

ОТСРОЧЕННАЯ КТ ЛЕГКИХ У ПАЦИЕНТОВ, ПЕРЕНЕСШИХ COVID-19 ПНЕВМОНИЮ

Гаман С.А.¹, Терновой С.К.^{1,2}, Погосова Н.В.¹,
Веселова Т.Н.¹, Белькинд М.Б.¹

Цель исследования. Оценить состояние легких с помощью КТ при динамическом контрольном наблюдении пациентов, перенесших вирусную COVID-19 пневмонию, в отсроченном периоде через 6-10 месяцев, и выявить взаимосвязь остаточных изменений легких с клиническим состоянием и результатами функции внешнего дыхания (ФВД).

Материалы и методы. Методом КТ были обследованы легкие у 78 пациентов, которые перенесли двустороннюю полисегментарную вирусную COVID-19 пневмонию в апреле-мае 2020 года. У всех пациентов собран анамнез, изучены лабораторные данные и КТ легких, выполненные в острую фазу заболевания. Контрольная КТ легких и исследование функции внешнего дыхания (ФВД) проведены через 6-10 месяцев после выписки из стационара. Для объективизации оценки состояния легочной ткани нами разработан Индекс тяжести (ИТ) состояния легких, выражаемый в сумме баллов. ИТ рассчитывался на основании балльной оценке типичных паттернов, характерных для вирусной COVID-19 пневмонии, остаточных изменений и участков фиброза. ИТ рассчитывался для каждого пациента в острый и отсроченный периоды наблюдения.

Результаты. В настоящем исследовании изучена динамика изменений легких в отсроченном периоде (через 6-10 месяцев) после перенесенной вирусной COVID-19 пневмонии. Остаточные изменения легких были выявлены у 66 человек (84,6%). Из них у 35,9% пациентов обнаруживаются участки фиброза, однако большую часть остаточных изменений составляют линейные и мелкоузелковые уплотнения (76,9%). Частота выявления остаточных ретикулярных изменений и консолидации была невысока (15,3%, 1,3%, соответственно). Обращает на себя внимание относительно частое выявление участков «матового стекла» (10,8%). ИТ в отсроченном периоде был достоверно ниже, чем в острую фазу заболевания (4 [0,22] и 22 [8,44], соответственно, $p < 0,001$). У пациентов с тяжелым и критическим течением вирусной Covid-19 пневмонии (КТ3 и КТ4) индекс тяжести в отсроченном периоде наблюдения достоверно не отличался от такового у пациентов с легким и среднетяжелым течением (КТ1 и КТ2) заболевания (4,5 [0,22], 2,5 [0,16], соответственно, $p = 0,61$). Достоверной взаимосвязи выявленных остаточных изменений легких в отсроченном периоде с результатами ФВД получено не было.

Заключение. У значительной части пациентов (84,6%), перенесших вирусную COVID-19 пневмонию, сохраняются остаточные изменения паренхимы легких, преимущественно в виде линейных уплотнений и в меньшей степени фиброза. Данные изменения не получили достоверной связи с результатами ФВД. Индекс тяжести состояния легких, предложенный в настоящем исследовании, отражает динамическую картину изменений легких в остром и отсроченном периоде, и может явиться хорошим показателем для мониторинга пациентов, перенесших вирусную COVID-19 пневмонию.

Ключевые слова: COVID-19, коронавирусная инфекция, интерстициальная инфльтрация, вирусная пневмония, «матовое стекло», консолидация, «бульжная мостовая», ретикулярные изменения, фиброз, КТ легких.

Контактный автор: Гаман С.А., e-mail: svgaman@yandex.ru

Для цитирования: Гаман С.А., Терновой С.К., Погосова Н.В., Веселова Т.Н., Белькинд М.Б. Отсроченная КТ легких у пациентов, перенесших COVID-19 пневмонию. REJR 2021; 11(1):8-14. DOI: 10.21569/2222-7415-2021-11-1-8-14.

Статья получена: 31.03.21

Статья принята: 01.04.21

1 – ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр кардиологии» Минздрава России, г. Москва, Россия.
2 – ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), г. Москва, Россия.

DELAYED CT SCAN OF THE LUNGS IN PATIENTS WITH COVID-19 PNEUMONIA

Gaman S.A.¹, Ternovoy S.K.¹⁻², Pogosova N.V.¹,
Veselova T.N.¹, Belkind M.A.¹

Purpose. Assessment the state of the lungs using CT in the dynamic follow-up of patients who have suffered from viral COVID-19 pneumonia in the delayed period after 6-10 months, and to identify the relationship of residual lung changes with the clinical condition and results of external respiratory function (ERF).

Materials and methods. We examined 78 patients who had suffered from bilateral polysegmental viral COVID-19 pneumonia in April-May 2020, using multi-spiral computed tomography (CT) of the lungs. All patients had a medical history, performed CT scans of the lungs in the acute and delayed (6-10 months after hospitalization) phases, and a study of FVD in the delayed phase. The analysis of a series of tomograms of the lungs in dynamics was carried out. We developed an severity score of the lung condition (LungSS), expressed in the total score, which was calculated based on the score of typical patterns characteristic of viral Covid19-pneumonia, as well as residual changes and areas of fibrosis. LungSS was calculated for each patient in the acute and delayed follow-up periods.

Results. The present study shows the dynamics of lung changes in the delayed period 6-10 months after the viral Covid19-pneumonia. Residual lung changes were detected in 66 people (84,6%). Of these, 35,9% of patients have areas of fibrosis, but most of the residual changes are linear and small-nodular seals (76,9%). The frequency of detection of residual reticular changes and consolidation was low (15,3%, 1,3%, respectively). Attention is drawn to the relatively frequent detection of areas of "Ground-glass opacity" (10,8%). In patients with severe and critical course of viral Covid19-pneumonia (CT3 and CT4), LungSS in the delayed follow-up period did not significantly differ from that in patients with mild and moderate course (CT1 and CT2) of the disease (4,5 [0,22], 2,5 [0,16], accordingly, $p=0,61$). There was no significant correlation between the detected residual lung changes in the delayed period and ERF.

Conclusion. In a significant part of patients (84,6%) who have suffered from COVID-19 viral pneumonia, residual changes in the lung parenchyma persist, mainly in the form of linear seals and to a lesser extent fibrosis. These changes did not have a reliable relationship with the results of the FVD. LungSS proposed in this study reflects the dynamic picture of lung changes in the acute and delayed period, and can be a good indicator for monitoring patients who have suffered from COVID-19 viral pneumonia.

Keywords: COVID-19, Coronavirus infection, Viral pneumonia, Ground-Glass Opacity, Consolidation, Reticular Pattern, Fibrosis, CT of the lungs.

Corresponding author: Gaman S.A., e-mail: svgaman@yandex.ru

For citation: Gaman S.A., Ternovoy S.K., Pogosova N.V., Veselova T.N., Belkind M.A. Delayed CT scan of the lungs in patients with COVID-19 pneumonia. REJR 2021; 11(1):8-14. DOI: 10.21569/2222-7415-2021-11-1-8-14.

Received: 31.03.21

Accepted: 01.04.21

Клинические проявления COVID-19 значительно различаются: от полного отсутствия симптомов, до тяжелого острого респираторного дистресс-синдрома с поражением почти всех органов и систем. Разнообразные клинические проявления заболевания, а также типичные КТ-паттерны поражения легких описаны во многих исследованиях и уже хорошо известны, однако,

возможные долгосрочные последствия COVID-19 изучены мало и вызывают много вопросов [1, 4].

Выраженный системный воспалительный ответ, характерный для тяжелых форм заболевания, может способствовать поражению различных органов и систем, особенно легких, а возникшие изменения сохраняются длительное время [2, 3]. Опубликованы исследования со

1 - National medical research center of cardiology.

2 - I.M. Sechenov First Medical State University (Sechenov University). Moscow, Russia.

сроком наблюдения 3-4 месяца после выписки из стационара.

В исследовании медицинского центра Маастрихтского университета (Нидерланды) из 48 пациентов, выписанных из клиники после интубации в связи с осложнениями COVID-19, через 3 месяца никаких отклонений по результатам КТ не было только у двух пациентов (4,3%), у 91% был выявлен фиброз, у 89% «матовое стекло», у 37% пациентов сохранялась умеренная или тяжелая одышка [5]. В другом исследовании, проведенном в провинции Хэнань (Китай) из 55 выписавшихся из госпиталя пациентов с разной степенью тяжести течения болезни. Через 3 месяца у 71% отмечались более или менее выраженные изменения при КТ и у 25% нарушения функции внешнего дыхания [6].

У многих пациентов, перенесших COVID-19 имеются также поражения других органов и систем. Так в исследовании, проведенном в клинике Франкфуртского университета (Германия), у 78% перенесших коронавирусную инфекцию в тяжелой форме, выявили поражение миокарда по данным МРТ с контрастом, выполненном через 2-3 месяца после постановки диагноза, причем у большинства (60%) диагностирован активный миокардит [7]. Ученные Парижского Университета, оценив данные 478 пациентов, выживших после госпитализации, сообщили, что через 4 месяца после выписки 31% предъявляет жалобы на выраженную слабость, 21% отмечает ухудшение когнитивных функций, 16% – одышку. Из них 171 пациенту выполнена КТ, по данным которой у 63% имеются различные изменения легких, только в 19% случаев был выявлен фиброз. У пациентов, переживших дистресс-синдром, частота встречаемости фиброза была почти в 2 раза выше (39%) [8].

В отсроченном периоде от 6 и более месяцев ряд исследователей тестировали клинический статус пациентов, а также оценивали состояния различных органов, в том числе и легких по данным КТ [9-12]. На медицинском факультете Вашингтонского университета (США) оценили клиническую симптоматику у пациентов через 6 месяцев после выздоровления – около трети пациентов отмечали сохранение по крайней мере одного симптома, которого не было до болезни (в большинстве случаев утомляемость, мнестические нарушения, расстройства обоняния и вкуса) [9]. Chaolin Huang с соавторами провели когортное отсроченное исследование 997 пациентов, перенесших COVID-19, через 6 месяцев после госпитализации. Авторами был использован полуколичественный КТ-индекс для оценки объема остаточного поражения легких, который был достоверно выше у пациентов с тяжелым и критическим течением вирусной COVID-19 пневмонии [11].

Цель исследования.

Оценить состояние легких с помощью КТ при динамическом контрольном наблюдении пациентов, перенесших вирусную COVID-19 пневмонию, в отсроченном периоде через 6-10 месяцев, и выявить взаимосвязь остаточных изменений легких с клиническим состоянием и результатами функции внешнего дыхания (ФВД).

Материалы и методы.

Было обследовано 78 пациентов, которые были госпитализированы в ковидный госпиталь в апреле-мае 2020 года и перенесли двустороннюю полисегментарную вирусную COVID-19 пневмонию разной степени тяжести. Средний возраст составил 59,1±12,7 лет, из них 46 мужчин, 32 женщины. Всем пациентам во время госпитализации неоднократно выполнялась КТ легких. Отсроченное исследование проводилось через 6-10 месяцев после госпитализации. Также было выполнено клиническое обследование и измерена ФВД.

КТ грудной клетки выполнялась на томографе Toshiba Aquilion One, в нативную фазу. Толщина среза 0,5 мм, напряжение тока на трубке 120 кВ, сила тока 150 мА. Лучевая нагрузка на каждого пациента составила в среднем по 1,5-1,6 мЗв на одно исследование.

Изображения оценивались на специализированной рабочей станции Vitrea. Каждая томограмма просматривалась двумя врачами-рентгенологами со стажем работы в лучевой диагностике не менее 15 лет. В случае расхождения мнений, исследование анализировалось всеми авторами до достижения согласованного результата.

В острую фазу заболевания (во время госпитализации) оценивалась тяжесть поражения по общепринятой шкале и расценивалась как нулевая при отсутствии инфильтративных изменений в легких (КТ-0), легкая – при поражении от 1 до 25% легочной ткани (КТ-1), среднетяжелая – при вовлечении от 26 до 50% (КТ-2), тяжелая – при поражении от 51 до 75% (КТ-3) и критическая – в случае, когда изменения наблюдались в более чем 75% легочной паренхимы (КТ-4) [12, 13].

Проведен анализ и сравнение серий компьютерных томограмм органов грудной клетки в динамике. Для формализованной оценки изменений легких нами разработан Индекс тяжести (ИТ) состояния легких рассчитывался по бальной оценке типичных паттернов, характерных для вирусной COVID-19 пневмонии. Учитывались также линейные уплотнения и участки фиброза. Индекс тяжести рассчитывался для каждого пациента в острый и отсроченный периоды наблюдения.

Изображения оценивались на предмет выявления следующих симптомов: инфильтра-

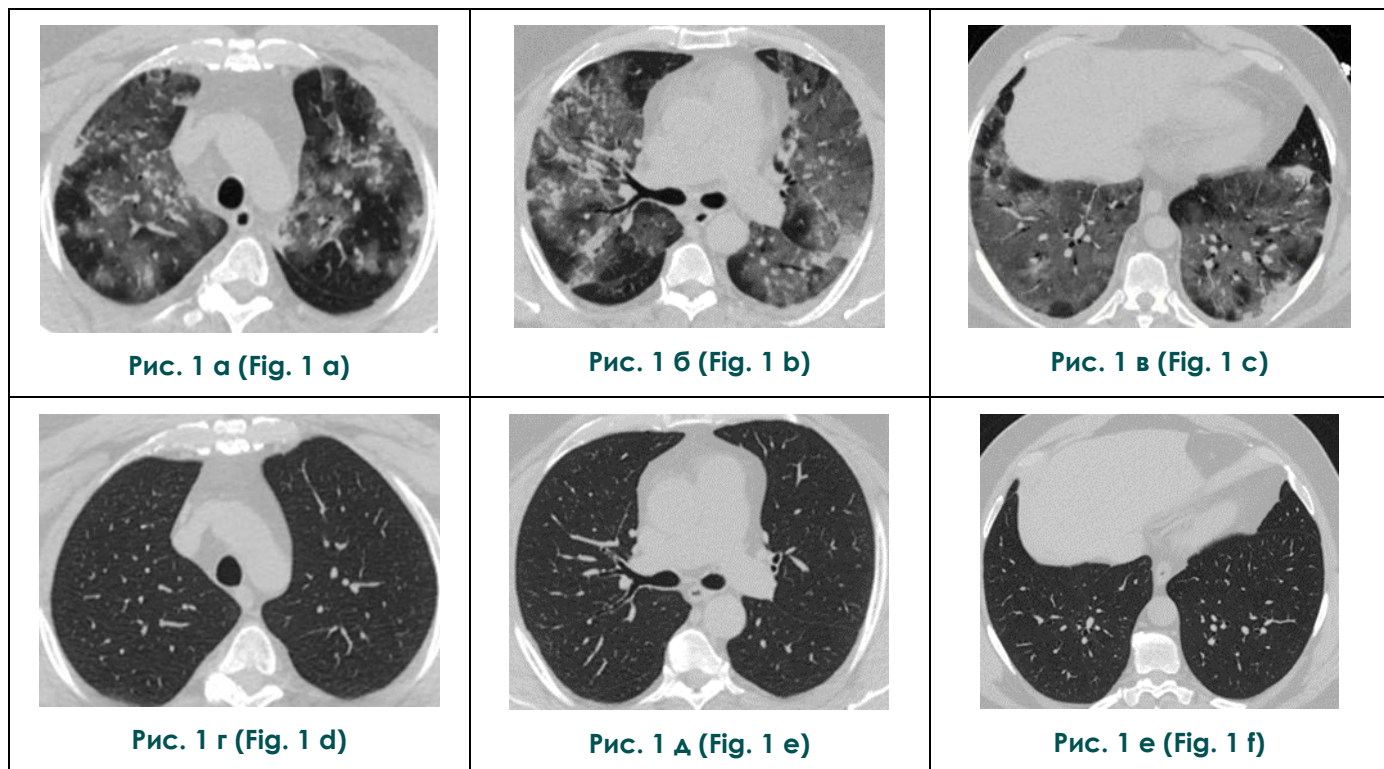


Рис. 1. КТ легких больного COVID-19 пневмонией с критической степенью поражения легких (КТ-4).

Поперечные томографические срезы: а-в – КТ в острую фазу заболевания, г-е – отсроченное КТ через 6 месяцев.

При первичном исследовании (а-в) всех отделах правого и левого легкого определяются обширные зоны интерстициальной инфильтрации по типу "матового стекла", занимающие более 75% объема легких. При повторном исследовании через 6 месяцев (г-е) определяется полное разрешение интерстициальных изменений легких.

Fig. 1. Chest CT of the patient with COVID-19 pneumonia, the critical lung damage (CT-4).

Axial view: a-b - CT in the acute phase of the disease, d-e - delayed CT after 6 months.

In the initial study (a-b) of all parts of the right and left lung, the «Ground-Glass Opacity», occupying more than 75% of the lung volume, determines extensive zones of interstitial infiltration. When repeated examination after 6 months (d-e), the complete resolution of interstitial lung changes is determined.

тивные изменения по типу «матового стекла», наличие консолидации легочной паренхимы, ретикулярных изменений, линейных и узелковых уплотнений, фиброза, скопление жидкости в плевральных полостях [8]. Все изменения проанализированы в каждой доле обоих легких и суммированы.

Объем участков инфильтративных изменения («матовое стекло») оценивался визуально в каждой доле по 6-балльной системе: 0 баллов – изменения отсутствуют, 1 балл – минимальные изменения менее 5% от объема доли, 2 балла – умеренные изменения от 6% до 25%, 3 балла – средние изменения от 26 до 50%, 4 балла – инфильтрация от 51 до 75%, 5 баллов – поражение более 75%. Суммарно: 0-25 баллов.

Консолидация, ретикулярные изменения, уплотнения и фиброз оценивались отдельно по 4-балльной шкале для каждой доли: 0 – отсутствует, 1 – единичные участки, 2 – умеренно

выраженные, 3 – множественные участки. Суммарно: 0-15 баллов для каждого паттерна.

Выпот оценивался по наличию и количеству по 4-балльной шкале: 0 – отсутствует, 1 – незначительный, 2 – умеренный, 3 – выраженный. Суммарно: 0-6 баллов.

Таким образом, Индекс тяжести (ИТ) рассчитывался как сумма баллов вышеперечисленных признаков (от 0 до 91).

Статистическая обработка данных выполнялась в программе MedCalc 5.1 (США). Числовые величины представлены как среднее ± стандартное отклонение, качественные, выраженные в баллах, представлены как медиана [ДИ]. Для сравнения количественных данных использовался критерий Манна-Уитни, для качественных – точный критерий Фишера.

Результаты.

Тяжесть поражения легких у всех пациентов в острую фазу заболевания была распреде-

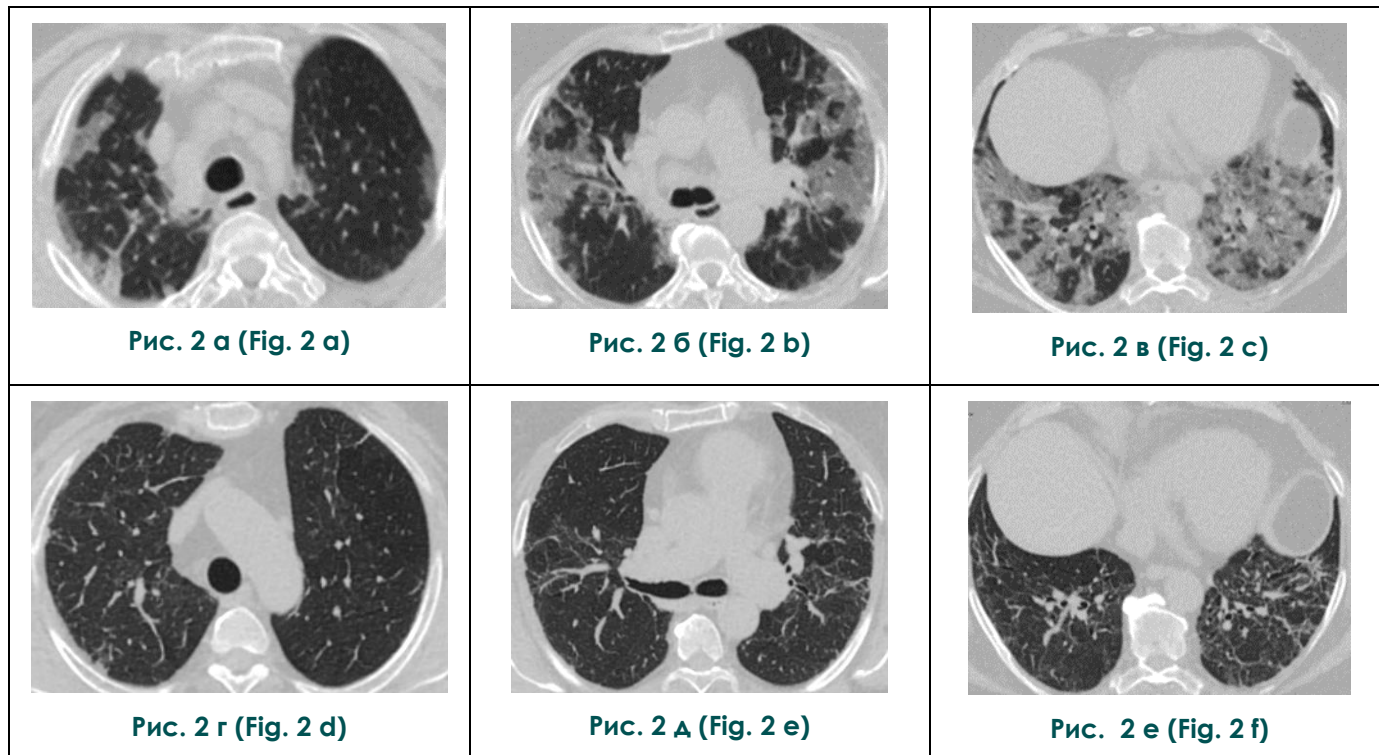


Рис. 2. КТ легких больного COVID-19 пневмонией с тяжелой степенью поражения легких (КТ-3).

Поперечные томографические срезы: а-в – КТ в острую фазу заболевания, г-е – отсроченное КТ через 6 месяцев.

При первичном исследовании (а-в) всех отделах правого и левого легкого определяются обширные зоны интерстициальной инфильтрации по типу "матового стекла", занимающие 75% объема легких. При повторном исследовании через 6 месяцев (г-е) определяются остаточные изменения в нижних отделах легких в виде линейных уплотнений и интерстициального фиброза.

Fig. 2. Chest CT of the patient with COVID-19 pneumonia, the severe lung damage (CT-3).

Axial view: a-b - CT in the acute phase of the disease, d-e - delayed CT after 6 months.

In the initial study (a-b) of all parts of the right and left lung, the «Ground-Glass Opacity», occupying 75% of the lung volume, determines extensive zones of interstitial infiltration. When repeated examination after 6 months (d-e), residual changes in the lower parts of the lungs in the form of linear seals and interstitial fibrosis are determined.

лена следующим образом: легкая степень поражения (КТ-1) выявлена у 6 пациентов (8%), среднетяжелая степень поражения (КТ-2) – у 22 пациентов (28,2%), тяжелая степень поражения (КТ-3) выявлена у 37 пациентов (47,4%), критическая степень поражения (КТ-4) – у 13 пациентов (16,7%).

Участки «матового стекла» в этот период выявлялись у всех пациентов (100%), участки консолидации – у 63 пациентов (80,8%), ретикулярные изменения – у 37 пациентов (47,4%), линейные и мелкоузелковые уплотнения – у 27 пациентов (34,6%), фиброз – у 5 пациентов (6,4 %).

При контрольном исследовании через 6-10 месяцев остаточные изменения легких были выявлены у 66 человек (84,6%). Участки «матового стекла» обнаружены у 8 пациентов (10,8%), консолидация – у 1 пациента (1,3%), ретикулярные изменения – у 12 пациентов (15,3%), ли-

нейные и мелкоузелковые уплотнения – у 60 пациентов (76,9%) и фиброз – у 28 человек (35,9%). Примеры полного разрешения интерстициальных изменений легких и формирование интерстициального фиброза представлены на рисунках 1 (а-е) и 2 (а-е).

Средний ИТ в острую фазу составил 22, при отсроченном исследовании – был достоверно ниже и составил 4 ($p < 0,001$).

Пациенты были разделены на две группы по тяжести поражения легких в острую фазу: в первую группу вошли пациенты с легкой и среднетяжелой степенью поражения ($n=28$, 35,9%), во вторую группу вошли пациенты с тяжелой и критической степенью поражения ($n=50$, 64,1%). При изучении полученных результатов в отсроченном периоде оказалось, что ИТ в первой и второй группах достоверно не различались между собой (ИТ1гр – 2,5 [0,16], ИТ2гр – 4,5 [0,22], $p=0,61$).

Всем пациентам в отсроченном периоде была оценена ФВД. Следует отметить, что отклонения показателей от нормы были выявлены лишь у 12 пациентов (15,3%). В основном это было минимальное или умеренной снижение жизненной емкости легких (ЖЕЛ). При сопоставлении данных ФВД и ИТ всех пациентов не было выявлено достоверной корреляции между этими показателями ($R_s=0,074$, $p=0,5$).

Обсуждение.

В данном исследовании было показано, что в отсроченном периоде более чем в половине случаев в легких фиксировались остаточные поствоспалительные изменения в виде линейных и мелкоузловых уплотнений, тогда как явления фиброза выявлялись лишь у трети исследованных. У части пациентов с фиброзом (6,4%) эти изменения выявлялись и в острую фазу заболевания. Это свидетельствует о наличии у этой группы пациентов перенесенных ранее заболеваний легких. В таком случае можно предположить, что частота встречаемости фиброза в отсроченном периоде еще ниже. В исследовании, проведенном через 3 месяца после перенесенной вирусной COVID-19 пневмонии, частота встречаемости фиброза была значительно выше, чем в нашем исследовании [5]. Вероятно, это связано с короткими сроками наблюдения и с более тяжелой когортой пациентов, прошедших через реанимацию и ИВЛ.

В исследовании, проведенном через 3 месяца после госпитализации, частота остаточных изменений легких была сопоставима с нашими данными [6]. В этом исследовании авторы не указывали на тип выявляемых остаточных изменений. Считаем целесообразным разделять полученные данные на линейные изменения, мелкоузловые уплотнения и фиброз т.к. они могут иметь различные скорости обратного развития. Это совпадает с предложениями авторов из Парижского университета, которые из

остаточных изменений легких также отдельно выделили паттерн фиброза [8].

В исследовании показано, что остаточные изменения легких наблюдались в 3 раза чаще, чем нарушения ФВД, что полностью совпадает с нашими данными [6].

Мы считаем, что интегральный показатель ИТ, отражает полноценную картину изменений легких в остром и отсроченном периоде.

В нашем случае этот показатель был достоверно ниже при исследовании пациентов в отсроченном периоде. Это говорит о положительной динамике изменений легких в сторону восстановления структуры легких. Эти данные можно соотнести с результатами исследования Chaolin Huang, полученными при отсроченном наблюдении через 6 месяцев, которые также применили полуколичественный индекс оценки объема остаточных изменений легких [11].

Заключение.

Разработанный Индекс тяжести (ИТ) состояния легких, отражает картину изменений легких в остром и отсроченном периоде, и может явиться хорошим показателем для мониторинга пациентов, перенесших вирусную COVID-19-пневмонию.

У значительной части обследованных пациентов (84,6%), перенесших вирусную COVID-19 пневмонию, сохраняются остаточные изменения паренхимы легких до 6-10 месяцев, преимущественно в виде линейных уплотнений и в меньшей степени фиброза. Данные изменения не получили достоверной связи с результатами клинического осмотра и ФВД.

Источник финансирования и конфликт интересов.

Авторы данной статьи подтвердили отсутствие финансовой поддержки исследования и конфликта интересов, о которых необходимо сообщить.

Список литературы:

1. Fleischner Society. The Role of Chest Imaging in Patient Management during the COVID-19 Pandemic: A Multinational Consensus Statement from the Fleischner Society. April 7, 2020. <https://pubs.rsna.org/doi/10.1148/radiol.2020201365>
2. Сайт Всемирной организации здравоохранения. <https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/technical-guidance>
3. Centers for Disease Control and Prevention. Coronavirus disease (COVID-19): Interim clinical guidance for management of patients with confirmed coronavirus disease (COVID-19) <https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/hcp/clinical-guidance-management-patients.html>.
4. Фомин В.В., Терновой С.К., Серова Н.С. Рекомендации по лучевой диагностике у пациентов с COVID-19 (опыт Сеченовского Университета). REJR. 2020; 10 (2): 8-13. DOI:10.21569/2222-7415-2020-10-2-8-13.
5. Van Gassel RJJ, Bels JLM, Raafs A, et al. High prevalence of pulmonary sequelae at 3 months after hospital discharge in mechanically ventilated survivors of COVID-19. *Am J Respir Crit Care Med.* 2021; 203 (3): 371-374. doi:10.1164/rccm.202010-3823LE
6. Zhao YM, Shang YM, Song WB, et al. Follow-up study of the pulmonary function and related physiological characteristics of COVID-19 survivors three months after recovery. *EClinicalMedicine.* 2020; 25: 100463. doi:10.1016/j.eclinm.2020.100463
7. Wei J, Yang H, Lei P, et al. Analysis of thin-section CT in patients with coronavirus disease (COVID-19) after hospital discharge. *J Xray Sci Technol.* 2020;28(3):383-389.
8. Four-Month Clinical Status of a Cohort of Patients After Hospitalization for COVID-19. *JAMA.* Published online March 17, 2021. doi:10.1001/jama.2021.333

9. Jenifer K.Logue, Nicolas M. Franko, Denise J.McCulloch. Sequelae in adults at 6 months after COVID-19 infection. *JAMA. Netw Open.* 2021; 4 (2): e210830. doi:10.1001/jamanetworkopen.2021.0830

10. Белькинд М.Б., Гаман С.А., Стукалова О.В., Терновой С.К. Динамика изменений в остром периоде и отдаленные результаты КТ легких у пациентов, перенесших COVID-19 пневмонию. *REJR.* 2020; 10 (4): 47-59. DOI:10.21569/2222-7415-2020-10-4-47-59

References:

1. Fleischner Society. *The Role of Chest Imaging in Patient Management during the COVID-19 Pandemic: A Multinational Consensus Statement from the Fleischner Society.* April 7, 2020. <https://pubs.rsna.org/doi/10.1148/radiol.2020201365>

2. The website of the world health organization. *Coronavirus disease (COVID-19) Weekly Operational Update on COVID-19.* <https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/technical-guidance>

3. Centers for Disease Control and Prevention. *Coronavirus disease (COVID-19): Interim clinical guidance for management of patients with confirmed coronavirus disease (COVID-19)* <https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/hcp/clinical-guidance-management-patients.html>.

4. Fomin V.V., Ternovoy S.K., Serova N.S. Radiological guidelines in patients with COVID-19 (Sechenov University experience). *REJR.* 2020; 10 (2): 8-13. DOI:10.21569/2222-7415-2020-10-2-8-13 (in Russian).

5. Van Gassel RJJ, Bels JLM, Raafs A, et al. High prevalence of pulmonary sequelae at 3 months after hospital discharge in mechanically ventilated survivors of COVID-19. *Am J Respir Crit Care Med.* 2021; 203 (3): 371-374. doi:10.1164/rccm.202010-3823LE

6. Zhao YM, Shang YM, Song WB, et al. Follow-up study of the pulmonary function and related physiological characteristics of COVID-19 survivors three months after recovery. *EClini-*

11. Chaolin Huang, Lixue Huang, Yeming Wang et al. 6-month consequences of COVID-19 in patients discharged from hospital: a cohort study. *Lancet* 2021; 397: 220–32. doi.org/10.1016/S0140-6736(20)32656-8

12. Yu-miao Zhao, et all. 1Follow-up study of the pulmonary function and related physiological characteristics of COVID-19 survivors three months after recovery. *EClinical Medicine* 2020; 25:100463.DOI:<https://doi.org/10.1016/j.eclinm.2020.100463>.

calMedicine. 2020; 25: 100463. doi:10.1016/j.eclinm.2020.100463

7. Wei J, Yang H, Lei P, et al. Analysis of thin-section CT in patients with coronavirus disease (COVID-19) after hospital discharge. *J Xray Sci Technol.* 2020;28(3):383-389.

8. Four-Month Clinical Status of a Cohort of Patients After Hospitalization for COVID-19. *JAMA.* Published online March 17, 2021. doi:10.1001/jama.2021.333

9. Jenifer K.Logue, Nicolas M. Franko, Denise J.McCulloch. Sequelae in adults at 6 months after COVID-19 infection. *JAMA. Netw Open.* 2021; 4 (2): e210830. doi:10.1001/jamanetworkopen.2021.0830

10. Belkind M.A., Gaman S.A., Stukalova O.V., Ternovoy S.K. Dynamics of changes in the acute period and long-term results of chest CT in patients with COVID-19 pneumonia. *REJR.* 2020; 10 (4): 47-59. DOI:10.21569/2222-7415-2020-10-4-47-59 (in Russian).

11. Chaolin Huang, Lixue Huang, Yeming Wang et al. 6-month consequences of COVID-19 in patients discharged from hospital: a cohort study. *Lancet.* 2021; 397: 220–32. doi.org/10.1016/S0140-6736(20)32656-8

12. Yu-miao Zhao, et all. 1Follow-up study of the pulmonary function and related physiological characteristics of COVID-19 survivors three months after recovery. *EClinical Medicine* 2020; 25,100463.DOI:<https://doi.org/10.1016/j.eclinm.2020.100463>.