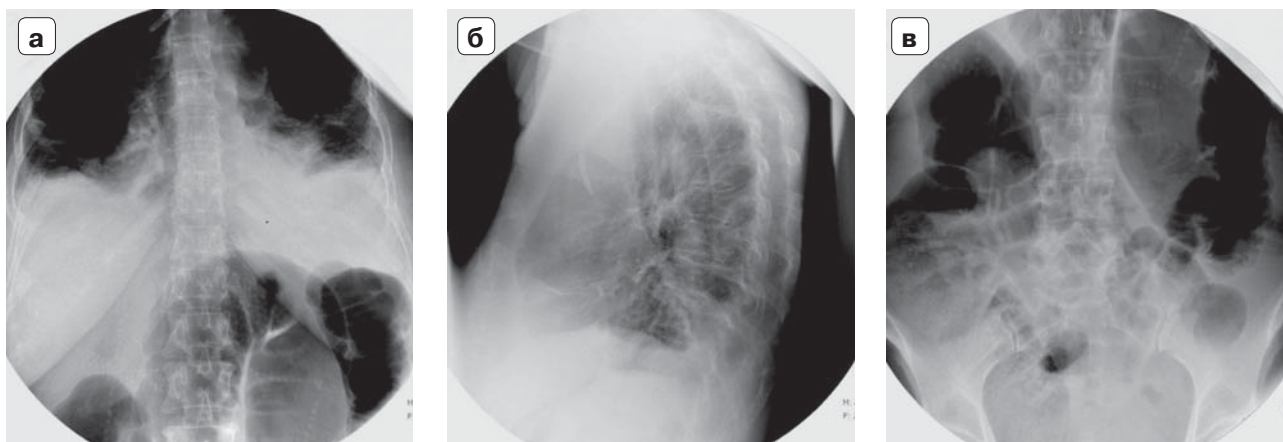


Рис. 4. Рентгенография грудного (**а, б**) и поясничного (**в**) отделов позвоночника. Отмечается снижение плотности тел позвонков, при этом убедительных данных о костно-деструктивных изменениях не выявлено.

Fig. 4. Radiography of the thoracic (**a, б**) and lumbar (**в**) spine. A decrease in the density of the vertebral bodies is noted, with no convincing data for bone-destructive changes.

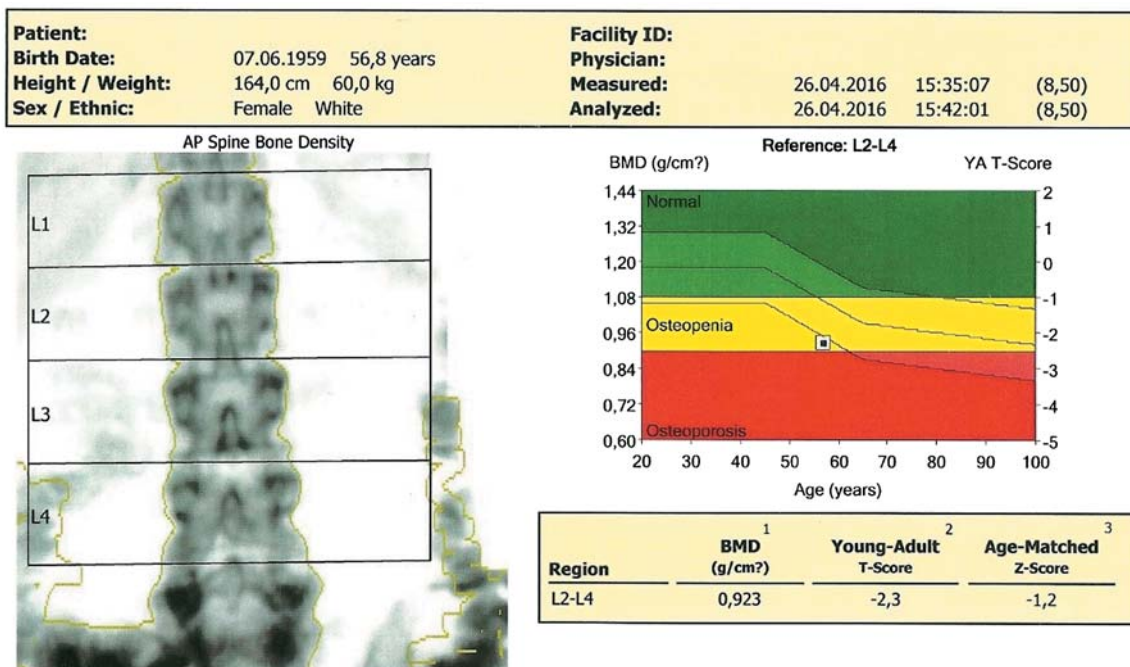
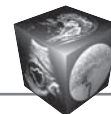


Рис. 5. ДРА поясничного отдела позвоночника. МПКТ в поясничном отделе позвоночника составляет 77% от пиковой костной массы, от популяционной нормы – 86%. Т-критерий –2.3 SD, что соответствует нижней границе остеопении.

Fig. 5. Densitometry of the lumbar spine. Mineral bone density is 77% of peak bone mass, and 86% of the population norm. T-test – 2.3 SD, which corresponds to the lower border of osteopenia.

С сентября 2015 г. по апрель 2016 г. проводилась поддерживающая терапия с применением иммуномодуляторов и ингибиторов протеасом. В этот период выполнено рентгенологическое исследование грудного и поясничного отделов позвоночника, по результатам которого выявлено диффузное снижение плотности костной ткани и высказано предположение о наличии остеопороза (рис. 4).

Это стало основанием для проведения ДРА и оценки плотности костной ткани (рис. 5).

Во второй половине апреля 2016 г. состояние пациентки ухудшилось. Отмечалось нарастание болевого синдрома в плечевых суставах, грудном отделе позвоночника, а также появление интенсивного болевого синдрома в конечностях, груди и ребрах. При дальнейшем иммунохимическом исследовании констатирован ранний рецидив ММ (уровень белка Бенс-Джонса λ 6,3 г/л). Было принято решение о проведении ПЭТ/КТ с ^{18}F -ФДГ, по результатам которой получены данные о наличии активной специфической ткани в ключицах, ребрах, груди, в позвоночнике, в костях таза (рис. 6).

С апреля по май 2016 г. проведено 2 цикла химиотерапии, курс паллиативной лучевой терапии на область правой ключицы. Результатом лечения стала вторая молекулярная ремиссия (уровень белка Бенс-Джонса λ 0,23 г/л), уменьшение болевого синдрома в правой ключице. В период с сентября 2016 г. по январь 2017 г. продолжена стандартная химиотерапия. В процессе лече-

ния в декабре 2016 г. выполнена контрольная ДРА, по результатам которой определяется положительная динамика в виде повышения минеральной плотности костной ткани (МПКТ) (рис. 7).

При дальнейшем наблюдении на фоне проводимого лечения отмечается ухудшение состояния пациентки в виде появления жалоб на болевые ощущения в других костях (левая верхняя конечность, грудная клетка). Несмотря на проводимое лечение, в марте 2017 г. выявлено прогрессирование заболевания. При иммунохимическом исследовании уровень белка Бенс-Джонса λ 76 г/л. Это стало основанием для проведения контрольной ПЭТ/КТ с ^{18}F -ФДГ, по результатам которой выявлена отрицательная динамика в виде появления новых метаболически активных патологических очагов в ребрах левой половины грудной клетки, в левой плечевой кости (рис. 8).

Констатирована химиорезистентность. Произведена смена химиотерапии, после которой спустя 6 мес констатирована ремиссия – уровень белка Бенс-Джонса λ 0,15 г/л. На фоне констатированной ремиссии в августе 2017 г. было принято решение о проведении контрольной ПЭТ/КТ с ^{18}F -ФДГ для оценки динамики изменений. По результатам исследования сохраняются метаболически активные остеолитические очаги с мягкотканым компонентом, со снижением интенсивности накопления ФДГ по сравнению с предыдущим исследованием (рис. 9).

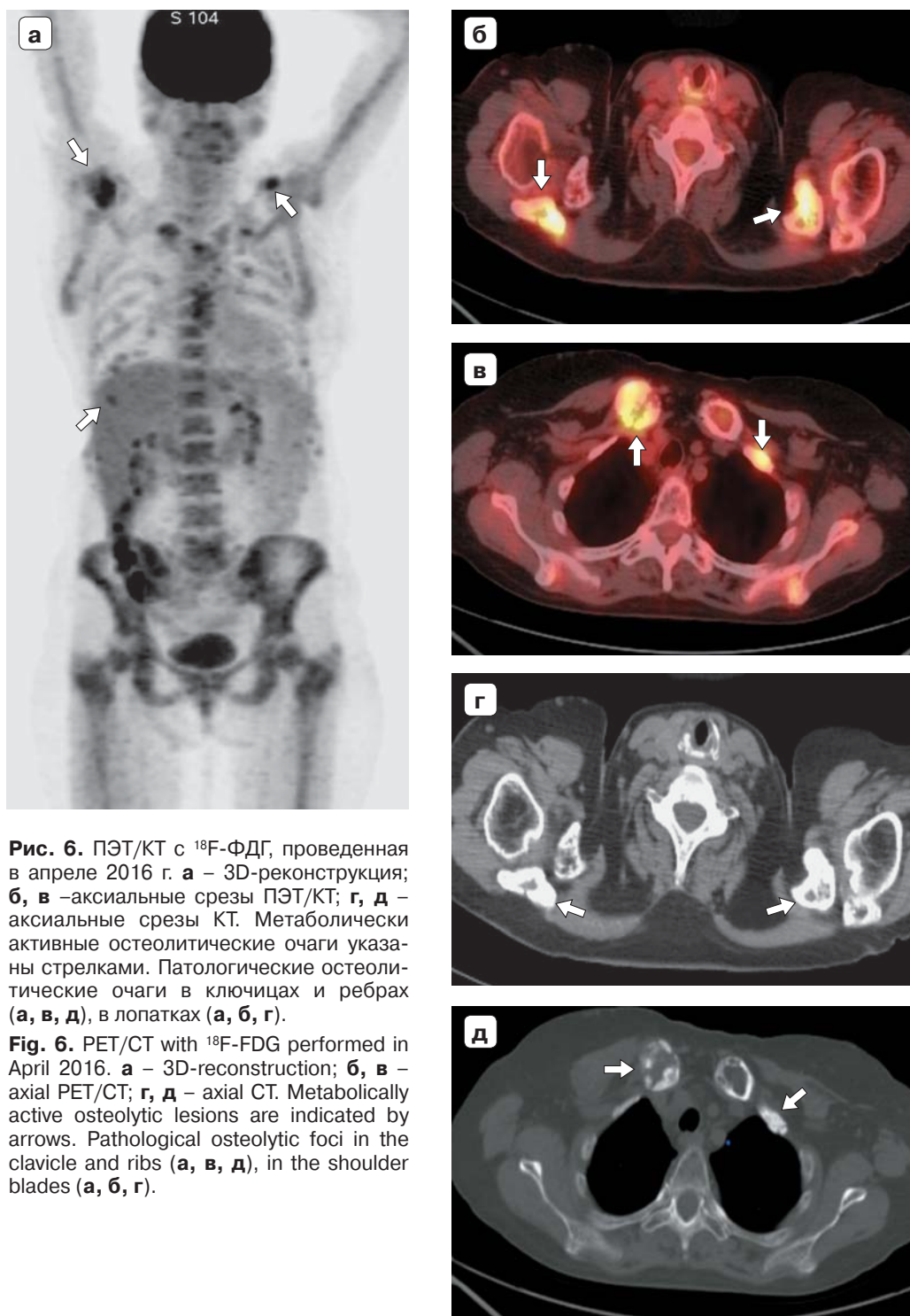


Рис. 6. ПЭТ/КТ с ^{18}F -ФДГ, проведенная в апреле 2016 г. **а** – 3D-реконструкция; **б, в** – аксиальные срезы ПЭТ/КТ; **г, д** – аксиальные срезы КТ. Метаболически активные остеолитические очаги указаны стрелками. Патологические остеолитические очаги в ключицах и ребрах (**а, в, д**), в лопатках (**а, б, г**).

Fig. 6. PET/CT with ^{18}F -FDG performed in April 2016. **а** – 3D-reconstruction; **б, в** – axial PET/CT; **г, д** – axial CT. Metabolically active osteolytic lesions are indicated by arrows. Pathological osteolytic foci in the clavicle and ribs (**а, в, д**), in the shoulder blades (**а, б, г**).

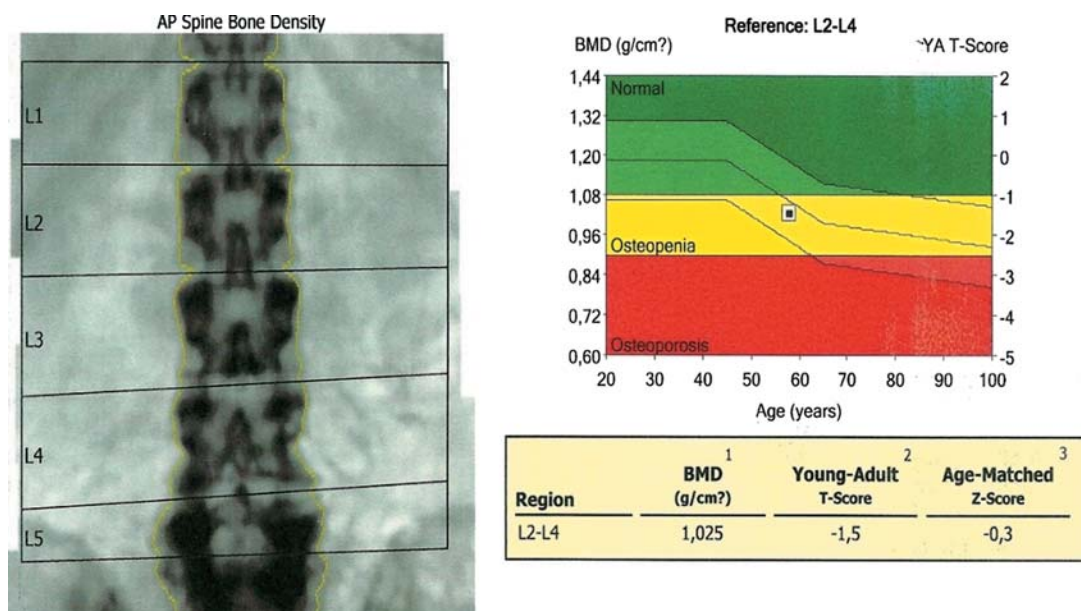


Рис. 7. Контрольная ДРА поясничного отдела позвоночника. При сравнении с данными от 2016 г. положительная динамика. МПКТ в поясничном отделе позвоночника составляет 85% от пиковой костной массы, от популяционной нормы – 97%. Т-критерий –1.5 SD, что соответствует остеопении.

Fig. 7. Control densitometry of the lumbar spine. Compared to 2016, positive dynamics. Bone mineral density is 85% of peak bone mass, and 97% of the population norm. T-test –1.5 SD, which corresponds to osteopenia.

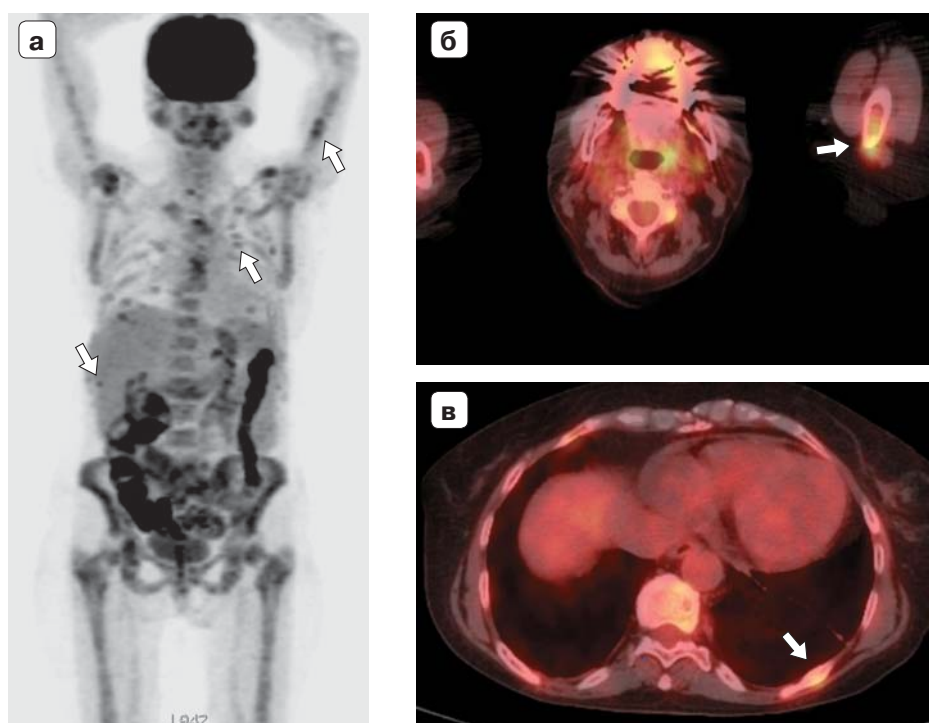


Рис. 8. Контрольная ПЭТ/КТ с ¹⁸F-ФДГ, выполненная в январе 2017 г. а – 3D-реконструкция; б, в – аксиальные ПЭТ/КТ-срезы. Метаболически активные остеолитические очаги указаны стрелками. На фоне имевшихся ранее метаболически активных очагов отмечается появление новых в левой плечевой кости (а, б) и ребрах (а, в).

Fig. 8. Control PET/CT with ¹⁸F-FDG performed in January 2017. а – 3D-reconstruction; б, в – axial PET/CT. Metabolically active osteolytic lesions are indicated by arrows. Against the background of previously metabolically active foci, the appearance of new ones in the left humerus (а, б) and ribs (а, в) is noted.

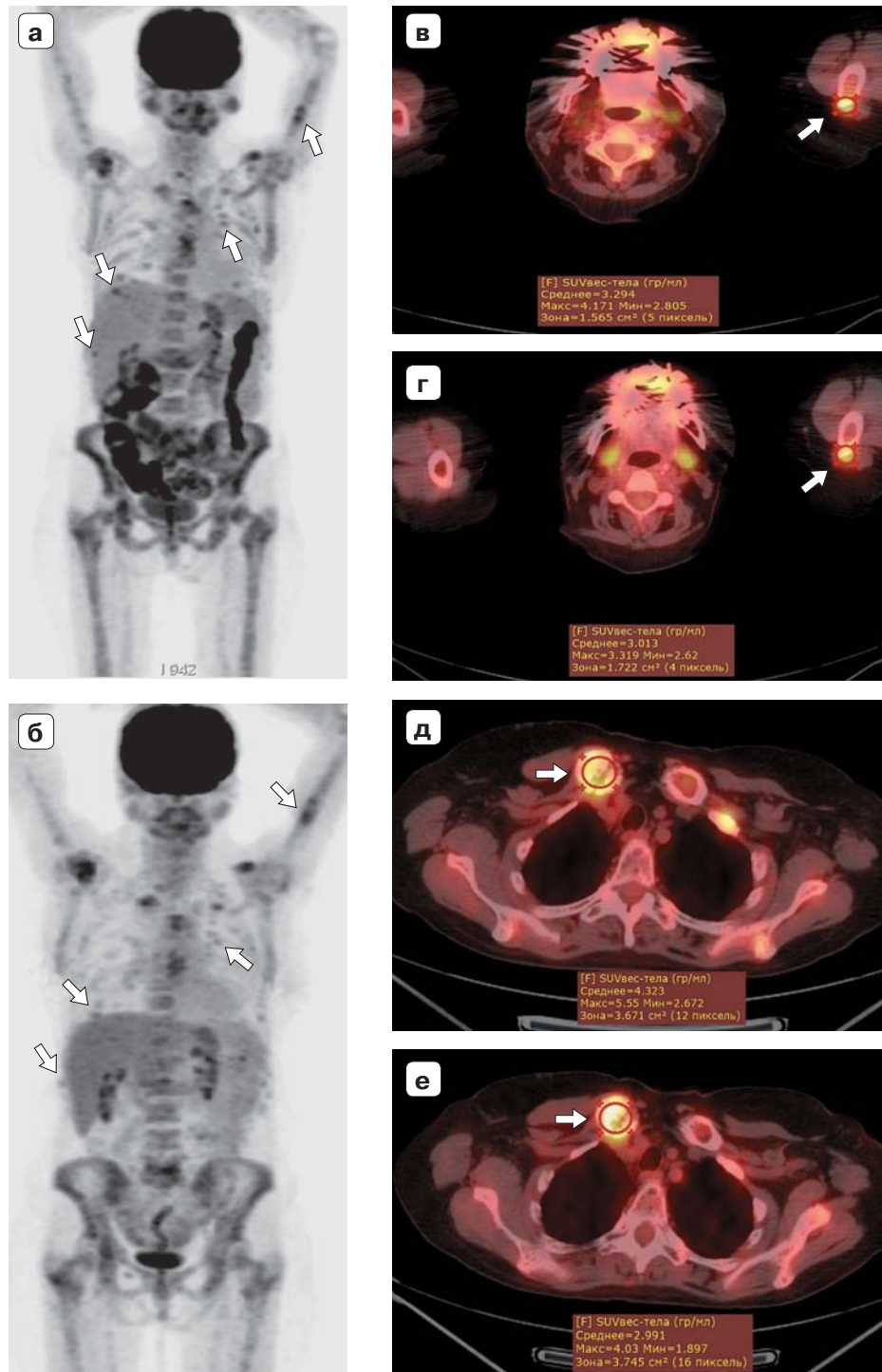
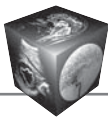


Рис. 9. ПЭТ/КТ с ^{18}F -ФДГ. **а, б** – 3D-реконструкция; **в, г, д, е** – аксиальные ПЭТ/КТ-срезы; **а, в, д** – исследование от марта 2017 г.; **б, г, е** – исследование от августа 2017 г. Метаболически активные остеолитические очаги указаны стрелками. Снижение накопления ФДГ в имевшихся ранее метаболически активных остеолитических очагах в левой плечевой кости (**а, б, в, г**), в ребрах (**а, б**), в ключицах (**д, е**).

Fig. 9. PET/CT with ^{18}F -FDG. **а, б** – 3D-reconstruction; **в, г, д, е** – axial PET/CT; **а, в, д** – study from March 2017; **б, г, е** – study from August 2017. Metabolically active osteolytic foci are indicated by arrows. Decreased FDG accumulation in previously existing metabolically active osteolytic foci in the left humerus (**а, б, в, г**), in the ribs (**а, б**), in the clavicle (**д, е**).

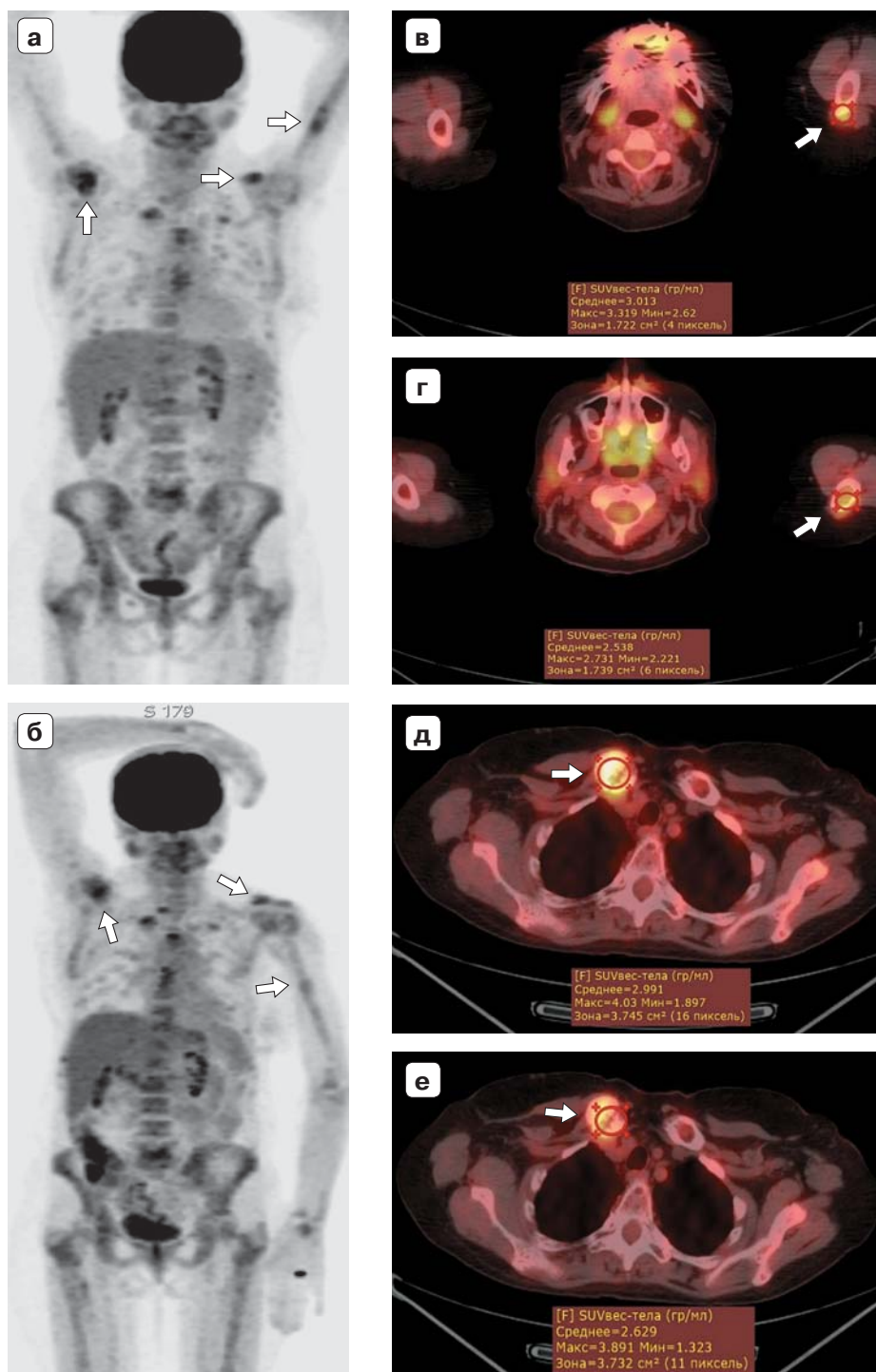


Рис. 10. ПЭТ/КТ с ^{18}F -ФДГ. **а, б** – 3D-реконструкция; **в, г, д, е** – аксиальные ПЭТ/КТ-срезы. Левая верхняя конечность приведена к туловищу в связи с наличием выраженного болевого синдрома (**б**); **а, в, д** – исследование от августа 2017 г.; **б, г, е** – исследование от ноября 2017 г. Метаболически активные остеолитические очаги указаны стрелками. Снижение накопления ФДГ в патологических метаболически активных остеолитических очагах в левой плечевой кости (**а, б, в, г**), в ключицах (**д, е**).

Fig. 10. PET/CT with ^{18}F -FDG. **а, б** – 3D reconstruction; **в, г, д, е** – axial PET/CT. The left upper limb is brought to the body due to severe pain (**б**); **а, в, д** – study from August 2017; **б, г, е** – study from November 2017. Metabolically active osteolytic foci are indicated by arrows. Decreased FDG accumulation in pathologically metabolically active osteolytic foci in the left humerus (**а, б, в, г**), in the clavicle (**д, е**).

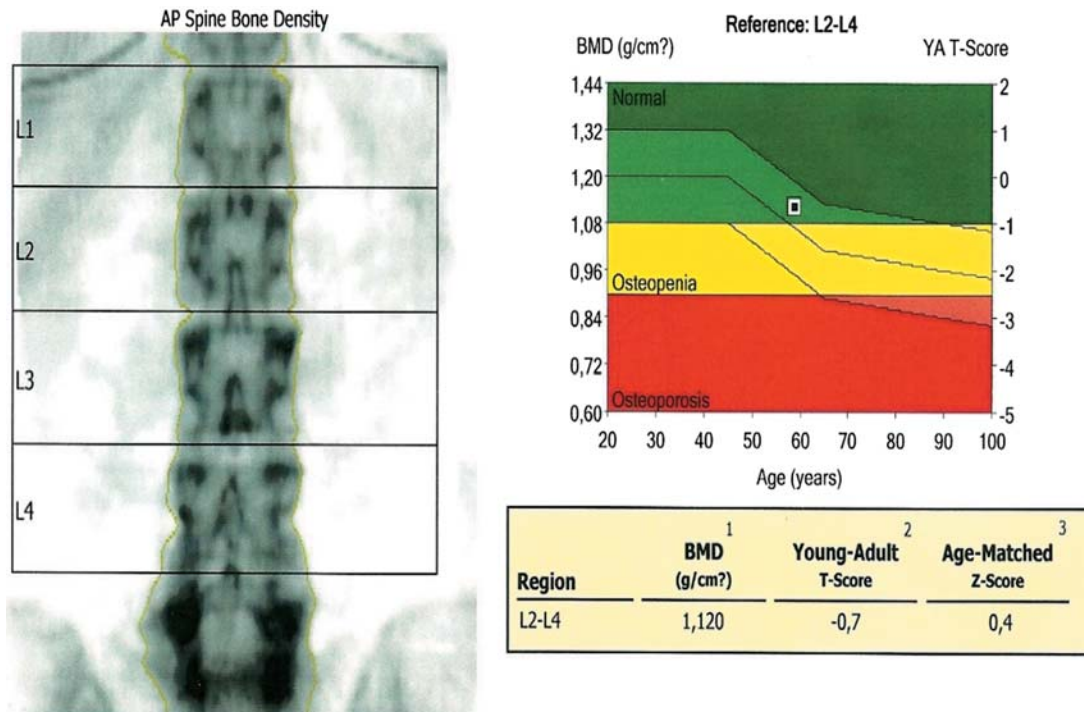


Рис. 11. Контрольная ДРА поясничного отдела позвоночника. При сравнении с данными от 2017 г. положительная динамика. МПКТ в поясничном отделе позвоночника составляет 96% от пиковой костной массы, от популяционной нормы – 108%. Т-критерий –0.7 SD, что соответствует норме.

Fig. 11. Control densitometry of the lumbar spine. Compared to 2017, positive dynamics. Mineral bone density is 96% of peak bone mass, 108% of the population norm. T-criterion is –0.7 SD, which corresponds to the norm.

При очередной госпитализации в ноябре 2017 г. в гемограмме обнаружена панцитопения: анемия III степени, тромбоцитопения IV степени, сохраняется выраженный болевой синдром. При иммунохимическом исследовании уровень белка Бенс-Джонса λ 0,15 г/л. Проводилась гемостатическая и гемозаместительная терапия. Было принято решение о проведении контрольной ПЭТ/КТ с ^{18}F -ФДГ, по результатам которой выявлена положительная динамика при сравнении с предыдущим исследованием в виде снижения уровня накопления ФДГ в ранее выявленных метаболически активных очагах (рис. 10).

С января по июль 2018 г. проводилась стандартная химиотерапия. Учитывая плохую переносимость химиотерапии (отечность мягких тканей лица и верхних конечностей), был модифицирован курс лечения. Общее состояние пациентки улучшилось, отмечается снижение болевого синдрома в конечностях и в ребрах. При иммунохимическом исследовании в июле 2018 г. констатирована ремиссия (уровень белка Бенс-Джонса λ 0,25 г/л). В начале августа 2018 г. выполнена контрольная ДРА, по результатам которой выявлена положительная динамика (рис. 11).

В сентябре 2018 г. пациентка госпитализирована в плановом порядке, проводилась стандартная химиотерапия, во время которой самочувствие пациентки

улучшилось, также отмечалось снижение болевого синдрома в конечностях, в грудине, ключицах, ребрах. При иммунохимическом исследовании констатирована ремиссия (уровень белка Бенс-Джонса λ 0,15 г/л). Выполнена контрольная ПЭТ/КТ с ^{18}F -ФДГ, отмечается положительная динамика в виде снижения интенсивности накопления ФДГ в ранее выявленных метаболически активных очагах и отсутствия накопления ФДГ в образовании левой плечевой кости (рис. 12).

Пациентка выписана в удовлетворительном состоянии. В настоящее время наблюдается по месту жительства.

Заключение

Приведенное наблюдение продемонстрировало, что комплексное применение различных методов лучевой диагностики позволяет точно определить характер патологических изменений, характерных для ММ, в динамике оценить активность процесса и в соответствии с этим вовремя скорректировать лечение.

ДРА дает возможность проследить в динамике признаки репарации костной ткани у пациентов с ММ.

КТ по сравнению с рентгенографией костей имеет более высокую чувствительность, так как

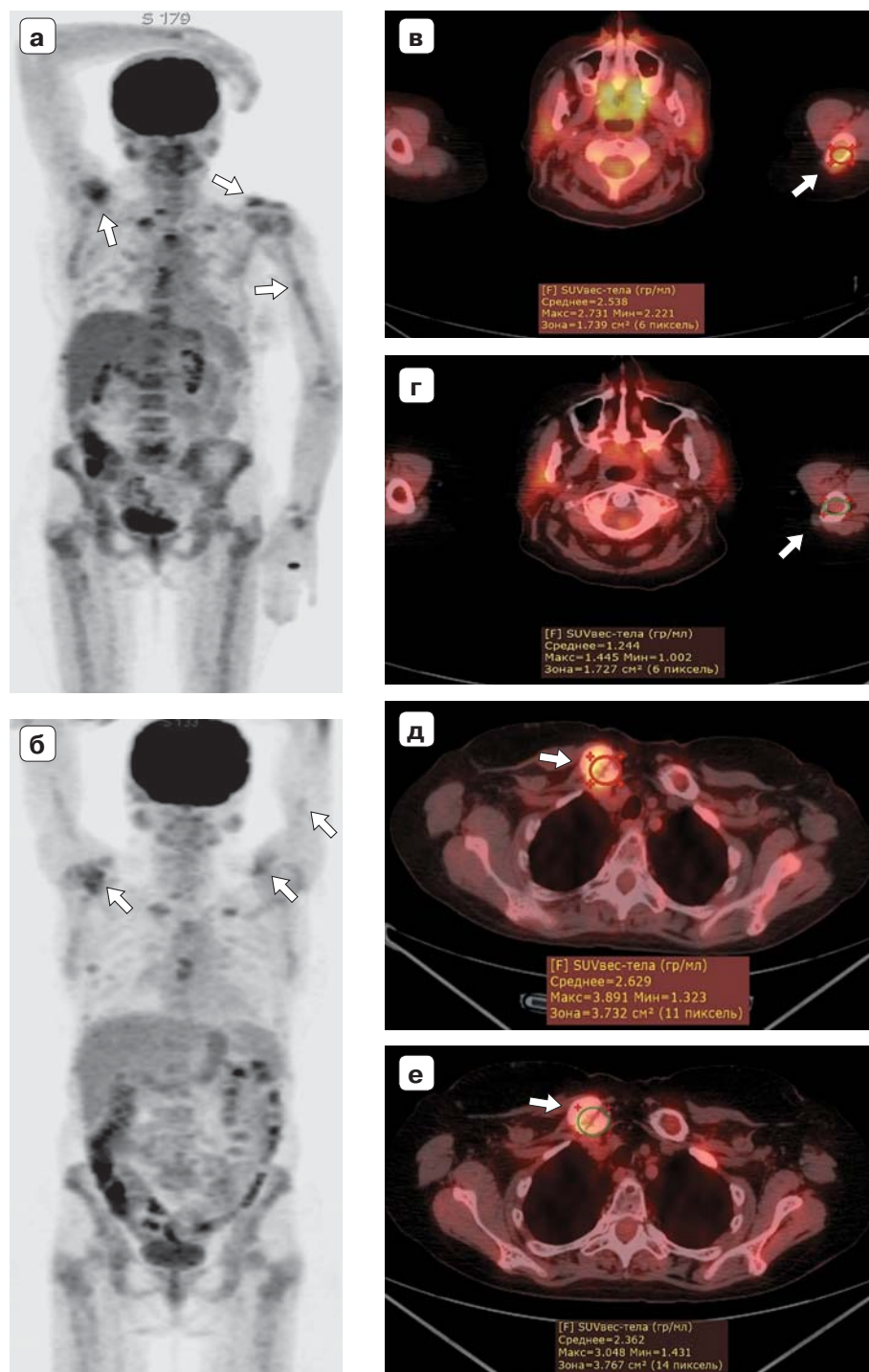
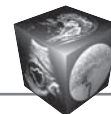
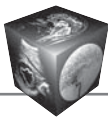


Рис. 12. ПЭТ/КТ с ^{18}F -ФДГ. а, б – 3D-реконструкция; в, г, д, е – аксиальные ПЭТ/КТ-срезы. а, в, д – исследование от ноября 2017 г.; б, г, е – исследование от сентября 2018 г. Левая верхняя конечность приведена к туловищу в связи с наличием выраженного болевого синдрома (а). Метаболически активные остеолитические очаги указаны стрелками. В динамике отмечается снижение накопления ФДГ в патологических метаболически активных остеолитических очагах в ключицах (а, б, д, е). В левой плечевой кости сохраняется мягкотканное образование (плазмоцитомы) без патологической фиксации ФДГ (а, б, в, г).

Fig. 12. PET/CT with ^{18}F -FDG. а, б – 3D-reconstruction; в, г, д, е – axial PET / CT; а, в, д – study from November 2017; б, г, е – study from September 2018. The left upper limb is brought to the body due to severe pain (а). Metabolically active osteolytic foci are indicated by arrows. In dynamics, there is a decrease in the accumulation of FDG in pathologically metabolically active osteolytic foci in the clavicle (а, б, д, е). In the left humerus, a soft tissue formation (plasmacytoma) is preserved without pathological fixation of FDG (а, б, в, г).



позволяет выявить как костные, так и внекостные очаги поражения.

С помощью ПЭТ/КТ с ^{18}F -ФДГ по сравнению с КТ можно не только точно определить локализацию и распространенность заболевания, но и объективно оценить метаболическую активность в выявленных очагах в динамике, что позволяет использовать данный метод исследования при констатировании наличия ремиссии (отсутствия) ММ в качестве самостоятельного критерия.

Участие авторов

Крюков Е.В. – подготовка, создание опубликованной работы, утверждение окончательного варианта статьи.

Троян В.Н. – подготовка, создание опубликованной работы, утверждение окончательного варианта статьи.

Рукавицын О.А. – участие в научном дизайне.

Курбанов С.И. – участие в научном дизайне.

Козырев С.В. – анализ и интерпретация полученных данных.

Поп В.П. – анализ и интерпретация полученных данных.

Алексеев С.А. – написание текста.

Сапельникова Е.Р. – сбор и обработка данных.

Authors' participation

Kryukov E.V. – preparation and creation of the published work, approval of the final version of the article.

Troyan V.N. – preparation and creation of the published work, approval of the final version of the article.

Rukavitsyn O.A. – participation in scientific design.

Kurbanov S.I. – participation in scientific design.

Kozyrev S.V. – analysis and interpretation of the obtained data.

Pop V.P. – analysis and interpretation of the obtained data.

Alekseev S.A. – writing text.

Sapelnikova E.R. – collection and analysis of data.

Список литературы

1. Поп В.П., Рукавицын О.А. и др. Множественная миелома и родственные ей заболевания. 3-е изд., перераб. и доп. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2016. 224 с.
2. Сахин В.Т., Маджанова Е.Р., Крюков Е.В., Сотников А.В., Гордиенко А.В., Казаков С.П., Рукавицын О.А. Анемия при хронических заболеваниях: ключевые механизмы патогенеза у пациентов со злокачественными новообразованиями и возможные подходы к классификации. *Клиническая онкогематология. Фундаментальные исследования и клиническая практика*. 2019; 12 (3): 344–349. <https://doi.org/10.21320/2500-2139-2019-12-3-344-349>
3. Rajkumar S., Kumar S. Multiple myeloma: diagnosis and treatment. *Mayo Clin. Proc.* 2016; 91 (1): 101–119. <https://doi.org/10.1016/j.mayocp.2015.11.007>.
4. Mariette X., Khalifa P., Ravaut P., Fria J., Laval-Jeantet M., Chastang C., Brouet J.C., Femand J.P. Bone densitometry in patients with multiple myeloma. *Am. J. Med.* 1992; 6 (93): 595–598. [https://doi.org/10.1016/0002-9343\(92\)90190-m](https://doi.org/10.1016/0002-9343(92)90190-m).

5. Muchtar E., Dagan A., Robenshtok E., Shochat T., Oniashvili N., Amitai I., Raanani P., Magen H. Bone mineral density utilization in patients with newly diagnosed multiple myeloma. *Hematological Oncology*. 2017; 4 (35): 703–710. <https://doi.org/10.1002/hon.2303>
6. Durie B.G., Harousseau J.L., Miguel J.S., Bladé J., Barlogie B., Anderson K., Gertz M., Dimopoulos M., Westin J., Sonneveld P., Ludwig H., Gahrton G., Beksac M., Crowley J., Belch A., Boccadaro M., Cavo M., Turesson I., Joshua D., Vesole D., Kyle R., Alexanian R., Tricot G., Attal M., Merlini G., Powles R., Richardson P., Shimizu K., Tosi P., Morgan G., Rajkumar S.V.; International Myeloma Working Group. International uniform response criteria for multiple myeloma. *Leukemia*. 2006; 9 (20): 1467–1473. <https://doi.org/10.1038/sj.leu.2404284>
7. Троян В.Н., Рукавицын О.А., Крюков Е.В., Козырев С.В., Поп В.П., Симашова П.И., Сапельникова Э.Р., Дараган-Суцов И.Г. Возможности двухэнергетической рентгеновской абсорбциометрической денситометрии в мониторинге динамики лечения множественной миеломы. *Военно-медицинский журнал*. 2018; 339 (11): 58–59.
8. Крюков Е.В., Троян В.Н., Рукавицын О.А., Козырев С.В., Дараган-Суцов И.Г., Поп В.П., Алексеев С.А., Сапельникова Э.Р. Денситометрия как метод мониторинга при лечении больных множественной миеломой. *Медицинская визуализация*. 2018; 22 (5): 106–113. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-2018-5-106-113>.
9. Bier G., Kloth C., Schabel C., Bongers M., Nikolaou K., Horger M. Vertebral lesion distribution in multiple myeloma-assessed by reduced-dose whole-body MDCT. *Skeletal Radiol.* 2016; 1 (45): 127–133. <https://doi.org/10.1007/s00256-015-2268-4>
10. Nanni C., Zamagni E., Farsad M., Castellucci P., Tosi P., Cangini D., Salizzoni E., Canini R., Cavo M., Fanti S. Role of ^{18}F -FDG PET/CT in the assessment of bone involvement in newly diagnosed multiple myeloma: preliminary results. *Eur. J. Nuclear Med. Molec. Imaging*. 2006; 5 (33): 525–531. <https://doi.org/10.1007/s00259-005-0004-3>
11. Durie B.G., Waxman A.D., D'Agnolo A., Williams C.M. Whole-Body ^{18}F -FDG PET Identifies High-Risk Myeloma. *J. Nuclear Med.* 2002; 11 (43): 1457–1463.

References

1. Pop V.P., Rukavitsyn O.A. et al. Multiple myeloma and related diseases. 3rd ed. reslave. and add. M.: GEOTAR-Media, 2016. 224 p. (In Russian)
2. Sakhin V.T., Madzhanova E.R., Kryukov E.V., Sotnikov A.V., Gordienko A.V., Rukavitsyn O.A. Anemia of Chronic Disease: Key Mechanisms of Pathogenesis in Patients with Malignancies and Feasible Classification Approaches. *Clinical oncohematology*. 2019; 12 (3): 344–349. (In Russian) <https://doi.org/10.21320/2500-2139-2019-12-3-344-349>
3. Rajkumar S., Kumar S. Multiple myeloma: diagnosis and treatment. *Mayo Clin. Proc.* 2016; 91 (1): 101–119. <https://doi.org/10.1016/j.mayocp.2015.11.007>.
4. Mariette X., Khalifa P., Ravaut P., Fria J., Laval-Jeantet M., Chastang C., Brouet J.C., Femand J.P. Bone densitometry in patients with multiple myeloma. *Am. J. Med.* 1992; 6 (93): 595–598. [https://doi.org/10.1016/0002-9343\(92\)90190-m](https://doi.org/10.1016/0002-9343(92)90190-m).



5. Muchtar E., Dagan A., Robenshtok E., Shochat T., Oniashvili N., Amitai I., Raanani P., Magen H. Bone mineral density utilization in patients with newly diagnosed multiple myeloma. *Hematological Oncology*. 2017; 4 (35): 703–710. <https://doi.org/10.1002/hon.2303>
6. Durie B.G., Harousseau J.L., Miguel J.S., Bladé J., Barlogie B., Anderson K., Gertz M., Dimopoulos M., Westin J., Sonneveld P., Ludwig H., Gahrton G., Beksac M., Crowley J., Belch A., Boccadaro M., Cavo M., Turesson I., Joshua D., Vesole D., Kyle R., Alexanian R., Tricot G., Attal M., Merlini G., Powles R., Richardson P., Shimizu K., Tosi P., Morgan G., Rajkumar S.V.; International Myeloma Working Group. International uniform response criteria for multiple myeloma. *Leukemia*. 2006; 9 (20): 1467–1473. <https://doi.org/10.1038/sj.leu.2404284>
7. Troyan V.N., Rukavitsyn O.A., Kryukov E.V., Kozyrev S.V., Pop V.P., Simashova P.I., Sapelnikova E.R., Daragan-Sushchov I.G. The possibilities of dual-energy X-ray absorptiometric densitometry in monitoring the dynamics of treatment of multiple myeloma. *Military Medical Journal*. 2018; 339 (11): 58–59. (In Russian)
8. Kryukov E.V., Troyan V.N., Rukavitsyn O.A., Kozyrev S.V., Daragan-Sushchov I.G., Pop V.P., Alekseev S.A., Sapelnikova E.R. Densitometry as a monitoring method in the treatment of patients with multiple myeloma. *Medical Visualization*. 2018; 22 (5): 106–113. (In Russian) <https://doi.org/10.24835/1607-0763-2018-5-106-113>
9. Bier G., Kloth C., Schabel C., Bongers M., Nikolaou K., Horger M. Vertebral lesion distribution in multiple myeloma-assessed by reduced-dose whole-body MDCT. *Skeletal Radiol*. 2016; 1 (45): 127–133. <https://doi.org/10.1007/s00256-015-2268-4>
10. Nanni C., Zamboni E., Farsad M., Castellucci P., Tosi P., Cangini D., Salizzoni E., Canini R., Cavo M., Fanti S. Role of 18F-FDG PET/CT in the assessment of bone involvement in newly diagnosed multiple myeloma: preliminary results. *Eur. J. Nuclear Med. Molec. Imaging*. 2006; 5 (33): 525–531. <https://doi.org/10.1007/s00259-005-0004-3>
11. Durie B.G., Waxman A.D., D'Agnolo A., Williams C.M. Whole-Body 18F-FDG PET Identifies High-Risk Myeloma. *J. Nuclear Med*. 2002; 11 (43): 1457–1463.

Для корреспонденции*: Алексеев Сергей Анатольевич – 105229 Москва, Госпитальная пл., д.3. Главный военный клинический госпиталь имени академика Н.Н. Бурденко Министерства обороны РФ. Тел.: +7-962-377-08 75. E-mail: sergey-alexeev@outlook.com

Крюков Евгений Владимирович – член-корр. РАН, доктор мед. наук, профессор, начальник ФГБУ “Главный военный клинический госпиталь имени академика Н.Н. Бурденко” Министерства обороны РФ, Москва. <https://orcid.org/0000-0002-8396-1936>

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

Рукавицын Олег Анатольевич – доктор мед. наук, профессор, начальник гематологического центра ФГБУ “Главный военный клинический госпиталь имени академика Н.Н. Бурденко” Министерства обороны РФ, Москва. <https://orcid.org/0000-0002-1309-7265>

Алексеев Сергей Анатольевич – врач-рентгенолог отделения компьютерной и магнитно-резонансной томографии центра ПЭТ ФГБУ “Главный военный клинический госпиталь имени академика Н.Н. Бурденко” Министерства обороны РФ, Москва. <https://orcid.org/0000-0003-1329-8689>

Курбанов Сергей Иванович – канд. мед. наук, начальник центра ПЭТ ФГБУ “Главный военный клинический госпиталь имени академика Н.Н. Бурденко” Министерства обороны РФ, Москва. <https://orcid.org/0000-0002-7599-1406>

Поп Василий Петрович – канд. мед. наук, начальник отделения высокодозной химиотерапии и миелотрансплантации ФГБУ “Главный военный клинический госпиталь имени академика Н.Н. Бурденко” Министерства обороны РФ, Москва. <https://orcid.org/0000-0002-3050-4643>

Козырев Сергей Владимирович – канд. мед. наук, начальник рентгеновского отделения ФГБУ “Главный военный клинический госпиталь имени академика Н.Н. Бурденко” Министерства обороны РФ. <https://orcid.org/0000-0002-1925-062X>

Сапелникова Эльмира Ринатовна – канд. мед. наук, заведующая эндокринологическим отделением ФКУ “Центральный военный клинический госпиталь имени П.В. Мандрыка” Министерства обороны РФ, Москва. <https://orcid.org/0000-0003-3091-785>

Contact*: Sergey A. Alexeev – 3, Hospitalnaya Square, Moscow 105229, Russian Federation. N.N. Burdenko Main Military Clinical Hospital. Phone: +7-962-377-08-75. E-mail: sergey-alexeev@outlook.com

Evgeny V. Kryukov – Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Doct. of Sci. (Med.), Professor, Head of the N.N. Burdenko Main Military Clinical Hospital Ministry of Defense of the Russian Federation, Moscow. <https://orcid.org/0000-0002-8396-1936>

Vladimir N. Troyan – Doct. of Sci. (Med.), Professor, Head of the center for radiation diagnosis of the N.N. Burdenko Main Military Clinical Hospital Ministry of Defense of the Russian Federation. Acad. N.N. Burdenko, Moscow. <https://orcid.org/0000-0002-8008-9660>

Oleg A. Rukavitsyn – Doct. of Sci. (Med.), Professor, Head of the Hematology Center of the N.N. Burdenko Main Military Clinical Hospital Ministry of Defense of the Russian Federation, Moscow. <https://orcid.org/0000-0002-1309-7265>

Sergey A. Alekseev – Radiologist of the department of computed tomography and magnetic resonance imaging of PET center of the N.N. Burdenko Main Military Clinical Hospital Ministry of Defense of the Russian Federation, Moscow. <https://orcid.org/0000-0003-1329-8689>

Sergei I. Kurbanov – Cand. of Sci. (Med.), Head of PET Center of the N.N. Burdenko Main Military Clinical Hospital Ministry of Defense of the Russian Federation, Moscow. <https://orcid.org/0000-0002-7599-1406>

Vasily P. Pop – Cand. of Sci. (Med.), Head of the Department of High-Dose Chemotherapy and Myelo-Transplantation of the N.N. Burdenko Main Military Clinical Hospital Ministry of Defense of the Russian Federation, Moscow. <https://orcid.org/0000-0002-3050-4643>

Sergey V. Kozyrev – Cand. of Sci. (Med.), Head of the X-ray department of the N.N. Burdenko Main Military Clinical Hospital Ministry of Defense of the Russian Federation, Moscow. <https://orcid.org/0000-0002-1925-062X>

Elmira R. Sapelnikova – Cand. of Sci. (Med.), head of the Department of Endocrinology of the P.V. Mandryk Central Military Clinical Hospital Ministry of Defense of the Russian Federation, Moscow. <https://orcid.org/0000-0003-3091-785>