МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН

ЛУЧЕВАЯ ВИЗУАЛИЗАЦИЯ В ДИАГНОСТИКЕ КОРОНАВИРУСНОЙ ИНФЕКЦИИ COVID-19

ТАШКЕНТ-2022

МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН

«УТВЕРЖДАЮ»
Начальник Управления науки и образования д.м.н, профессор
_____ У.С. Исмаилов
«___» _____2022 г.

ЛУЧЕВАЯ ВИЗУАЛИЗАЦИЯ В ДИАГНОСТИКЕ КОРОНАВИРУСНОЙ ИНФЕКЦИИ COVID-19

(практическое руководство для врачей)

«Тасдиқланди»
УзР Соғлиқни сақлаш вазирлиги илмий фаолиятини мувофиқлаштириш Бўлими
29.06.22 йил
Ви-м/1653

Ташкент-2022

Учреждение разработчик: Республиканский специализированный научно-практический медицинский центр фтизиатрии и пульмонологии

Составители:

Парпиева Н.Н.	директор РСНПМ Центра фтизиатрии и пульмонологии, д.м.н.
Ливерко И.В.	заместитель директора по научной работе РСНПМ Центра фтизиатрии и пульмонологии, д.м.н.
Фахртдинова А.Р.	руководитель отделения лучевой диагностики РСНПМ Центра фтизиатрии и пульмонологии, к.м.н.
Умаров А.Р.	специалист РСНПМ Центра фтизиатрии и пульмонологии, врач рентгенолог
Юлдашев Ш.С.	Старший Советник по ТБ и проектам Глобального Фонда

Рецензенты:

Аблязов О.В.	доцент кафедры «Медицинская радиология» Центра развития профессиональной квалификации медицинских работников, д.м.н.
Убайдуллаева Н.Н.	заведующий кафедры «Пульмонология с курсом клинической аллергологии» Центра развития профессиональной квалификации медицинских работников, д.м.н.

Практическое руководство обсуждено на заседании Проблемной комиссии и рекомендовано Ученым Советом Республиканского специализированного научно-практического медицинского Центра фтизиатрии и пульмонологии МЗ РУз в качестве методического издания (протокол № 5 от «20» мая 2022 года)

Ученый секретарь РСНПМЦФиП МЗ РУз Массавиров Ш.Ш

Практическое руководство предназначено для повышения уровня знаний и профессиональных навыков лучевого обследования больных коронавирусной инфекцией в рамках лучших клинических практик диагностики заболевания, его осложнений и дифференциальной диагностики с использованием искусственного интеллекта.

Практическое руководство разработано при технической поддержке Проекта GIZ «Управление передовыми медицинскими технологиями в Узбекистане» для врачей-рентгенологов, может быть полезно для пульмонологов, терапевтов, врачей общей практики учреждений первичной медико-санитарной помощи

Коронавирусная болезнь (coronavirus disease 2019, COVID-19) является инфекцией, вызываемой новым коронавирусом. Возбудитель болезни – это седьмой выявленный в мире коронавирус, патогенный для человека, и третий, после SARS и MERS, вызывающий летальную пневмонию.

Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) 11 марта 2020 года объявила вспышку нового типа коронавируса COVID-19 пандемией. Вирус отличается средней контагиозностью.

COVID-19 характеризуется относительно низкой общей летальностью (1–3,5%), которая в возрастной группе старше 70 лет резко возрастает до >30%. В целом пневмония развивается у 15–20% заболевших, а от 5 до 30% больных требуют лечения в условиях отделений реанимации и интенсивной терапии (Морозов С.П. с соавт. 2021). Большинство тяжелых состояния и летальных случаев связано с развитием пневмонии, респираторного дистресс-синдрома на фоне сопутствующей патологии.

Диагностика COVID-19 проводится с помощью совокупной оценки эпидемиологического анамнеза, клинической картины, результатов лучевых и лабораторных исследований. Начальный период эпидемии характеризовался апробацией различных диагностических методов, где диагностика COVID-19 базировалась на выявлении в биологических жидкостях и тканях антигена, то есть возбудителя новой коронавирусной инфекции, а далее - методов определения антител, вырабатывающихся при контакте с патогеном. Однако, несовершенство лабораторных методов существенно осложняли диагностический процесс, занимая несколько суток на исследования. За этот период возникала опасность развития тяжелой пневмонии или острого респираторного дистресс-синдрома (ОРДС).

Пульмонологи и радиологи пришли к выводу, что наиболее оперативным методом выявления респираторных нарушений является компьютерная томография (КТ) легких, которая выявляет начальные изменения в органе до постановки окончательного диагноза. Лучевые методы, не являясь основными в диагностике коронавирусной инфекции, стали наиболее информативными для выявления наличия и выраженности изменений в органах дыхания.

Данные лучевой визуализации позволяют заподозрить поражение легких вирусной этиологии (в том числе COVID-19), влиять на ведение конкретного пациента, лечение осложнений или постановку альтернативного диагноза при высокой вероятности поражение легких вирусной этиологии. По данным КТ и отрицательных данных ПЦР требуется совместная оценка в динамике анамнестических, клинических данных, результатов КТ и повторное тестирование на коронавирус.

В условиях эпидемии COVID-19, наличие КТ признаков поражение легких вирусной, несмотря на отрицательный ПЦР, должны расцениваться как вероятная коронавирусная инфекция до тех пор, пока не будет поставлен альтернативный диагноз. Тестирование на COVID-19 показано пациентам, у которых обнаружены данные, указывающие на поражение легких вирусной этиологии.

Верификация болезни подразумевает получение положительного результата лабораторного исследования на наличие РНК SARS-CoV-2 с применением методов амплификации нуклеиновых кислот вне зависимости от

клинических проявлений (выявление в биологических жидкостях и тканях антигена). Вместе с тем, по данным многочисленных источников, точность данного метода не превышает 70%. Из-за этого значительное количество пациентов с развернутой клинической и рентгенологической картиной не получают своевременной целевой терапии, а также оказываются вне действия нужных мер инфекционного контроля.

Существенный прогресс в диагностике многих заболеваний и планировании лечении связан с внедрением в медицинскую практику методов визуализации, позволяющих получать изображения внутренней структуры и функционирования организмов без хирургического вмешательства. Сейчас 90% ключевой информации для правильной постановки диагноза обеспечивают инструментальные методы исследования.

Применение лучевых методов у пациентов с симптомами ОРВИ возможно в отдельных случаях по конкретным клиническим показаниям и при наличии технических и организационных возможностей. Рекомендовано выбирать методы визуализации при известной/предполагаемой COVID-19 пневмонии дифференцированно, в соответствии с имеющимися оборудованием и кадровыми ресурсами медицинской организации, а также структурой и количеством обследуемых пациентов (Синицын В.Е. с соавт.,2020).

В настоящее время необходимы новые знания о современных подходах лучевой визуализации в диагностике новой коронавирусной инфекции, в том числе с применением искусственного интеллекта. Необходимо улучшить и стандартизировать подходы к диагностике коронавирусной инфекции COVID-19, порядок проведения исследований, рекомендации по формированию описаний и оценке изменений в легких и органах грудной полости (Rubin G.D. at el., 2020).

Появление COVID-19 поставило перед специалистами здравоохранения задачи, связанные с быстрой диагностикой и оказанием медицинской помощи больным, что облегчается с использованием искусственного интеллекта. В настоящее время продолжается интенсивное изучение клинических и эпидемиологических особенностей заболевания, разработка новых средств его профилактики и лечения

К лучевым методикам исследования, применяемым для диагностики у пациентов с подозрением на наличие COVID-19 и вирусных пневмоний другой природы относят:

- рентгенографию (стационарным и палатным аппаратом),
- компьютерную томографию,
- ультразвуковое исследование легких.

Выбор лучевых методов исследования определяется условиями оказания медицинской помощи, целями поставленными и характером маршрутизации пациентов (табл.1).

Таблица 1 – Выбор лучевых методов исследования

Условия оказания медицинской помощи	Скрининг	Первичный диагноз Установление клинически	Сортировка при поступлении	Оценка динамики

		подтвержденного случая		
Амбулаторные	–	КТ, РГ*	–	КТ
Стационарные	–	КТ	КТ,	КТ, РГ/УЗИ**

** при отсутствии возможности выполнения компьютерной томографии;*
*** при отсутствии возможности проведения КТ у нетранспортабельных пациентов, в ОРИТ, рентгенография выполняется передвижным рентгеновским аппаратом*

Методы лучевой диагностики

Стандартная рентгенография (РГ) имеет низкую чувствительность в выявлении начальных изменений в первые дни заболевания и не может применяться для ранней диагностики. Информативность РГ повышается с увеличением длительности течения пневмонии. Рентгенография с использованием передвижных (палатных) аппаратов является основным методом лучевой диагностики патологии органов грудной полости в отделениях реанимации и интенсивной терапии (ОРИТ). Применение передвижного (палатного) аппарата оправдано и для проведения обычных РГ исследований в рентгеновском кабинете.

Рентгенография органов грудной клетки применяется в амбулаторных и госпитальных условиях как часть обследования при подозрении на наличие коронавирусной инфекции или вирусной пневмонии другой этиологии:

- при выявлении изменений, подозрительных на коронавирусную инфекцию (вирусную пневмонию другой природы) – требуется выполнения дополнительного исследования - КТ органов грудной клетки,
- в условиях стационара, при возможности выполнения КТ органов грудной клетки выполнение рентгенографии легких *не рекомендуется*, поскольку требует при выявлении изменений или несоответствии находок клинической картине выполнения КТ, а значит влечет увеличение сроков обследования, неизбежные контакты с инфицированными пациентами, необоснованную лучевую нагрузку при сравнительно невысокой информативности,
- В стационарных условиях у пациентов в критическом состоянии (в том числе находящихся в отделениях реанимации и интенсивной терапии (ОРИТ), при невозможности их транспортировки или при отсутствии возможности выполнения компьютерной томографии) для оценки динамики применяются рентгенография (портативный рентген-аппарат) и/или ультразвуковое исследование (Икрамов А.И. с соавт., 2020).

К преимуществам метода можно отнести:

- доступность, в том числе в условиях реанимации и палаты интенсивной терапии,
- выполнение в стандартных проекциях, позволяющих легко воспроизводить результаты исследования как на начальных этапах заболевания, так и при динамическом контроле.

Существуют и определенные недостатки метода:

- суммация теней, на фоне которых могут быть различные неправильно истолкованные артефакты,
- невозможность раннего выявления признаков вирусного поражения легких – симптома «матового стекла».

Особенности исследования у детей раннего возраста:

• детям в возрасте до 3-х лет при подозрении на наличие коронавирусной инфекции или вирусной пневмонии другой этиологии во *всех случаях* первоначально выполняется рентгенография органов грудной клетки,

• КТ у детей раннего возраста выполняется *только* в стационаре при сомнительных результатах рентгенографии органов грудной клетки, при верификации COVID-19 в сочетании с клиническими проявлениями, при несоответствии клинико-рентгенологических данных, с целью дифференциальной диагностики,

• в стационаре КТ органов грудной полости у детей раннего возраста возможна и у пациентов в критическом состоянии, находящихся в отделениях интенсивной терапии и реанимации, в том числе на ИВЛ.

Методика проведения рентгенологических исследований органов грудной клетки.

Пациентам с подозрением на инфекционное поражение легких выполняется стандартная рентгенография в передней проекции и в правой боковой проекциях

Выполнение рентгенографии легких в передней проекции:

- Снимок выполняют в положении больного стоя (или сидя, в зависимости от состояния) у специальной вертикальной стойки. Больной плотно прижимается грудью к кассете, слегка согнувшись вперед. Очень важно, чтобы обе половины грудной клетки прилегали к кассете равномерно (симметрично).
- С целью выведения лопаток за легочные поля кисти рук прижимают к бедрам, а локти направляют кпереди. При этом плечи обследуемого должны быть опущены. Голова располагается прямо. Подбородок несколько приподнят, вытянут кпереди
- Центральный пучок рентгеновского излучения направляют на область VI грудного позвонка (уровень нижнего угла лопатки). Экспонирование производят после неглубокого вдоха при задержанном дыхании. Во время съемки больной не должен натуживаться.

Критерии оценки качества рентгенограммы легких в передней проекции:

- Четко видны все легочные поля и реберно-диафрагмальные синусы
- Расстояние от срединной линии до грудинных концов ключицы одинаково (без ротации)
- Диафрагма расположена ниже заднего отдела 9-10 ребра.
- Видимость позвоночника (хотя бы верхне- и средне грудных отделов) и задних отрезков ребер на фоне тени сердца
- Видимость нисходящей аорты, структур средостения на фоне тени сердца

- Видимость легочного рисунка за тенью сердца и ниже контура диафрагмы

Критерии оценки качества рентгенограммы легких в правой боковой проекции

- строго боковое положение с поднятыми руками;
- грудина «тангенциально» и наложение выступообразных дорсальных отделов ребер обеих половин грудной клетки;
- визуализация четко отграниченных больших легочных сосудов и задних контуров сердца;
- распознаваемость трахеи;
- изображение диафрагмы и реберно-диафрагмального угла.

Особенности выполнения рентгенографии легких у детей

- Съемка производиться в стандартных положениях (на весу, сидя, стоя);
- В особых случаях возможно выполнение рентгенограммы в положении лежа;
- У младенцев и детей раннего возраста обязательно использование фиксирующих средств;
- У детей до 5 лет и у неконтактных детей возможно выполнение рентгенограммы в задней проекции;
- У старших детей рентгенограммы выполняются с применением отсеивающей решетки; в младшем возрасте – без отсеивающей решетки;
- Напряжение: 60–80 кВ у детей младше 7 лет, при выполнении рентгенограммы детям старше 7 лет с отсеивающей решеткой – 100–120 кВ;
- Предпочтительные режимы экспозиции: у грудных и маленьких детей предпочтителен – ручной; у старших детей (снимок с отсеивающей решеткой) – автоматический;
- Время экспозиции: не более 0,002 с;
- Защита от лучевого излучения: применение защитных средств тех участков тела, которые не находятся в зоне диагностического исследования;
- Интерпретацию рентгенограмм у детей раннего возраста необходимо проводить с учетом положения купола диафрагмы относительно фазы вдоха/выдоха, возможны поворот и динамическая нерезкость;
- Рентгенологические исследования детей старшего возраста и подростков принципиально не отличаются от исследований взрослых пациентов.

Компьютерная томография (КТ) органов грудной клетки на сегодняшний день является наиболее информативным методом лучевых исследований при подозрении на вирусное поражение легких, которое позволяет выявить ранние проявления, определить объем поражения легочной паренхимы и оценить динамику лучевой семиотики COVID-19 (с учетом клинических и лабораторных

данных). Имеет максимальную чувствительность до 90% и специфичность 60%-70% в выявлении изменений в легких характерных для COVID-19 пневмонии.

Диагноз *«внебольничная пневмония предположительно коронавирусной этиологии»* в условиях эпидемии COVID-19 устанавливается при наличии у больного подтвержденной инфильтрации легочной ткани на КТ, изменений общеклинического анализа крови (лейкопения, лимфопения, увеличение СРБ), лихорадки. Этого диагноза достаточно для принятия клинических решений до проведения лабораторного теста на наличие коронавирусной инфекции.

КТ выявляет изменения легких у значительного числа асимптомных лиц, инфицированных вирусом, и у больных с легкой формой заболевания, которым не требуются госпитализация. Результаты КТ в этих случаях не влияют на тактику лечения и прогноз заболевания. Поэтому массовое применение КТ для скрининга асимптомных, легких форм болезни не рекомендуется, в том числе, когда сроки заболевания не превышают 6-7 дней. (Христенко Е.А. с соавт., 2020).

В условиях эпидемии тестирование на COVID-19 КТ показана всем пациентам, у которых случайно обнаружены данные, указывающие на поражение легких вирусной этиологии

Методика выполнения КТ при подозрении на вирусную пневмонию.

- Требуется использование спиральных / спиральных многосрезовых КТ-сканеров.
- Исследование необходимо выполнять в спиральном режиме.
- Зона сканирования - от верхней апертуры грудной клетки до реберно-диафрагмальных синусов.
- Исследование проводиться, тонкими срезами (<2 мм).
- Исследование проводится на стандартных протоколах исследования органов грудной клетки, рекомендованных фирмами производителями (110-120 kVp, 50-150 mAs)
- Применение низкодозовых протоколов (НДКТ) не рекомендовано вследствие возможного пропуска ключевых изменений («матового стекла»).
- Изображения должны быть получены по возможности на глубоком вдохе (в случае невозможности выполнения исследования на глубоком вдохе вследствие тяжести состояния возможно выполнения исследования без задержки дыхания).
- Недостаточный вдох увеличивает плотность легочной ткани, что может привести к ошибочной интерпретации ключевых изменений (например, «матового стекла»).
- Стандартная компьютерная томография проводится без внутривенного контрастирования.
- Показания для внутривенного введения водорастворимых контрастных препаратов при обследовании пациентов с подозрением на вирусную пневмонию включают: подозрение на развитие тромбоэмболии ветвей легочной артерии, новообразование в области средостения или корня

легкого, а также дифференциальную диагностику локальных изменений в легких ткани (например, округлое образование или ателектаз).

- При внутривенном контрастировании применяются стандартные дозы контрастного вещества в соответствии с инструкцией производителя, возраста и массы тела.
- Реконструкция изображения с использованием стандартного алгоритма и с применением высокоразрешающего алгоритма.

Методика выполнения сканирования органов грудной клетки осуществляется по стандартной программе, установленной компанией производителем, в положении пациента на спине, с заведенными за голову руками, по возможности при спокойном задержанном вдохе.

Проведение КТ исследований пациентам на ИВЛ возможно только при наличии технических условий и возможности доставки пациента в кабинет. При исследовании пациентов на ИВЛ задержка дыхания будет достигнута управлением короткой остановки дыхательных движений.

Внутривенное контрастирование не требуется, но может применяться при подозрении на другие патологические состояния, например, тромбоэмболию легочной артерии, а также онкологические заболевания и прочие.

Для выявления участков уплотнения легочной ткани по типу «матового стекла целесообразно выполнение исследования в режиме высокого разрешения со сканированием тонкими срезами (толщиной не более 1,25 мм. (фото 1), Исследование, выполненное в этом качестве, позволит визуализировать не только участки уплотнения по типу «матового стекла», но и наличие на их фоне ретикулярных изменений, что способствует дифференциальной диагностике выявленных изменений паренхимы легких.

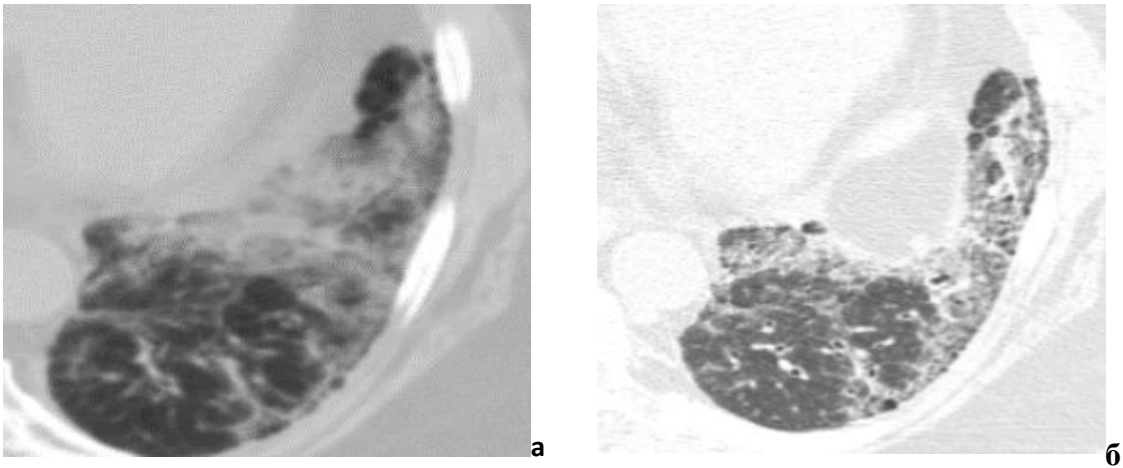
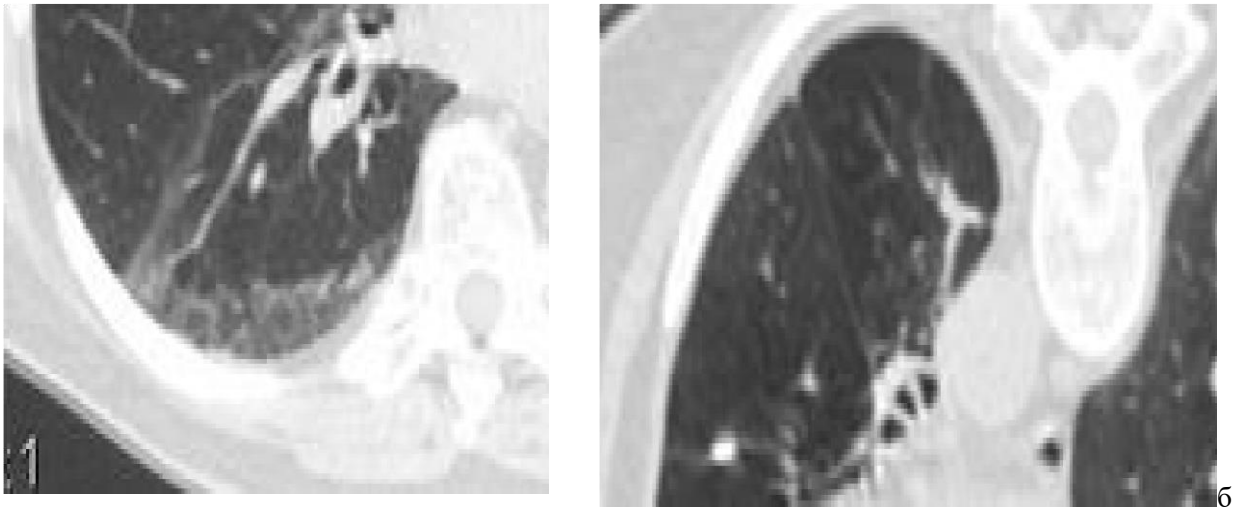


Фото 1. Качество исследования в зависимости от толщины среза: а – исследование выполнено при толщине среза 5 мм, б – тот же пациент, исследование в режиме высокого разрешения

Следует иметь в виду, что в условиях реанимационного отделения вынужденное положение пациента лежа на спине способствует перераспределению крови в легких в дорзальные отделы и формированию гипостатической реакции (фото 2). Для дифференциации изменений, обусловленных гипостазом, целесообразно положить пациента на живот. При сохранении выявленных изменений при полипозиционном сканировании, можно

говорить о наличии участков уплотнения легочной ткани по типу «матового стекла».

а



б

фото 2. Полипозиционное исследование пациента позволяет достоверно судить о наличии у него гипостатической реакции и отсутствии интерстициальных изменений.

Еще более важным фактором при исследовании органов грудной полости является глубина вдоха, поскольку изображение, полученное в момент выдоха, сложно адекватно оценивать. Уменьшение объема альвеол за счет неполного вдоха соответствует плотностным характеристикам паттерна «матового стекла», и таким образом, достоверно дифференцировать наличие или отсутствие этого феномена у пациента, находящегося на искусственной вентиляции. При анализе компьютерных томограмм подобных пациентов необходимо обращать внимание на сужение просветов бронхов в момент выдоха, но наиболее показательным фактором, описывающим глубину вдоха, является пролабирование в просвет трахеи задней стенки ее стенки, лишенной хрящевого каркаса (фото 3).

а б

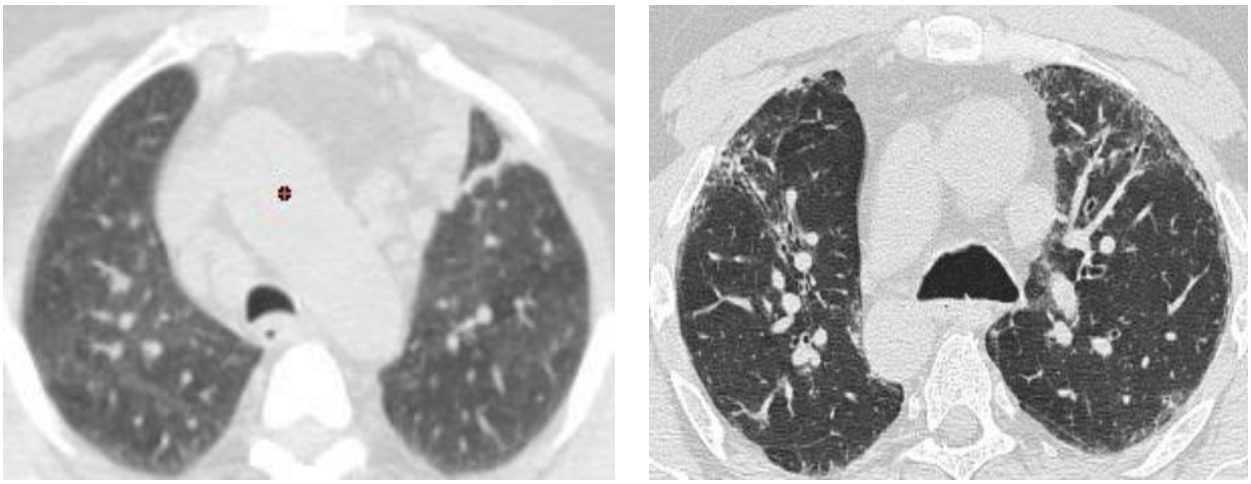


Фото 3. Пролабирование стенки трахеи в момент выдоха (а), сужение просветов крупных бронхов (б) в момент выдоха

Особенности КТ при подозрении на вирусную пневмонию у детей. При выборе протокола сканирования необходимо учитывать вес пациента (особенно у детей раннего возраста). Используются специальные педиатрические

протоколы и программы по снижению лучевой нагрузки (Smart mA, SureCare, Tube current modulation), исследования проводятся при снижении напряжения на трубке до 70 (80) kVp, 35-100 mAs. Следует учитывать возможные артефакты вследствие неадекватности вдоха у детей младшего возраста и выполнение КТ при спонтанном дыхании у младенцев, в том числе под наркозом. При составлении заключения имеющиеся артефакты необходимо отметить в начале описания или в тексте, что позволит избежать ошибочной интерпретации при оценке Dicom исследования другими специалистами.

Ультразвуковое исследование легких (УЗИ) легких имеет вспомогательное значение, может применяться для сортировки больных при массовом поступлении, динамическое наблюдение за степенью тяжести и распространенности процессов, в условиях отделений интенсивной терапии и реанимации, при технической невозможности выполнения рентгенологических исследований.

УЗИ легких у новорожденных и детей раннего возраста должно выполняться после рентгенографии с целью выявления инфильтратов в субплевральных отделах легких, исключения жидкости в плевральной полости и ряде других случаев. У новорожденных и детей раннего возраста должно применяться для динамического наблюдения, в том числе в условиях отделений интенсивной терапии и реанимации. Показания к УЗИ легких у детей старшего возраста и подростков принципиально не отличаются от исследований взрослых пациентов.

Ультразвуковое исследование (УЗИ) легких не может быть заменой компьютерной томографии в диагностике пневмонии и в мониторировании пациентов с пневмонией COVID-19, но может быть использовано в стационарных условиях для динамической оценки пациентов, в том числе в отделениях реанимации и интенсивной терапии (ОРИТ), только при отсутствии возможности проведения динамической оценки при КТ.

Ультразвуковые признаки патологических изменений в легких:

- неровность и утолщение, а также прерывистость плевральной линии;
- отсутствие плевральной линии по поверхности консолидации;
- появление В-линий в различных вариантах – единичные, множественные и сливающиеся («белое легкое»);
- консолидации в различных вариантах – кортикальные локальные, кортикальные распространенные, сегментарные и долевые;
- воздушная эхобронхограмма, которая встречается в сегментарных и долевых консолидациях;
- плевральный выпот;
- появление А-линий на стадии выздоровления.

Данные изменения специфичны не только для вирусной пневмонии при COVID-19 и могут быть проявлением других заболеваний.

Для облегчения интерпретации данных и удобства динамического контроля возможна оценка ультразвуковых изменений в легких по градациям:
0 – отсутствие патологических изменений. Определяется тонкая четкая ровная плевральная линия с несколькими А-линиями и без В-линий или с В-линиями в количестве менее 3-х в одном межреберье.

1а – умеренные интерстициальные изменения. Определяются незначительно утолщенная неровная плевральная линия, в отдельных местах прерывистая за счет микроконсолидаций в виде точечных гипоэхогенных включений, и множественные В-линии.
1б – выраженные интерстициальные изменения. Определяются значительно утолщенная неровная прерывистая плевральная линия и широкие сливающиеся В-линии – «белое легкое».
2а – локальная кортикальная консолидация. Определяется локальная кортикальная консолидация в виде гипоэхогенного участка небольшого размера.
2б – распространенная кортикальная консолидация. Определяется протяженная вдоль поверхности легкого распространенная кортикальная консолидация.
3а – сегментарная консолидация. Определяется сегментарная консолидация в виде гипоэхогенной зоны, по форме приближающаяся к треугольной, с неоднородной структурой за счет линейных гиперэхогенных сигналов воздушной эхобронхограммы.
3б – долевая консолидация. Определяется долевая консолидация в виде обширной гипоэхогенной зоны с неоднородной структурой за счет линейных гиперэхогенных сигналов воздушной эхобронхограммы.
При сомнениях в оценке градаций целесообразно выбирать более высокую градацию.

Рентгенография или УЗИ применяются при отсутствии возможности проведения компьютерной томографии ОГК.

В условиях стационара, при возможности выполнения КТ органов грудной клетки выполнение рентгенографии легких *не рекомендуется*, поскольку требует при выявлении изменений или несоответствии находок клинической картине выполнения КТ, а значит, влечет увеличение сроков обследования, неизбежные контакты с инфицированными пациентами, необоснованную лучевую нагрузку при сравнительно невысокой информативности.

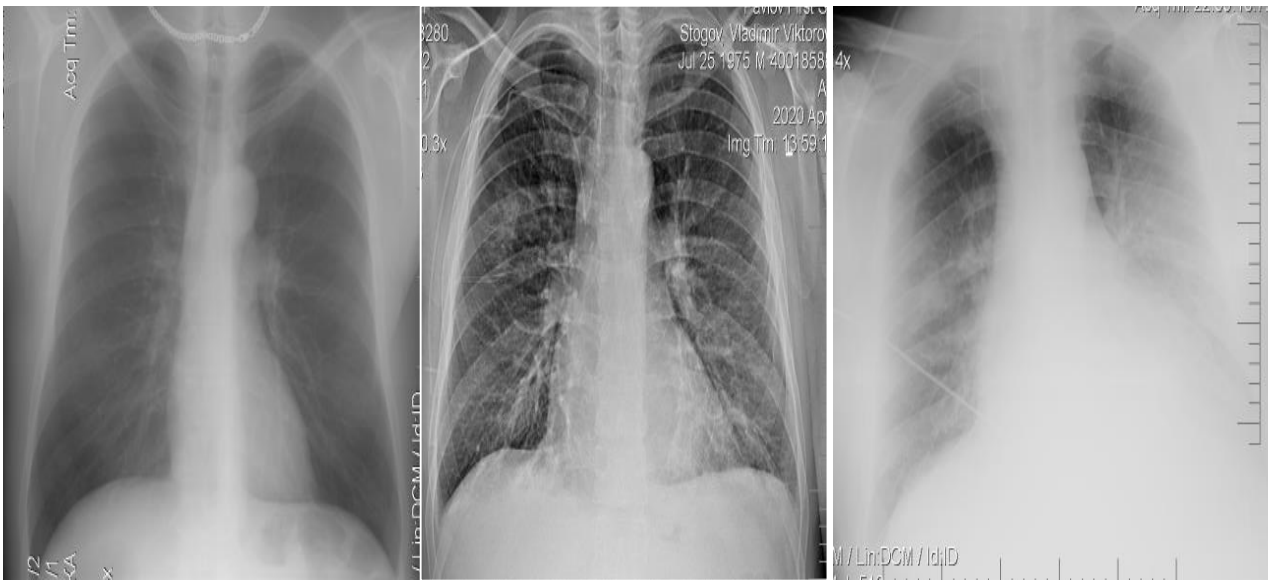
Лучевая семиотика поражения легких при COVID-19

Все выявляемые при лучевых исследованиях признаки, включая КТ-симптомы, не являются специфичными для какого-либо вида инфекции и не позволяют установить этиологический диагноз. Вне клинической (эпидемической) ситуации они не позволяют отнести выявленные изменения к COVID-19 пневмонии и требуют дифференцировать их с другими пневмониями и не воспалительными заболеваниями. Результаты лучевого исследования не заменяют результаты ПЦР-теста на наличие РНК SARS-CoV-2. Отсутствие изменений при КТ не исключают наличие COVID-19 инфекции и возможность развития пневмонии после проведения исследования (Синицын В.Е. с соавт., 2020).

Рентгеносемиотика поражения легких при COVID-19. Диагноз коронавирусной инфекции устанавливается на основании клинического обследования, данных эпидемиологического анамнеза и результатов лабораторных и лучевых методов исследования. Как рентгенография, так и компьютерная томография имеют огромное значение для определения объема поражения легочной ткани, контроля за лечением и прогнозирования течения заболевания.

Основными проявлениями вирусной пневмонии, определяемыми при стандартном рентгенографическом исследовании органов грудной полости в двух проекциях, являются (фото 4):

- Изменения при легком течении заболевания, а также в период 1-4 суток с момента появления клинической симптоматики патологические изменения органов грудной полости могут не определяться;
- Визуализируются множественные билатеральные участки уплотнения легочной ткани с нечеткими и неровными контурами, низкой и средней интенсивности (прослеживаются сосуды и может быть симптом «воздушной бронхографии»);
- При прогрессировании процесса определяются множественные билатеральные участки альвеолярной инфильтрации, средней и высокой интенсивности, широким основанием прилежащие к костальной плевре, или имеющие сливной характер;
- Изменения локализуются преимущественно в периферических отделах легочных полей (субплевральные и базальные отделы легких).



а б в

Фото 4. Проявления вирусной пневмонии, определяемыми при стандартном рентгенографическом исследовании органов грудной полости в двух проекциях, а – органы грудной полости без видимой патологии у пациента с верифицированной COVID-19 инфекцией легкого течения заболевания; б – билатеральные участки уплотнения легочной ткани низкой интенсивности в средних отделах правого легкого, нижних отделах левого легкого, на фоне которых определяются сосуды и воздушные бронхограммы; в – рентгенограмма пациента с нарастающими проявлениями дыхательной недостаточности, наличием билатеральных участков.

Следует обращать внимание на наличие признаков, не характерных для типичной картины коронавирусной пневмонии, таких как:

1. Гидроторакс;
2. Расширение тени средостения;
3. Преимущественно прикорневая локализация изменений;
4. Одиночные округлые образования;
5. Полостные образования;
6. Единичные участки консолидации.

При оценке изменений легочной ткани следует учитывать возможное сочетание вирусного поражения легких и существующего хронического заболевания с изменениями в легочной ткани (фиброзирующие процессы, тромбоэмболия ветвей легочной артерии, онкологические заболевания).

Невозможно оценить достоверные показатели информативности рентгенографии в визуализации изменений в легких связанной с проявлениями новой коронавирусной инфекцией (COVID-19) на разных стадиях, но большинство имеющихся исследований указывает, что на ранней стадии классическая рентгенография легких имеет низкую чувствительность (фото 5 и 6) (Yang, W., Sirajuddin, A., Zhang, X. et al., 2020; Michelle L. Holshue et al., 2020; Rubin GD, Ryerson CJ, Haramati, 2020).

При ретроспективной оценке данных у пациентов с верифицированной COVID-19 изменения на рентгенограмме легких на начальном этапе отмечались только в 69% (Wong HYF et al., 2019).



фото 5. Рентгенограмма легких в передней проекции пациентки С. 63 лет с клиническими признаками ОРВИ из контакта по COVID-19. Органы грудной полости без видимой патологии

Низкая чувствительность рентгенографии легких на ранних стадиях объясняется тем, что первоначальными проявлениями COVID-19 являются участки уплотнения по типу «матового стекла» (фото 6), визуализация которых в большинстве случаев лежит вне пределов рентгенографии.

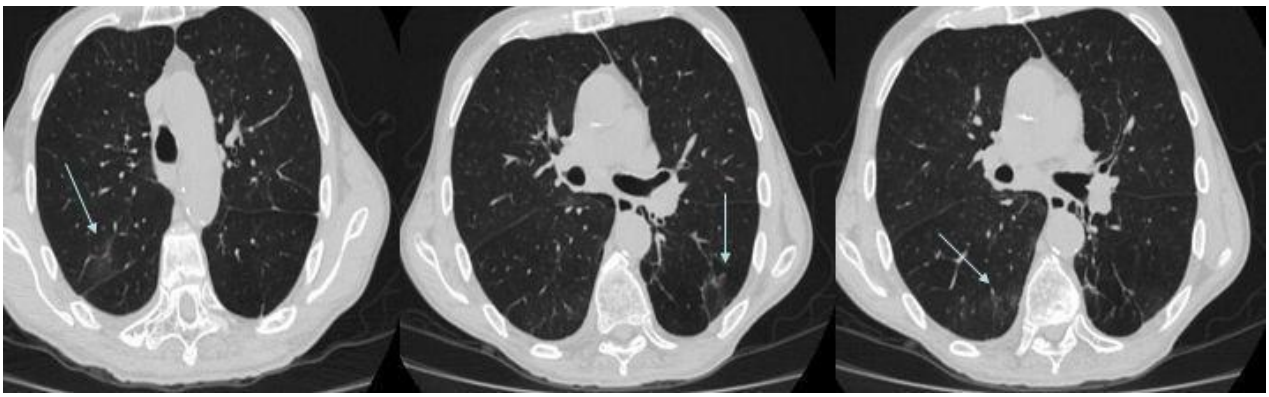


Фото 6. КТ органов грудной клетки пациента Б, 62 лет с клиническими признаками ОРВИ Визуализируются единичные уплотнения легочной ткани по типу «матового стекла» Диагноз COVID-19, верифицирован ПЦР. Данные изменения лежат вне пределов разрешающей способности рентгенографии

На более поздних стадиях и развернутой клинической картине классические рентгенологические исследования в передней и боковой проекциях дают первичную информацию о локализации и объеме воспалительных изменений в легких.

Основными проявлениями вирусной пневмонии, определяемыми при стандартном рентгенографическом исследовании органов грудной полости в двух проекциях, являются (фото 7-9):

1. билатеральное усилением легочного рисунка;
2. множественные билатеральные участки уплотнения легочной ткани с нечеткими и неровными контурами, низкой и средней интенсивности (визуализируются сосуды и может быть симптом «воздушной бронхографии»);
3. множественные билатеральные участки альвеолярной инфильтрации, средней и высокой интенсивности, широким основанием прилежащие к костальной плевре, или имеющие сливной характер (при прогрессировании процесса);
4. распределение изменений преимущественно базальное, субплевральное.



Фото 7. Рентгенограмма органов грудной полости в передней проекции пациента С. 41 лет с верифицированной COVID-19. Определяется билатеральное усиление легочного рисунка в средних отделах обоих легких и уплотнение легочной ткани низкой интенсивности, без четких и ровных контуров в наддиафрагмальных отделах правого легкого.

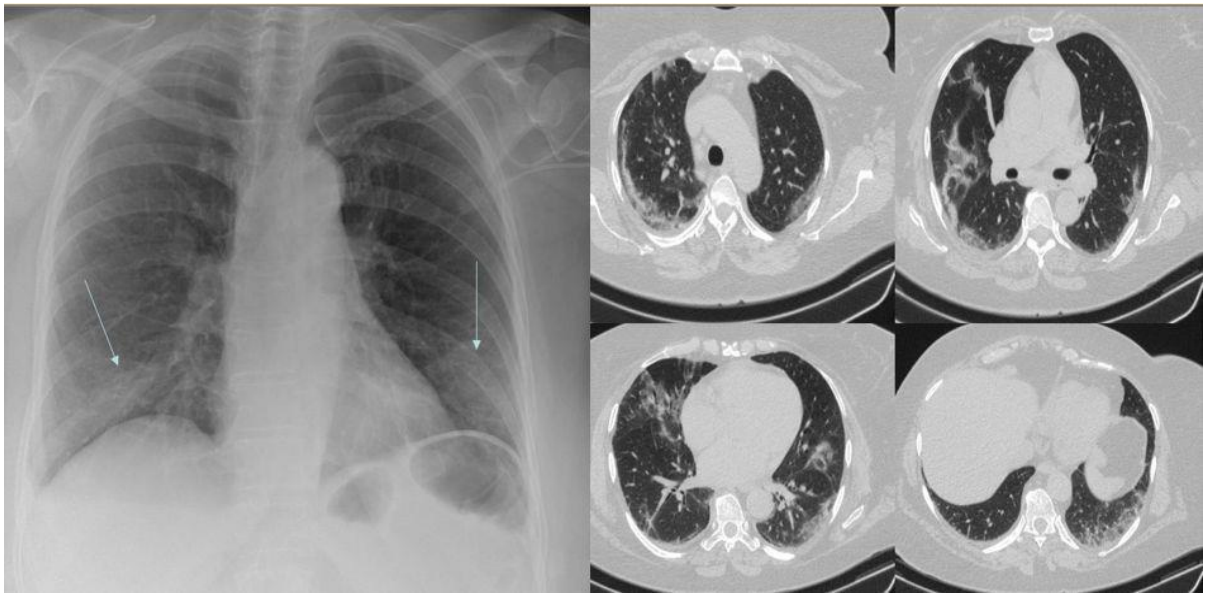


Фото 8. Рентгенограмма органов грудной полости в передней проекции (слева) и компьютерная томография органов грудной полости пациентки А. 50 лет с верифицированной COVID-19. Визуализируются билатеральные участки уплотнения легочной ткани с преимущественной базальной и периферической локализацией

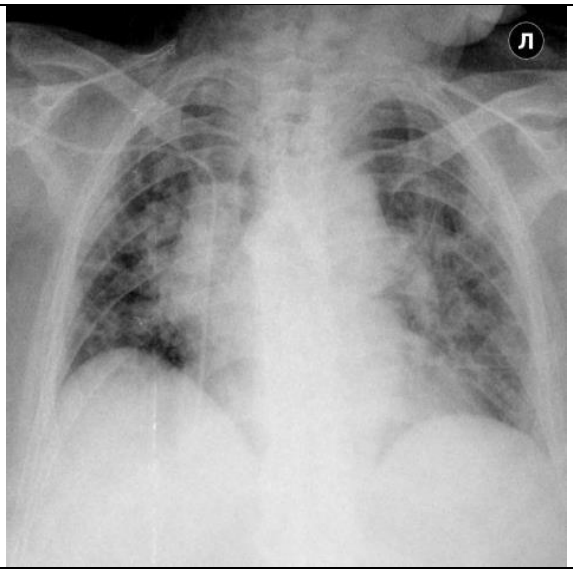


Фото 9. Рентгенограмма органов грудной полости в задней проекции пациентки С., 75 лет, с верифицированной COVID-19, выполненной палатным аппаратом. Визуализируются множественные билатеральные участки альвеолярной инфильтрации, средней и высокой интенсивности, имеющие сливной характер.

В условиях эпидемии необходимо учитывать, что на рентгенограммах легких поражение, обусловленное COVID-19, может на начальных этапах проявляется локальными участками уплотнения (инфильтрации) легочной ткани, что может быть обусловлено как более низкой разрешающей способностью рентгенографии (невозможность визуализации зон уплотнения по типу «матового стекла»), так и особенностями проявлений лучевой картины у отдельных пациентов (фото 10).

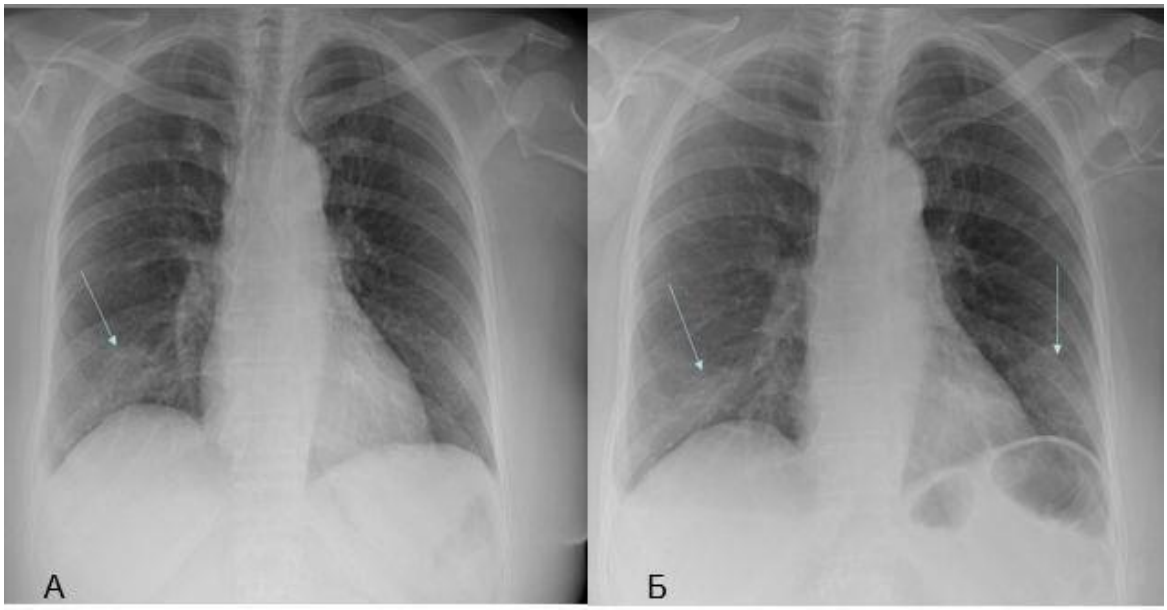


фото 10. А. Первичная рентгенограмма легких в передней проекции у пациента с клиническими признаками ОРВИ. Визуализируется участок уплотнения (инфильтрации) низкой интенсивности в нижних отделах правого легкого. Учитывая локальность изменений, рентгенологическая картина в первую очередь характерна для бактериальной пневмонии, а не вирусных поражении легких. Б. Контрольная рентгенограмма легких у пациента с клиническими признаками ОРВИ через 3 дня, на фоне прогрессирования симптоматики. Визуализируются билатеральные участки уплотнения легочной ткани средней и низкой интенсивности в нижних отделах легких.

В связи с этим любые рентгенологические проявления воспалительных изменений в лёгких должны в эпидемический период рассматриваться как подозрительные в отношении COVID-19 и требующие проведения КТ, ПЦР.

Рентгеносемиотика поражения легких при коронавирусной инфекции у детей.

При интерпретации рентгенограмм у детей следует учитывать особенности рентгенограмм грудной клетки у детей раннего возраста (табл. 2).

Таблица 2. Особенности рентгенограмм грудной клетки у детей раннего возраста

Интерпретация рентгенограмм	***Особенности***
Легочный рисунок и корни легких	- легочный рисунок представлен только артериями - артерии незначительно суживаются к периферии - большое количество очаговоподобных теней (ортоградное изображение сосудов) - бессосудистая плащевая зона может отсутствовать - корни легких расположены на одном уровне - средостение перекрывает корни легких
Изображение сердца и средостения	- сердечно-сосудистая тень занимает почти срединное положение - сердце относительно больше, чем у подростков, главным образом за счет правых отделов: кардиоторакальный индекс до 0,6 - форма сердца приближается к шаровидной, нижние дуги резко выпуклы; «талия» сглажена - с возрастом - относительное уменьшение сердечно-сосудистой тени и перемещение ее налево - расширение тени средостения (верхняя часть) за счет вилочковой железы: дополнительное образование треугольной, округлой формы, симптом «паруса», изменения на рентгенограмме чаще справа

Следует отметить, что у детей старше 12 лет показания для выполнения рентгенографии грудной клетки и рентгеносемиотика при COVID-19 не отличаются от таковых у взрослых. Дети младше 12 лет (преимущественно новорожденные и дети раннего возраста) имеют особенности изображения органов грудной клетки, связанные как с техническими параметрами и трудностью правильной установки пациента, так и с возрастными особенностями.

У младенцев и детей раннего возраста выявляются следующие особенности:

- легочный рисунок до 4-х лет представлен преимущественно сосудами, которые в норме могут прослеживаться до кортикальных отделов;
- воздушность легочной ткани коррелирует с глубиной вдоха, что необходимо оценивать по положению и форме куполов диафрагмы и др.;
- значительная часть легочных полей перекрыта структурами средостения, особенно вилочковой железой.

Рентгенография грудной клетки у детей достаточно информативна для выявления:

- участков уплотнения легочной ткани как средней, так и низкой интенсивности с отчетливой визуализацией воздушных просветов бронхов (симптом «воздушной бронхографии»);

- локализации изменений в обоих легких, часто асимметричных, с нечеткими контурами;
- как правило, отмечается компенсаторное вздутие непораженных отделов легких;
- участков альвеолярной инфильтрации, средней и высокой интенсивности, имеющих сливной характер, часто при прогрессировании процесса – с нечетким контуром диафрагмы и средостения.

Рентгенологические исследования легких могут быть использованы для оценки изменений в динамике (прогрессирования заболевания, выявление осложнений и т. д.), особенно в отделении интенсивной терапии для ежедневного контроля статуса пациентов в критическом состоянии и подлежат стандартизированному протоколу описания (табл. 3).

Таблица 3. Стандартизованный протокол описания рентгенограммы легких, выполненной в двух проекциях

Критерий	***Отражение в протоколе***
Частота обращения	Первичное, контрольное исследование
Качество, объем исследования	Рентгенограмма органов грудной полости в двух проекциях выполненная в удовлетворительном качестве, положение пациента в момент РГ обозримые медицинские устройства и иные предметы на снимках (интубационная трубка, катетеры, дренажи, зонды, искусственные водители ритма, инородные тела и проч.), их расположение и правильность установки.
Наличие изменений в паренхиме легких	- свежие очаговые и инфильтративные изменений не определяются - множественные билатеральные участки уплотнения легочной ткани средней и низкой интенсивности с преимущественно базальной, периферической локализацией -множественные билатеральные участки альвеолярной инфильтрации, средней и высокой интенсивности, широким основанием прилежащие к костальной плевре, или имеющие сливной характер *наличие участков уплотнения легочной ткани, их расположение (периферическое, центральное, диффузное, нарастание в направлении диафрагмы или верхушек). Локальные изменения соотносятся с отдельными долями и/или сегментами. Участки уплотнения легочной ткани при РГ обычно не разделяют на «матовое» стекло и консолидацию (фото 11, А.Б); *форма участков уплотнения: округлая, любая другая; *интенсивность тени уплотнений в легких: низкая (обычно соответствует симптому «матового стекла» при КТ), средней интенсивности (обычно соответствует консолидации при КТ), высокая (может наблюдаться при тотальном или субтотальном поражении легких) или их сочетание (фото 11,В).
Признаки нарушения легочного кровообращения	усиление (в т.ч. перераспределение в верхние доли) легочного рисунка, расширение корней легких, перибронхиальные муфты, линии Керли, расширение камер сердца, расширение сосудистой ножки сердца.

Дополнительные признаки/признаки, не соответствующие поражению легких при COVID-19	- гидроторакс - расширение тени средостения - преимущественно прикорневая локализация изменений - одиночные округлые образования - единичный локальный участок альвеолярной инфильтрации (консолидации) - полостные образования
Заключение	- патологические изменения органов грудной полости не определяются - рентгенологические признаки двусторонних инфильтративных изменений легких, могут соответствовать проявлениям вирусной пневмонии, требуют уточняющей диагностики (КТ). - рентгенологическая картина соответствует (указывается какому патологическому процессу соответствуют выявленные изменения), на фоне которого можно или нельзя исключить вирусное поражение легких * в случае **первичного исследования** рекомендуется указать вероятность соответствия выявленных изменений пневмонии COVID-19 – высокая/типичная картина, средняя/неопределенная картина, низкая/нетипичная картина, норма (без характерных РГ-признаков пневмонии COVID-19) или рентгенологическая картина отека легких, абсцесса легкого и т. Д * При **повторных исследованиях** обязательно указывается динамика изменений в грудной полости. При необходимости указываются дополнительные исследования, которые, по мнению рентгенолога, могут помочь в оценке изменений: КТ, УЗИ, ФБС и др.

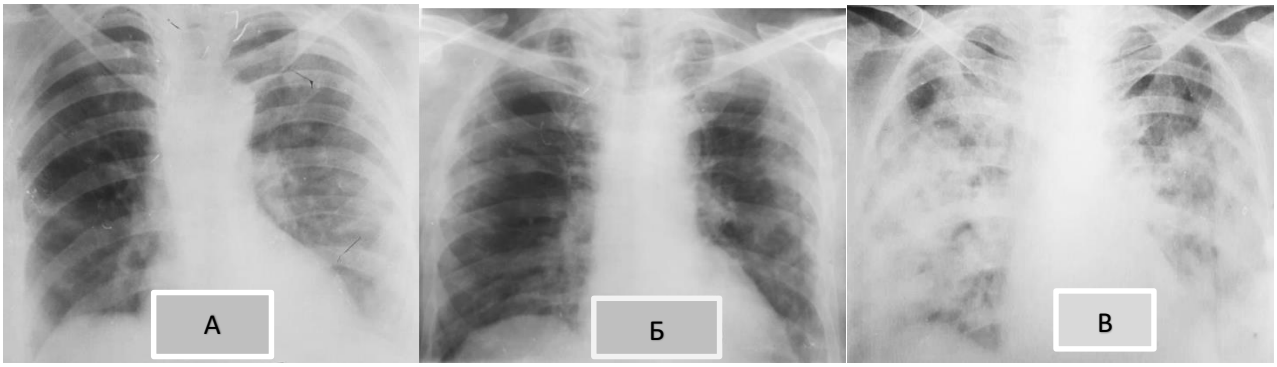


Фото 11. Проявления вирусной пневмонии, определяемыми при стандартном рентгенографическом исследовании органов грудной, А–билатеральные участки уплотнения легочной ткани низкой интенсивности, преимущественно в средних и нижних отделах, больше субплеврально, на фоне которых определяются расширенные сосуды; Б – с двух сторон, преимущественно в латеральной зоне отмечается понижение прозрачности легочной ткани, с петлисто-ячеистым усилением рисунка; В – с двух сторон сливные инфильтративные тени, более интенсивные в субплевральных отделах у пациента с нарастающими проявлениями дыхательной недостаточности.

Компьютерно-томографическая семиотика поражения легких при COVID-19.

При поступлении пациента в отделение рентгеновской компьютерной томографии следует убедиться в наличии направления на исследование, а также информированного добровольного согласия пациента. В направлении на исследование должны быть отражены: вероятность COVID-19, различие изменений в лабораторных анализах (лейкоцитоз, лимфопения), уровень С-

реактивного белка, данные о наличии сопутствующей патологии (хронические заболевания легких, сердечно-сосудистой системы), стаж курения.

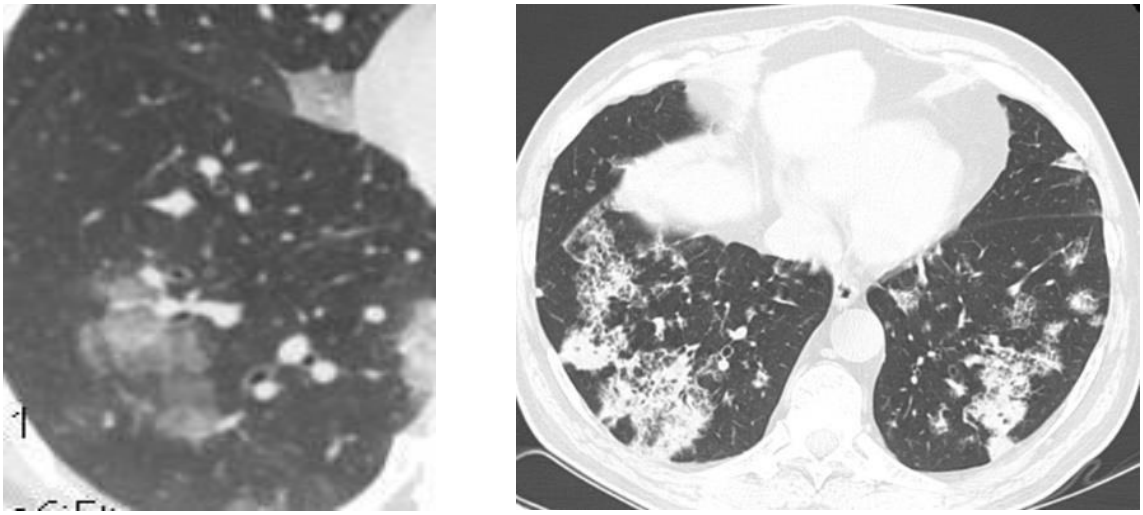
Основными паттернами поражения легочной ткани у пациентов с вирусными инфекциями легких являются признаки повышения плотностных характеристик паренхимы легких, вызванные вытеснением воздуха из альвеол и заполнением их другим субстратом: матовое стекло, ретикулярные изменения, консолидация, очаги различного размера.

Для вирусного поражения легочной ткани COVID-19 характерны следующая **лучевые КТ семиотика**:

- изменения в легких чаще с обеих сторон по ходу сосудистого рисунка в интерстициальной ткани;
- занимают субплевральные, чаще задние отделы базальных сегментов, широким основанием прилежат к плевре;
- нарастание выраженности изменений обычно идет в краниокаудальном направлении;
- поражение проявляется участками или фокусами уплотнения по типу “матового стекла” чаще с размытыми контурами.
- в зонах “матового стекла” сохраняются воздушные просветы бронхов, при этом изменения самих бронхов (утолщение стенок и содержимое в их просвете), которые можно наблюдать при бронхитах и/или пневмонии, не характерны;
- чаще матовость сочетается с ретикулярной исчерченностью за счет внутридолькового интерстиция, симптом “булыжной мостовой”, “брусчатки” (paving stone sign) или “дикой исчерченности” (“crazy paving”);
- с уплотнениями в виде консолидаций, изолированно консолидации без “матового стекла” обычно не встречаются;
- поражение локализовалось лоскутно, как субплеврально, так и в прикорневых отделах легких;
- одностороннее поражение бывает реже и определяется в начальных стадиях заболевания или при легком клиническом течении;

При оценке появления участков уплотнения по типу «матового стекла» и консолидации в легочной следует учитывать общее состояние пациента (острая, подострая или хроническая ситуация), основной паттерн изменений в легких (матовое стекло, консолидация и т.д.), сочетание паттернов, локализацию выявленных изменений, состояние окружающих легочных структур, наличие дополнительных изменений паренхимы легких и средостения.

При оценке паренхимы легких так же следует обращать внимание на чрезвычайно важный в диагностическом плане синдром «лоскутного одеяла /булыжной мостовой» - наличие участков уплотнения легочной ткани по типу «матового стекла» на фоне которого определяются ретикулярные изменения (фото 12).



а б

Фото 12. а – участки уплотнения легочной ткани по типу «матового стекла», б – участки уплотнения легочной ткани по типу «матового стекла», на фоне которых определяются ретикулярные изменения – «лоскутное одеяло /булыжной мостовой».

К проявлениям воспалительных изменений в легких у взрослых пациентов можно отнести:

- уплотнение легочной ткани по типу матового стекла, различной, зачастую округлой формы,
- наличие участков матового стекла с ретикулярными изменениями (утолщенные междольковые перегородки («лоскутное одеяло /булыжной мостовой»),
- участки консолидации легочной ткани,
- синдром «обратного гало»,
- увеличение диаметра сосудов в уплотненной легочной ткани,
- реакционные бронхоэктазы.

Локализация изменений: билатеральная, преобладают в базальных и субплевральных отделах легких, могут располагаться перибронхиально.

Сочетание признаков и степень их выраженности будут различаться в разные сроки развития заболевания, при этом на самом раннем этапе, в первые четыре дня с начала появления симптоматики, КТ признаки воспалительных изменений в легких могут отсутствовать. По мере развития заболевания лучевая картина изменяется, приобретая черты организующейся пневмонии (участки консолидации широким основанием, обращенные к костальной плевре, линейные участки пневмофиброза, появляется «синдром обратного гало») или напоминает КТ паттерн неспецифической интерстициальной пневмонии.

Консолидация, как вид уплотнения легкого менее характерна, но все же встречается и как проявление непосредственно вирусного поражения, а также после присоединения вторичной бактериальной пневмонии. В большинстве случаев наблюдается сочетание участков и фокусов “матового стекла” и консолидаций на этом фоне. Консолидации имеют форму тяжей, повторяющих в виде своеобразных арок ход плевры. Поэтому не стоит рассматривать появление консолидаций на месте “матового стекла” в динамике исключительно как отрицательное течение процесса. Можно предположить, что данные изменения могут быть представлены, как ателектазированными участками легкого, так и организующейся пневмонией, которые в дальнейшем могут

преобразовываться в фиброз или разрешаться положительно с минимальными изменениями. Требуется динамическое наблюдение за этой группой пациентов для оценки объема остаточного фиброза.

Обширность двусторонней консолидации и/или нарастание ее в динамике при SARS-CoV-2 коррелирует с клинически тяжелым течением инфекции и может быть проявлением респираторного дистресс-синдрома (РДСВ), ассоциировано с неблагоприятным прогнозом и более высокой летальностью.

В тяжелых случаях при вирусной инфекции участки консолидации тотально занимают все легочные поля, что получило название симптома “белого легкого”.

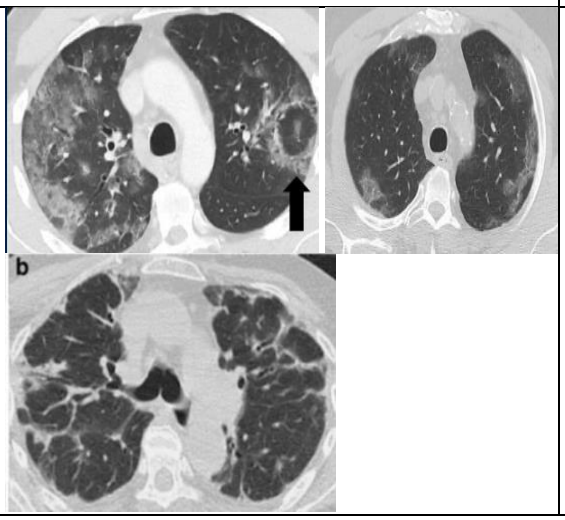
Преобладание зон консолидаций над иными изменениями, а также массивные консолидации (по типу лобарных), особенно с одной стороны, в сочетании с центрилобулярными очагами, а также признаками воспаления стенок бронхов свидетельствуют о вторичной бактериальной пневмонии.

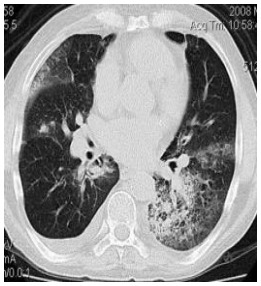
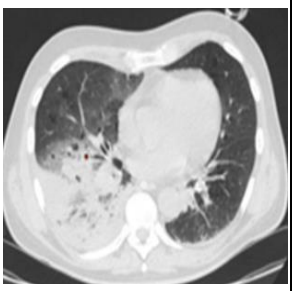
Нетипичные для коронавирусной инфекции КТ признаки включают в себя:

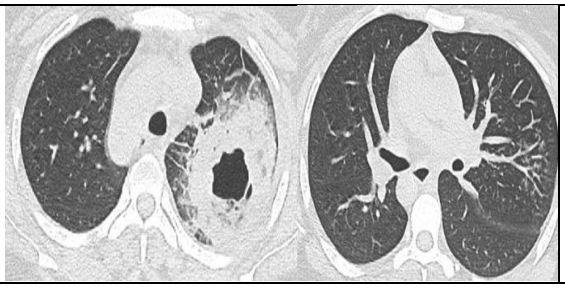
- множественные участки уплотнения легочной ткани по типу «матового стекла» преимущественно центральной и парамедиастинальной локализации,
- единичные солидные очаги,
- полостные образования,
- выпот в плевральных полостях,
- лимфоаденопатию,
- очаговую диссеминацию
- симптом «дерева в почках»,
- фиброзные изменения в легких,
- симметричные изменения в виде «крыльев бабочки» наряду с плевральным выпотом заставит задуматься о сосудистом характере изменений (альвеолярный отек легких, альвеолярный геморрагический синдром),
- признаки в виде эмфиземы, очагов, полости, массивных консолидаций не выявляются.

Оценка КТ семиотики по вероятности вирусной пневмонии при COVID-19 представлена в таблице 4.

Таблица 4. Оценка вероятности вирусной пневмонии при COVID-19

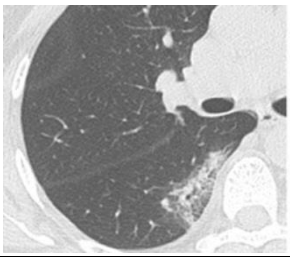
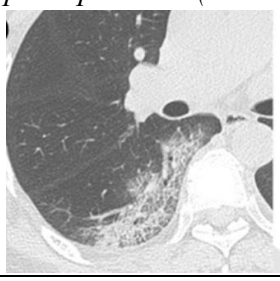
Вероят-ность	**Распределение изменений**	**КТ признаки**	**Описание**
Высокая	Изменения локализуются преимущественно в базальных и периферических отделах обоих легких, полисег-ментарно		- Сочетание матового стекла с субплевральной локализацией, ретикулярными изменениями, картина «лоскутного одеяла» - Субплевральные участки консолидации (более одного), не

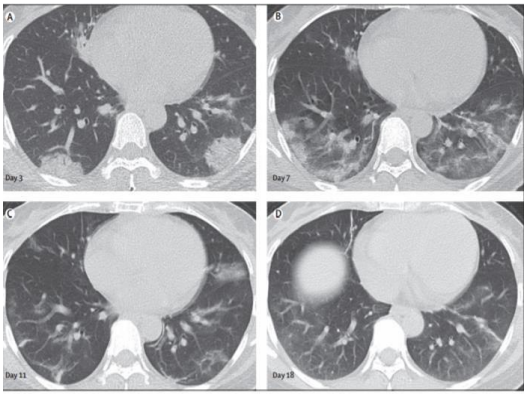
			обязательно билатеральные - Воздушные бронхограммы - Синдром обратного Гало (признаки организующейся пневмонии)
Средняя	Изменения: -локализуются диффузно, во всех отделах обоих легких -односторонние преимущественно перибронхиальные, периваскулярные		-Участки уплотнения легочной ткани по типу «матового стекла» и консолидации (могут быть округлой формы) в нижних отделах обоих легких, с перибронхиальным распространением (бронхоцентрическая форма организующейся пневмонии). -Субплевральные участки консолидации -Синдром обратного Гало (признаки организующейся пневмонии) - Меньшая протяженность «матового стекла» с ретикулярными изменениями
Низкая	Односторонняя локализация изменений	 	- не имеет признаков несомненной или вероятной COVID-19 - имеет КТ-признаки COVID-19, но клинически нет соответствия или возможен альтернативный диагноз
Признаки не характерные для COVID-19 (вероятность другого диагноза >70%)	Любое распределение выявленных изменений		- Долевая пневмония - Инфекции образующие воздухсодержащие полости - Дерево в почках или центрилобулярные очаги - Лимфоаденопатия

			- Выпот в плевральной полости -Доказанный пневмофиброз

В процессе развития поражения легких можно выделить несколько стадий, характеризующихся различными лучевыми признаками (табл. 5).

Таблица 5. Стадии развития вирусного поражения легких при COVID-19

Стадия	**Лучевые признаки**
Ранняя стадия (0-4 дни) 	КТ без признаков патологических изменений легких, или минимальные изменения легочной ткани по типу «матового стекла» с преимущественной периферической локализацией
Прогрессирования (5-8-е дни) 	Увеличение протяженности участков уплотнения легочной ткани по типу «матового стекла, появлением на их фоне ретикулярных изменений по типу «лоскутного одеяла», единичные участки консолидации легочной ткани
Пиковая (9-13-е дни) 	Участки уплотнения легочной ткани по типу «матового стекла» Сочетание «матового стекла» и ретикулярных изменений с формированием КТ- картины «лоскутного одеяла» Появление участков консолидации легочной ткани, зачастую отражающих присоединение бактериальной инфекции, Формирование картины организующейся пневмонии, неспецифической интерстициальной пневмонии

Разрешения (14-е дни и далее) 	Уменьшение протяженности инфильтративных изменений, формирование участков локального пневмофиброза

Значимость таких изменений, как матовое стекло, консолидация, ретикулярные изменения и площадь поражения отражают тяжесть заболевания, позволяют прогнозировать его дальнейшее развитие и определяются рядом классификационных характеристик. Отмечено, что существует достоверная корреляционная связь между тяжестью поражения легких, определенной методом КТ и клиническим течением заболевания, а, следовательно, целесообразность количественной оценки протяженности изменений в паренхиме легких (табл. 6,7,8).

Таблица 6. Определение степени тяжести по данным КТ

Степень тяжести	Паттерны КТ	Протяженность изменений
Легкая	Матовое стекло без иных признаков	до трех локальных патологических участков до 3 см по максимальному диаметру
Умеренная	Матовое стекло без иных признаков	более трех очагов или участков уплотнения по типу «матового стекла», более 3 см по максимальному диаметру
Средняя/ тяжелая	Матовое стекло с единичными участками консолидации	Инфильтративные изменения с вовлечением 25–50% паренхимы легкого
Тяжелая	Матовое стекло с множественными участками консолидации, ретикулярными изменениями и нарушением архитектоники легочной паренхимы	диффузные изменения, полисегментарное поражение различной протяженности

Таблица 7. Классификация результатов КТ в зависимости от степени выявленных изменений

Степень изменений	Основные проявления вирусной пневмонии	Протяженность изменений
КТ – 0 (нулевая)	Норма или отсутствие КТ-признаков вирусной пневмонии на фоне типичной клинической картины и соответствующего эпидемиологического анамнеза	

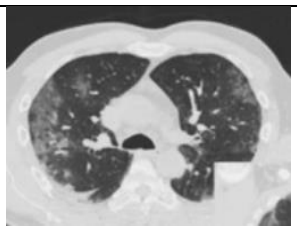
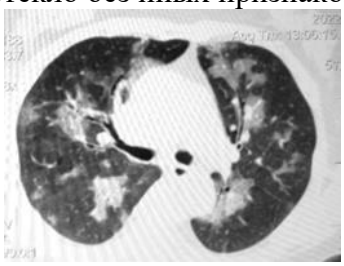
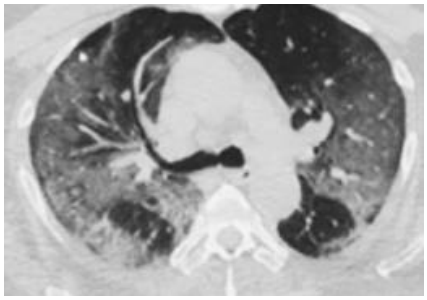
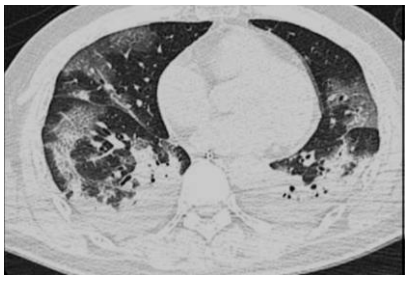
КТ – 1 (легкая)	Матовое стекло без иных признаков  	Вовлечение паренхимы легкого менее 25%
КТ – 2 (средне/тяжелая)	Матовое стекло без иных признаков 	Вовлечение паренхимы легкого 25-50%
КТ – 3 (тяжелая)	Матовое стекло с участками консолидации 	Вовлечение паренхимы легкого 50 - 75%. Увеличение объема поражения на 50% за 24 - 48 часов на фоне дыхательных нарушений, если исследования выполняются в динамике
КТ – 4 (критическая)	Диффузное уплотнение легочной ткани по типу «матового стекла» и участков консолидации в сочетании с ретикуляр-ными изменениями Гидроторакс двух-сторонний, преобладает слева 	Вовлечение паренхимы > 75%

Таблица 8. Паттерны КТ и количественная оценка изменений (матовое стекло и ретикулярные изменения)

Стадия / степень	Матовое стекло	Консолидация	Остальные дополнительные признаки	Протяженность изменений
КТ - 0	-	-	-	-
КТ - 1	+	нет, единичные, малого размера	минимальные ретикулярные изменения	До 25%

КТ - 2	+	есть единичные	-единичные зоны малого размера ретикулярных изменений -может быть симптом обратного «Halo»	До 50%
КТ - 3	+	есть, возможно массивные	-зоны ретикулярных изменений -может быть симптом обратного «Halo - может быть симптом «воздушной бронхографии» -может быть минимальный гидроторакс, не связанный с пневмонией -Умеренный перикардит (с максимальной толщиной до 5 мм). -Умеренное увеличение внутригрудных лимфати-ческих узлов.	50-75%
КТ - 4	+	есть, преобладают массивные	- зоны ретикулярных изменений - симптом обратного «Halo» - симптом «воздушной бронхографии» -гидроторакс, преимущественно слева - Перикардит (толщиной более 5 мм). - Выраженное увеличение внутригрудных лимфатических узлов	> 75%

КТ-семиотика поражения легких у детей. Детальная диагностика изменений в легких у детей с COVID-19 возможна лишь при выполнении КТ. У детей старше 12 лет КТ-картина поражения легких при COVID19 практически не отличается от таковой у взрослых и характеризуется двусторонними субплевральными изменениями преимущественно – в базальных отделах легких, участками уплотнения легочной ткани по типу матового стекла различной формы, в некоторых случаях по типу «лоскутного одеяла/ булыжной мостовой» и, более редко, участками консолидации.

У детей младше 12 лет и, особенно, у младенцев и детей раннего возраста выявляются следующие особенности:

- участки уплотнения по типу матового стекла, как правило, имеют небольшую протяженность, причудливую форму и не всегда локализуются субплеврально;
- увеличение диаметров сосудов наблюдается как на фоне патологического уплотнения по типу матового стекла, так и в других «непораженных» отделах легких;

- участки консолидации легочной ткани имеют вытянутую форму и могут «симулировать» линейной формы плевропульмональные тяжи в легочной паренхиме;
- могут наблюдаться уплотнения стенок бронхов без существенного увеличения их диаметра.

Многие из описанных особенностей коррелируют с этапами постнатального роста и развития легочной паренхимы, что требует более тщательных подходов при интерпретации КТ семиотике у детей раннего возраста. Необходимо знать и помнить о возможных артефактах, возникающих при выполнении КТ-исследований при спонтанном дыхании и, в некоторых случаях, под наркозом. Основными артефактами являются нечеткость и «двойной» контур, в некоторых случаях симулирующий бронхоэктазы, неравномерная воздушность и зоны вздутия, обусловленные физиологическими особенностями (Wang D, Hu B, Hu C, et al. 2020; Yuxia Cui, Maolu Tian, Dong Huang, et al.2020; Wei Li, Huaqian Cui, et al., 2020), а также зоны уплотнения легочной ткани в задних сегментах легких, вдоль позвоночника (преимущественно S10), как правило, симметричные, вследствие гравитационного эффекта (табл. 9). Не менее сложным является оценка изменений в легких у детей, перенесших респираторный дистресс-синдром новорожденных, а также бронхолегочную дисплазию. Как правило, у таких детей имеются различные изменения легочной паренхимы, что потребует дифференциального диагноза.

Таблица 9. Типичные артефакты при КТ грудной полости у детей раннего возраста

Причина возникновения артефактов	Описание	Возможная ошибочная интерпретация
На границе сред со значительными различиями в плотности	Зоны повышенной плотности линейной и округлой формы	Кальцинаты
От движения пациента или анатомических структур в зоне сканирования	Нечеткость контуров	Инфильтрация, «экссудативный» характер очагов
От дыхания	Двухконтурность зоны повышенной воздушности Линейной формы артефакты в средостении и легких	Бронхоэктазы Вздутие легкого Обызвествления
Гравитационный эффект	Достаточно симметричные зоны уплотнения в задних сегментах вдоль позвоночника (преимущественно S10)	Пневмония
От избыточной концентрации КВ в верхней полой вене	Линейные зоны повышенной/пониженной плотности (часто –лучистые)	Трудности измерения денситометрической плотности образования/ структуры и характера накопления контрастного вещества

Основные закономерности развития COVID-19 пневмонии связаны с трансформацией участков «матового стекла» в легочной ткани. В связи с этим КТ является предпочтительным методом оценки динамики. Однако для этой цели может использоваться и РГ в случае, если изменения видны на снимках и есть возможность оценить их динамику. РГ с использованием передвижного аппарата также является основной методикой при наблюдении пациентов в отделении реанимации и интенсивной терапии.

Оценка динамики предполагает использование одной методики. Сравнение изменений по данным различных методов и методик (например, РГ и КТ) некорректно. При положительной клинико-рентгенологической корреляции планируется выписка пациента.

Но не во всех случаях, возможно, проследить динамику у конкретного пациента, если первичное КТ выполнялось за пределами данного медицинского учреждения. Имеющиеся в истории болезни описания предыдущих КТ не всегда позволяют сориентироваться в динамике.

Однако, изменения при вирусном поражении лёгких в динамике довольно стереотипны у большинства пациентов, что позволяет выделить некоторую условную стадийность течения процесса даже без динамического наблюдения. Это «острый процесс», «реконвалесценция», «остаточные изменения».

Острый процесс/ пиковая стадия. Для пиковой стадии процесса в лёгких по данным КТ характерно преобладание участков «матового стекла» с достаточно четкими контурами, при этом сами «матовые стекла» обычно однородные. Также характерно присутствие симптома «булыжной мостовой» («crazy paving»), который отражает отёк и клеточную инфильтрацию внутридолькового интерстиция. Если даже при повторном КТ в лёгких остаются подобные участки, то в заключении врача может фигурировать формулировка: «С учетом КТ-семиотики, больше данных за сохранение участков активного процесса» или схожие с ней. В этом случае, даже несмотря на положительную клиническую динамику, лучше выполнить повторную КТ ОГК через 5-7 дней.

Стадия реконвалесценции. Под эту стадию можно объединить несколько вариантов развития течения процесса по данным КТ, которые коррелируют с положительной клинической и лабораторной динамикой. В заключении можно описать это общей формулировкой ***«С учетом КТ-семиотики, больше данных за стадию реконвалесценции».*** Но имеются разнообразные «сценарии» такой эволюции изменений т.к. далеко не у всех больных эти патологические участки уходят быстро и бесследно по типу обратного развития («матовое стекло» – постепенное уменьшение его выраженности – полное исчезновение). Возможно, более точное определение этой эволюции изменений может помочь врачу-клиницисту сориентироваться в дальнейшей терапии или назначить дополнительные лечебно-профилактические мероприятия.

1. Уменьшение выраженности «матового стекла» - плотность его обычно неоднородная, края нечеткие, как бы сливаются с относительно интактной тканью лёгкого, внутридольковая ретикулярная исчерченность уже отсутствует или выражена минимально в некоторых участках (фото 13. А, Б). В этом случае, также можно судить о том, что у пациента стадия реконвалесценции по данным лучевых методов. Вот как эти участки выглядят через 2 недели.

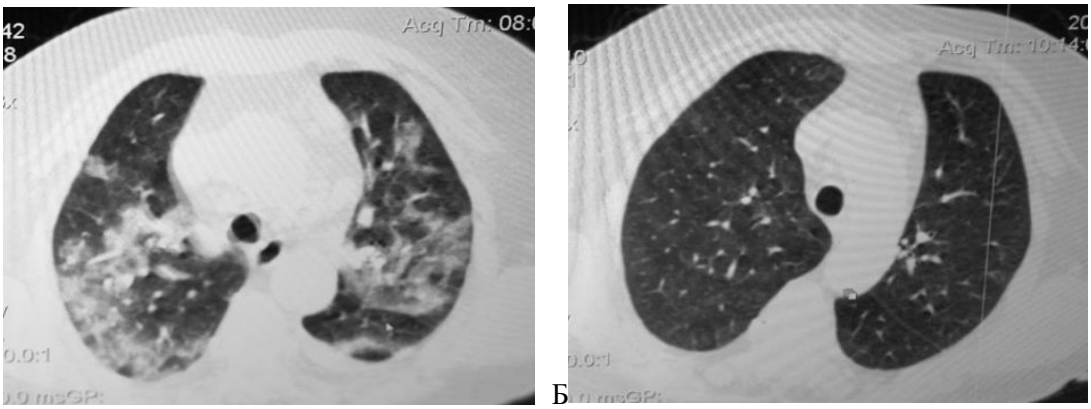


Фото 13.А. - КТ ОГК в аксиальной проекции – выраженное «матовое стекло» с нечеткими контурами с 2-х сторон; Б - тот же пациент, почти полное исчезновение «матового стекла» через 2 недели.

2. Переход из «матового стекла» в консолидацию может иметь различное течение и значение. Если консолидация присутствуют как единственный признак, имеют четкие контуры, располагаются типично (субплеврально и перибронховаскулярно), можно с большой уверенностью предположить рентгенологическую стадию реконвалесценции (фото 14).

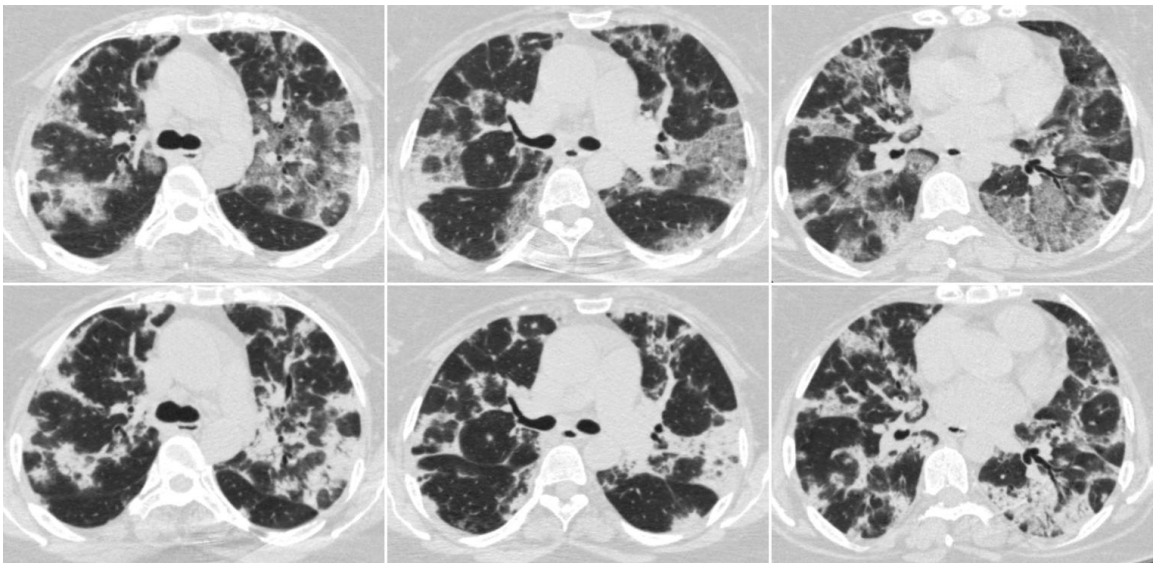


Фото 14. КТ ОГК от 04.05.2020 (верхний ряд) и 11.05.2020 (нижний ряд). Переход участков неоднородного «матового стекла» в консолидации на тех же местах. Консолидации имеют неправильную форму и четкие контуры, часть из них несколько неоднородна за счет незаполненных очагов и от этого имеют вид «губки».

Изменения в таком случае проходят своеобразную эволюцию – скорее всего, морфологическая картина диффузного альвеолярного повреждения (ДАП) переходит в участки организующейся пневмонии на фоне имевшейся жидкости в альвеолах. При этом целесообразно наблюдать за такими пациентами после выписки в ранние сроки т.к. в случае возникновения истинной организующейся пневмонии, грануляции не во всех случаях подвергаются самостоятельному рассасыванию и может потребоваться присоединение дополнительной терапии ГКС для предотвращения образования фиброза. В этих случаях формулировка заключения КТ может выглядеть следующим образом: ***«С учетом КТ-семиотики, больше данных за стадию реконвалесценции с преобладанием организации».***

3. Переход из «матового стекла» в консолидацию на фоне обширного «матового стекла» или появление их на ранее интактных участках лёгкого, врачей должно насторожить. Это может говорить о прогрессировании COVID-19 с развитием ОРДС, формировании альвеолярных геморрагий или присоединении бактериальной пневмонии (фото 15).

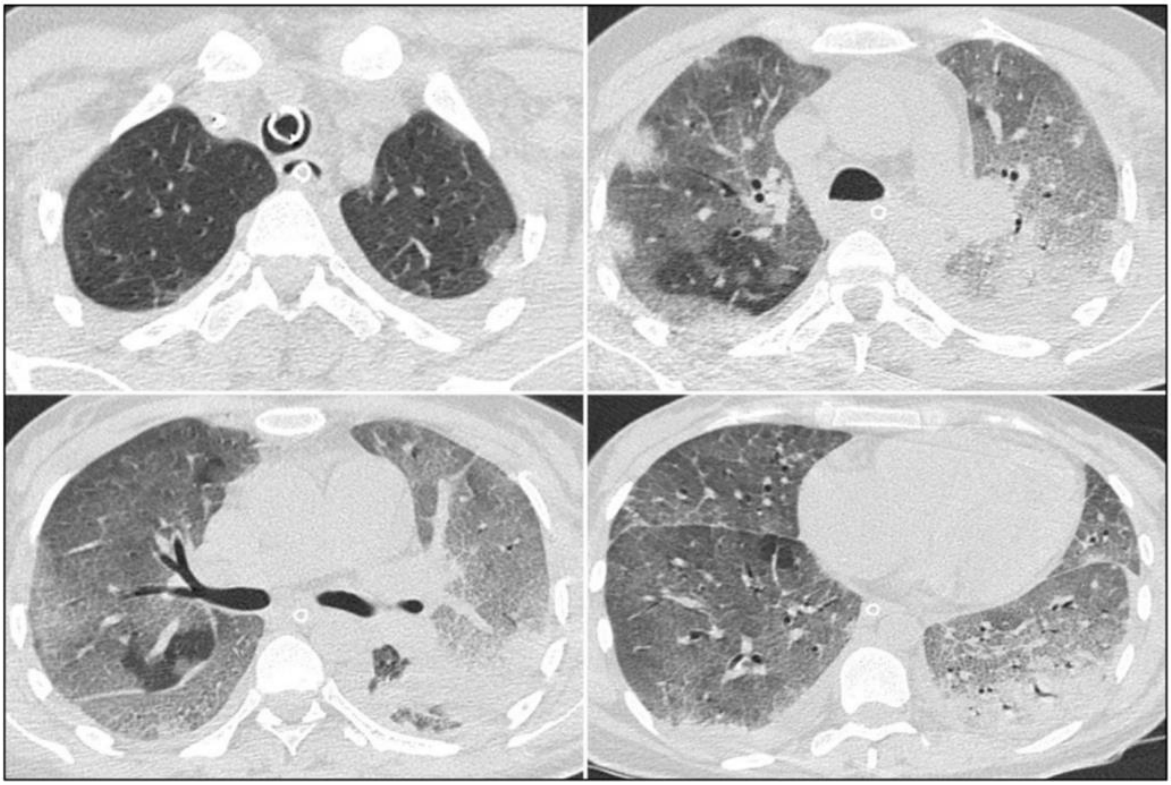


Фото 15. КТ ОГК в аксиальной проекции – обширное поражение легких (более 75%) при COVID-19, ИВЛ. На фоне «матового стекла» с участками «булыжной мостовой», фокусы и участки консолидации, которые могут быть представлены как геморрагиями, так и патологическими изменениями при ОРДС. Справа плевральный выпот.

Лучевые признаки благоприятного течения COVID-19 через 1-3 месяца:

1. Регресс участков «матового стекла» и консолидации
2. Уменьшение протяженности участков «матового стекла» и консолидации
3. Появление организации на месте консолидации и отека (фото 16)
4. Переход инфильтрации и консолидации в участки «матового стекла» с ретикулярными изменениями (фото 17).

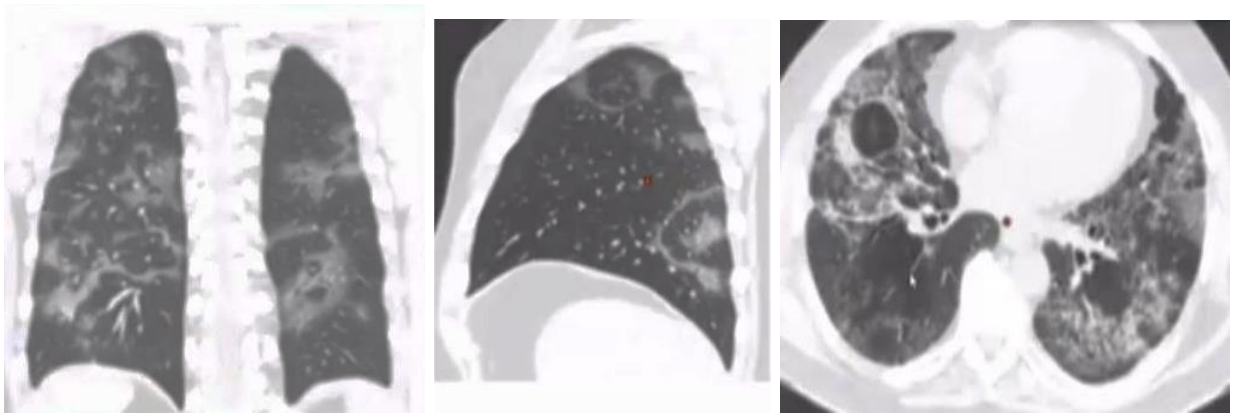


Фото 16. КТ ОГК во фронтальной, сагиттальной и аксиальной проекции на 15 день – участки «матового стекла» с нечеткими контурами в виде «обратного гало» с двух сторон за счет неравномерного рассасывания с организацией и фиброзными изменениями.

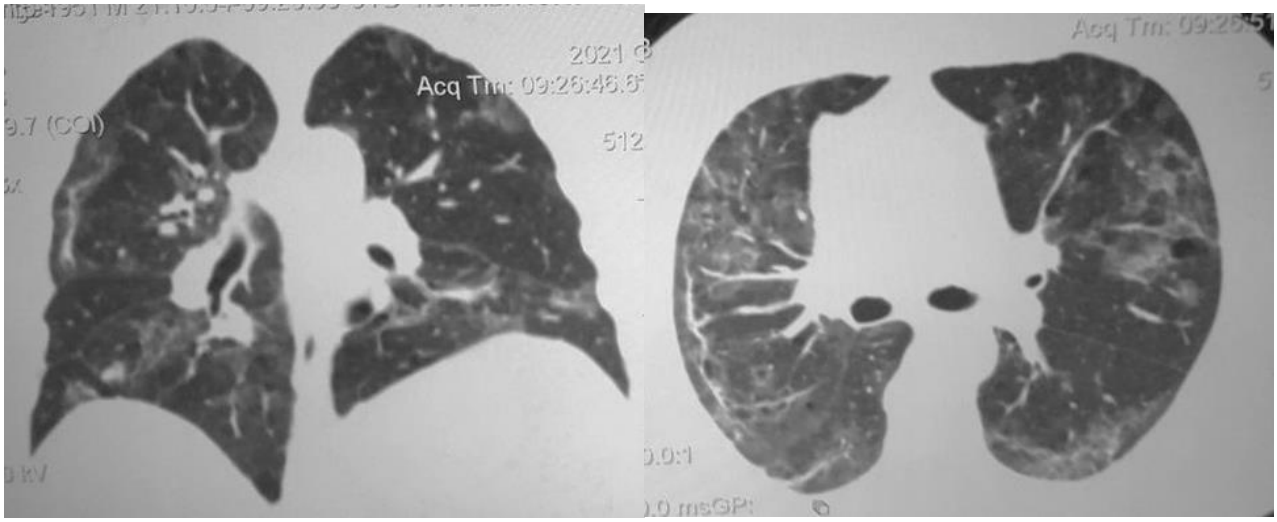


Фото 17. КТ ОГК во фронтальной и аксиальной проекции на 25 день – участки «матового стекла» уменьшились с двух сторон с замещением на фиброзные и ретикулярные изменения.

Лучевые признаки неблагоприятного течения COVID-19:

1. Увеличение размеров (протяженности, объема) имевшихся участков уплотнения по типу «матового стекла»;
2. Нарастание протяженности участков «матового стекла» и консолидации, нарастание плотности инфильтратов (фото 18).
3. Появление новых участков «матового стекла» и консолидации.
4. Слияние отдельных участков «матового стекла» в более крупные уплотнения вплоть до субтотального поражения легких.
5. Левожелудочковая недостаточность (гидростатический кардиогенный отек легких, двухсторонний плевральный выпот).
6. Респираторный дистресс-синдром (отек легких) (фото 19).
7. Бактериальная пневмония (новые локальные участки консолидации, плевральный выпот) (фото 20).
8. Абсцесс легкого (фото 21) и множественные септические эмболии;
9. Пневмоторакс и пневмомедиастинум;
10. Тромбоэмболия мелких ветвей легочной артерии (в т. при снижении сатурации на фоне стабильной рентгенологической картины – может потребоваться КТ ОГК с контрастированием).

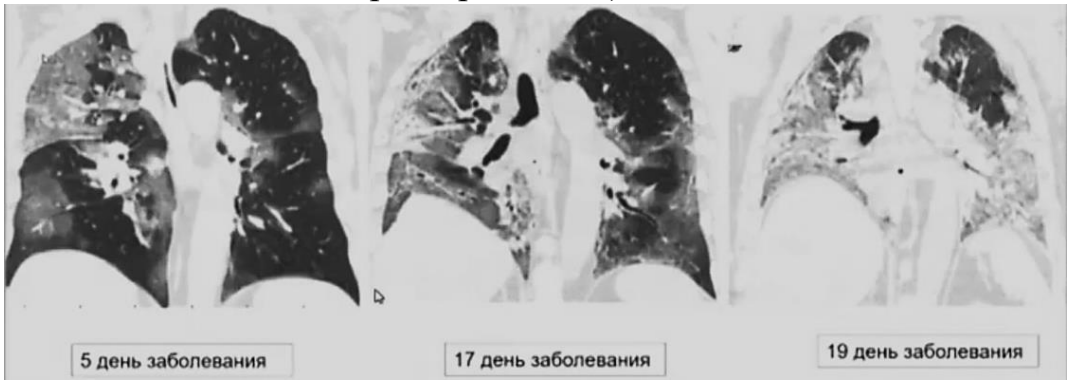


Фото 18. КТ ОГК во фронтальной проекции на 5 день – выраженное «матовое стекло» с нечеткими контурами с 2-х сторон в субплевральных отделах; на 17 день - тот же пациент, нарастание затемнений с двух сторон в субплевральных и базальных отделах; на 19 день – уплотнение участков «матового стекла» и замещение на фиброзные изменения с уменьшением объема легких.

Врачей должно насторожить появление консолидаций на фоне обширного «матового стекла» или на ранее интактных участках лёгкого, особенно в прикорневых зонах за счет альвеолярной и интерстициальной инфильтрации, отека легких и присоединение ОРДС (фото 19).

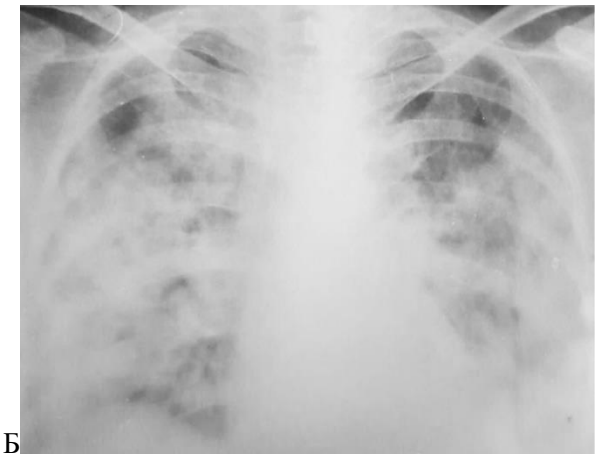
А  Б 

Фото 19. А. - Рентгенография ОГК в прямой проекции – выраженное «матовое стекло» с нечеткими контурами с 2-х сторон в субплеральных отделах; Б - тот же пациент, нарастание затемнений с двух сторон в прикорневых и субплеральных отделах через 5 дней, ОРДС.

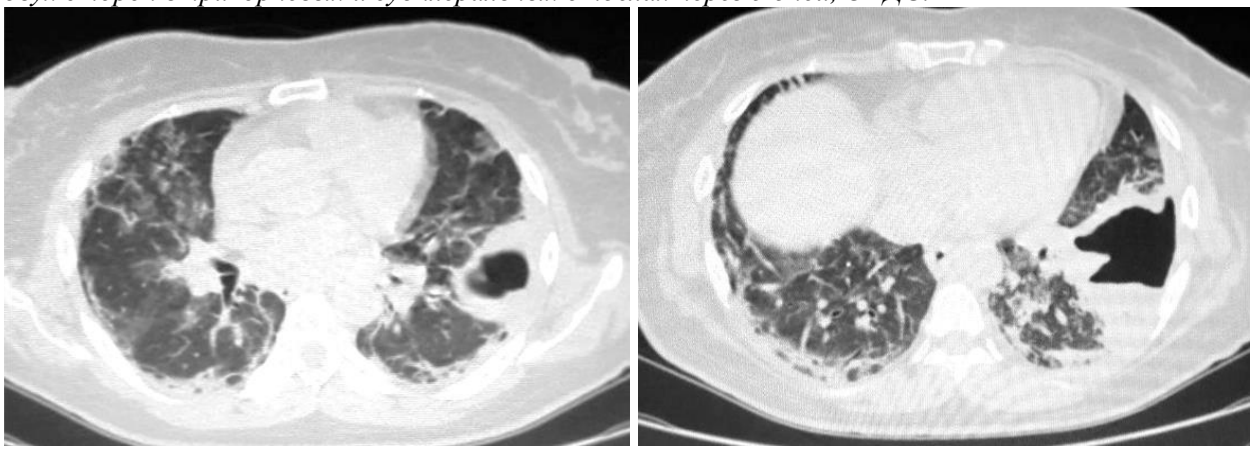


Фото 20. КТ ОГК в аксиальной проекции на 27 день – участки «матового стекла» уменьшились с двух сторон с замещением на фиброзные и ретикулярные изменения. Слева в 9 сегменте появилось неоднородное затемнение с участком деструкции за счет деструктивной пневмонии, широко прилежит к костальной плевре.

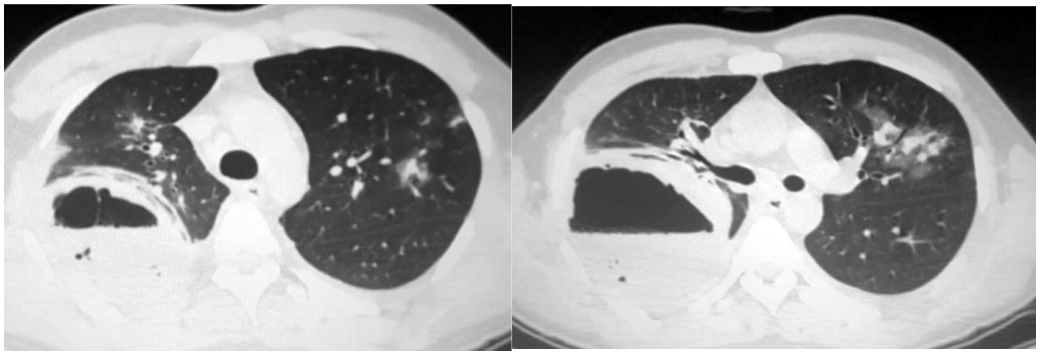


Фото 21. КТ ОГК в аксиальной проекции на 30 день – участки «матового стекла» уменьшились с двух сторон с замещением на тонкие ретикулярные изменения. Справа в нижней доле появилась

кольцевидная тень с толстыми стенками и горизонтальным уровнем за формирования абсцесса, широко прилежит к утолщенной костальной плевре.

Лучевые признаки разрешения (последствия) интерстициальной пневмонии COVID-19 через 3-6-12 месяцев:

1. Постепенное уменьшение размеров участков консолидации и «матового стекла» и замещение на фиброзные и ретикулярные изменения (фото 22).
2. Длительность существования изменений в легких может существенно превышать сроки клинических проявлений инфекции до 1-1,5года.
3. Наличие остаточных уплотнений в легочной ткани, особенно у больных с ожирением, сердечно-сосудистой патологией, сахарным диабетом с формированием фиброзных изменений по типу легочного фиброза и констриктивного бронхиолита, бронхоэктазов не влияет на длительность терапии инфекционного заболевания и не является показанием к ее продолжению в отсутствии клинических проявлений острого воспалительного процесса (фото 23).

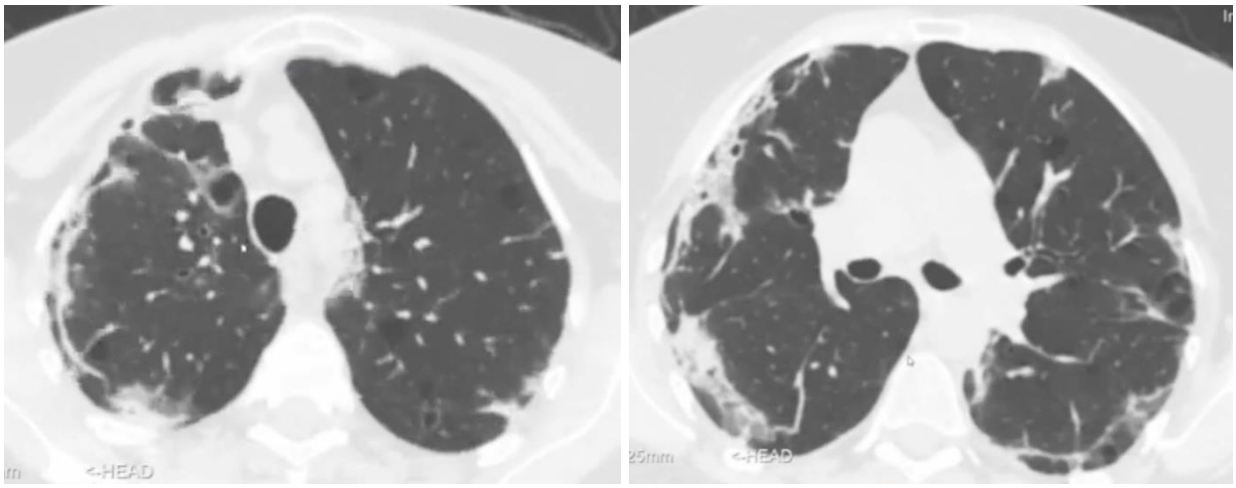


Фото 22. КТ ОГК в аксиальной проекции через 3 месяца заболевания – участки «матового стекла» рассосались с двух сторон с замещением на фиброзные и ретикулярные изменения в субплевральных отделах.



Фото 23. КТ ОГК во фронтальной и аксиальной проекции у больной 65лет с сахарным диабетом через 6 месяцев заболевания – участки «матового стекла» полностью не рассосались с двух сторон, в субплевральных отделах фиброзные и ретикулярные изменения, вторичные бронхоэктазы и умеренные застойные изменения в легких.

Программный подход проведения КТ исследования у пациентов с подозрением или верифицированной COVID-19 проводят:

1. В день госпитализации для начального обследования пациентов, обратившихся со среднетяжелыми или тяжелыми проявлениями инфекции COVID-19, с любой претестовой вероятностью инфицирования COVID-19 (при условии отсутствия у пациента на руках адекватного описания и изображений КТ органов грудной полости в DICOM на электронном носителе (ЕРИС, ЕМИАС, диск) давностью не более 3-х суток при отсутствии ухудшений клинической картины; при отсутствии возможности МО доступа к электронным носителям (ЕРИС, ЕМИАС) или технических возможностей передачи информации с электронного носителя врачу лучевой диагностики ОЛД МО). КТ-исследования таким пациентам рекомендуются независимо от результатов теста на COVID-19 или их доступности.

2. В стационарных условиях -повторно, через 2–3 дня и затем каждые 5-6 дней, при отсутствии требуемого терапевтического эффекта или в случае клинического ухудшения для оценки прогрессирования COVID-19 или осложнений и вторичной сердечно-легочной патологии, например, тромбоэмболии легочной артерии, суперинфекции в виде бактериальной пневмонии или сердечной недостаточности, которая потенциально может быть вторичной по отношению к обусловленному COVID-19 повреждению миокарда.

3. Через 7-8 дней от момента поступления при положительной динамике симптомов.

4. Перед выпиской (не ранее, чем за одни сутки до выписки) с целью дифференциальной диагностики между ожидаемыми морфологическими отклонениями от нормы – последствиями инфекции (если ранее была выявлена степень изменений легочной ткани КТ-2–4, последствиями механической вентиляции или обоих воздействий, и другими, отличными и потенциально излечимыми, процессами.

5. Выявление остаточных изменений в легких после разрешения пневмонии и благоприятном течении в амбулаторных условиях показано применение лучевых методов (КТ и рентгенографии) не раньше, чем через 1 месяц после выписки. При неблагоприятном течении кратность использования лучевых методов в реабилитационном периоде определяется совместно пульмонологом и рентгенологом. При объеме поражения КТ 1,2 в реабилитационном периоде рекомендуется через 6 месяцев, при КТ 3,4 – через 3 месяца

Протокол КТ исследования формируется по стандартным правилам, аналогичным РГ исследованию. Однако при этом используется терминология, принятая при описании данных КТ.

Для правильной трактовки полученных данных до начала описания крайне важно получение клинической информации об истории заболевания и состояния пациента лечащего врача (желательно дистанционно, без прямого контакта)

В протоколе КТ исследования должны быть указаны:

1. Дата появления симптомов болезни на день выполнения КТ (если известна).

2. Методика сканирования, использование внутривенного контрастирования.

3. Медицинские устройства и иные предметы в зоне сканирования (интубационная трубка, катетеры, дренажи, зонды, искусственные водители ритма, инородные тела и проч.), их расположение и правильность установки.

4. Наличие изменений в легких по типу «матового стекла», консолидации, симптомов «булыжной мостовой», «воздушной бронхографии», обратного «ореола».

5. Локализация изменений по долям и сегментам легких, а также преобладающее пространственное распределение (периферическое, центральное, диффузное; преимущественное заднее или переднее, верхнее или нижнее).

6. Наличие и примерный объем жидкости в плевральной полости и/или перикарде.

7. Указываются все другие находки (согласно стандартному протоколу описания КТ органов грудной клетки): находки в легочной ткани (очаги, полости, симптом «дерева в почках» и другие), состояние и ход трахеи и бронхов, состояние отдельных групп лимфоузлов, размеры и контуры магистральных сосудов и камер сердца. Состояние позвоночника и других костей в пределах зоны сканирования.

8. Обязательным является описание динамики, если имеются данные предыдущих КТ.

9. В заключении приводится вероятностная оценка связи выявленных изменений с COVID-19 согласно международным рекомендациям и примерный объем поражения легких.

Для ускорения получения наиболее важных для врачей результатов КТ органов грудной клетки и определения тактики ведения пациента, возможно применение предварительных стандартизованных экспресс-форм протоколов, а само заключение оформляться в установленные сроки.

В таблице 10 представлен стандартизованный протокол описания результатов КТ органов грудной клетки при COVID-19.

Таблица 10. Стандартизованный протокол описания результатов КТ органов грудной клетки при COVID-19

Критерий	Протокол
Цель исследования	Первичное, контрольное исследование
Объем и качество исследования	КТ органов грудной клетки или рентгенография в двух проекциях удовлетворительного качества
Локализация изменений в паренхиме легких	- множественные билатеральные участки уплотнения легочной ткани с преимущественной базальной и периферической локализацией - множественные полисегментарные преимущественно перибронхиальные участки уплотнения легочной ткани по типу» матового стекла»
Лучевые проявления: ▯ Уплотнение легочной ткани по типу матового стекла ▯ Наличие участков матового стекла с ретикулярными изменениями	 есть / нет есть / нет есть / нет

Участки консолидации легочной ткани Синдром «обратного гало» Увеличение диаметра сосудов в уплотненной легочной ткани Тракционные бронхоэктазы	есть / нет есть / нет есть / нет
Степень тяжести (оценивается по протяженности и количеству патологически измененных отделов легких)	легкая средняя тяжелая
Дополнительные признаки, признаки коморбидного заболевания	эмфизема пневмофиброз периферические/центральные новообразования бронхоэктазы
Признаки, не соответствующие поражению легких при COVID-19	-множественные участки уплотнения легочной ткани по типу «матового стекла» преимущественно центральной и парамедиастинальной локализации; -единичные солидные очаги; -полостные образования; -выпот в плевральных полостях; -лимфоаденопатия; -очаговую диссеминацию; -симптом «дерева в почках» -фиброзные изменения в легких
Оценка вовлеченности легочной ткани в патологический процесс по долям легких - проводится при наличии технической возможности (специализированного программного обеспечения) и клинической необходимости* 1 балл – <5%, 2 балла – 5–25%, 3 балла – 25–49%, 4 балла – 50–75%, 5 баллов – >75%. Формула для подсчета процента поражения легких (максимально 100%): % поражения = общий балл х 4	Левое легкое: верхняя доля - %; нижняя доля - % Правое легкое: верхняя доля - %; средняя доля - % нижняя доля - % Общий % измененной паренхимы легких - %
Заключение	-Патологические изменения органов грудной полости не определяются -КТ признаки интерстициального заболевания легких, соответствуют проявлениям вирусной пневмонии (легкая, средняя/тяжелая, тяжелая). Процент вовлечения. -КТ признаки не соответствуют вирусной пневмонии. Другое заболевание или дифференциально диагностический ряд.

*Возможно применение упрощенной схемы: последовательная оценка поражения легких по сегментам из расчета один сегмент легкого – 1 балл (S1-2 левого легкого – 2 балла). Дополнительные баллы (+1 балл) начисляются при наличии: плеврального выпота, перикардиального выпота, лимфаденопатии, зон консолидации, деструкции.

Максимальное количество баллов – 24.

При повторном исследовании в заключении необходимо отразить динамику изменений, возможные варианты:

1. Отсутствие динамики;
2. Отрицательная динамика с увеличением протяженности изменений, появлении признаков ОРДС, присоединения бактериальной инфекции;
3. Положительная динамика с уменьшением протяженности изменений;
4. Парадоксальная динамика (положительная динамика при первом контрольном исследовании, отрицательная динамика при втором повторном исследовании).

Феномен «матового стекла» в клинической практике.

Одним из базовых признаков поражения легких при COVID-19 является уплотнение по типу «матового стекла», выявление которого требует детального анализа с обязательным учетом таких факторов, как острота развития этого состояния, иммунный статус пациента, клинические и эпидемиологические данные. Особое значение в его интерпретации имеет сочетание с другими лучевыми симптомами, например, с ретикулярными изменениями, участками консолидации и т.д.

Алгоритм оценки повышения плотности легочной ткани включает в себя:

1. Оценку состояния пациента (острая или хроническая патологическая ситуация)
2. Оценку основного паттерна (консолидация, матовое стекло, сочетание паттернов)
3. Оценку распределения выявленных изменений
4. Оценку окружающих легочных структур, наличие дополнительных изменений в легких и средостении.

Матовое стекло, как феномен лучевой семиотики, является отражением незначительного повышения плотности легочной ткани при сохранении видимости стенок сосудов и бронхов. Этот паттерн отражает изменения легочного интерстиция – утолщение интерстиция межальвеолярных перегородок, с частичным заполнением альвеол патологическим субстратом.

Острота появления этого паттерна имеет ключевое диагностическое значение (табл. 11) и подлежит обязательным подходам дифференциального разбора.

Таблица 11. Дифференциальная диагностика уплотнения легочной ткани по типу «матового стекла» в зависимости от остроты развития процесса.

Острое развитие	Подострое развитие

Инфекции, в том числе вызванные COVID-19 Острый гиперсенситивный пневмонит Кровотечение Аспирация Отек легких Респираторный дистресс-синдром взрослых	Гиперсенситивный пневмонит Неспецифическая интерстициальная пневмония Десквамативная интерстициальная пневмония Лимфоидная интерстициальная пневмония Аденокарцинома Альвеолярный протеиноз Ассоциированные с курением бронхиолиты Асбестоз Васкулиты Организующаяся пневмония

Наиболее частой причиной острого появления паттерна матового стекла в паренхиме легких является вирусная инфекция, включая новую коронавирусную инфекцию, вызывающую полисегментарные изменения в легких, и зачастую осложняющуюся ОРДС.

Основными проявлениями воспалительных изменений в легких у пациентов с новой коронавирусной инфекцией являются: базальное и периферическое распределение уплотнений легочной ткани по типу «матового стекла», различной, зачастую округлой формы на раннем этапе развития заболевания, по мере развития патологического процесса выявляются участки «матового стекла» с ретикулярными изменениями (утолщенные междольковые перегородки (crazy paving – «лоскутное одеяло», «булыжная мостовая»). На фоне описанных изменений возможно формирование участков консолидации легочной ткани, синдрома «обратного Halo» (ободка) (фото 24).

а



б

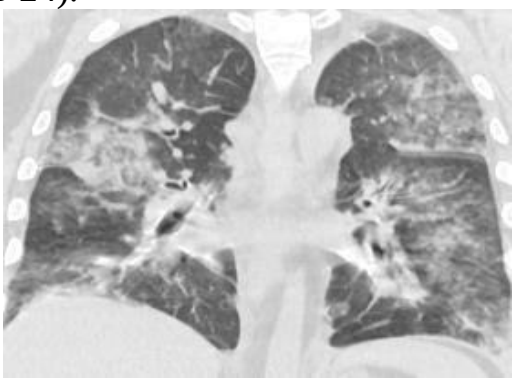


Фото 24. Пациента с верифицированной коронавирусной пневмонией, а – первичное исследование на 4 сутки – определяются субплевральные участки уплотнения легочной ткани по типу матового стекла, б – отрицательная динамика, на 10 день с момента на фоне клинического ухудшения состояния пациент определяются распространенные полисегментарные участки уплотнения легочной ткани, на фоне которых видны ретикулярные изменения и зоны консолидации

Несмотря на то что, сочетание признаков и степень их выраженности отличаются в разные сроки развития заболевания, присоединение осложнений в виде ОРДС, тромбозов и эмболий ветвей легочной артерии, вторичной бактериальной инфекции, возможно в любой период развития заболевания, что изменяет лучевую картину (фото 25). Именно эта группа пациентов находится в условиях интенсивной терапии и нуждается в регулярных КТ исследованиях.

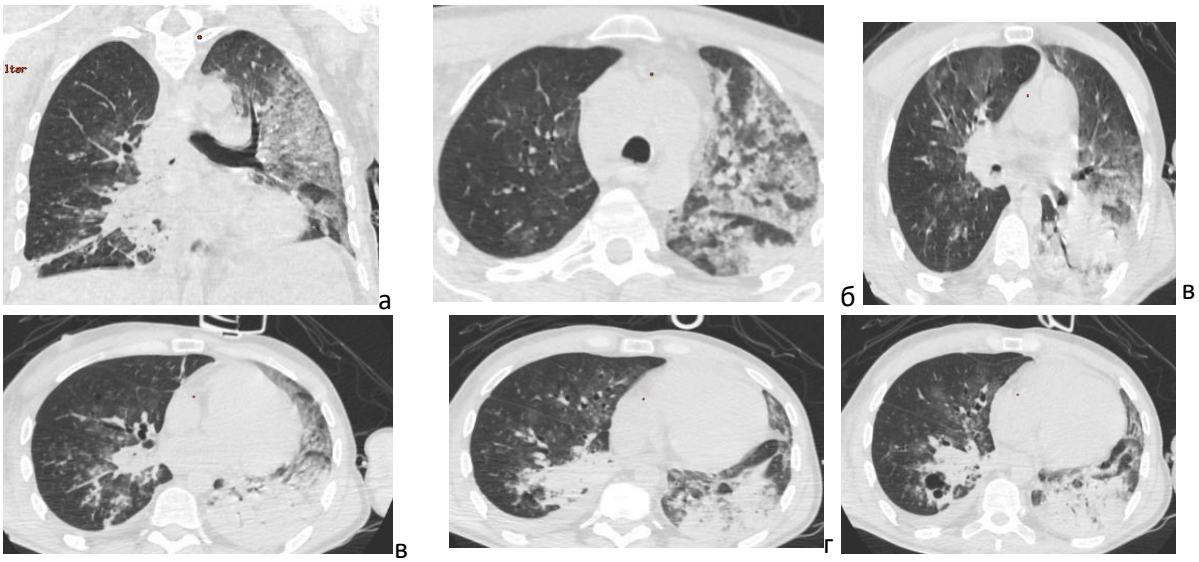


Фото 25. КТ исследование пациента с центральным раком бронха верхней доли правого легкого, COVID -19, осложнившейся бактериальной инфекцией (Escherichia coli). Билатеральные участки консолидации легочной ткани в наддиафрагмальных отделах, жидкость в правой и левой плевральных полостях - лучевые изменения, которые расцениваются как предикторы плохого прогноза для пациента

Лучевые признаки присоединения бактериальной инфекции к текущей коронавирусной пневмонии – участки консолидации легочной ткани широким основанием прилежащие к костальной плевре, при этом в отличие от организующей пневмонии, так же формирующей участки консолидации, объем пораженных долей легких не уменьшен, а может быть даже увеличен, на что указывает отклонение листков междолевой плевры (фото 25).

Говоря о вирусном повреждении легочной ткани, нельзя не упомянуть необходимость дифференциального диагноза распространенных участков уплотнения легочной ткани по типу «матового стекла» и подобными же изменениями, вызванными вирусами гриппа (Hyun Jung Koo, Soyeoun Lim, et al.,2018; Bai HX, Hsieh B, et al., 2020)

Дифференциальная диагностика этих состояний чрезвычайно сложна, и зачастую невозможна без знания клинических и лабораторных данных, что иллюстрирует следующий клинический пример (фото 26).

Клинический пример: Пациентка К., 23 года. Из анамнеза известно, что за неделю до родов отметила повышение температуры тела до 37,6°С, появление кашля с мокротой. На момент осмотра сохраняются жалобы на кашель с отхождением гнойной мокроты в умеренном количестве, слабость, субфебрилитет. При КТ определяются полисегментарные участки уплотнения легочной ткани по типу «матового стекла», участки субплевральной консолидации, на фоне которых визуализируются воздушные брохограммы. Верифицирован инфекционный процесс вызванный вирусом гриппа H1N1, с присоединившейся стрептококковой бактериальной инфекцией.

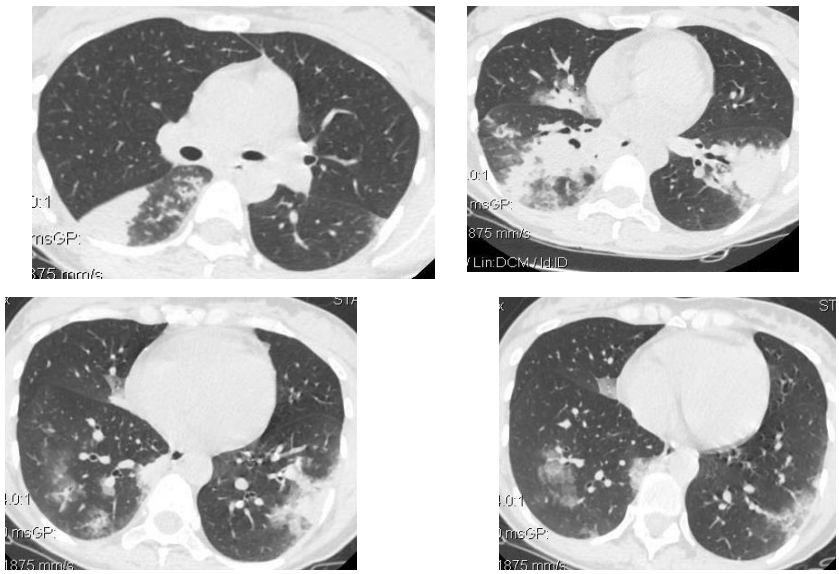


Фото 26. Пациентка К, 23 года. Переведена в ОРИТ из родильного отделения в связи с нарастанием явлений интоксикации и повышением температуры тела, после срочных родов.

В таблице 11 представлены дифференциальные критерии вирусной пневмонии и пневмонии другой этиологии (грипп, аденовирус, бактерия, микоплазма, хламидия).

Таблица 11. Дифференциальная диагностика вирусной пневмонии и пневмонии другой этиологии.

Див диагностика	**ВИРУСНЫЕ ПНЕВМОНИИ (SARS-COV-2)**	**ПНЕВМОНИЯ ИНОЙ ЭТИОЛОГИИ**	
Патогенетические факторы	SARS-CoV-2	Грипп A,B; пара грипп; цитомегаловирус; аденовирус; РСВ	Бактерии , микоплазма, хламидии
Первые симптомы	Лихорадка, сухой кашель, затруднения дыхания, дыхательная недостаточность, редко – диарея	Лихорадка, кашель, боль в горле, миалгия, озноб	Заложенность носа, ринорея, слабость
Анамнез	Посещение зон эпидемии; контакт с больным COVID-19; чаще мужчина 40-60 лет	Зимний и весенний период; чаще у детей и у взрослых в коллективе	Зимний период; чаще у детей и у взрослых в коллективе
Лабораторные исследования	Положительный ПЦР-тест; нормо-или лейкопения; лимфопения; повышение С-реактивного белка	Положительный тест на нуклеиновые кислоты для вирусов (не SARS-CoV-2); лимфоцитоз	Лейкоцитоз; повышение СОЭ; повышение С-реактивного белка
КТ ОГК	Ранняя стадия: симптом «матового стекла». Стадия прогрессирования: множественные симптомы «матового стекла», консолидация, симптом «булыжной мостовой», симптом «обратного гало». Пиковая стадия: «белое легкое». Мультифокальная, периферическая.	Интерстициальное воспаление, ретикулярные изменения. Небольшие зоны «матового стекла». Утолщение стенки бронхов. Центрилобулярные очаги. Уплотнения междолевых борозд легких. Множественные фиброзные тяжи. Лимфоаденопатия. Утолщение плевры, выпот. Признаки отека легкого, ателектазы. Одно-или	Бронхиальная пневмония, лобарная пневмония. Утолщение стенки бронхов. Центрилобулярные очаги Множественные участки консолидации,

	Преимущественно двустороннее.	двустороннее. Центральное и/или периферическое и/или перибронхиально.	обширное вовлечение паренхимы легких

Диффузное альвеолярное повреждение вирусной природы может получить дальнейшее развития в респираторный дистресс синдром - жизнеугрожающее состояние с непредсказуемым течением, способное развиться на любом этапе коронавирусной инфекции (Zompatori M., Ciccarese F., et al., 2014; Hui Li, Liang Liu et al., 2020).

В лучевой картине описаны следующие паттерны: двухсторонние участки уплотнения легочной ткани по типу «матового стекла», участки консолидации преимущественно в зависимых дорзальных отделах легких, ретикулярные изменения, при этом следует помнить, что билатеральные симметричные изменения более характерны для экстрапульмональных причин отека легких, несимметричные изменения характерны для ОРДС вызванного легочными факторами (фото 27, 28).

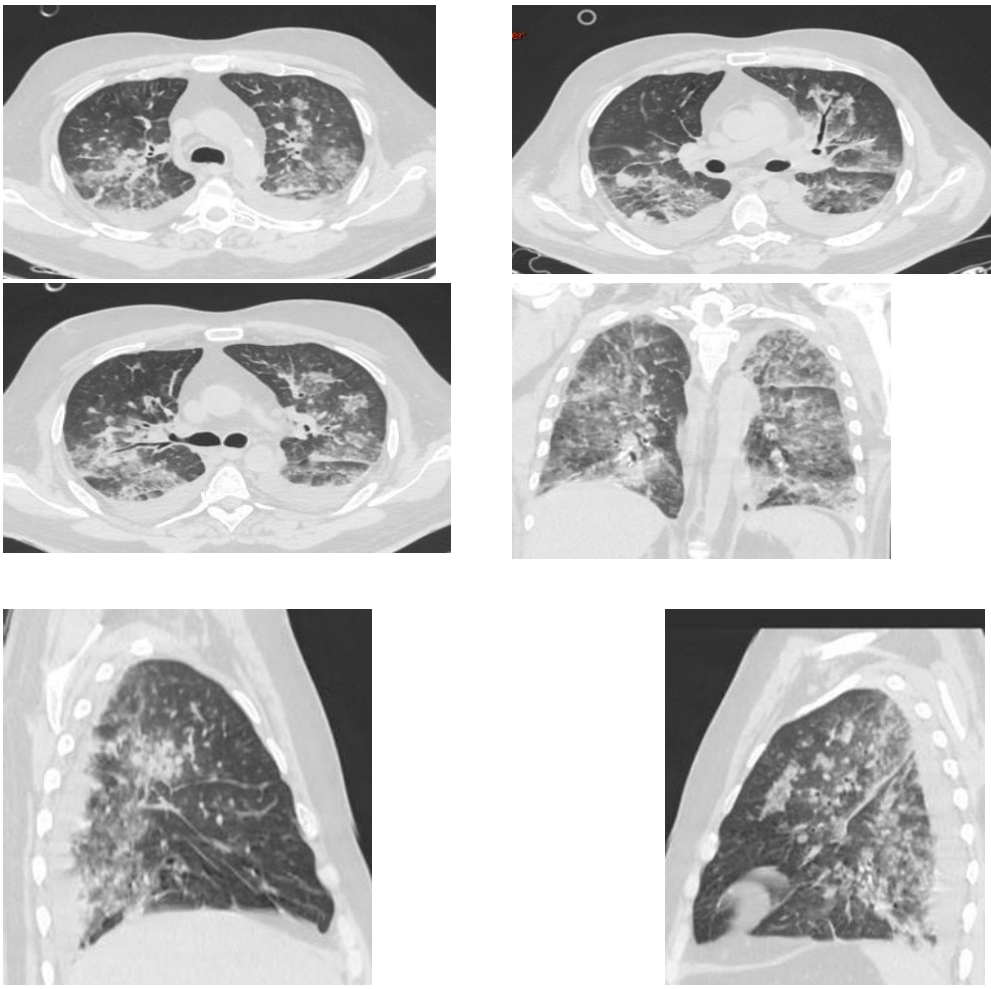


Фото 27. ОРДС, развившийся у пациента с верифицированной новой коронавирусной пневмонией (ПЦР тест COVID – 19 положителен дважды). Определяется двухсторонние участки уплотнения

легочной ткани по типу «матового стекла», участки консолидации преимущественно в дорзальных отделах обоих легких, гидроторакс.

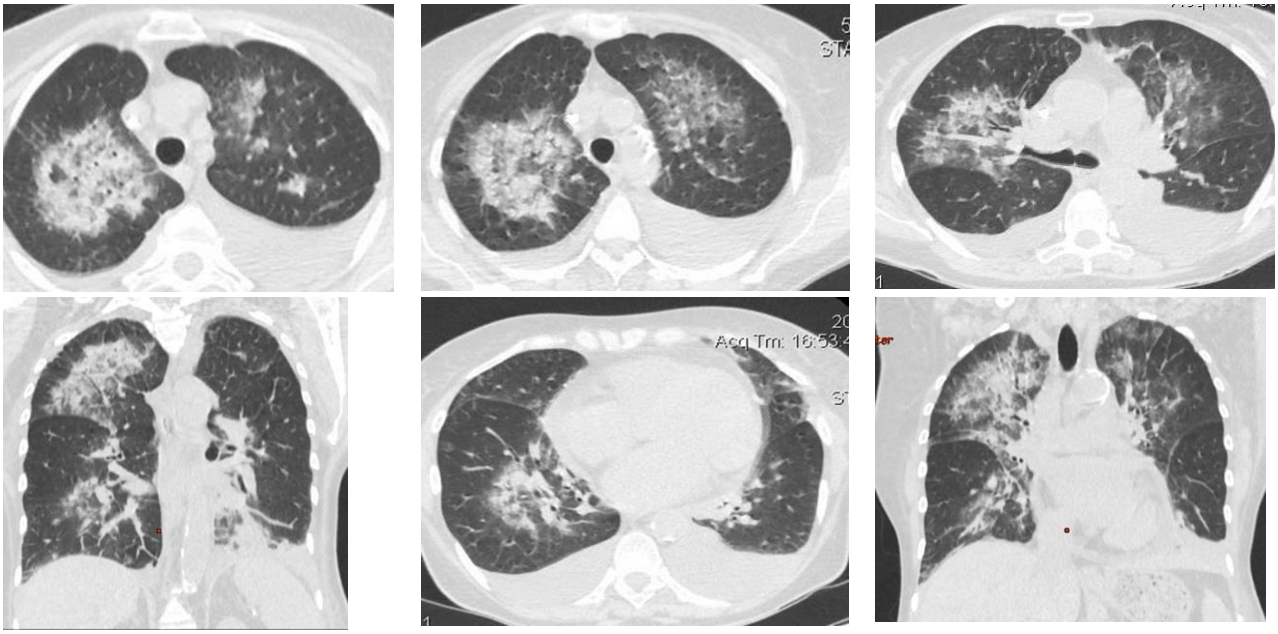


Фото 28. ОРДС, вызванный внелегочными причинами (состояние после гемотрансфузии у пациента с тяжелой хронической анемией). ПЦР тест на COVID-19 отрицательный. У пациента определяется двухсторонние симметричные, с парамедиастинальной локализацией, участки уплотнения легочной ткани по типу «матового стекла», участки консолидации преимущественно в ядерных отделах обоих легких, гидроторакс.

Описанные изменения необходимо дифференцировать с кардиогенным отеком легких, для которого более характерны билатеральные участки уплотнения легочной ткани по типу «матового стекла», участки консолидации, за счет коллабирования легочной ткани, линии Керли, выпот в плевральной полости, расширение сосудов преимущественно в нижних отделах обоих легких, расширение камер сердца (Zheng Y.Y., Ma Y.T. et al., 2020; Danzi G.B., Loffi M. et al., 2020) (фото 29).

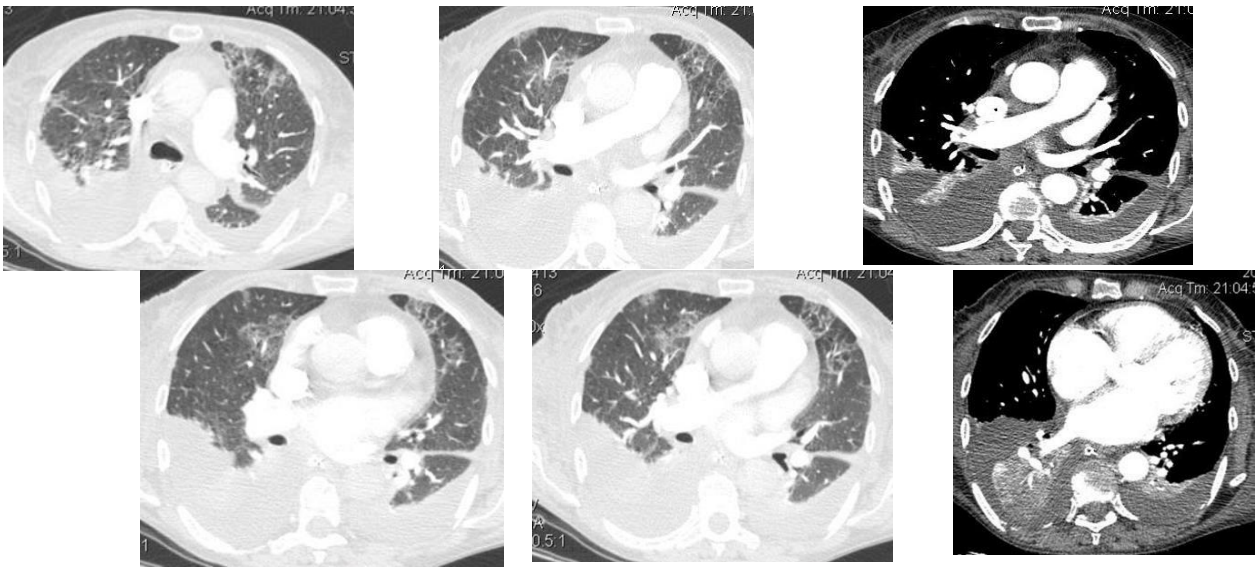
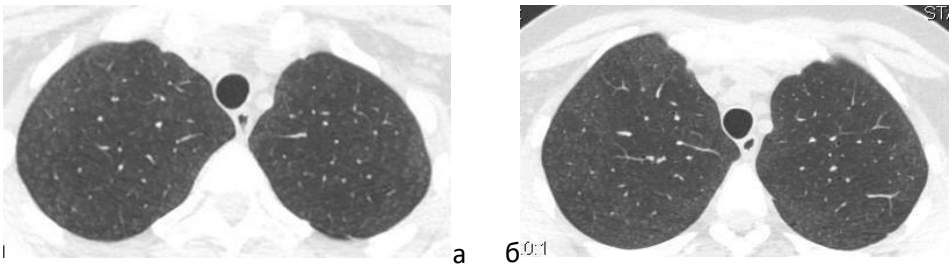


Фото 29. Кардиогенный отек легких, ПЦР тест COVID – 19 отрицателен. При компьютерной томографии определяются билатеральные симметричные участки уплотнения легочной ткани по

типу матового стекла, участки консолидации, за счет коллабирования легочной ткани, двухсторонний выпот в плевральных полостях

Рассматривая не инфекционные причины появления участков уплотнения легочной ткани по типу матового стекла у пациента, поступающего в стационар с клиникой дыхательной недостаточности, необходимо учитывать возможность развития острого гиперчувствительного пневмонита. Вызывать это заболевание могут более 200 различных факторов (животные, растительные, пылевые, лекарственные вещества вызывающие иммунное воспаление). Патоморфологически наблюдается воспаление бронхов и перибронхиально расположенной легочной ткани, зачастую с формированием гранулем.

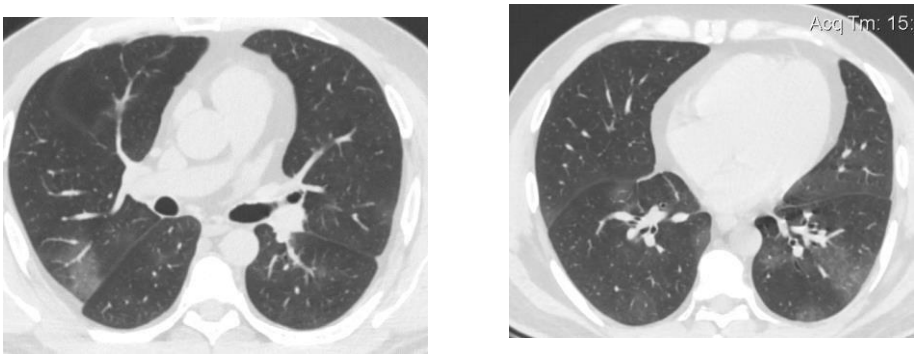
Классические признаки острого гиперчувствительного пневмонита (фото 30) – это множественные центрилобулярные очаги плотностью по типу «матового стекла» с преимущественно гомогенным распределением в верхних и средних отделах обоих легких, а также симптом «головки сыра» – сочетание воздушных ловушек, уплотненной по типу «матового стекла» легочной ткани с пятнистым распределением, и нормальной легочной паренхимы (Hirschmann J.V., et al., 2009; Torres P.P., Moreira M.A. et al., 2016).



а б

Фото 30. Классические проявления гиперчувствительного пневмонита - множественные центрилобулярные очаги плотностью по типу «матового стекла» с преимущественно гомогенным распределением в верхних и средних отделах обоих легких

При остром развитии заболевания, в особенности в сочетании с респираторной симптоматикой, отеком Квинке и проявлениями бронхиальной обструкции легочная ткань вовлекается в процесс на большом протяжении и пациенту требуется помощь в условиях интенсивной терапии (фото 31).



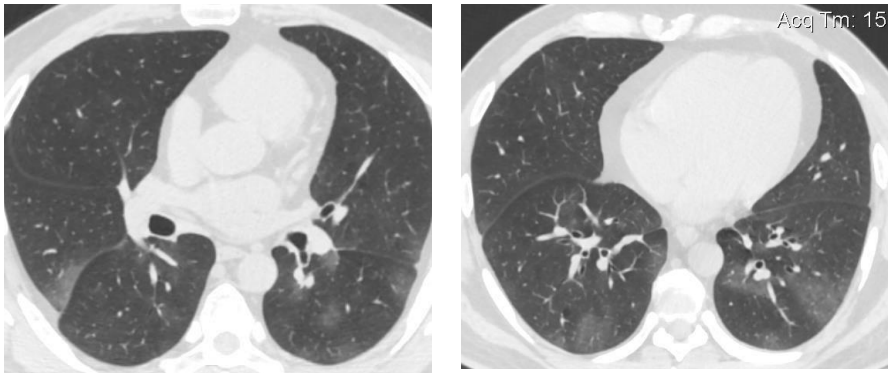


фото 31. Острый гиперсенситивный пневмонит (за 4 дня до появления одышки ребенок контактировал с кошкой).

Клинический пример: Пациент поступил с отеком лица и шеи, проявлениями ринита, конъюнктивита, одышкой, выраженным бронхоспазмом. При компьютерной томографии определяются множественные полисегментарные участки уплотнения легочной ткани по типу «матового стекла» с преимущественной базальной и субплевральной локализацией (фото 31).

При всех вариантах развития гиперсенситивного пневмонита присутствуют факторы/признаки лучевой семиотики в их различном сочетании:

1.проявления бронхиолита – заполнение просветов бронхов клетками воспаления;

2.диффузные интерстициальные инфильтраты – эозинофилы, базофилы, тучные клетки;

3. плохо очерченные не некротизирующиеся гранулемы;

4. гигантские клетки в альвеолах или в интерстиции.

Участки уплотнения легочной ткани по типу «матового стекла» в паренхиме легких, вызванные геморрагиями, имеют лучевые признаки, не позволяющие дифференцировать их от подобных изменений другой этиологии, и только анализ клинических и лабораторных данных позволит провести дифференциальный диагноз.

Рентгенологические признаки аспирационной пневмонии - участки уплотнения легочной ткани по типу матового стекла, ретикулярные изменения, возможны участки консолидации. Еще одной особенностью аспирационных пневмоний является быстрое присоединение бактериальной флоры с развитием деструкции легочной ткани. Протяженность изменений при аспирационной пневмонии может быть различной, и зачастую ее развитие определяется особенностями анатомии пациента, способствующими попаданию агрессивного субстрата в паренхиму легких.

Изменения, выявляемые при КТ, неспецифичны, и требуют интерпретации в соответствии с клинической и эпидемиологической ситуацией (Сперанская А.А. с соавт., 2016; Fengxiang Song, Nannan Sh et al., 2019; Сперанская А.А., 2020)

При проведении дифференциальной диагностики лучевых изменений обязательно учитываются сведения об эпидемиологической обстановке, типичные клинические симптомы (интоксикация, сухой кашель, одышка, потеря обоняния), данные лабораторного обследования (лейкопения, лимфопения, результат ПЦР).

Особенности базовых принципов дифференциальной диагностики поражения легких при вирусных пневмониях у взрослых и детей представлены в таблицах (табл. 12-13).

Алгоритм принятия диагностического решения в условиях эпидемии COVID-19.

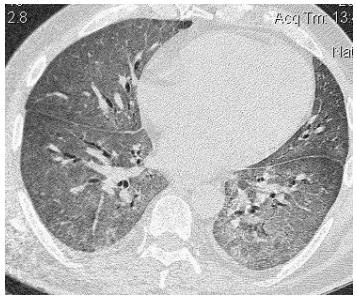
Эпидемия COVID-19 спровоцировала кризис здравоохранения во многих странах, оказавшихся не готовыми к наплыву такого количества больных, в том числе тяжелых и находящихся в критическом состоянии. В условиях дефицита ресурсов, принципы сортировки пациентов, нуждающихся в различных категориях оказания медицинской помощи, играют важнейшую роль.

Лучевые технологии, особенно КТ, оказались среди критических ресурсов, наряду с наличием оборудованных больничных койко-мест, аппаратов искусственной вентиляции легких, средств индивидуальной защиты, а также подготовленных медицинских работников.

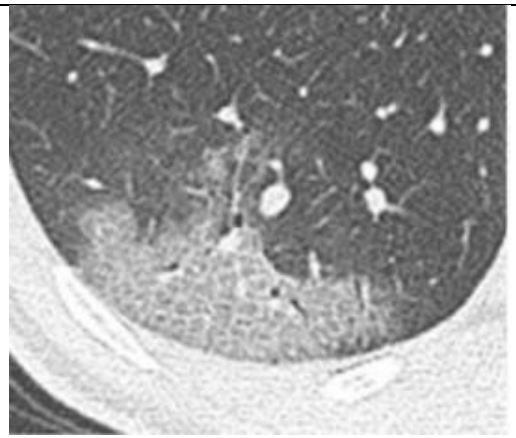
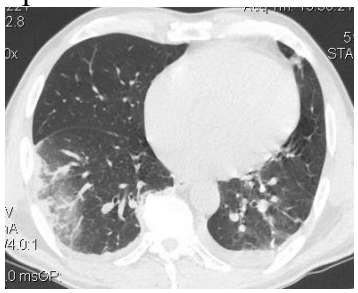
Несмотря на то, что рентгенография и КТ органов грудной клетки являются ключевыми инструментами в диагностике и лечении заболеваний легких, их роль в ведении пациентов с вирусными пневмониями и COVID-19 впервые была рассмотрена в мультипараметрическом контексте в рекомендациях Флейшнеровского общества (2020).

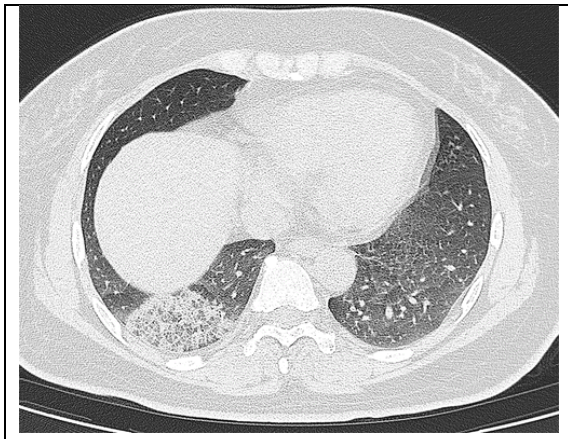
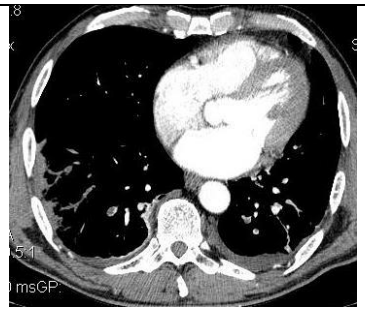
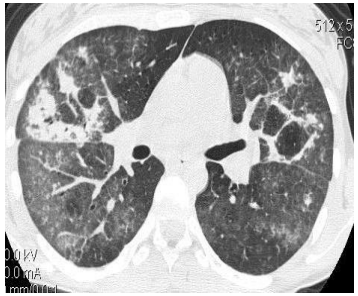
Таблица 12 Базовые принципы дифференциальной диагностики поражения легких при вирусных пневмониях у взрослых

Лучевой симптом COVID -19 и его развитие	**С чем дифференцировать**	**Нужно ли дифференциро-вать, лучевые отличия**	**Лучевая тактика**	**Исход дифференцируемого процесса**
Ранняя стадия (0-4 дня после появления начальных симптомов)	**Дифференциальный диагноз**			
Интерстициальная инфильтрация отдельных вторичных легочных долек (симптом «сухого листа») – частичное заполнение альвеол и отек внутридолькового интерстиция  При благоприятном течении: регрессирует При неблагоприятном течении: -нарастает протяженность поля «матового стекла», -появление в пораженных отделах участков ретикуляции, альвеолярной инфильтрации, -проявления РДС («ватное легкое)	С другими вирусными пневмониями гриппа А, H1N1, H3N2, В, парагриппа 	Дифференцировать нет необходимости: механизмы одинаковые, КТ-картина однотипна, лечение схожее	КТ-контроль каждые 4 дня КТ-контроль через 6 месяцев после выздоровления (для оценки формирования фиброзных изменений)	Фиброзирование отдельных вторичных легочных долек, прогрессирующий легочный фиброз.

Прогрессирующая стадия (5-8 день)	**Дифференциальный диагноз**			
Поля интерстициальной инфильтрации – значительная протяженность процесса, сохраняется поражение отдельных вторичных легочных долек 	С пневмоцистной пневмонией (иммунодефицит, уровень CD4 менее 250кл) 	Требуется дифференциальная диагностика: лечение разное. Отличия: -распространенные однотипные интерстициальные изменения как в ядерных, так и в субплевральных отделах, - нет поражения отдельных вторичных легочных долек	КТ-контроль после проведения терапии пневмоцистной пневмонии.	Формирование воздухосодержащих кист (пневматоцеле)
	С обострением ИЛФ: - фиброзные изменения характерные для обычной интерстициальной пневмонии (ОИП) – «сотовое легкое», - тракционные бронхо- и бронхиолоэктазы,	Данные лучевого архива (наличие проявлений ИЛФ ранее)	КТ-контроль после проведения ГКС терапии.	Регресс альвеолярно-интерстициальных изменений, сохранение (часто

	средостенный и эпиплевральный липоматоз) - внесегметарная инфильтрация интерстициального и интерстициально-альвеолярного характера – проявления острой интерстициальной пневмонии (ОсИП) и криптогенной организующейся пневмонии (КОП).			нарастание) признаков ИЛФ
Локальные ретикулярные изменения (симптом «булыжной мостовой») – большая степень заполнения альвеол, отек как внутридолькового, так и междолькового интерстиция.	С геморрагическим пропитыванием при гемосидерозе и диффузных болезнях соединительной ткани (ДБСТ, чаще всего СКВ). Изменения локализуются как в ядерных, так и в субплевральных отделах, могут регрессировать самостоятельно. Клинически проявляются кровохарканьем.	Требуется дифференциальная диагностика: лечение разное. Могут сочетаться.	КТ-контроль после проведения ГКС терапии.	Фиброзирование участков геморрагического пропитывания.

 При нарастании отека может переходить в симптом «обратного Гало»				
Симптом «обратного Гало» - проявления организующейся пневмонии: внутри - частичное заполнение альвеол, утолщение стенок ацинусов, по периферии – инфильтрация междолькового интерстиция.	При локализации в субплевральных отделах – с инфаркт-пневмонией при ТЭЛА 	Требуется дифференциальная диагностика: лечение разное. Могут сочетаться (до 50%). Для ТЭЛА характерен незначительный плевральный выпот, субплевральное расположение изменений,	КТ-ангиография– выявление тромботических масс в ветвях легочной артерии, отсутствие контрастирования инфаркта легкого.	Появление полостей (30%), фиброзирование линейного типа, формирование легочной гипертензии (расширение ствола и крупных ветвей легочной артерии, уменьшение диаметра периферических ветвей), мозаичность

	 При локализации в ядерных отделах – с легочными проявлениями васкулита. 	перифокальный отек легочной ткани, наличие тромботических масс в ветвях легочной артерии. Требуется дифференциальная диагностика: лечение разное. Очень разнообразная лучевая картина. Локализация изменений как в ядерных, так и в субплевральных отделах, сочетается с интерстициальными изменениями по типу «матового стекла» и разнообразного характера альвеолярными	КТ-контроль после проведения ГКС терапии.	легочного рисунка за счет перфузионных нарушений. При прогрессировании – развитие РДС, появление полостей. При регрессе – сохранение выраженной неравномерности вентиляции и перфузии легочной ткани.

		инфильтратами в легких		
Пиковая стадия (9-13 день)	**Дифференциальный диагноз**			
Альвеолярно-интерстициальная инфильтрация отдельных вторичных легочных долек и более крупных участков (присоединение бактериальной флоры, септического поражения). 	С септическим поражением 	Коморбидное поражение, нуждается в дополнительном лечении. Часто сочетается с ТЭЛА (поликоморбидность)	КТ-ангиография в режиме «всего тела» - могут быть другие септические очаги отсева и ТЭЛА	Формирование полостей, развитие РДС. В исходе – формирование констриктивного бронхиолита прогрессирующего легочного фиброза.

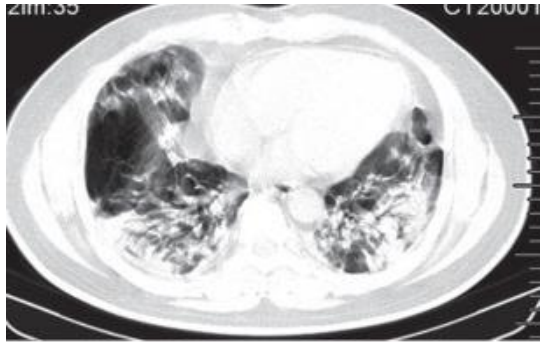
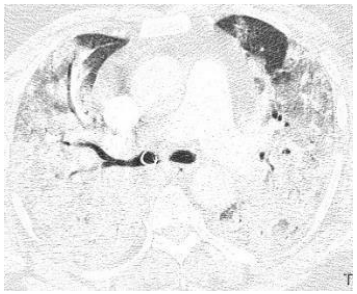
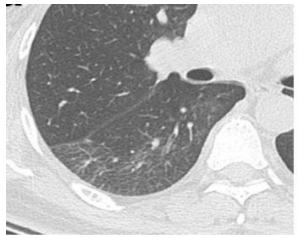
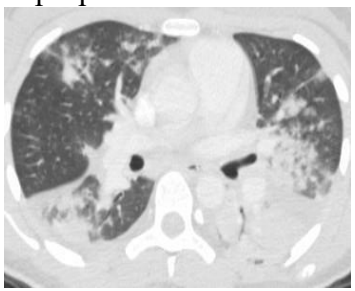
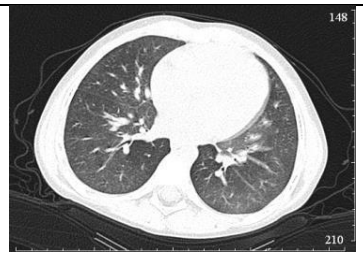
Проявления ОРДС – картина «ватного легкого», «снежной бури» - внесегментарные участки интерстициально-альвеолярной инфильтрации легочной ткани, локализующиеся как в ядерных, так и в субплевральных отделах. Может быть перикардиальный и плевральный выпот. 	КТ-картина сходная с проявлениями ОРДС другой этиологии 	Коморбидное поражение, нуждается в дополнительном лечении. Часто сочетается с ТЭЛА (поликоморбид-ность)	КТ-ангиография в режиме «всего тела» - могут быть другие очаги отсева и ТЭЛА	В исходе – формирование констриктивного бронхиолита прогрессирующе-го легочного фиброза.
Стадия разрешения (≥14 дней)	**Дифференциальный диагноз**			
Длительное сохранение участков «матового стекла 	С неспецифической интерстициальной пневмонией (НсИП): стойкая КТ-картина «матового стекла», формирование тракционных бронхиолоэктазов	Требуется дифференциальная диагностика: лечение разное.	КТ-контроль через 6 месяцев	Прогрессировани е с формированием КТ-картины обычной интерстициальной пневмонии (ОИП).

Таблица 13. Базовые принципы дифференциальной диагностики поражения легких при вирусных пневмониях у детей

Лучевой симптом COVID -19 и его развитие	**С чем дифференцировать**	**Нужно ли дифференцировать, лучевые отличия**	**Лучевая тактика**	**Исход дифференцируемого процесса**
Дети раннего возраста	**Дифференциальный диагноз**			
Интерстициальная инфильтрация отдельных вторичных легочных долек — частичное заполнение альвеол и отек внутридолькового интерстиция  При благоприятном течении: регрессирует При неблагоприятном течении: - нарастает протяженность, - появление альвеолярной инфильтрации - РДС	С другими вирусными пневмониями гриппа А (H1N1, H3N2), В, парагриппа  С интерстициальными заболеваниями: нейроэндокринная гиперплазия клеток младенцев, дефицит белков сурфактанта	Дифференцировать нет необходимости: механизмы одинаковые, КТ-картина однотипна, лечение схожее Требуется дифференциальная диагностика: лечение разное. Отличия: - может быть типичная/атипичная локализация, - как правило, поражение более	КТ-контроль по клинике КТ-контроль через 6 месяцев после выздоровления (для оценки формирования фиброзных изменений) КТ-контроль с учетом дообследования (молекулярно-генетическое тестирование)	Фиброзирование отдельных вторичных легочных долек, нарушение легочной архитектоники у младенцев Разноплановый: - регресс интерстициальных изменений, - формирование воздухосодержащих кист (пневматоцеле)

		центральных зон, - может быть раннее формирование кист		
Поля интерстициальной инфильтрации — нарастает протяженность процесса 	С другими полисегментарными пневмониями (ко-инфекция)	Лабораторная диагностика ко-инфекции, КТ-картина однотипна, лечение схожее	КТ-контроль по клинике	Полный регресс Редко – фиброзирование отдельных вторичных легочных долек, нарушение легочной архитектоники у младенцев
Локальные ретикулярные изменения – утолщенные междольковые перегородки; участки консолидации вытянутой формы	Бронхолегочная дисплазия, респираторный дистресс-синдром (в анамнезе)	Требуется дифференциальная диагностика: лечение разное. Отличия: - уменьшение объема - плевропульмональные тяжи	КТ-контроль через 6 мес. Данные лучевого архива (наличие проявлений БЛД ранее)	Фиброзирование отдельных вторичных легочных долек, формирование пневматоцеле, нарушение легочной архитектоники

		- нарушение легочной архитектоники		

Значимость полезности визуализирующих методов исследования представлена в рамках возможных сценариев, подразумевающих различные факторы риска, общественные условия и ограничения ресурсов с учетом переменных в виде тяжести заболевания органов дыхания, вероятности COVID-19, факторов риска прогрессирования заболевания, а также ограниченности критических ресурсов. Результаты были обобщены в трех сценариях и трех дополнительных клинических ситуациях, исходя из ожидаемой значимости информации, которую, как предполагается, могут обеспечить лучевые технологии.

Основные рекомендации:

- Визуализирующие методы обычно не показаны в качестве скрининговых исследований на COVID-19 у лиц без симптомов заболевания;
- Визуализирующие методы исследования не показаны у пациентов с легкими проявлениями COVID-19, кроме случаев с риском прогрессирования заболевания (Сценарий 1/рис.1);
- Визуализирующие методы исследования показаны пациентам со среднетяжелыми или тяжелыми проявлениями COVID-19 независимо от результатов теста на COVID-19 (Сценарии 2 и 3, рис.2-3);
- Визуализирующие методы исследования показаны пациентам с COVID-19 и с признаками ухудшения функции дыхания (Сценарии 1, 2 и 3);
- В условиях ограничения ресурсов, в которых ограничена доступность КТ, выполнение рентгенографии ОГК может быть предпочтительным для пациентов с COVID19, если только признаки ухудшения функции дыхания не требуют проведения КТ (Сценарии 2 и 3).

Дополнительные рекомендации:

- Проведение ежедневной рентгенографии органов грудной клетки не показано у стабильных интубированных пациентов с COVID-19
- Выполнение КТ показано у пациентов, у которых после разрешения COVID-19 имеются функциональные нарушения и/или гипоксемия
- Тестирование на COVID-19 показано у пациентов, у которых случайным образом при КТ обнаружены типичные признаки COVID-19

Клинические сценарии проявления заболевания.

Первый из трех клинических сценариев, под легкими проявлениями понимают отсутствие существенных нарушений функции легких или их повреждения. Претестовая вероятность основана на фоновой распространенности заболевания и может дополнительно изменяться в зависимости от индивидуального риска воздействия вируса. Отсутствие ограничений ресурсов соответствует достаточной доступности персонала, средств индивидуальной защиты, тестов на COVID-19, больничных койко-мест, и/или аппаратов искусственной вентиляции легких с необходимостью быстрой сортировки пациентов.

Как следует из этого сценария у пациентов с легкими проявлениями COVID-19 лучевые методы исследования не играют никакой роли.

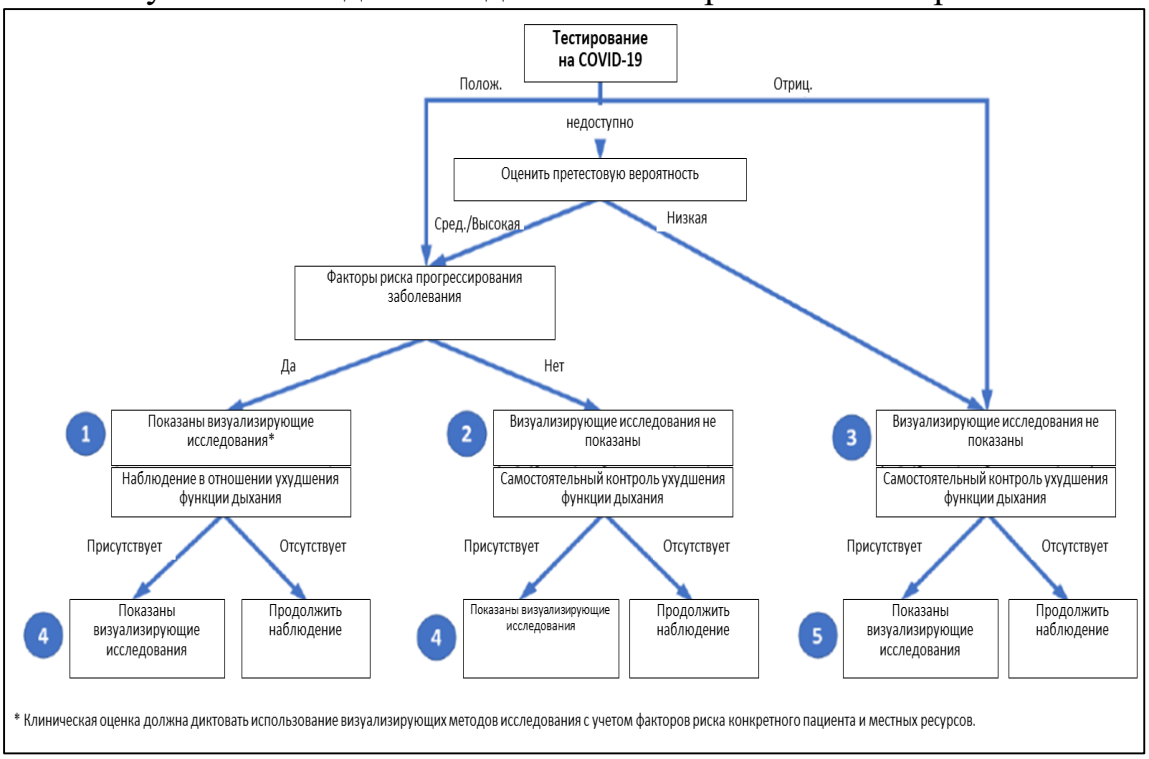


Рис. 1. Сценарий 1. Легкие проявления, соответствующие COVID-19; любая претестовая вероятность инфекции COVID-19; отсутствуют значимые ограничения ресурсов.

Второй клинический сценарий посвящен среднетяжелым и тяжелым вариантам течения заболевания при отсутствии ограничений ресурсов. При таком развитии событий роль КТ резко возрастает, как при позитивных, так и при негативных результатах тестирования. Эксперты особое внимание обращают на возможность появления альтернативного диагноза.

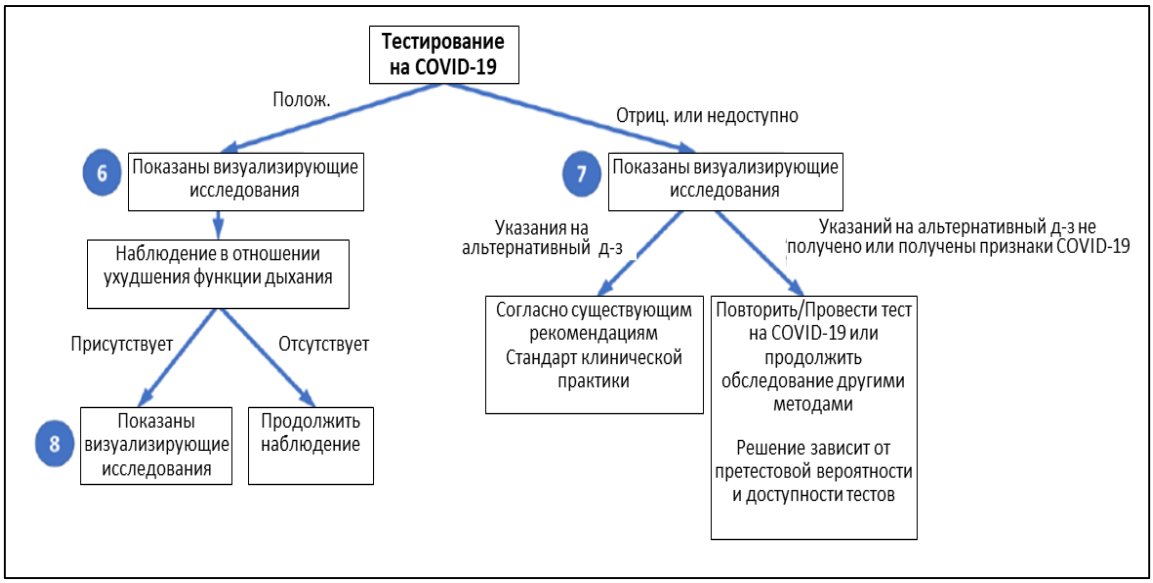


Рис. 2. Сценарий 2. Среднетяжелые или тяжелые проявления, соответствующие COVID-19; любая претестовая вероятность инфекции COVID-19; отсутствуют значимые ограничения ресурсов.

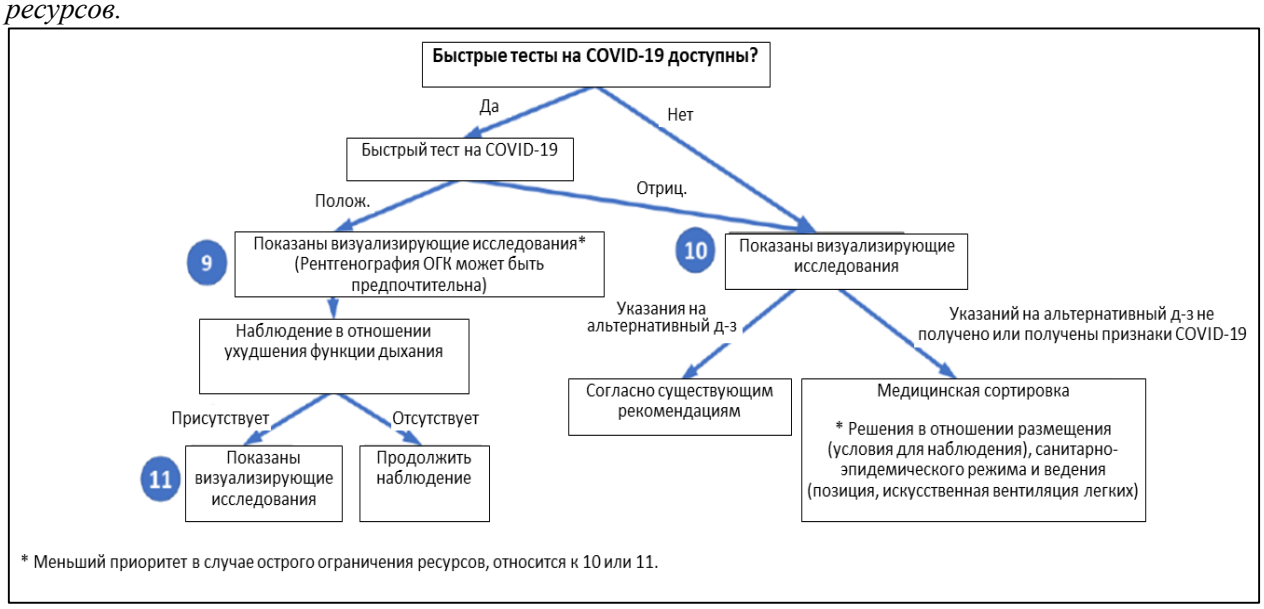


Рис. 3. Сценарий 3. Среднетяжелые или тяжелые проявления, соответствующие COVID-19; Высокая претестовая вероятность инфекции COVID-19; Ограниченные ресурсы (Необходимость экстренной сортировки пациентов вследствие нехватки ресурсов – койко-мест, аппаратов искусственной вентиляции легких, медицинского персонала, СИЗ, тестов на COVID-19).

Представлены критерии маршрутизации пациента с COVID-19, исходя из тяжести состояния по совокупности клинических и лучевых данных (табл. 14).

Таблица 14. Критерии маршрутизации пациента с COVID-19

Тяжесть заболевания по результатам лучевых исследований	Клинические признаки	Решение
КТ-0, РГ-0	–	Информирование лечащего врача. Направление к врачу-специалисту
КТ-1, РГ-1	A. t^0 ниже 38,0^{0}C B. ЧДД менее 20/мин C. SpO_2 более 95%	Динамическое наблюдение на дому с применением телемедицинских технологий (обязательный телемониторинг)
КТ-2, РГ-2	A. t^0 ниже 38,5^{0}C B. ЧДД 20–30/мин C. SpO_2 95%	Динамическое наблюдение на дому врачом медицинской организации первичного уровня
	Один и более признаков на фоне лихорадки: A. t^0 выше 38,5^{0}C B. ЧДД ≥30/мин C. SpO_2≤95% D. Артериальное парциальное давление	Немедленная госпитализация в стационар, профилированный для оказания помощи пациентам с COVID-19. В условиях стационара: немедленный перевод в отделение интенсивной терапии и реанимации. Экстренная компьютерная томография (если не было)

	кислорода (PaO_2)/ концентрация кислорода (FiO_2) ≤300 mmHg (1 mmHg=0,133 kPa)	
КТ-3, РГ-3	2 и более признака на фоне лихорадки: A. t^0 выше 38,5^{0}C B. ЧДД ≥30/мин C. SpO_2≤93% D. Артериальное парциальное давление кислорода (PaO_2) / концентрация кислорода (FiO_2) ≤300 mmHg (1 mmHg=0,133 kPa)	Немедленная госпитализация в стационар, профилированный для оказания помощи пациентам с COVID-19. В условиях стационара: немедленный перевод в отделение интенсивной терапии и реанимации. Экстренная компьютерная томография (если не было)
КТ-4, РГ-4	Признаки шока, полиорганной недостаточности, дыхательная недостаточность	Оказание экстренной медицинской помощи. Немедленная госпитализация в стационар, профилированный для оказания помощи пациентам с COVID-19. В условиях стационара: немедленный перевод в отделение интенсивной терапии и реанимации. Экстренная компьютерная томография (если не было и позволяет состояние)
Критерии регресса патологических изменений: -уменьшение зон «матового стекла», допустимы новые зоны «матового стекла» не более 25% поперечного размера гемиторакса; - уменьшение в объеме видимых ранее зон консолидации;	A. Исчезновение лихорадки (температура тела менее 37,0^0) B. Отсутствие признаков нарастания дыхательной недостаточности при сатурации на воздухе более 96% C. Уменьшение уровня С-реактивного белка до уровня менее 2-х норм, уровень лейкоцитов выше 3,0 x 10^9/л	Выписка из стационара на амбулаторное лечение, при необходимости – динамическое наблюдение на дому с применением телемедицинских технологий (телемониторинг)

-резидуальные уплотнения паренхимы вариабельные по протяженности и локализации; -отсутствие плеврального выпота, ассоциированного с COVID-19		

Маршрутизация должна осуществлять в соответствии с действующими нормативно-правовым документами и Приказами Министерства Здравоохранения.

Конкретные решения могут уточняться в зависимости от медико-тактической ситуации.

ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ ОТДЕЛЕНИЯ ЛУЧЕВОЙ ДИАГНОСТИКИ

В условиях пандемии COVID-19 основными *задачами службы лучевой диагностики* являются:

- Снижение летальности и улучшение исходов лечения путем качественной, своевременной и бесперебойной диагностики и контроля эффективности терапии.
- Недопущение распространения инфекции.
- Обеспечение готовности к работе высокой интенсивности, в условиях возрастающей нагрузки, на фоне потерь среди медицинского персонала.
- Проведение ранней диагностики пневмоний, вызванных COVID-19, до развития состояний, требующих применения искусственной вентиляции легких.

Особое внимание необходимо уделять вопросам обеспечения и полномасштабной, ответственной реализации санитарно-гигиенических и противоэпидемических мероприятий, соблюдению мер инфекционного контроля в отделениях лучевой диагностики (ОЛД). Руководитель ОЛД обязан тесно взаимодействовать с администрацией медицинской организации, обеспечивая единую системную деятельность по противодействию COVID-19.

В целях профилактики возникновения и распространения инфекций в каждой медицинской организации разрабатывается план профилактических и противоэпидемических мероприятий, который утверждается руководителем учреждения. Профилактические мероприятия проводятся исходя из положения, что каждый пациент расценивается как потенциальный источник инфекций.

Управление. В отделении лучевой диагностики рекомендуется создать группу оперативного управления под руководством заведующего этим

отделением. В обязанности группы должно входить следующее: координация мероприятий в рамках инфекционного контроля, взаимодействие с администрацией медицинской организации, сбор и распространение среди сотрудников текущей информации об инфекционном контроле (в том числе через интернет-мессенджеры), разработка плана действий в чрезвычайных ситуациях, планирование и реализация организационно-административных мероприятий по обеспечению бесперебойного функционирования отделения.

Зонирование. Обязательная мера – *разделение потоков* пациентов и *зонирование* ОЛД. Должны быть физически разделены два потока пациентов:

- вновь поступающие (т.н. «новые»),
- находящиеся на лечении (т.н. «внутрибольничные»).

Отделение лучевой диагностики должно может быть разделено на следующие зоны:

- грязную,
- условно-чистую (в условиях стационаров), – буферную, – чистую.

В грязную зону входит аппаратная, кабинеты для исследований пациентов с подозрением или наличием COVID-19, вновь поступающих лиц из приемного отделения. Эта зона изолируется физическими барьерами и шлюзом для перехода в буферную и чистую зоны.

В условно-чистой зоне расположены кабинеты для исследований пациентов, находящихся на стационарном лечении по поводу иных заболеваний. Таких больных рассматривают как «условно-стерильных». В этой зоне может находиться зона ожидания (коридор) с обеспечением расстояния между пациентами не менее 1,5 метров, туалет для пациентов.

В буферную зону выносят гардеробную для медицинского персонала. Предусматривают ее разделение на секции:

- для загрязненной одежды,
- для дезинфекции,
- для чистой одежды.

В чистой зоне размещаются пультовая, рабочие кабинеты, административный офис, иные помещения (комната отдыха, архив, туалет для персонала).

Производственный процесс. Производственный процесс выполнения исследований в отделениях лучевой диагностики должен быть реструктуризирован в контексте рисков коронавирусной инфекции COVID-19. Пример процесса, осуществляемого на фоне противоэпидемических и карантинных мероприятий, может быть представлен в Приложении Д.

Расчет потребности. Примерный расчет потребности в количестве исследований для стационарной медицинской организации, оказывающей помощь пациентам с COVID-19 (ковид-стационар).

На 250–300 коек ковид-стационара потребность в аппаратах составляет:

- 1 компьютерный томограф – 49 исследований в день;
- 1 стационарный рентген-аппарат – 44–66 исследований в день дополнительно к КТ для плановой проверки каждого пациента 1 раз каждые 3 дня;

- 6–10 передвижных рентген-аппаратов – для ОРИТ; количество аппаратов будет варьироваться от количества отделений и их расположения.

Рекомендации по организации работы отделений лучевой диагностики в условиях пандемии COVID-19:

Рекомендации по организации работы отделений лучевой диагностики в условиях пандемии COVID-19:

1. Обеспечить медицинский персонал кабинетов/отделений лучевой и ультразвуковой диагностики (далее – диагностические подразделения) средствами индивидуальной защиты (маски, перчатки, халаты, очки, шапочки, бахилы и т. д.) – СИЗ III группы защиты (Технические СИЗ).

2. Выделить младшего медицинского работника (санитара) и увеличить интервалы времени между проводимыми исследованиями для обеспечения санитарной обработки диагностических аппаратов и кабинетов.

3. Выделить дополнительное количество медицинских сестер для оказания содействия в работе рентген лаборантам.

4. Разделить рабочие смены диагностических подразделений для обеспечения бесперебойности работы и исключения очных контактов групп сотрудников. Передача смен должна проводиться дистанционно, в том числе с применением цифровых технологий. Сотрудники одной смены не должны выходить на замену в другую смену. Возможные такие варианты, как:

- врачи и рентген лаборанты выходят в 2-е смены, по 6 часов каждая;
- 1-ю неделю работает первая смена по 12 часов каждый день, следующую неделю – вторая, при этом допускается работа через день по 12 часов.

5. Рекомендовано вывести на работу для кабинетов компьютерной томографии двух сотрудников: рентген лаборанта и помощника. Рентген лаборант проводит исследования в пультовой; непосредственно с пациентами не контактирует. Помощник – проводит позиционирование пациента на оборудовании, работает в процедурной комнате; контактирует с пациентами непосредственно. В качестве помощников целесообразно задействовать медицинских сестер или рентген лаборантов, высвобожденных за счет сокращения профилактических исследований.

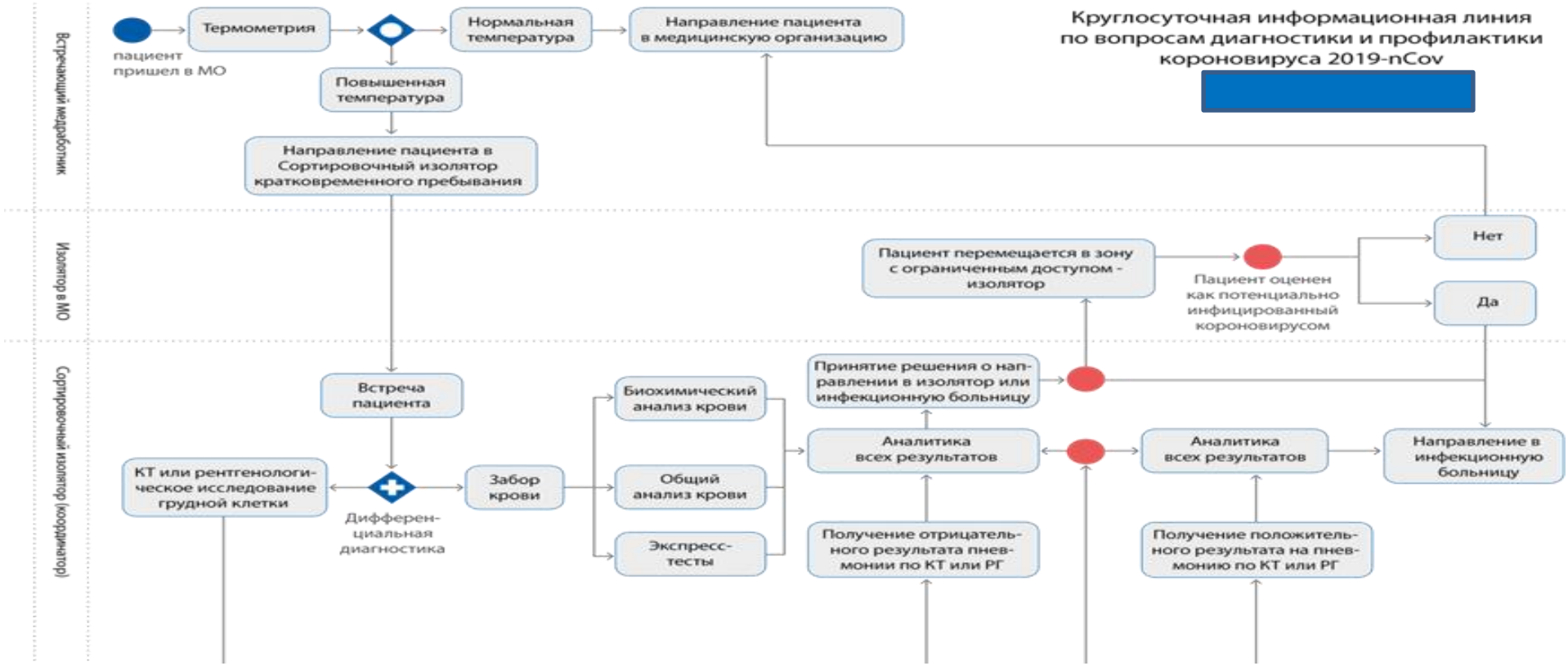
6. Требуется дополнительное повышение квалификации персонала – обучение врачей самостоятельному проведению исследований и описанию результатов рентгенографии и компьютерной томографии органов грудной клетки.

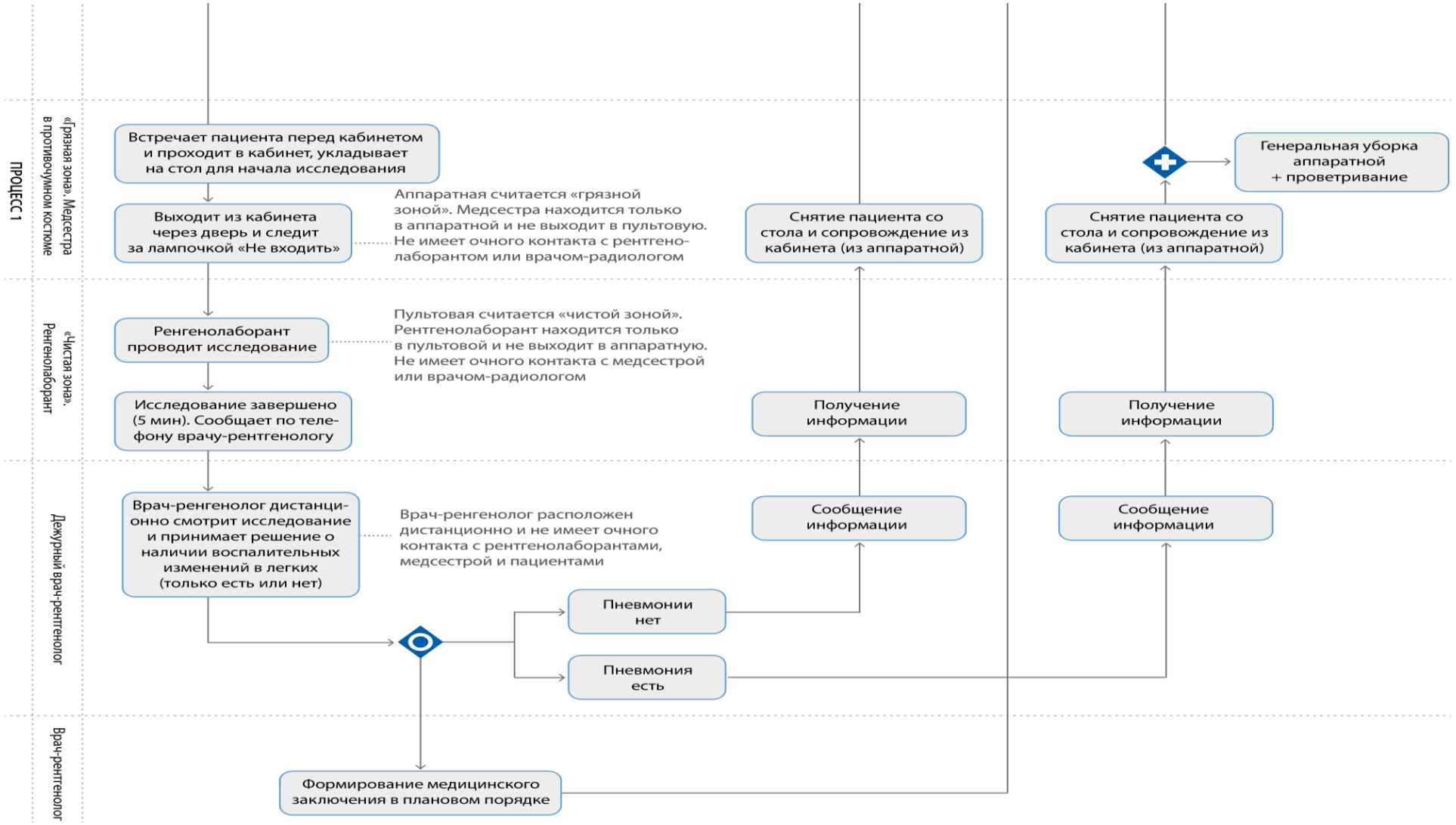
7. Личное участие врачей в проведении исследования допустимо только при проведении контрастного усиления.

8. Выделить общую ординаторскую для врачей-рентгенологов с установленными рабочими станциями и подключением к ЕРИС ЕМИАС (М(Р)ИС, ЦАМИ) для обеспечения дистанционной работы и исключения контактов врачей-рентгенологов с пациентами и лаборантами, которые контактируют с потенциально инфицированными пациентами.

Приложение 1

ПРИМЕР ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССА В ОТДЕЛЕНИИ ЛУЧЕВОЙ ДИАГНОСТИКИ В УСЛОВИЯХ КОРОНАВИРУСНОЙ ИНФЕКЦИИ COVID-19




ПРОЦЕСС 1
«Грязная зона». Медсестра в противочумном костюме
«Чистая зона». Рентгенолаборант
Дежурный врач-рентгенолог
Врач-рентгенолог
Встречает пациента перед кабинетом и проходит в кабинет, укладывает на стол для начала исследования
Выходит из кабинета через дверь и следит за лампочкой «Не входить»
Аппаратная считается «грязной зоной». Медсестра находится только в аппаратной и не выходит в пультовую. Не имеет очного контакта с рентгено-лаборантом или врачом-радиологом
Ренгенолаборант проводит исследование
Пультовая считается «чистой зоной». Рентгенолаборант находится только в пультовой и не выходит в аппаратную. Не имеет очного контакта с медсестрой или врачом-радиологом
Исследование завершено (5 мин). Сообщает по телефону врачу-рентгенологу
Врач-ренгенолог дистанционно смотрит исследование и принимает решение о наличии воспалительных изменений в легких (только есть или нет)
Врач-ренгенолог расположен дистанционно и не имеет очного контакта с рентгенолаборантами, медсестрой и пациентами
Пневмонии нет
Пневмония есть
Формирование медицинского заключения в плановом порядке
Снятие пациента со стола и сопровождение из кабинета (из аппаратной)
Получение информации
Сообщение информации
Снятие пациента со стола и сопровождение из кабинета (из аппаратной)
Генеральная уборка аппаратной + проветривание
Получение информации
Сообщение информации

Радиационная безопасность:

•При проведении рентгенологических исследований в ОРИТ одномоментно может обследоваться только один пациент.

•При рентгенологическом исследовании обязательно проводится экранирование области таза, щитовидной железы, глаз и других частей тела, если они не подлежат исследованию, такие как защитный фартук, воротник, пелерину или какие-либо специальные средства.

•Кроме индивидуальных средств защиты должны быть использованы передвижные ширмы и экраны, которые также используются для защиты персонала и других пациентов от рентгеновского излучения.

Обследование беременных женщин осуществляется с использованием стандартных методик РГ, КТ и программы по ограничению доз облучения, нужна защита радиочувствительных органов и плода (области живота и таза) с применением стандартных защитных средств (фартуки, воротники), имеющихся в кабинетах.

Особенности проведения рентген исследований на передвижном аппарате. Технологии проведения исследований не отличается от стационарного оборудования и включают в себя:

•Позиционирование пациента на область исследования согласно диагностической задаче

•Соблюдение оптимальных физико-технических режимов исследования (фокусного расстояния и нужных показателей напряжения в Rg-трубке)

•Применение средств индивидуальной защиты

•Учреждения могут рассмотреть возможность размещения портативных рентгенографических устройств, когда РГ показана с медицинской точки зрения.

•Поверхности этих машин можно легко чистить, избегая необходимости приводить пациентов в рентгенологические кабинеты

Обеспечение защиты всего медперсонала:

1. Осуществляется выдача масок пациентам перед обследованием
2. Медицинский персонал отделений лучевой диагностики, непосредственно контактирующий с пациентами, обеспечен средствами индивидуальной защиты (СИЗ).
3. Интервалы времени между проводимыми исследованиями для обеспечения санитарной обработки диагностических аппаратов и кабинетов увеличены (до 30 мин.)
4. Медицинский персонал обеспечен необходимыми методическими материалам по контролю за инфекционными заболеваниями.

Лучевая диагностика заболеваний легких с использованием Искусственного интеллекта, возможности современной диагностики COVID-19

Искусственный интеллект (ИИ) – считается основой для имитации процессов человеческого интеллекта с помощью создания и применения алгоритмов, встроенных в динамическую вычислительную среду т.е. *искусственный интеллект,* пытается заставить компьютеры думать и действовать так, как думают и работают люди. Мы не должны путать ИИ с обычной компьютерной программой, так как программу создают программисты, основываясь на определённый внесённый алгоритм, а ИИ работает там, где нельзя задать определённые алгоритмы и задачи, так как ИИ находит решение самостоятельно и при этом постоянно усовершенствуется.

На сегодняшний день искусственный интеллект можно встретить в разных отраслях, например,: банковская, таможня, военная, транспортная, а также в медицине и в других сферах.

Искусственный интеллект способен:

- Прогнозировать различные ситуации;
- Оценивать информацию и формулировать заключительную оценку;
- Анализировать данные и искать скрытые закономерности.

Если рассматривать важность искусственного интеллекта при его работе, то можно выделить несколько аспектов, например,:

1. *ИИ позволяет автоматизировать повторяющиеся процессы обучения и поиска за счет использования данных*. Цель ИИ не автоматизация рабочего труда, а надежное и непрерывное выполнение многочисленных крупномасштабных компьютеризированных задач. Такая автоматизация требует участия человека для первоначальной настройки системы и правильной постановки вопросов.

2. *ИИ делает существующие продукты интеллектуальными***.** Как правило, технология ИИ не реализуется как отдельное приложение. Функционал ИИ интегрируется в имеющиеся продукты, позволяя усовершенствовать их.

3. *ИИ осуществляет более глубокий анализ больших объемов данных с помощью нейросетей со множеством скрытых уровней*. Для моделей глубокого обучения необходимо огромное количество данных, так как именно на их основе они и обучаются. Поэтому чем больше данных, тем точнее модели.

4. *Глубинные нейросети позволяют ИИ достичь беспрецедентного уровня точности.* Если мы часто используем определённые инструменты, например, определённые изображение или выдаём какую-либо информацию по одному направлению, то компьютер с помощью этих инструментов производит глубокое обучение. В области здравоохранения диагностика раковых опухолей, туберкулёза или пневмонии на рентгеновских, мультиспиральных компьютерных томографических (МСКТ) снимках с помощью технологий ИИ

(глубокое обучение, классификация изображений, распознавание объектов) по точности не уступает заключениям высококвалифицированных рентгенологов.

5. *ИИ адаптируется благодаря алгоритмам прогрессивного обучения***.** Чтобы дальнейшее программирование осуществлялось на основе данных. ИИ обнаруживает в данных структуры и закономерности, которые позволяют алгоритму освоить определенный навык: алгоритм становится классификатором или предиктором. Таким образом, по тому же принципу, по которому алгоритм осваивает игру в шахматы, он может научиться предлагать подходящие продукты онлайн. При этом модели адаптируются по мере поступления новых данных. Обратное распространение — это метод, который обеспечивает корректировку модели посредством обучения на базе новых данных, если первоначальный ответ оказывается неверным.

6. *ИИ позволяет извлечь максимальную пользу из данных.* С появлением самообучающихся алгоритмов сами данные становятся объектом интеллектуальной собственности. Данные содержат в себе нужные ответы — нужно лишь найти их при помощи технологий ИИ. Поскольку сейчас данные играют гораздо более важную роль, чем когда-либо ранее, они могут обеспечить конкурентное преимущество. При использовании одинаковых технологий в конкурентной среде выиграет тот, у кого наиболее точные данные.

Использование искусственного интеллекта в сфере медицине, на сегодняшний день учёные и специалисты по IT-программирования достигли больших результатов и разработаны много программ в различных направлениях медицине. Самые первые разработки считаются программные продукты для распознавания медицинских изображения (рентген, КТ снимков).

Один из первых продуктов в распознавания медицинских изображения считается обнаружение туберкулёзной патологии на рентген снимке. Это компьютерное программное обеспечение для обнаружения принимает один рентгеновский снимок грудной клетки в качестве входных данных в форме изображения DICOM и выдает несколько выходных данных: оценка качества входного изображения, тепловая карта, выделяющая возможные аномальные области, и оценка от 0 до 100, указывающая на вероятность того, что рентгеновский снимок будет с патологической тенью, и объект на рентгеновском снимке будет поражен туберкулезом (фото 32).

В 2020 году все страны мира столкнулись с коронавирусов SARS CoV-2 (COVID-19), этот кризис вдохновил на беспрецедентные глобальные усилия во всех отраслях и особенно в лучевые диагностики. Для этого были приняты решения и опыт в области компьютерной томографии и рентгенографии грудной клетки и разработали программу: два решения для искусственного интеллекта - одно для компьютерной томографии и одно для рентгеновского анализа. Эти два решения предназначены для помощи в сортировке

подозреваемых COVID-19 и информировании о прогрессировании и выздоровлении пациента (фото 33).

А Б

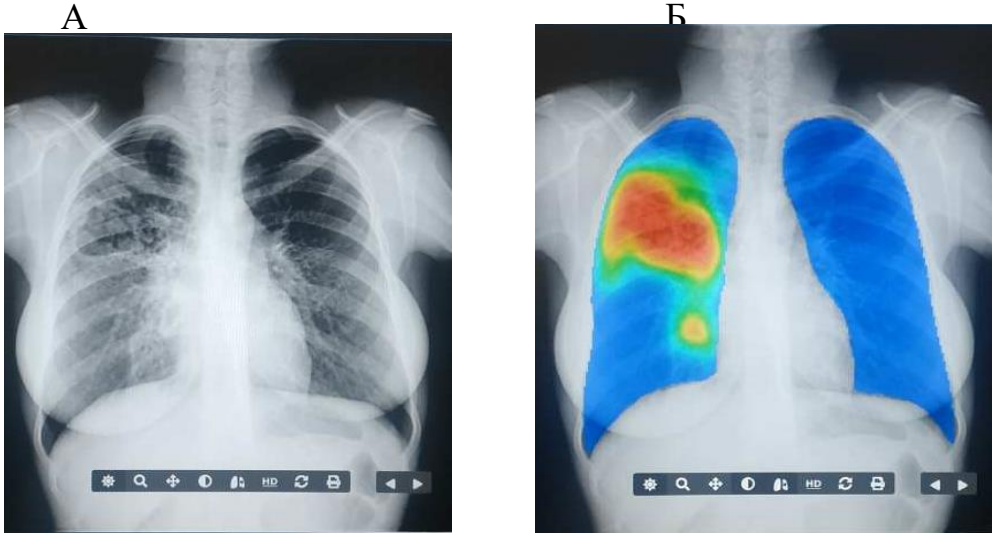


фото 32 А*). Вид рентгенограммы без использования ИИ (справа в верхней доле отмечается кольцевидная тень с инфильтрацией и очаговыми тенями);*

Б). *На втором рисунке этот же снимок с использованием программы ИИ. Как отмечается на снимке в патологических участках появились тепловые карты, т.е. «огненного» цвета участок обозначает основной патологическим процессом, вокруг более светлого оттенка перифокальная инфильтрация и очаги отсева.*

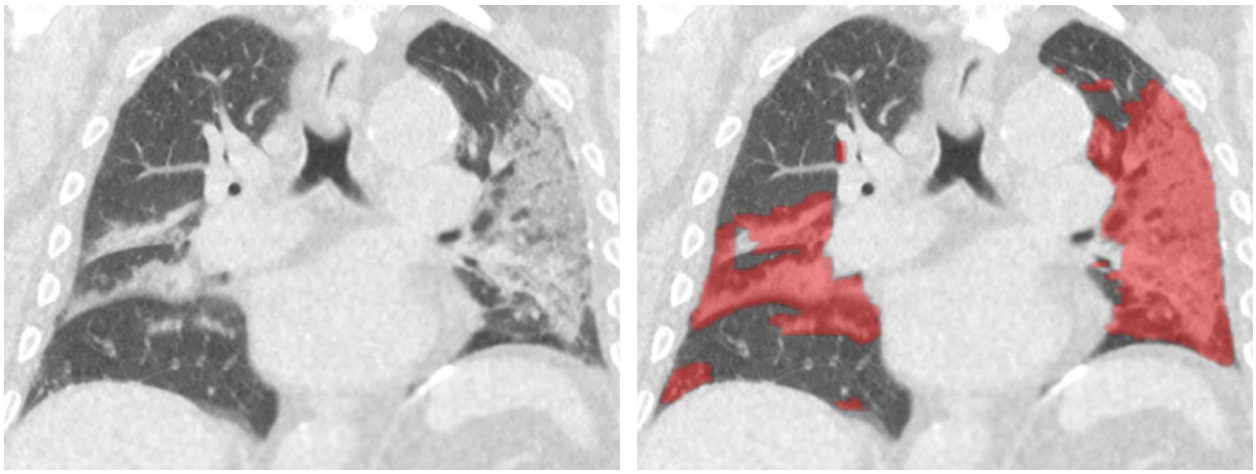


Фото 33. МСКТ грудной клетки с использованием ИИ для определения поражённых участков COVID-19 пневмонии.

С помощью искусственного интеллекта на МСКТ снимков грудной клетки можно определить участок поражения лёгких в процентных показателях. На многих МСКТ аппаратах процент поражения не показывает, а врачи лучевой диагностики вычисляют самостоятельно или на глаз, что занимает много времени при интерпретации и протоколировании снимков (фото 34).

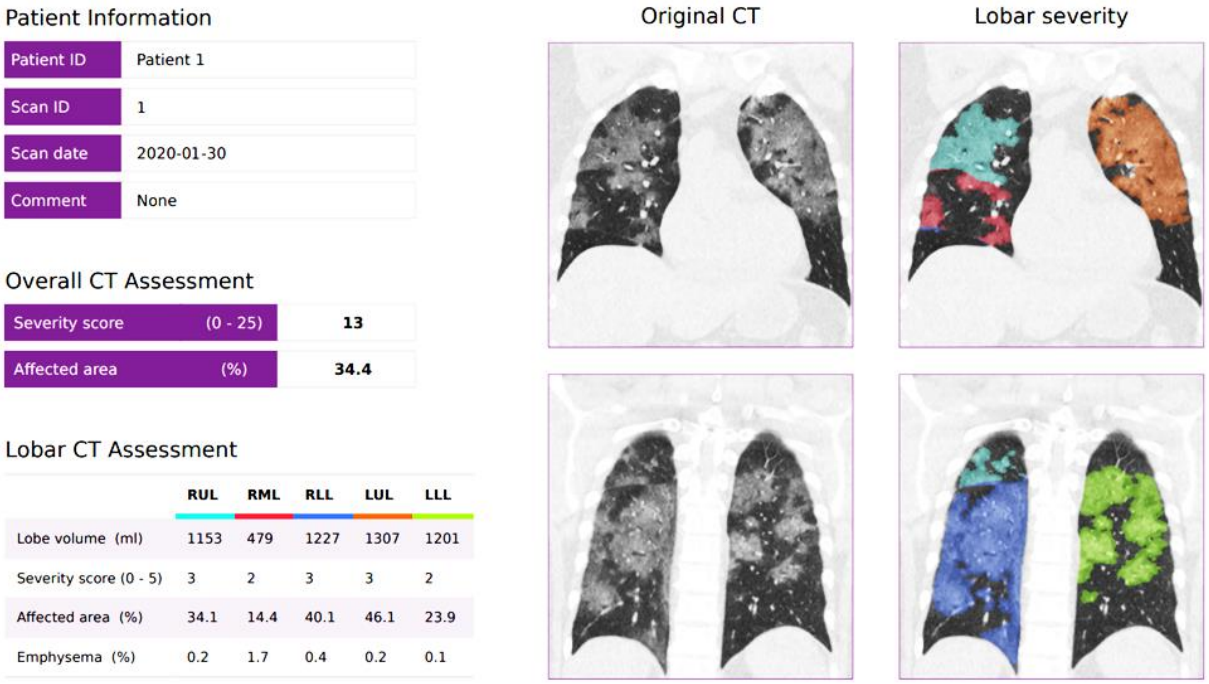
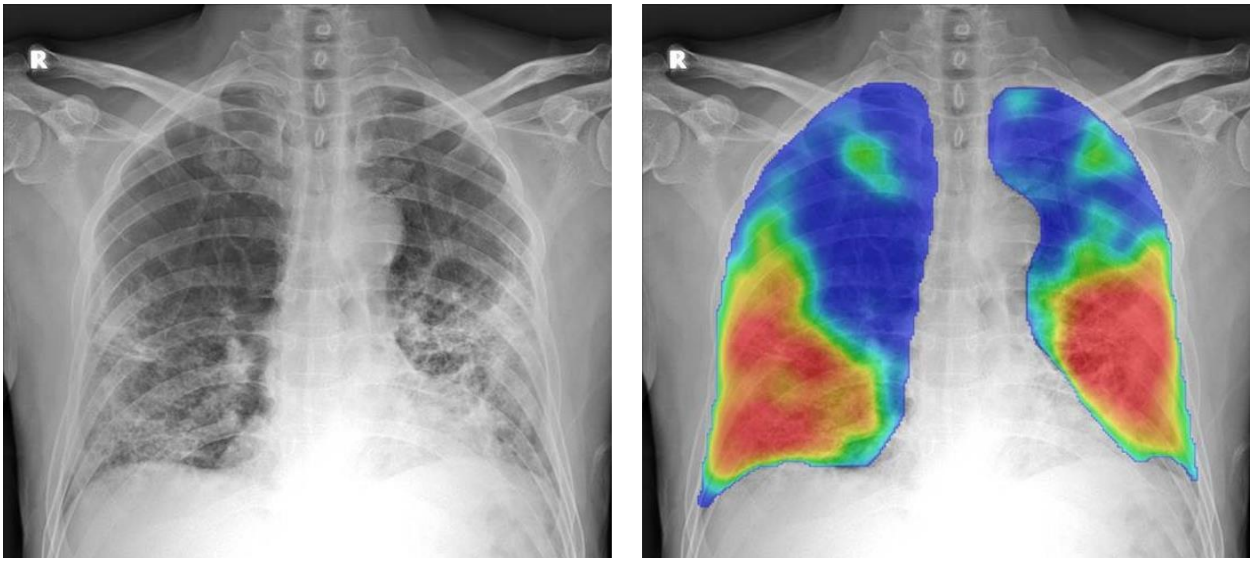


Фото 34. Выявление патологических участков и определение поражённых участков в процентном соотношении.



А Б

Фото 35. А - рентгенограмма пациента с интерстициальной пневмонии при COVID-19, Б - в цвете определяются патологические изменения в легких с помощью ИИ.

На рентген снимке (фото 35) у пациентов с COVID-19 точное поражение в процентном соотношении определить невозможно. Это делается только на КТ исследованиях и при наличии специальной вычислительной программы.

Преимуществом искусственного интеллекта в диагностике при рентгенографии и МСКТ исследовании считается:

- ИИ позволяет описать рентгеновский снимок за 3 секунды - специалист описывает снимок до 20 минут. В связке «ИИ + врач» описание исследования составляет менее 3-х секунд. По нынешним нормативам проведение и описание одного исследования может занимать до 60-90 минут.

- ИИ позволяет составить второе мнение для врача–рентгенолога. "Второе мнение" позволяет узнать мнение независимого эксперта, получить больше информации о заболевании и плане лечения. Достоверность диагностики в этом случае повышается на 48%.

- ИИ помогает разделить поток пациентов, сняв значительную часть этой нагрузки с врача.

- Точность системы в описании снимка в связке с врачом составляет 95-98%.

- Нейросеть выделяет конкретную область, на которой была найдена патология, что позволяет врачу делать вывод на основе снимка очень быстро.

Искусственный интеллект (ИИ) - это прогресс человечества во многих отраслях. Искусственный интеллект значительно экономит время на описание снимка, помогает врачу обратить внимание на возможные патологии. Пациенту технологии гарантируют более качественную и быструю диагностику. В ближайшее время у рентгенологов могут появиться цифровые помощники для поиска признаков инсультов, рассеянного склероза, болезни Альцгеймера и злокачественных новообразований головного мозга.

Несмотря на серьезные сложности внедрения систем ИИ, перспективы их использования побуждают искать решения для преодоления любых преград. Над развитием данной области постоянно работают высококвалифицированные специалисты из разных уголков мира, талантливые исследователи, великолепные математики, врачи, представители фармацевтических компаний и т.д. Однако несмотря на развитие ИИ, роль человека в сфере здравоохранения по-прежнему остается лидирующей.

Использованная литература

1. ACR recommendations for the use of chest radiography and computed tomography (CT) for suspected COVID-19 infection American College of Radiology.https://www.acr.org/Advocacy-andEconomics/ACR-Position-Statements/Recommendations-for-Chest-Radiography-and-CT-for-SuspectedCOVID19.
2. American College of Radiology. COVID-19 Radiology-Specific Resources [website]. Accessed: 24 Mar 2020
3. Bai HX, Hsieh B, Xiong Z, Halsey K, Choi JW, Tran TML, Pan I, Shi LB, Wang DC, Mei J, Jiang XL, Zeng QH, Egglin TK, Hu PF, Agarwal S, Xie F, Li S, Healey T, Atalay MK, Liao WH. Performance of radiologists in differentiating COVID-19 from viral pneumonia on chest CT. (2020)// Radiology. doi:10.1148/radiol.2020200823 – Pubmed.
4. Canadian Society of Thoracic Radiology and Canadian Association of Radiologists' Statement on COVID -19 - CAR - Canadian Association of Radiologists". CAR - Canadian Association of Radiologists, 2020. [Link].

5. Centres for Disease Control and Prevention. Coronavirus 2019 (COVID-19) - Resources for Clinics and Healthcare Facilities [website]. Accessed: 24 Mar 2020.
6. Chung M., Bernheim A., Mei X., Zhang N., Huang M., Zeng X. et al. CT Imaging Features of 2019 Novel Coronavirus (2019-nCoV) //Radiology. 2020; 295: 202–7. DOI: 10.1148/radiol.2020200230
7. Constantine A. Raptis, Mark M. Hammer, Ryan G. Short, Amar Shah, Sanjeev Bhalla, Andrew J. Bierhals, Peter D. Filev, Michael D. Hope, Jean Jeudy, Seth J. Kligerman, Travis S. Henry. Chest CT and Coronavirus Disease (COVID-19): A Critical Review of the Literature to Date. (2020)//American Journal of Roentgenology. doi:10.2214/AJR.20.23202 – Pubmed.
8. Daniel J Bell et al. COVID-19, https://radiopaedia.org/articles/covid-19-4.
9. Danzi GB, Loffi M, Galeazzi G, Gherbesi E. Acute pulmonary embolism and COVID-19 pneumonia: a random association? (2020)// European heart journal. doi:10.1093/eurheartj/ehaa254 - Pubmed
10. Duca A, Piva S, Focà E, Latronico N, Rizzi M. Calculated Decisions: Brescia-COVID Respiratory Severity Scale (BCRSS)/Algorithm. (2020) Emergency medicine practice. 22 (5 Suppl): CD1-CD2. Pubmed.
11. Erika Poggiali, Alessandro Dacrema, Davide Bastoni, Valentina Tinelli, Elena Demichele, Pau Mateo Ramos, Teodoro Marcianò, Matteo Silva, Andrea Vercelli, Andrea Magnacavallo. Can Lung US Help Critical Care Clinicians in the Early Diagnosis of Novel Coronavirus (COVID-19) Pneumonia?. (2020)//Radiology. doi:10.1148/radiol.2020200847 – Pubmed
12. Fang Y, Zhang H, Xie J, Lin M, Ying L, Pang P, Ji W. Sensitivity of Chest CT for COVID-19: Comparison to RT-PCR. (2020)// Radiology. doi:10.1148/radiol.2020200432 – Pubmed.
13. Feng Pan, Tianhe Ye, Peng Sun, Shan Gui, Bo Liang, Lingli Li, Dandan Zheng, Jiazheng Wang, Richard L. Hesketh, Lian Yang, Chuansheng Zheng. Time Course of Lung Changes On Chest CT During Recovery From 2019 Novel Coronavirus (COVID-19) Pneumonia. (2020) //Radiology. doi:10.1148/radiol.2020200370 – Pubmed.
14. Fengxiang Song, Nannan Shi, Fei Shan, et al. Emerging 2019 Novel Coronavirus (2019-nCoV) Pneumonia//Radiology 2020; 00:1–8 https://doi.org/10.1148/radiol.2020200274
15. Geoffrey D. Rubin, Linda B. Haramati, Jeffrey P. Kanne, Neil W. Schluger, Jae-Joon Yim, Deverick J. Anderson, Talissa Altes, Sujal R. Desai, Jin Mo Goo, Yoshikazu Inoue, Fengming Luo, Mathias Prokop, Luca Richeldi, Noriyuki Tomiyama, Ann N. Leung, Christopher J. Ryerson, Nicola Sverzellati, Suhail Raoof, Annalisa Volpi, Ian B. K. Martin, Christina Kong, Andrew Bush, Jonathan Goldin, Marc Humbert, Hans-Ulrich Kauczor, Peter J. Mazzone, Martine Remy-Jardin, Cornelia M. Schaefer-Prokop, Athol U. Wells. The Role of Chest Imaging in Patient Management during the

COVID-19 Pandemic: A Multinational Consensus Statement from the Fleischner Society// Radiology, 2020; 201365 DOI: 10.1148/radiol.2020201365.
16. Haiyan Qiu, Junhua Wu, Liang Hong, et al. Clinical and epidemiological features of 36 children with coronavirus disease 2019 (COVID-19) in Zhejiang, China: an observational cohort study //Lancet Infect Dis. – 2020; Published online March 25, 2020 https://doi.org/10.1016/S1473-3099(20)30198-5.
17. Hirschmann JV, Pipavath SN, Godwin JD. Hypersensitivity pneumonitis: a historical, clinical, and radiologic review //Radiographics. 2009;29 (7): 1921-38.
18. Huang, Yi, Wang, Sihan, Liu, Yue, Zhang, Yaohui, Zheng, Chuyun, Zheng, Yu, Zhang, Chaoyang, Min, Weili, Zhou, Huihui, Yu, Ming, Hu, Mingjun. A Preliminary Study on the Ultrasonic Manifestations of Peripulmonary Lesions of Non-Critical Novel Coronavirus Pneumonia (COVID-19). (2020) doi:10.2139/ssrn.3544750
19. Hui Li, Liang Liu, Dingyu Zhang, Jiuyang Xu, Huaping Dai, Nan Tang, Xiao Su, Bin CaoSARSCoV-2 and viral sepsis: observations and hypotheses.
20. Hyun Jung Koo, Soyeoun Lim, Jooae Choe, Sang-Ho Choi, Heungsup Sung, Kyung-Hyun Do. Radiographic and CT Features of Viral Pneumonia. (2018)// RadioGraphics. 38 (3): 719-739. doi:10.1148/rg.2018170048 – Pubmed.
21. Kooraki S, Hosseiny M, Myers L, Gholamrezanezhad A. Coronavirus (COVID-19) Outbreak: What the Department of Radiology Should Know. (2020) //Journal of the American College of Radiology: JACR. doi:10.1016/j.jacr.2020.02.008 – Pubm
22. Lee E, Yang J, et al. Imaging profile of the COVID-19 infection: radiologic findings and literature review //Radiol Cardiothorac Imaging 2020;2(1)
23. Lee EYP, Ng M-Y, Khong P-L. (2020) COVID-19 pneumonia: what has CT taught us? [online] thelancet.com. Published: February 24, 2020. Available at: https://www.thelancet.com/journals/laninf/article/PIIS1473-3099(20)30134-1/20 DOI:https://doi.org/10.1016/S1473-3099(20)30134-1.
24. Michael Chung, Adam Bernheim, Xueyan Mei, Ning Zhang, Mingqian Huang, Xianjun Zeng, Jiufa Cui, Wenjian Xu, Yang Yang, Zahi A. Fayad, Adam Jacobi, Kunwei Li, Shaolin Li, Hong Shan. CT Imaging Features of 2019 Novel Coronavirus (2019-nCoV). (2020)//Radiology. 295 (1): 202-207. doi:10.1148/radiol.2020200230 – Pubmed.
25. Michelle L. Holshue et al. First Case of 2019 Novel Coronavirus in the United States //N Engl J Med 2020; 382: 929-936 DOI: 10.1056 / NEJMoa2001191
26. Michelle L. Holshue et al. First Case of 2019 Novel Coronavirus in the United States //N Engl J Med 2020; 382: 929-936 DOI: 10.1056 / NEJMoa2001191
27. Na Zhu, Dingyu Zhang, Wenling Wang, Xinwang Li, Bo Yang, Jingdong Song, Xiang Zhao, Baoying Huang, Weifeng Shi, Roujian Lu, Peihua Niu,

Faxian Zhan, Xuejun Ma, Dayan Wang, Wenbo Xu, Guizhen Wu, George F Gao, Wenjie Tan. A Novel Coronavirus from Patients with Pneumonia in China, 2019. (2020)// New England Journal of Medicine. doi:10.1056/NEJMoa2001017 – Pubmed.

28. Pan F, Ye T, Sun P, Gui S, Liang B, Li L, Zheng D, Wang J, Hesketh RL, Yang L, Zheng C. Time Course of Lung Changes On Chest CT During Recovery From 2019 Novel Coronavirus (COVID-19) Pneumonia. (2020)//Radiology. doi:10.1148/radiol.2020200370 – Pubmed.
29. Qian-Yi Peng, Xiao-Ting Wang, Li-Na Zhang. Findings of lung ultrasonography of novel corona virus pneumonia during the 2019–2020 epidemic. (2020) // Intensive Care Medicine. doi:10.1007/s00134-02005996-6 - Pubmed
30. RCR position on the role of CT in patients suspected with COVID-19 infection | The Royal College of Radiologists". Rcr.ac.uk, 2020. [Link].
31. Rodrigues, J.C.L. et al. An update on COVID-19 for the radiologist - A British society of Thoracic Imaging statement. (2020) //Clinical Radiology. https://doi.org/10.1016/j.crad.2020.03.003.
32. Rubin G.D., Ryerson C.J., Haramati L.B., Sverzellati N., Kanne J. P., Raoof S. et al. The Role of Chest Imaging in Patient Management during the COVID-19 Pandemic: A Multinational Consensus Statement from the Fleischner Society [published online ahead of print, 2020 Apr 7] //Radiology. 2020; 201365. DOI: 10.1148/radiol.2020201365.
33. Rubin GD, Ryerson CJ, Haramati The Role of Chest Imaging in Patient Management during the COVID-19 Pandemic: A Multinational Consensus Statement from the Fleischner Society// Chest. 2020 Apr 7. pii: S0012-3692(20)30673-5. doi: 10.1016/j.chest.2020.04.003.
34. Severe acute respiratory syndrome-related coronavirus – The species and its viruses, a statement of the Coronavirus Study Group. Alexander E. Gorbalenya. bioRxiv 2020.02.07.937862; https://doi.org/10.1101/2020.02.07.937862.
35. Shi H, Han X, Jiang N, Cao Y, Osamah A, Gu J, Fan Y, Zheng C. (2020) Radiological findings from 81 patients with COVID-19 pneumonia in Wuhan, China: a descriptive study. [online] thelancet.com 24 February 2020. Available at: https://www.thelancet.com/journals/laninf/article/PIIS1473-3099(20)300864/fulltext#figures . https://doi.org/10.1016/S1473-3099(20)30086-4 [accessed 25 February 2020].
36. Simpson S et al. Radiological Society of North America Expert Consensus Statement on Reporting Chest CT Findings Related to COVID-19. Endorsed by the Society of Thoracic Radiology, the American College of Radiology, and RSNA //Radiology: Cardiothoracic Imaging 2020 2:2. https://doi.org/10.1148/ryct.2020200152

37. Takashi Ishiguro, Yasuhito Kobayashi, Ryuji Uozumi, Naomi Takata, Yotaro Takaku, Naho Kagiyama, Tetsu Kanauchi, Yoshihiko Shimizu, Noboru Takayanagi. Viral Pneumonia Requiring Differentiation from Acute and Progressive Diffuse Interstitial Lung Diseases. (2019) //Internal Medicine. 58 (24): 3509. doi:10.2169/internalmedicine.2696-19 – Pubmed.
38. Tao Ai, Zhenlu Yang, Hongyan Hou, Chenao Zhan, Chong Chen, Wenzhi Lv, Qian Tao, Ziyong Sun, Liming Xia. Correlation of Chest CT and RT-PCR Testing in Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) in China: A Report of 1014 Cases. (2020) //Radiology. doi:10.1148/radiol.2020200642 - Pubmed
39. Torres PP, Moreira MA, Silva DG, da Gama RR, Sugita DM, Moreira MA. High-resolution computed tomography and histopathological findings in hypersensitivity pneumonitis: a pictorial essay (2016) //Radiologia brasileira. 49 (2): 112-6.
40. Wang D, Hu B, Hu C, et al. Clinical characteristics of 138 hospitalized patients with 2019 novel coronavirus–infected pneumonia in Wuhan, China //JAMA. - 2020; DOI: 10.1001/ jama.2020.1585.
41. Wei Li, Huaqian Cui, Kunwei Li, Yijie Fang, Shaolin Li. Chest computed tomography in children with COVID-19 respiratory infection// Pediatric Radiology. doi:10.1007/s00247-020-04656-7.
42. Wei Zhao, Zheng Zhong, Xingzhi Xie, Qizhi Yu, Jun Liu. Relation Between Chest CT Findings and Clinical Conditions of Coronavirus Disease (COVID-19) Pneumonia: A Multicenter Study. (2020) //American Journal of Roentgenology. doi:10.2214/AJR.20.22976 - Pubmed
43. Wei-cai Dai, Han-wen Zhang, Juan Yu, Hua-jian Xu, Huan Chen, Si-ping Luo, Hong Zhang, Lihong Liang, Xiao-liu Wu, Yi Lei, Fan Lin. CT Imaging and Differential Diagnosis of COVID-19. (2020)//Canadian Association of Radiologists Journal. doi:10.1177/0846537120913033 – Pubmed.
44. Wong HYF, Lam HYS, Fong AH, Leung ST, Chin TW, Lo CSY, Lui MM, Lee JCY, Chiu KW, Chung T, Lee EYP, Wan EYF, Hung FNI, Lam TPW, Kuo M, Ng MY. Frequency and Distribution of Chest Radiographic Findings in COVID-19 Positive Patients. (2019) //Radiology. doi:10.1148/radiol.2020201160 – Pubmed
45. Wu C, Chen X, Cai Y, Xia J, Zhou X, Xu S, Huang H, Zhang L, Zhou X, Du C, Zhang Y, Song J, Wang S, Chao Y, Yang Z, Xu J, Zhou X, Chen D, Xiong W, Xu L, Zhou F, Jiang J, Bai C, Zheng J, Song Y. Risk Factors Associated With Acute Respiratory Distress Syndrome and Death in Patients With Coronavirus Disease 2019 Pneumonia in Wuhan, China. (2020) //JAMA internal medicine. doi:10.1001/jamainternmed.2020.0994 – Pubmed.
46. Yan Li, Liming Xia. Coronavirus Disease 2019 (COVID-19): Role of Chest CT in Diagnosis and Management. (2020)//American Journal of Rentgenology. doi:10.2214/AJR.20.22954 - Pubmed

47. Yang, W., Sirajuddin, A., Zhang, X. et al. The role of imaging in 2019 novel coronavirus pneumonia (COVID-19). Eur Radiol (2020). https://doi.org/10.1007/s00330-020-06827-4
48. Yueying Pan, Hanxiong Guan, Shuchang Zhou, Yujin Wang, Qian Li, Tingting Zhu, Qiongjie Hu, Liming Xia. Initial CT findings and temporal changes in patients with the novel coronavirus pneumonia (2019nCoV): a study of 63 patients in Wuhan, China. (2020)//European Radiology. doi:10.1007/s00330-020-06731-x – Pubmed.
49. Yuxia Cui, Maolu Tian, Dong Huang, et al. A 55-Day-Old Female Infant Infected With 2019 Novel Coronavirus Disease: Presenting With Pneumonia, Liver Injury, and Heart Damage. //The Journal of Infectious Diseases. - 2020;XX:1–7 DOI: 10.1093/infdis/jiaa113.
50. Zheng YY, Ma YT, Zhang JY, Xie X. COVID-19 and the cardiovascular system. (2020) Nature reviews// Cardiology. doi:10.1038/s41569-020-0360-5 - Pubmed
51. Zompatori M, Ciccarese F, Fasano L. Overview of current lung imaging in acute respiratory distress syndrome// Eur Respir Rev. 2014;23 (134): 519-30.
52. Винокуров А.С. Характер изменений при поражении лёгких в рамках COVID-19 по данным КТ ОГК. Динамический контроль и клиническая корреляция. Москва, ГКБ им. В.П. Демихова. 2020
53. Временные методические рекомендации "Профилактика, диагностика и лечение новой коронавирусной инфекции (COVID-19). Версия 5 (08.04.2020)" (утв. Минздравом России) (вместе с "Инструкцией по проведению этиологической лабораторной диагностики коронавирусной инфекции", "Памяткой для медицинских работников станции (отделения) скорой медицинской помощи по приему вызова скорой медицинской помощи", "Инструкцией по соблюдению мер инфекционной безопасности для специализированных выездных бригад скорой медицинской помощи").
54. Икрамов А.И., Ходжибеков М.Х., Низамова М.М., Аблязов О.В., Максудов М.Ф., Фахртдинова А.Р. Лучевая диагностика при коронавирусной инфекции// Методические рекомендации. Тащкент, 2020.- 27с
55. Морозов и соавт. Лучевая диагностика короновирусной болезни (COVID-19): организация, методология, интерпретация результатов // Методические рекомендации .-Москва, 2020.- 45 с.
56. Синицын В.Е., Тюрин И.Е., Митьков В.В. Методы лучевой диагностики пневмонии при новой коронавирусной инфекции COVID-19// Вестник рентгенологии и радиологии.-2020, Том 101.- №2.- с.72–89.
57. Сперанская А.А. ЛУЧЕВАЯ ДИАГНОСТИКА ВИРУСНОЙ ПНЕВМОНИИ // Лучевая диагностика и терапия, 2020.,Т.11, №1

58. Сперанская А.А. Лучевые проявления новой коронавирусной инфекции COVID-19 Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И. П. Павлова, Санкт-Петербург, Россия, 2020.
59. Сперанская А.А., Новикова Л.Н., Баранова О.П., Васильева М.А. ЛУЧЕВАЯ ДИАГНОСТИКА ВИРУСНОЙ ПНЕВМОНИИ // Вестник рентгенологии и радиологии. 2016. Т. 97. № 3. С. 149-156.
60. Терновой С.К., Серова Н. С., Беляев А. С., Беляева К. А. COVID19: первые результаты лучевой диагностики в ответе на новый вызов//REJR 2020;10(1):8-15. DOI:10.21569/2222-7415-2020-10-18-15.
61. Христенко Е.А., Фон Стакельберг О., Кауцор Х.У., Лайер Г., Ридэн Т.В. КТ-паттерны при COVID-19 ассоциированных пневмониях – стандартизация описаний исследований на основе глоссария общества Флейшнера// REJR. 2020; 10 (1): 16–26.