


Частное учреждение дополнительного профессионального образования
«Институт повышения квалификации медицинских кадров»
(ЧУ ДПО «ИПКМК»)

УТВЕРЖДАЮ

Директор ЧУ ДПО «ИПКМК»

 А.В.Коробов

«05» июля 2021

м.п.

ОТЧЕТ

О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

«Место МРТ-скрининга в оценке состояния легких в условиях пандемии»

по теме:

**«МРТ-СКРИНИНГ ЛЕГКИХ В УСЛОВИЯХ ПАНДЕМИИ COVID-19 НА ЭТАПАХ
МЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩИ КАК РЕЛЕВАНТНЫЙ ИНСТРУМЕНТ
МЕДИЦИНСКОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ЛЕГОЧНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ»**

(промежуточный, этап 2)


Руководитель НИР, д.м.н.

Н.В. Нуднов

«05» июля 2021

Воронеж 2021

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ НИР

Руководитель НИР,
профессор кафедры лучевой
диагностики ЧУ ДПО
«ИПКМК», заместитель
директора по научной работе
ФГБУ «РНЦРР» Минздрава
России, д.м.н., профессор

Подпись, дата

Н.В. Нуднов
(введение, заключение)

Ответственный исполнитель,
руководитель научно-
исследовательской
лаборатории медицинской
визуализации ЧУ ДПО
«ИПКМК», к.м.н.

подпись, дата

А.Ю. Попов
(разделы 1, 2, 3, 4,
заклучение)

Исполнители:
Директор ЧУ ДПО
«ИПКМК», к.м.н

подпись, дата

А.В. Коробов
(введение, заключение)

Зам.директора по экспертной
работе ЧУ ДПО «ИПКМК»

подпись, дата

Т.В. Кульнева
(раздел 1, 2)

Руководитель
консультативно-
диагностического отделения
ЧУ ДПО «ИПКМК»

подпись, дата

В.В. Бабенко
(раздел 3, 4)

Нормоконтроль:
Зам.директора по учебно-
методической работе ЧУ
ДПО «ИПКМК», к.п.н.,
доцент

подпись, дата

Н.В. Федяинова

Соисполнители:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Воронежский государственный медицинский университет имени Н.Н. Бурденко»
Министерства здравоохранения Российской Федерации
Заведующая кафедрой
лучевой и функциональной
диагностики ФГБОУ ВО
ВГМУ им. Н.Н. Бурденко,
д.м.н.


подпись, дата

Л.А. Титова
(введение)


ООО «Управляющая
компания «МРТ Эксперт»»,
Медицинский директор
Стратегического
бизнес направления «Лучевая
диагностика»


05.07.21
подпись, дата О.Е. Волкова
(раздел 1, 2)


ООО «Клиника Эксперт
Воронеж»,
исполнительный директор


05.07.21
подпись, дата Л.В. Воронюк
(раздел 2, 3)

ООО «КЛИНИКА Эксперт
Ростов»,
исполнительный директор


05.07.21
подпись, дата Д.С. Зенищева
(раздел 2, 3)

ООО «МРТ-Эксперт
Мытищи»,
исполнительный директор


05.07.21
подпись, дата Н.Н. Крутова
(раздел 2, 3)

РЕФЕРАТ К ОТЧЕТУ ПО НИР

Отчет 18 с., 1 кн., 7 рис, 3 табл., 12 источн.

МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНАЯ ТОМОГРАФИЯ, КОМПЬЮТЕРНАЯ ТОМОГРАФИЯ, МРТ-СКРИНИНГ, ВОСПАЛИТЕЛЬНЫЕ ЗАБОЛЕВАНИЯ ЛЕГКИХ, ПНЕВМОНИЯ, COVID-19, ПАНДЕМИЯ, ЛУЧЕВАЯ ДИАГНОСТИКА

Объект исследования: медицинские данные пациентов с патологическими воспалительными изменениях в легких, выявленные методами КТ и МРТ.

Цель работы: уточнение чувствительности и специфичности метода МРТ-скрининга в выявлении COVID-ассоциированной легочной патологии по нарастающему количеству исследований.

Задачи:

- 1) сбор первичных данных КТ и МРТ-исследований легких в базе данных с нарастающим итогом;
- 2) уточнение чувствительности и специфичности метода МРТ-скрининга при воспалительных изменениях в паренхиме легких;
- 3) оценка потенциальной пользы применения МРТ-скрининга легких в снижении коллективной дозы облучения населения.

Методы или методология проведения работы: КТ органов грудной полости (DICOM-архивы и протоколы описания), МРТ средостения со скрининговым обследованием легких (DICOM-архивы и протоколы описания), статистический анализ базы медицинских данных.

Результаты работы и их новизна. В ходе выполнения второго этапа НИР получены следующие научные результаты:

- уточнена чувствительность и специфичность метода МРТ-скрининга в выявлении воспалительных изменений легких.
- рассчитана прогнозируемая польза в снижении коллективной эффективной дозы облучения населения благодаря перераспределению потока пациентов.
- опубликована научная статья в журнале «Медицинская визуализация»: МРТ-скрининг легких в условиях пандемии COVID-19 на этапах медицинской помощи как инструмент снижения суммарной коллективной дозы облучения населения / Коробов А.В., Нуднов Н.В., Попов А.Ю., Кульнева Т.В., Бабенко В.В., Пронькина Е. В. // Вестник рентгенологии и радиологии, 2021; 102 (1): 28-41. – URL: <https://doi.org/10.20862/0042-4676-2021-102-1-28-41>

• по теме НИР выполнен доклад 26.05.2021. на XV Юбилейном Всероссийском национальном конгрессе лучевых диагностов и терапевтов «Радиология – 2021» с публикацией тезисов в сборнике: Коробов А.В., Попов А.Ю., Бабенко В.В. Место МРТ-скрининга легких в условиях пандемии COVID-19 / Материалы XV Юбилейного Всероссийского национального конгресса лучевых диагностов и терапевтов «Радиология – 2021», 25-27 мая 2021 года, Московская область, г. Красногорск, М., 2021 – 172 с. (с. 14-15) ISBN 978-5-906484-61-1 URL: https://www.mediexpo.ru/fileadmin/user_upload/content/pdf/rad2021--abstracts.pdf

• в 2020 г. руководителем НИР д.м.н. Нудновым Н.В. с группой коллег проведена масштабная коллективная работа, итогом которой стала издание монографии: Кармазановский Г.Г., Нуднов Н.В., Юдин А.Л., Петриков С.С. COVID-19: лучевая диагностика и мониторинг лечения. Монография. – М.: Крафт+, 2020. – 440 с., ил. – ISBN 978-5-93675-277-3

Область применения результатов: медицина, лучевая диагностика в амбулаторном скрининге населения.

Рекомендации по внедрению или итоги внедрения результатов НИР: внедрение результатов НИР в практическую деятельность диагностических центров и клиник РФ. Разработка программ повышения квалификации врачей-рентгенологов.

Экономическая эффективность или значимость работы: снижение финансовой нагрузки на население; возможность обследования пациентов с противопоказаниями к КТ; прогностическое снижение экономических затрат на выявление и лечение стохастически обусловленных онкологических заболеваний в отдаленном периоде.

Прогнозные предположения о развитии объекта исследования: планируется дальнейшее развитие возможностей МРТ-визуализации при различных патологических изменениях легких.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	5
1. Обоснование проведения НИР	5
2. Материалы	8
3. Результаты	9
3.1. Возможности визуализации изменений в легочной ткани методом МРТ-скрининга	9
3.2. Сопоставимость изменений по площади поражения легких	9
3.3. Уточнение чувствительности метода МРТ при воспалительных изменениях в паренхиме легких	9
3.4. Возможность сортировки потока пациентов	10
3.5. Потенциальная польза применения МРТ-скрининга легких в снижении коллективной дозы облучения населения	10
4. Обсуждение	11
Заключение	11
Список использованных источников	13
Приложения	14

Термины и определения

В настоящем отчете о НИР применяют следующие термины с соответствующими определениями:

Коллективная эффективная доза облучения – эффективная доза, полученная группой людей от какого-либо источника излучения; она равна сумме индивидуальных эффективных доз. Единица эффективной коллективной дозы — человеко-зиверт (чел.-Зв).

Пандемия – распространение нового заболевания в мировых масштабах (по определению ВОЗ).

Пневмония – острое воспаление лёгочной ткани обычно инфекционного происхождения с преимущественным поражением альвеол (развитием в них воспалительной экссудации).

Скрининг – система первичного обследования групп населения с целью выявления случаев заболевания.

Перечень сокращений и обозначений

COVID-19 – аббревиатура от англ. COronaVirus Disease 2019, коронавирусная инфекция, начавшаяся в конце 2019 года и признанная ВОЗ пандемией в марте 2020 - потенциально тяжёлая острая респираторная инфекция, вызываемая коронавирусом SARS-CoV-2.

DICOM – изображение медицинского характера, сохраненное в формате DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine), являющееся отраслевым форматом и стандартом для хранения и распространения медицинских снимков. Файл DICOM может содержать одно или несколько серий изображений, а также информацию о пациенте.

КТ – компьютерная томография.

МРТ – магнитно-резонансная томография.

ОРДС – острый респираторный дистресс синдром.

Введение

В ходе анализа зарубежной и отечественной профессиональной литературы было определено, что *современное состояние решаемой научно-технической проблемы* характеризуется поиском алгоритмов протоколов МРТ-сканирования для получения оптимального качества исследований, сопоставимых и конкурирующих с возможностями КТ-диагностики.

Основанием для разработки темы НИР явилась практическая необходимость предоставления определенной части населения информативного и релевантного метода медицинской визуализации, сопоставимого по чувствительности с КТ в диагностике легочных изменений при пандемии COVID-19 в условиях, когда выполнение КТ невозможно/труднодоступно по организационным или техническим причинам, а также при наличии противопоказаний к выполнению исследований, несущих лучевую нагрузку на организм (у беременных, детей, при выполненном ранее множественном КТ-контроле).

Исходными данными для разработки НИР является наличие масштабного пула медицинских данных большого количества лучевых исследований КТ и МРТ легких, выполненных на базе операционных компаний ГК «Эксперт», сохраненных в базе данных и единой рентгенологической информационной системе, позволяющей вести учет и статистический анализ информации.

Необходимость проведения НИР включает научный поиск с целью получения новых данных и расширения имеющихся знаний по проблематике COVID-19, научное обоснование проекта по внедрению МРТ-скрининга для выявления легочной патологии и сортировки потоков пациентов на первичном и специализированном этапах оказания медико-санитарной помощи.

Планируемый научно-технический уровень разработки обеспечивается применением высокотехнологичной аппаратуры для лучевой диагностики (КТ-томографами не менее 64-срезы, МР-томографами 1.0Т и 1.5Т), применением рентгенологической информационной системы (РИС v. 2.0) федеральной сети диагностических и клиничко-диагностических центров.

Патентные разработки в рамках данной НИР не запланированы.

Метрологическое обеспечение в рамках данной НИР не требуется.

Актуальность и новизна темы НИР обуславливаются необходимостью поиска оптимальных путей диагностики и своевременного лечения пациентов с COVID-19 в условиях растущей на момент формирования данного отчета кривой заболеваемости как в России, так и во всем мире.

Данная НИР не сопряжена по тематике с другими научно-исследовательскими работами института.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ ОТЧЕТА О НИР

1. Обоснование проведения НИР. Пандемия новой коронавирусной инфекции COVID-19, начавшаяся весной 2020 года, затронула многие государства, включая нашу страну. Согласно рекомендациям ВОЗ [1], метод компьютерной томографии (КТ) является наиболее чувствительным и информативным способом лучевой визуализации изменений в легких, вызванных вирусом SARS-CoV-2. Согласно литературным данным, КТ можно отнести к исследованиям «первой линии» в тех медицинских организациях/территориях, в которых имеется достаточное количество аппаратов и кадрового обеспечения для выполнения требуемого объема исследований без ущерба для своевременной диагностики среди пациентов, которые нуждаются в данном обследовании в большей степени (онкологические, неврологические заболевания и т.д.) [2]. Проведение КТ показано всем пациентам с подозрением на пневмонию, при этом с осторожностью у детей. Данный метод позволяет выявить ранние признаки вирусного поражения легких и, как правило, выявленные изменения локализуются с обеих сторон.

По данным иностранных авторов, чувствительность низкодозовой КТ в выявлении вирусной пневмонии составляет 86.7%, специфичность 93.6%, а при длительности симптомов более 48 часов – 95.6% и 93.2%, соответственно. Необходимо отметить, что среднее время КТ-

исследования (сканирование и описание) составляет 25 мин, что имеет огромное значение в практической медицине [3].

Зависимость тяжести состояния больных от выраженности КТ-изменений привели к необходимости выработки системы градации поражений легких. Имевшая место 5-балльная система тяжести поражения легких не оправдала свою значимость и оказалась неэффективной, поэтому в настоящее время в практике применяется 4-степенная градация КТ-изменений, базирующаяся на определении симптомов и примерной площади поражения паренхимы. Система имеет недостатки, обусловленные субъективной оценкой объема поражения, различающиеся от исследователя к исследователю. Попытки применения искусственного интеллекта для подсчета площади зон «матового стекла» и «консолидации» имеют определенные успехи, но также обладают погрешностью измерений [4]. Поэтому, степени КТ-изменений в легких основаны на четверных интервальных значениях (таб. 1).

Альтернативными методами визуализации, имеющими значительно более низкую информативность, являются рентгенография (РГ) и УЗИ [2].

Необходимость первичного выявления и динамического КТ-контроля изменений в легких в период пандемии и необоснованные врачебные назначения, а также самообращения пациентов, обусловленные повышенной тревожностью и «ковидофобией», привели к резко возросшей нагрузке на отделения и кабинеты лучевой диагностики лечебно-диагностических учреждений. В последующем это способствовало повышению коллективной эффективной дозы облучения на население. Следствием высокой плотности записи на КТ-исследования, а также технической неисправности КТ-аппаратов, вызванной повышенной круглосуточной нагрузкой на рентгеновские трубки, стало отсутствие возможности у ряда пациентов, при необходимости, выполнить КТ. Именно в подобной ситуации дефицита возможностей, альтернативным и релевантным методом диагностики легочных изменений может стать метод магнитно-резонансной томографии (МРТ).

Опубликованы многочисленные работы зарубежных авторов, посвященные роли МРТ в оценке интерстициальных заболеваний легких Yi CA, 2008; Chang S, 2014; Pinal-Fernandez I. 2016 [5–7]. В период пандемии массовые исследования пациентов с вирусной пневмонией позволили сделать вывод, что МРТ, несмотря на отсутствие его в рекомендациях ВОЗ, как метода диагностики вирусной пневмонии, также имеет место в медицинской визуализации, поскольку обладает достаточной воспроизводимостью основных симптомов при сравнении с КТ (рис. 1–4). Это было отмечено различными иностранными и отечественными авторами при проведении МРТ-исследований легких и других анатомических областей организма в период пандемии по поводу различной патологии [8–10].

В согласии с градацией КТ-изменений при COVID-19, коллективом отечественных авторов была приведена зависимость тяжести общего состояния от характера и выраженности признаков по данным МРТ органов грудной клетки (таб. 2).

В 2020 году были опубликованы работы, где отмечена возможность визуализации МР-изменений в легочной паренхиме, характерных для вирусной пневмонии и сходных с таковыми при КТ. При этом рекомендуется градировать качество МРТ-исследования по степени зашумленности артефактами на 4 группы: 1) артефакты отсутствуют, 2) единичные незначительные артефакты, не влияющие на диагностическую ценность, 3) исследование, несущее диагностическую ценность, но сниженного качества за счет артефактов, 4) диагностически сниженная ценность из-за выраженных артефактов [9].

Согласно методическим рекомендациям Государственного бюджетного учреждения здравоохранения города Москвы «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения города Москвы» [9], выполнение магнитно-резонансной томографии пациентам с подозрением на коронавирусную инфекцию COVID-19 возможно в качестве альтернативного метода в следующих случаях:

- при отсутствии возможности проведения компьютерной томографии и рентгенографии;
- при повышенном риске проведения исследования компьютерной томографии (например, беременным, детям) с учетом всех рисков выполнения МРТ.

Чувствительность метода МРТ к выявлению воспалительных изменений в легких при COVID-19 носит многофакторную зависимость, поскольку на нее влияют такие объективные параметры [9, 11], как:

- субстрат поражения паренхимы легких (участки «матового стекла» в легком определяемы на КТ, но в ряде случаев не определяемы на МРТ),
- площадь поражения паренхимы легкого (малые фокусы определяемы на КТ, в ряде случаев не видны на МРТ),
- фаза вдоха (отсутствие расправления паренхимы легкого при глубоком вдохе, недостаточная задержка вдоха или ее невозможность, выполнение исследования на свободном дыхании ведут к снижению вероятности визуализации изменений),
- наличие артефактов изображения, которым метод МРТ подвержен в значительно большей степени, чем КТ,
- используемые для сканирования программы (выбор импульсных последовательностей зависит от типа томографа, настроек аппарата и конкретного протокола сканирования).

Также следует учитывать факт динамического развития патологического процесса в легких, когда выполненное в динамике через некоторое время (от 1 сут и более) исследование (КТ или МРТ) выявляет субстрат изменений в легких, которых ранее не было по причине отсутствия или недостаточной степени выраженности.

Накопление как сторонних, так и собственных исследований о возможностях определения легочных изменений на МРТ и необходимость выполнения лучевого динамического контроля для широкой когорты населения позволили сделать вывод о возможности применения МРТ-скрининга легких, как дополнительного метода медицинской визуализации при легочных изменениях в период пандемии, который может быть взят на вооружение как врачей-лучевых диагностов, так и врачей-клиницистов [12].

Применение МРТ легких для диагностики пневмоний, вызванных COVID-19, не рекомендуется для практического здравоохранения (в т.ч. из-за отсутствия на текущий момент широкой выборки МРТ-исследований, сопоставимой с КТ- и ПЦР-верификацией), однако этот метод может применяться в исключительных случаях для оценки состояния легких при недоступности КТ (поломка единственного прибора) и неопределенных результатах РГ, а также при наличии врачей, обладающих опытом выполнения и интерпретации подобных исследований [2]. В условиях массовой круглосуточной нагрузки на КТ-кабинеты и дефицита, сгенерированного избыточным спросом на КТ, спектр «исключительных случаев» для проведения МРТ легких существенно расширяется.

Согласно рекомендациям Минздрава 9 версии от 26.10.2020, рекомендуется дифференцированно выбирать методы визуализации при известной/предполагаемой COVID-19 инфекции, в соответствии с имеющимся оборудованием и кадровыми ресурсами медицинской организации, а также делается акцент на нецелесообразность применения рентгенографии, КТ и УЗИ для скрининга (выявления патологии при отсутствии клинических симптомов) внебольничных пневмоний в целом и при COVID-19 в частности [2]. В связи с этим использование МРТ-скрининга легких, как альтернативного метода первичной диагностики и динамического контроля, позволит перенаправить поток пациентов, требующих диагностического обеспечения и частично разгрузить службу компьютерной томографии. Поскольку тяжесть общего состояния пациента зависит от распространенности поражения легких, МРТ-оценка выраженности легочных изменений поможет провести первичную сортировку потока больных с последующей маршрутизацией различных категорий на профильные линии медицинской помощи. По имеющимся в периодических изданиях данным, основанным на сравнительном анализе различных методов визуализации, скрининговое МРТ-исследование, проведенное с использованием необходимых импульсных последовательностей, в настоящее время вполне сопоставимо по стоимости с выполнением КТ и при любых условиях намного информативнее стандартного рентгенологического исследования [9].

В ходе первого этапа НИР были поставлены следующие задачи:

- 1) определить технические условия и возможности визуализации изменений в легочной ткани методом МРТ-скрининга;
- 2) сформировать широкую выборку МРТ-исследований легких для определения диагностической пользы метода;
- 3) определить чувствительность метода МРТ при воспалительных изменениях в паренхиме легких;
- 4) извлечь практическую возможность сортировки потока пациентов в зависимости от степени поражения легких (маршрутизация пациентов на догоспитальном, амбулаторном этапах и контроль эффективности лечения на этапе реабилитации);
- 5) оценить потенциальную пользу применения МРТ-скрининга легких в снижении коллективной дозы облучения населения.

В ходе проведенной работы I этапа НИР были достигнуты следующие результаты:

- 1) Созданы редуцированные протоколы сканирования, достаточные для воспроизведения визуализации ключевых легочных изменений.
- 2) Определены визуализационные МРТ-паттерны изменений в легочной ткани, выявляемые методом МРТ-скрининга и сопоставимые с КТ-семиотикой.
- 3) Создана выборка пациентов: 50 пациентов были обследованы двумя методами (КТ+МРТ) со сравнением визуальной семиотики выявленных изменений у 25 из них, имеющих верифицированную КТ легочную патологию и положительный ПЦР-тест.
- 4) Определена чувствительность метода МРТ в выявлении легочной патологии, составившая 76%. После была обследована крупная группа пациентов (n=450) методом МРТ-скрининга легких без верификации КТ-модальностью.
- 5) Выполнена сортировка потока пациентов: среди пациентов с выявленными МРТ-изменениями в легких (n=209) диапазоны площади поражения легочной паренхимы на МРТ градировались по МРТ-критериям на 4 группы (<25%, 25-50%, 50-75%, >75%)
- 6) Прогностически рассчитана потенциальная польза применения МРТ-скрининга легких в снижении коллективной дозы облучения населения, которое составило в среднем 2.025 чел.-Зв. за 1.5 мес, из которых 0.077 чел.-Зв составили контрольные исследования.

2. Материалы. В ходе второго этапа НИР выполнен ретроспективный анализ 1250 МРТ-исследований, выполненных в период 01.11.2020 по 30.04.2021 гг. на базе более 20 диагностических центров федеральной сети «МРТ-Эксперт». Исследование одобрено руководством ЧУ ДПО «ИПКМК». Согласно дизайну исследования, пациенты были сформированы в две группы: I группа – пациенты, обследованные двумя методами (КТ+МРТ, n=120), II группа – пациенты, обследованные только методом МРТ (n=1130). Параллельное сравнение МРТ исследований было выполнено с КТ-исследованиями, выполненными группе пациентов (n=120) в единый временной промежуток (0-2 сут), 84 из которых имели положительный ПЦР-тест на SARS-CoV-2. В качестве рутинного скринингового обследования потока пациентов организационно было выбрано «МРТ-исследование средостения со скрининговой оценкой легких» (далее – МРТ скрининг легких), которое отличается от стандартного МРТ-исследования легких меньшим (редуцированным) набором импульсных последовательностей и более коротким общим таймингом, с объемом и качеством изображений, достаточным для визуализации основных симптомов поражения легких. Данное условие позволяет повысить пропускную способность кабинета МРТ-диагностики, что является одним из критериев широкого охвата скринингом населения. Также отмечается легкая переносимость пациентами редуцированного протокола сканирования, особенно возрастными.

Из 120 пациентов, обследованных двойным методом (КТ + МРТ) мужчины составили 42% (n=524), женщины 58% (n=726). Средний возраст мужчин составил 45 лет (11-81 г), средний возраст женщин составил 46.5 лет (15-81 г).

Из всей группы обследованных МРТ-методом активные жалобы отсутствовали у 11.5% (n=144). Основные жалобы, предъявляемые остальными пациентами на момент исследования,

представлены в таблице 3. Основными жалобами являлись кашель и гипертермия. Широко признаваемый при COVID-19 симптом потери запахов (аносмия) был зафиксирован лишь в 12% случаев.

В протокол сканирования были включены T2-TSE последовательности в трех проекциях, T2 с жироподавлением и T1 с жироподавлением (T1W high resolution isotropic volume examination, THRIVE) на задержке вдоха, при стандартной толщине срезов 7 мм. Исследование выполнялось в положении пациента лежа body-катушкой с центрацией поля на середину тела грудины.

Все зарегистрированные пациенты были проверены на безопасность прохождения МРТ.

Анализ DICOM-архивов изображений и протоколов описаний, полученных при МРТ-скрининге легких, проводился минимум двумя независимыми экспертами.

КТ-исследование легких выполнялось тонким срезом 1-2 мм, на задержке вдоха, в легочном и средостенном режимах, с областью сканирования от верхушек легких до синусов.

Выполнен сравнительный анализ визуальной КТ и МРТ-картины воспалительных изменений легких, соответствующих вирусной пневмонии.

Статистический учет и обработка первичного материала проводились в электронной базе данных Excel.

Воспроизводимость КТ-изменений в легких МРТ-методом составила 86%.

3. Результаты

3.1. Возможности визуализации изменений в легочной ткани методом МРТ-скрининга.

Различные КТ-изменения в легких визуализировались в виде повышения МР-сигнала по T2-ВИ следующим образом:

- «Матовое стекло» - неравномерное слабоинтенсивное повышение МР-сигнала по T2, переменная визуализация по THRIVE с большой вероятностью отсутствия отображения субстрата (90%)
- «Лоскутное одеяло» (или «булыжная мостовая», или «сумасшедшая исчерченность») – неомогенное среднеинтенсивное повышение сигнала с ретикулярным паттерном в виде тяжистых ветвящихся высокоинтенсивных линий, определяемое как на T2-ВИ, так и на THRIVE, но менее интенсивно. При этом на T2 площадь изменений превалирует над таковой по THRIVE.
- Консолидация – гомогенное или слабо неомогенное средне- и высокоинтенсивное повышение сигнала, одинаково хорошо определяемое как на T2-ВИ, так и на THRIVE
- Ретикулярный паттерн – линейные участки повышения сигнала
- Гало – однородное среднеинтенсивное повышение сигнала со слабым гетерогенным повышением по периферии

3.2. Сопоставимость изменений по площади поражения легких:

Положительные исследования (в которых выявлена легочная патология) в обеих группах имели различный удельный вес: в I группе доля КТ+ исследований составила 86.6%, во II группе доля МРТ+ исследований составила 41.7% (рис.5)

В группе пациентов, обследованных двумя методами (КТ+МРТ) легочные изменения, соответствующие COVID-ассоциированным легочным изменениям, выявлены в 72 случаях. Из них площадь МР-поражения паренхимы совпала с таковой на КТ в 66.6% случаев, в 29.1% была меньше на МРТ, в 3% была больше на МРТ.

3.3. Уточнение чувствительности метода МРТ при воспалительных изменениях в паренхиме легких.

Определено, что при сопоставлении визуальных данных, полученных при КТ-исследованиях у одних и тех же пациентов (n=72) с положительным ПЦР-тестом в единый

временной промежуток (0-2 сут) *факт выявления* МР-изменений совпадал с КТ-изменениями в 86% случаев (n=62).

Из них *совпадение диапазонов площади поражения* легочной паренхимы на МРТ с диапазоном по КТ-картине определено у 66.6% пациентов, в 29.1% случаев площадь поражения легких на МРТ-сканах была меньше, чем на КТ-изображениях, в 3% площадь МР-поражения превышала КТ-площадь. Не было зафиксировано ни одного случая выявления МРТ-симптоматики патологии в легких при отсутствии КТ-изменений.

Среди когорты пациентов, обследованных лишь одним методом – МРТ скринингом легких (n=1130), патологические изменения в легких были выявлены у 41.7% (n=472).

Патологические изменения по локализации распределились следующим образом:

- По стороне поражения (рис. 6):

- Двусторонние изменения – 84,9% (n =401).
- Правосторонние изменения – 9,7% (n =46).
- Левосторонние изменения – 5,9% (n =28).

- По поясам легких (рис. 7):

- Нижние отделы – 32,8% (n =155).
- Средние отделы – 10,8% (n =51).
- Верхние отделы – 15,9% (n =75).
- Средне-нижние – 31,8% (n =150).
- Тотальные – 8,6% (n =41).

Из всех пациентов, прошедших МРТ-скрининг легких (n=472), 66 (14%) пациентов проходили МСКТ органов грудной полости ранее, в сроки 1-9 мес до момента выполнения МРТ-исследования. Во время контрольных МРТ-исследований у 23 пациентов было отмечено увеличение площади изменений в легких с МРТ-1 степени до МРТ-2 в сроки 1-1.5 мес. Данный факт возможно обусловлен выполнением КТ на ранней стадии развития патоморфологических изменений в паренхиме легких и констатацией большей площади поражения на МРТ после прогрессирования болезни. У 36 пациентов отмечено достоверное уменьшение площади МР-поражения паренхимы легких по сравнению с ранее определенной КТ-площадью поражения в сроки 1-5 мес. У 7 пациентов не отмечено значимой динамики площади поражения, при этом сроки контроля у этих пациентов укладывались в промежуток до 1 мес между исследованиями.

3.4. Возможность сортировки потока пациентов.

Среди пациентов с выявленными МРТ-изменениями в легких (n=472) диапазоны площади поражения легочной паренхимы на МРТ градировались по МРТ-критериям на 4 группы (<25%, 25-50%, 50-75%, >75%) (таб. 6). При этом пациенты с I степенью поражения составили подавляющее количество (82.3%), МРТ-2 степень составила 14.6%, остальные группы были представлены значительно меньшим количеством.

Пациенты с МРТ-1 и МРТ-2 степенью поражения легких были направлены к терапевту на амбулаторное лечение, пациентами с МРТ-3 и МРТ-4 степенью была рекомендована госпитализация.

Из всего МРТ-потока 25 пациентов (5.2%) явились на контрольное исследование в сроки 14-28 сут. У 15 из них был констатирован частичный регресс площади легочных изменений, у 6 человек выявленные ранее изменения (МРТ-1) не были визуализированы, что было расценено, как полный регресс; у 4 пациентов с МРТ-1 степенью поражения площадь изменений увеличилась, что было расценено, как прогрессирование патологического процесса и была назначена МСКТ органов грудной клетки с последующей консультацией терапевта.

3.5. Потенциальная польза применения МРТ-скрининга легких в снижении коллективной дозы облучения населения.

Учитывая, что за исключением здоровых добровольцев из группы контроля, все пациенты, прошедшие МРТ-скрининг легких (n=1130), могли быть обследованы методом КТ, можно теоретически рассчитать неполученную дозу облучения. В среднем, эффективная эквивалентная доза облучения пациента за одну процедуру КТ органов грудной полости составляет 4-5 мЗв. Таким образом, снижение суммарной дозы облучения данной группе пациентов составило в

среднем 5,085 чел.-Зв. за 5 мес, из которых 0.1125 чел.-Зв составили контрольные исследования. Экстраполируя полученный опыт на федеральный уровень, можно предположить существенное снижение коллективной эффективной дозы облучения населения, резкий рост которой обусловлен лавинообразно возросшим количеством КТ-исследований населения в период пандемии COVID-19.

4. Обсуждение.

Исходя из вышеизложенного, наиболее чувствительной импульсной последовательностью для выявления патологических воспалительных изменений в легких при COVID-19 в наших наблюдениях была T2 FS. При этом консолидация выявляется в последовательностях как T2, так и DIXON и THRIVE, «матовое стекло» - как правило только в T2 FS.

Единичные случаи преобладания площади МРТ-поражения легких над площадью КТ-поражения могут быть обусловлены гиперемией воспаленной паренхимы вокруг участков истинного повышения плотности по типу «матового стекла» в начальном периоде заболевания. МРТ, как высокочувствительный к жидкость-содержащим тканям метод, вероятно раньше может определить подобные области микроскопического поражения, в то время как КТ, выполняемое на задержке глубокого вдоха, имитирует дыхательную пробу Вальсальвы, и пневматизация относительно сохранных альвеол маскирует изменения.

Преобладают двусторонние поражения легких (84.9%) с тропностью к нижним отделам и средне-нижним отделам легких.

Определенную трудность представляет МР-визуализация слабоинтенсивных КТ-изменений малой площади, таких как единичные очаги «матового стекла» при КТ-1 степени поражения легочной ткани; данные случаи являются причиной более низкой чувствительности МРТ-метода. Во всех случаях отсутствия подтверждения на МРТ выявленных КТ-изменений размер очагов составлял менее 1 см, плотность их соответствовала «матовому стеклу». Чувствительность метода МРТ при COVID-поражении легких составила 86%.

Специфичность скиалогических изменений может оцениваться при совпадении трех условий: положительного ПЦР-теста, наличия КТ-изменений в легких, соответствия скиалогических изменений COVID-19 семиотике. Специфичность МР-визуализации при изменениях, характерных для COVID-19, составила 84.1%.

При анализе 1130 исследований «чистого» МРТ скрининга легких (без подтверждения КТ) отмечено, что основная часть амбулаторных пациентов - около 82,3% - имела площадь поражения <25% (степень МРТ-1), что обусловлено структурой амбулаторного потока (составляющего более 95% всего контингента в сети «Эксперт»), где преобладают «сохранные» пациенты в удовлетворительном состоянии, способные самостоятельно обратиться в частную сеть клиник, а также имеется определенная группа пациентов с так называемой «ковидофобией», которые выполняют МРТ легких для того, чтобы убедиться в благополучности состояния легких, не имея достаточных показаний к обследованию.

Градация потока пациентов по ориентировочной степени тяжести поражения легких позволила выбрать вектор дальнейшей лечебно-диагностической тактики в каждом случае. При этом скрининговое МРТ-исследование вполне сопоставимо по стоимости и качеству КТ-исследования легких в выявлении воспалительных изменений, что было отмечено и в статье Лесняк В. Н., Журавлевой В. А., Аверьянова А. В. [10].

Заключение

Чувствительность метода МРТ в оценке воспалительных изменений легких при COVID-19 уступает методу КТ, составляя 86% для основных симптомов (повышения плотности паренхимы по типу «матового стекла» и консолидации), однако является реальной альтернативной при отсутствии возможности выполнения компьютерной томографии.

С помощью МРТ-скрининга легких возможно установление степени поражения паренхимы легких, отчасти сопоставимой с градацией КТ-степеней, но не идентичной ей по

причине меньшей чувствительности и специфичности. Специфичность МР-визуализации при изменениях, характерных для COVID-19, составила 84.1%. Данный вопрос требует дальнейших широкомасштабных исследований, при этом необходимы разъяснительные работы среди врачей клинического профиля.

В зависимости от МРТ-степени поражения легких возможна организация маршрутизации пациентов на любом из этапов лечения (догоспитальном, амбулаторном этапах и контроль эффективности лечения на этапе реабилитации).

МРТ-скрининг, кроме реализации диагностических и сортировочных целей, является действительным инструментом по снижению коллективной эффективной дозы облучения населения, тем самым являясь прогностической базой для будущих исследований по оценке отдаленных радиационно-индуцированных стохастических эффектов.

Поставленные задачи в ходе выполнения II этапа НИР решены в полном объеме, что иллюстрируется следующими показателями:

1. Расширена база данных первичного материала с фиксацией нарастающего итога. Сбор данных окончен 30.04.2021. Данные зафиксированы в электронной форме с множественными фильтрами, позволяющими выполнять выборку и сортировку данных по различным признакам.
2. Уточнены цифры чувствительности и специфичности метода МРТ при COVID-ассоциированных легочных изменениях.
3. Оценена прогностическая польза применения МРТ-скрининга легких в снижении коллективной дозы облучения населения.

В ходе II этапа НИР применена градация МРТ-изменений в легких при COVID-19, сопоставимая с КТ-градацией (с учетом более низкой чувствительности МРТ, составляющей 86% от случаев выявления КТ-изменений).

Доказана релевантность МРТ-скрининга легких в выявлении легочных изменений в условиях пандемии COVID-19; данная диагностическая процедура успешно внедрена в деятельность шести диагностических центров.

По теме выполненного II этапа НИР:

- Опубликована научная статья в журнале «Медицинская визуализация»: МРТ-скрининг легких в условиях пандемии COVID-19 на этапах медицинской помощи как инструмент снижения суммарной коллективной дозы облучения населения / Коробов А.В., Нуднов Н.В., Попов А.Ю., Кульнева Т.В., Бабенко В.В., Пронькина Е. В. // Вестник рентгенологии и радиологии, 2021; 102 (1): 28-41. – URL: <https://doi.org/10.20862/0042-4676-2021-102-1-28-41>.
- Представлен доклад 26.05.2021. на XV Юбилейном Всероссийском национальном конгрессе лучевых диагностов и терапевтов «Радиология – 2021» с публикацией тезисов в сборнике: Коробов А.В., Попов А.Ю., Бабенко В.В. Место МРТ-скрининга легких в условиях пандемии COVID-19 / Материалы XV Юбилейного Всероссийского национального конгресса лучевых диагностов и терапевтов «Радиология – 2021», 25–27 мая 2021 года, Московская область, г. Красногорск, М., 2021 – 172 с. (с. 14-15). – ISBN 978-5-906484-61-1. – URL: https://www.mediexpo.ru/fileadmin/user_upload/content/pdf/rad2021--abstracts.pdf.
- в 2020 г. руководителем НИР д.м.н. Нудновым Н.В. с группой коллег проведена масштабная коллективная работа, итогом которой стала издание монографии: Кармазановский Г.Г., Нуднов Н.В., Юдин А.Л., Петриков С.С. COVID-19: лучевая диагностика и мониторинг лечения. Монография. – М.: Крафт+, 2020. – 440 с., ил. – ISBN 978-5-93675-277-3 [13]

В ходе III этапа НИР планируется оценить следующие параметры:

- Сроки регрессирования COVID-ассоциированных легочных изменений по данным контрольных КТ и МРТ-исследований.
- Частота легочных остаточных изменений в виде фиброза.
- Частота COVID-ассоциированных энцефалитов.

Список использованных источников

1. Краткое руководство: использование методов визуализации органов грудной клетки при COVID-19. Женева: Всемирная организация здравоохранения; 2020.
2. Временные методические рекомендации, версия 9: профилактика, диагностика и лечение новой коронавирусной инфекции (COVID-19). Коллектив авторов. Москва. Министерство Здравоохранения Российской Федерации. 26.10.2020.
3. Dangis A., Gieraerts Ch, De Bruecker Y., Janssen L., Valgaeren H., Obbels D., Gillis M., Van Ranst M., Frans J., Demeyere A., Symons R. Accuracy and reproducibility of low-dose submillisievert chest CT for the diagnosis of COVID-19. *Radiology: Cardiothoracic Imaging*, 2020; 2(2): e200196. doi:10.1148/ryct.2020200196.
4. Inui S., Fujikawa A., Jitsu M., Kunishima N., Watanabe S., MD, Suzuki Y., Umeda S., Uwabe Y. Chest CT Findings in Cases from the Cruise Ship “Diamond Princess” with Coronavirus Disease (COVID-19). *Radiology: Cardiothoracic Imaging*, 17.03.2020; 2(2): e200110. doi.org/10.1148/ryct.2020200110.
5. Yi C.A., Lee K.S., Han J., Chung M.P., Chung M.J., Shin K.M. 3-T MRI for differentiating inflammation- and fibrosis-predominant lesions of usual and nonspecific interstitial pneumonia: comparison study with pathologic correlation. *AJR Am J Roentgenol*, 2008; 190:878– 885.
6. Chang S., Hong S.R., Kim Y.J., Hong Y. J., Hur J., Choi B. W., Lee H. Usefulness of thin-section single-shot turbo spin echo with half-Fourier acquisition in evaluation of local invasion of lung cancer. *J Magn Reson Imaging*. 2014. doi: 10.1002/jmri.24587.
7. Pinal-Fernandez I., Pineda-Sanchez V., Pallisa-Nuñez E., Simeon-Aznar C. P., Selva-O’Callaghan A., Fonollosa-Pla V., Vilardell-Tarres M. Fast 1.5 T chest MRI for the assessment of interstitial lung disease extent secondary to systemic sclerosis. *Clinical Rheumatology*, 2016; 35(9): 2339–2345. doi:10.1007/s10067-016-3267-0.
8. Zeng J., Liu Z., Shen G., Zhang Y., Li L., Wu Z., Luo D., Gu Q., Mao H., Wang L. MRI evaluation of pulmonary lesions and lung tissue changes induced by tuberculosis. *International Journal of Infectious Diseases*, 2019; 82 : 138–146.
9. Лучевая диагностика коронавирусной болезни (COVID-19): магнитно-резонансная томография: препринт № ЦДТ – 2020 – III. Версия от 12.05.2020. сост. Ю.А Васильев, А. В. Бажин, А. Г. Масри [и др.]. Серия «Лучшие практики лучевой и инструментальной диагностики». Вып. 67. М.: ГБУЗ «НПКЦ ДиТ ДЗМ», 2020. 24 с.
10. 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): 51–50.
11. Rajaram S., Swift A. J., Capener D., Telfer A., Davies C., Hill C., Wild J. M. Lung Morphology Assessment with Balanced Steady-State Free Precession MR Imaging Compared with CT. *Radiology*, 2012; 263(2), 569–577. doi:10.1148/radiol.12110990.
12. Рассохин В. В., Самарина А. В., Беляков Н. А., Трофимова Т. Н., Лукина Щ. В., Гаврилов П. В., Гринек О. А. Эпидемиология, клиника, диагностика, оценка тяжести заболевания COVID-19 с учетом сопутствующей патологии. ВИЧ-инфекция и иммуносупрессия, 2020; 12 (2): 7-30. Doi: [10.22328/2077-9828-2020-12-2-7-30](https://doi.org/10.22328/2077-9828-2020-12-2-7-30)
13. Кармазановский Г.Г., Нуднов Н.В., Юдин А.Л., Петриков С.С. COVID-19: лучевая диагностика и мониторинг лечения. Монография. – М.: Крафт+, 2020. – 440 с., ил. – ISBN 978-5-93675-277-3

Приложения (графический материал и таблицы)

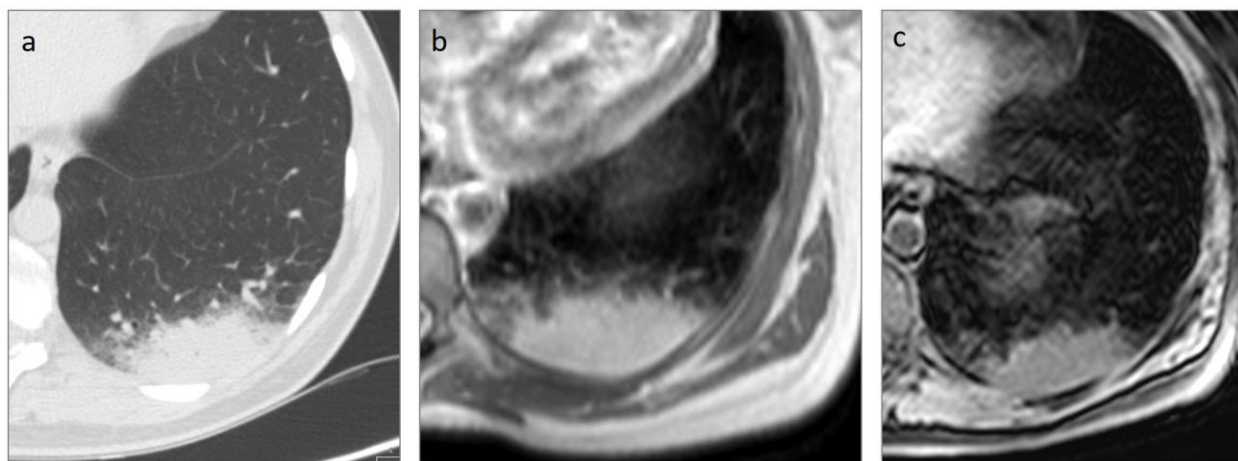


Рис 1. Пример изображения участка повышенной плотности в S10 левого легкого на аппарате Philips: а) КТ аксиальный скан – интенсивное гомогенное затенение паренхимы без прослеживаемых на его фоне элементов сосудистого и ретикулярного рисунка, соответствующее участку повышенной плотности паренхимы по типу «консолидации»; б) МРТ аксиальный скан в последовательности T2 FSE, в) МРТ аксиальный скан в последовательности THRIVE; участки однородного гиперинтенсивного МР-сигнала в паренхиме легкого, по площади поражения примерно сопоставимы как между собой в T2 FSE и THRIVE последовательностях, так и с КТ-изображениями



Рис 2. Пример изображения участков «матового стекла», расположенных полисегментарно и билатерально на аппарате Philips: а) КТ аксиальный скан – слабоинтенсивные гомогенные затенения паренхимы, соответствующие повышенной плотности паренхимы по типу «матового стекла»; б) МРТ аксиальный скан в последовательности T2 FSE, в) МРТ аксиальный скан в последовательности THRIVE; участки неоднородного промежуточного и повышенного МР-сигнала в паренхиме легкого оптимально определяются в последовательности T2 FSE, занимающие меньшую площадь, чем на КТ-сканах; практически не видны в THRIVE, определяясь только в локусах наибольшей плотности

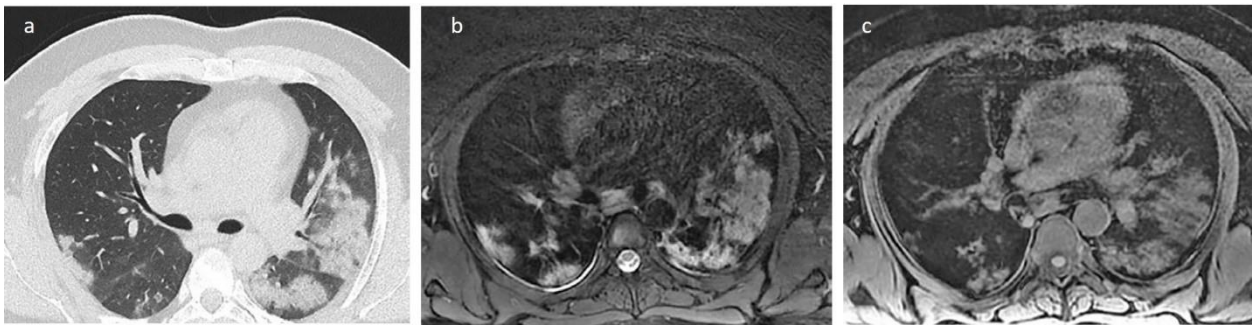


Рис 3. Пример изображения участков консолидации на аппарате GE: а) КТ аксиальный скан – участки интенсивного затенения паренхимы легких сливного характера, на фоне которых слева виден симптом «воздушной бронхограммы»; б) МРТ аксиальный скан в последовательности T2 PROPELLER FS, в) МРТ аксиальный скан в последовательности T1; участки гиперинтенсивного МР-сигнала в паренхиме легкого практически совпадают с КТ-изменениями по размерам и локализации в последовательности PROPELLER; несколько меньшие размеры изменений отображаются в последовательности T1-ВИ (Рисунок исходно опубликован в Лесняк В.Н. и соавт. Возможности магнитно-резонансной томографии в диагностике поражений легких при COVID-19. В. Н. Лесняк, В. А. Журавлева, А. В. Аверьянов. Клиническая практика, 2020; 11(2): 51-50).

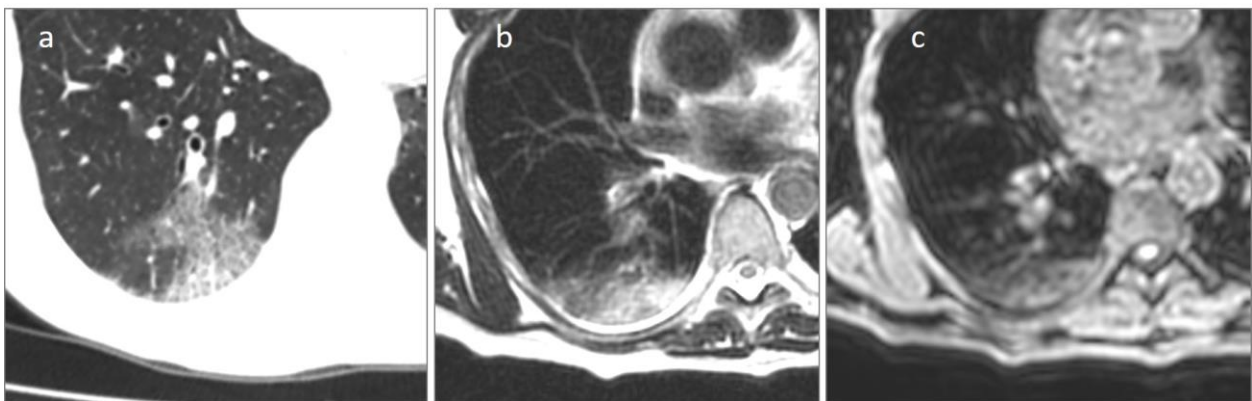


Рис 4. Пример изображения участков «лоскутного одеяла» на аппарате Philips: а) КТ аксиальный скан – участки слабоинтенсивного затенения паренхимы легких с прослеживаемым на их фоне ретикулярным паттерном внутридолькового интерстиция; б) МРТ аксиальный скан в последовательности T2 TSE демонстрирует негетогенное слабо- и среднеинтенсивное повышение сигнала, в) МРТ аксиальный скан в последовательности THRIVE выявляет участок повышение сигнала меньшей площади, чем на T2 TSE

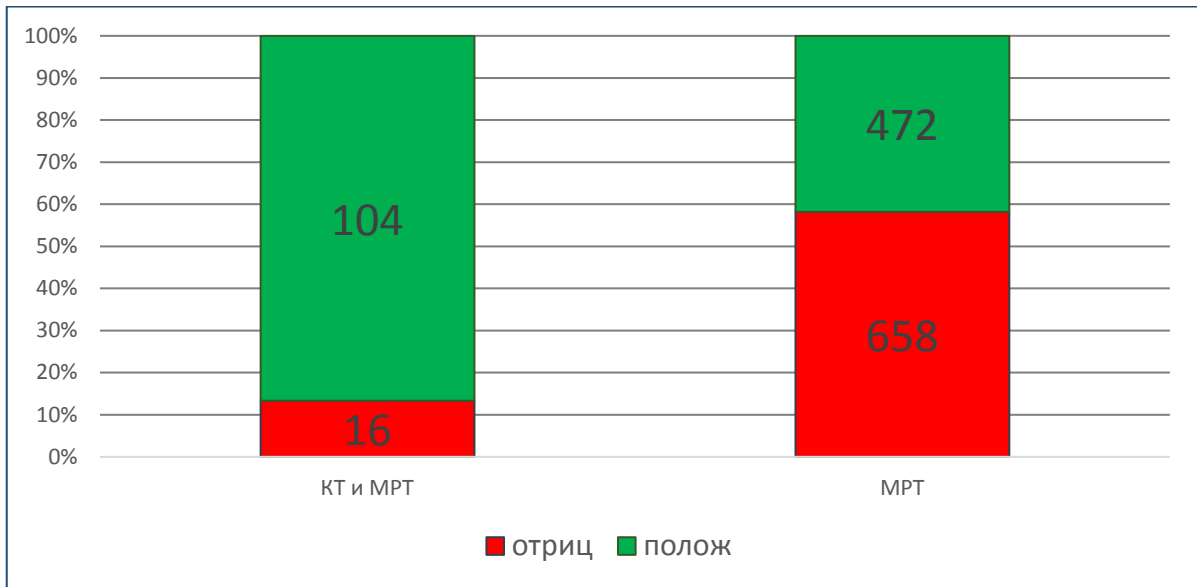


Рис. 5. Удельный вес отрицательных и положительных результатов в I и II группах.

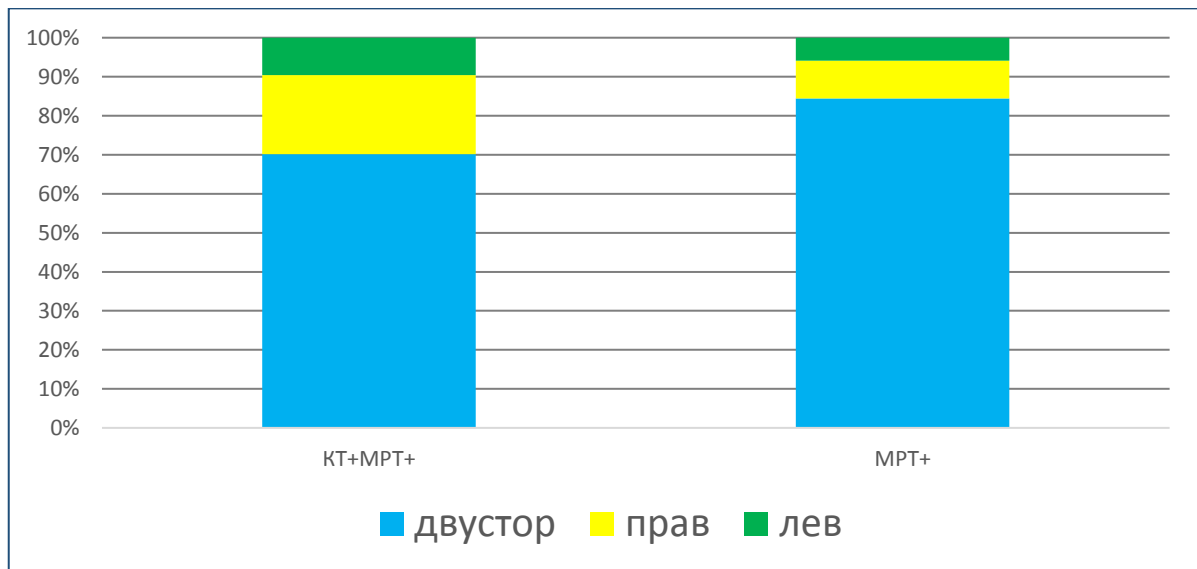


Рис. 6. Структура патологии по сторонам поражения в I и II группах.

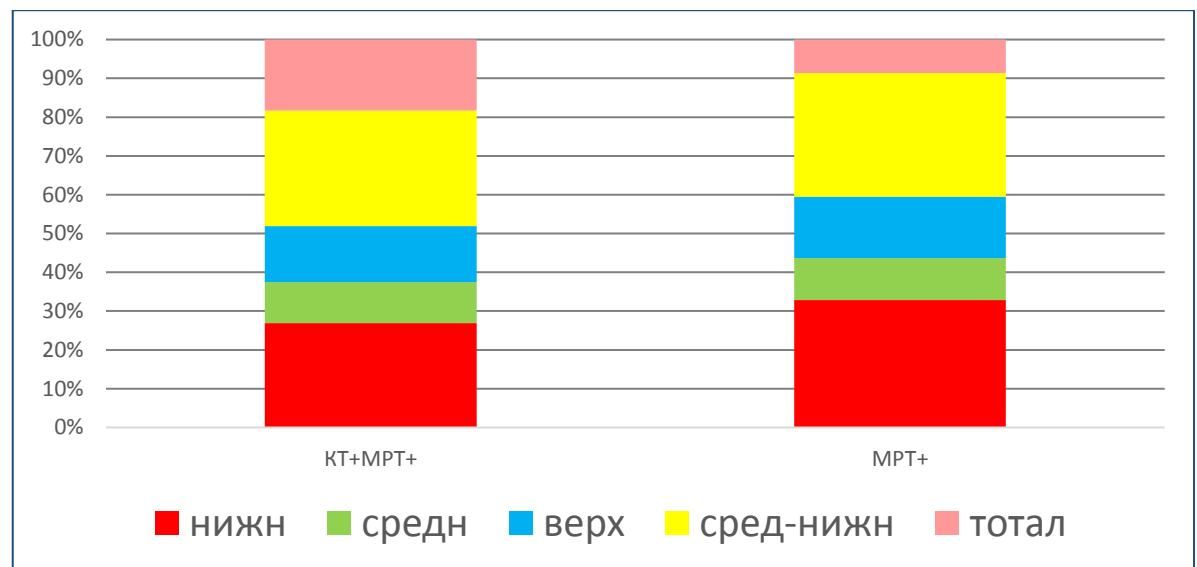


Рис. 7. Структура патологии по поясам(отделам) легких.

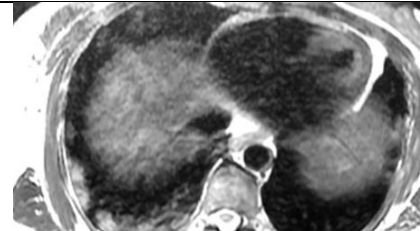
Таблица 1

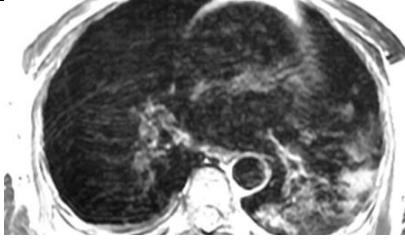
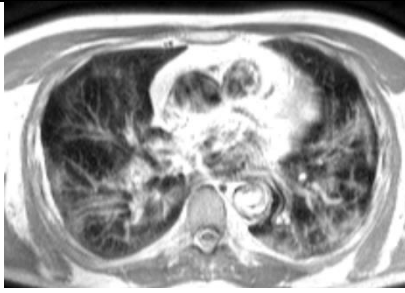
«Эмпирическая» визуальная шкала, основанная на визуальной оценке примерного объема уплотненной легочной ткани в обоих легких (исходно опубликовано S. Inui et al. Chest CT Findings in Cases from the Cruise Ship “Diamond Princess” with Coronavirus Disease (COVID-19). Radiology: Cardiothoracic Imaging, 17.03.2020; 2(2): e200110. – URL: <https://doi.org/10.1148/ryct.2020200110>)

Выраженность	Объем в %	КТ-степень
1. Отсутствие характерных проявлений		КТ-0
2. Минимальный объем	распространенность <25% объема легких	КТ-1
3. Средний объем	распространенность 25 – 50% объема легких	КТ-2
4. Значительный объем	распространенность 50 – 75% объема легких	КТ-3
5. Субтотальный объем	распространенность >75% объема легких	КТ-4

Таблица 2

Оценка изменений легочной ткани при COVID-19 по данным магнитно-резонансной томографии органов грудной клетки* (исходно опубликовано Лучевая диагностика коронавирусной болезни (COVID-19): магнитно-резонансная томография: препринт № ЦДТ – 2020 – III. Версия от 12.05.2020 сост. Ю. А. Васильев, А. В. Бажин, А. Г. Масри [и др.] Серия «Лучшие практики лучевой и инструментальной диагностики». Вып. 67. М.: ГБУЗ «НПКЦ ДиТ ДЗМ», 2020. 24 с.)

Степень изменений	Основные проявления вирусной пневмонии	Объем поражения	МРТ-пример
Норма (МРТ-0)	Норма и отсутствие МРТ-признаков вирусной пневмонии на фоне типичной клинической картины и релевантного эпидемиологического анамнеза		
Легкая (МРТ-1)	Очаги уплотнения по «типу матового стекла».	Вовлечение паренхимы легкого <25%	
Среднетяжелая (МРТ-2)	Очаги уплотнения по типу «матового стекла»	Вовлечение паренхимы легкого 25–50%	

Тяжелая (МРТ-3)	Уплотнение легочной ткани по типу «матового стекла» в сочетании с очагами консолидации. Увеличение объема поражения на 50% за 24–48 часов на фоне дыхательных нарушений, если исследования выполняются в динамике	Вовлечение паренхимы легкого 50–75%.	
Критическая (МРТ-4)	Диффузное уплотнение легочной ткани по типу «матового стекла» и консолидации в сочетании с ретикулярными изменениями (утолщением междолькового интерстиция по типу «бульжной мостовой»). Гидроторакс (двусторонний, преобладает слева).	Вовлечение паренхимы легкого >75%	

* Процент поражения оценивается отдельно по каждому легкому. Степень изменений оценивается по легкому с наибольшим поражением (вне зависимости от наличия постоперационных изменений).

Таблица 3

Основные жалобы, предъявляемые пациентами на момент исследования

Жалобы	%	n
Кашель	36	450
Гипертермия	24,56	307
Торакалгия	11,12	139
Одышка	14,56	182
Дискомфорт в грудной клетке	5,04	63
Астения	10,16	127
Аносмия	12,24	153
Агевзия	0,96	12
Прочие	36	9