

Визначення динаміки та стадії розвитку COVID-19 пневмонії за допомогою цифрової програмної обробки зображень комп'ютерної томографії органів грудної клітки

О.К. Яковенко¹, Я.О. Дзюблик², М.І. Линник²

1. КП «Волинська обласна клінічна лікарня» Волинської обласної ради, м. Луцьк, Україна

2. ДУ «Національний інститут фізіатрії і пульмонології ім. Ф.Г. Яновського НАМН України», м. Київ, Україна

Конфлікт інтересів: відсутній

ОБҐРУНТУВАННЯ. Пневмонія, що виникла внаслідок інфекції SARS-CoV-2, характеризується розвитком певних радіологічних патернів, як-от «матове скло» й інші, які можна визначити тільки за допомогою комп'ютерної томографії органів грудної клітки (КТ ОГК). Використання КТ для боротьби з пандемією коронавірусної хвороби (COVID-19) у всьому світі є неоднаковим. У наукових публікаціях немає єдиної думки про інформативність КТ ОГК у разі COVID-19 пневмонії, терміни її проведення на початку захворювання та контрольні обстеження. Недостатньо вивчені віддалені наслідки хвороби, можливості програмної обробки зображень КТ для визначення динаміки процесу, прогнозування результатів та оцінювання ефективності терапії.

МЕТА. Встановити можливості цифрової програмної обробки для підвищення інформативності зображень КТ із високою роздільною здатністю й обґрунтувати її використання для визначення динаміки та стадії розвитку COVID-19 пневмонії.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ. Для аналізу зображень було використано програму Dragonfly, яка надана безкоштовно для некомерційних наукових досліджень фірмою Object Research Systems (м. Монреаль, Канада). Програма дає змогу проводити сегментацію, математичну та статистичну обробку зображень, будувати звичайні та сегментовані гістограми. Для її застосування потрібно DICOM-файли КТ переформатувати на растрові файли (TIFF, JPEG). Подальший аналіз зображень зрізів КТ здійснюється за градаціями сірого (від 64 до 512 градацій), які корелюють із показниками щільності за шкалою Хаунсфілда; це допомагає точніше визначити структуру досліджуваного органа.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ. Аналіз аксіальних зрізів КТ у разі COVID-19 пневмонії із патерном «матового скла» показав, що стандартна денситометрія не дає змоги визначити морфофункціональну різницю досліджуваних ділянок «матового скла» та встановити стадію його розвитку. Водночас сегментаційна гістограма на основі даних цифрової програмної обробки тих самих ділянок «матового скла» у хворих на COVID-19 пневмонію істотно змінюється в динаміці, завдяки чому можна зробити висновок щодо стадії розвитку пневмонії.

ВИСНОВКИ. Цифрова програмна обробка зображень КТ дає змогу визначити динаміку та стадію розвитку пневмонії при COVID-19, оцінити ефективність і необхідність лікувальних заходів. Для об'єктивного контролю запального процесу в разі COVID-19 пневмонії варто виконувати КТ під час виписки зі стаціонара, особливо у хворих, які перебували у відділенні інтенсивної терапії. За значних змін наступні контрольні дослідження потрібно проводити через 3 та 6 місяців або залежно від клінічних показань.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: COVID-19 пневмонія, «матове скло», комп'ютерна томографія, цифрова програмна обробка.

Determination of dynamics and stage of development of COVID-19 pneumonia based on digital software processing of images of computed tomography of the chest

O.K. Yakovenko¹, Ya.O. Dziublyk², M.I. Lynnyk²

1. ME "Volyn Regional Clinical Hospital" of the Volyn Regional Council, Lutsk, Ukraine

2. SI "National Institute of Phthysiology and Pulmonology named after F.G. Yanovsky of the NAMS of Ukraine", Kyiv, Ukraine

Conflict of interest: none

BACKGROUND. Pneumonia resulting from SARS-CoV-2 infection is characterized by the development of certain radiological patterns such as "ground glass" and others, which can only be detected using high-resolution computed tomography (HRCT) of the chest. The use of CT to combat the coronavirus disease (COVID-19) pandemic varies worldwide. In scientific publications, there is no consensus on the information content of CT for COVID-19 pneumonia, the timing of its implementation at the onset of the disease and control examinations. The long-term consequences of the disease, the possibilities of software processing of CT images of the chest cavity in order to study the dynamics of the process, predict outcomes and evaluate the effectiveness of the therapy, have not been sufficiently studied.

OBJECTIVE. To determine the possibilities of digital software processing to increase the information content of CT images and justify its use in determining the dynamics and stage of development of COVID-19 pneumonia.

MATERIALS AND METHODS. For image analysis, we used the Dragonfly program, which was provided free of charge for non-commercial scientific research by Object Research Systems (Montreal, Canada). The program allows you to carry out segmentation, mathematical and statistical processing of images, to build conventional and segmented histograms. To use it, it is necessary to reformat DICOM files of CT into so-called raster files (TIFF, JPEG). Further analysis of images of CT slices is performed using gray scale (from 64 to 512 gradations), which correlates with density values on the Hounsfield scale, which allows you to more accurately determine the structure of the organ under study.

RESULTS AND DISCUSSION. The analysis of CT for COVID-19 pneumonia with the "ground glass" pattern showed that standard densitometry does not allow to determine the morphofunctional difference between the studied areas of "ground glass" and to determine the stage of its development. The segmentation histogram based on digital software processing of the same "ground glass" areas of the patient with COVID-19 pneumonia has changed significantly with a clear definition of a significant difference in the density of the pattern in dynamics, on the basis of which it can be concluded that the patient is undergoing a process of recovery and COVID-19 pneumonia is at the resolution stage.

CONCLUSIONS. Carrying out digital software image processing with a CT segmentation histogram allows you to determine the dynamics and stage of development of COVID-19 pneumonia, evaluate the effectiveness and need for therapeutic measures. In order to conduct an objective control of the inflammatory process in COVID-19 pneumonia, it is necessary to conduct a HRCT of the chest at discharge from the hospital, especially in patients who were treated in the intensive care unit. If there are significant changes, follow-up studies should be carried out after 3 and 6 months, or depending on clinical indications.

KEY WORDS: COVID-19 pneumonia, "ground glass" pattern, high-resolution computed tomography, segmentation histogram.

Определение динамики и стадии развития COVID-19 пневмонии при помощи цифровой программной обработки изображений компьютерной томографии органов грудной клетки

О.К. Яковенко¹, Я.А. Дзюблик², Н.И. Линник²

1. КП «Волынская областная клиническая больница» Волынского областного совета, г. Луцк, Украина

2. ГУ «Национальный институт фтизиатрии и пульмонологии им. Ф.Г. Яновского НАМН Украины», г. Киев, Украина

Конфликт интересов: отсутствует

ОБОСНОВАНИЕ. Пневмония, возникшая в результате инфекции SARS-CoV-2, характеризуется развитием определенных радиологических паттернов, таких как «матовое стекло» и другие, которые можно обнаружить только при помощи компьютерной томографии органов грудной клетки (КТ ОГК). Использование КТ для борьбы с пандемией коронавирусной болезни (COVID-19) во всем мире неодинаково. В научных публикациях нет единого мнения об информативности КТ ОГК при COVID-19 пневмонии, сроках ее проведения в начале заболевания и контрольных обследованиях. Недостаточно изучены отдаленные последствия заболевания, возможности программной обработки изображений КТ с целью изучения динамики процесса, прогнозирования исходов и оценки эффективности проводимой терапии.

ЦЕЛЬ. Определить возможности цифровой программной обработки для повышения информативности изображений КТ и обосновать ее использование в установлении динамики и стадии развития COVID-19 пневмонии.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Для анализа изображений была использована программа Dragonfly, предоставленная бесплатно для некоммерческих научных исследований фирмой Object Research Systems (г. Монреаль, Канада). Программа позволяет проводить сегментацию, математическую и статистическую обработку изображений, строить обычные и сегментированные гистограммы. Для ее применения необходимо DICOM-файлы КТ переформатировать в растровые файлы (TIFF, JPEG). Дальнейший анализ изображений срезов КТ проводится по градациям серого (от 64 до 512 градаций), которые коррелируют с показателями плотности по шкале Хаунсфилда; это позволяет более точно определять структуру исследуемого органа.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ. Анализ аксиальных срезов КТ при COVID-19 пневмонии с паттерном «матового стекла» показал, что стандартная денситометрия не позволяет установить морфофункциональную разницу исследуемых участков «матового стекла» и определить стадию его развития. В то же время сегментированная гистограмма на основании данных цифровой программной обработки тех же участков «матового стекла» существенно меняется в динамике, благодаря чему можно сделать вывод о стадии развития пневмонии.

Выводы. Цифровая программная обработка изображений КТ позволяет определить динамику и стадию развития COVID-19 пневмонии, оценить эффективность и необходимость лечебных мероприятий. Для объективного контроля воспалительного процесса при COVID-19 пневмонии следует проводить КТ при выписке из стационара, особенно у больных, находившихся в отделении интенсивной терапии. При наличии значительных изменений последующие контрольные исследования нужно проводить через 3 и 6 месяцев или в зависимости от клинических показаний.

Ключевые слова: COVID-19 пневмония, «матовое стекло», компьютерная томография, цифровая программная обработка.

До кінця 2021 року пандемія коронавірусної хвороби (COVID-19) спричинила понад 5 млн смертей у всьому світі та перевантажила ресурси охорони здоров'я в більшості країн. Вірус SARS-CoV-2 інфікує епітеліальні клітини дихальних шляхів відповідно до їх експресії рецепторів ангіотензинперетворювального ферменту-2 [9] із розвитком різних ускладнень, які варіюють від відсутності або кількох симптомів до гострого респіраторного розладу – головної причини смерті.

Пневмонія, котра виникла внаслідок інфекції SARS-CoV-2, характеризується розвитком симптому «матового скла», що не завжди можна побачити при рентгенографії грудної клітки [19]. Європейське товариство радіологів рекомендує виконувати комп'ютерну томографію (КТ) у пацієнтів, які мають респіраторні симптоми [18]. Використання цього дослідження для боротьби з пандемією COVID-19 у всьому світі неоднакове. КТ застосовували як скринінговий тест у Китаї після початкових повідомлень про чутливість на рівні 97 % [2]. Натомість Американська колегія радіологів підрахувала, що результати використання КТ для діагностики COVID-19 пневмонії не були специфічними й перекривалися іншими інфекціями [1]. Також підвищувався ризик того, що комп'ютерні томографи стануть переносниками інфекції, а використання КТ може мати непропорційно високе співвідношення ризику та користі [10, 11]. У північній Італії КТ допомогло сортуванню пацієнтів, виключивши з протоколу коронавірусної інфекції 29 % осіб із нормальними або не пов'язаними з COVID-19 аномаліями на КТ [20]. Щоб чіткіше визначити діагностичну цінність КТ, одна з цілей проєкту «КТ-дослідження грудної клітки при COVID-19, або STOIC» – отримання знімків КТ і результатів через 1 місяць у понад 10 тис. осіб – полягала в оцінюванні чутливості та специфічності КТ, впливу тяжкості пневмонії й характеристик КТ, пов'язаних із супутніми захворюваннями, на результати пацієнтів через 1 місяць спостереження [17].

За даними інших авторів, через 3 місяці в 17-91 % виписаних пацієнтів із COVID-19 пневмонією зберігаються патологічні зміни на КТ [4, 7, 13, 22, 24]. Найвищі показники зареєстровано в пацієнтів, які були госпіталізовані до відділення інтенсивної терапії [8], тоді як у хворих із незначними ознаками гострої пневмонії в переважній більшості випадків може спостерігатися зворотний розвиток.

Контрольні КТ-дослідження органів грудної клітки (ОГК) у пацієнтів із позалікарняною пневмонією зазвичай не рекомендують, якщо симптоми зникли протягом 5-7 днів [14]. Мета подальшого контролю полягає в тому, щоб виключити основне злоякісне новоутворення, а не оцінювати залишкові паренхіматозні зміни. Прогнозування респіраторних

наслідків COVID-19 є складним завданням. З огляду на досвід інших коронавірусних інфекцій, включаючи спалахи атипової пневмонії та близькосхідного респіраторного синдрому, викликає занепокоєння розвиток постінфекційного фіброзу [3, 5]. Дослідження виявляють розвиток фіброзу легень і збереження аномальних результатів при КТ грудної клітки протягом 7 років після появи симптомів [6]. Пацієнтам, які не були госпіталізовані та не мають клінічних симптомів, може не знадобитися подальше проведення КТ ОГК.

Зважаючи на частоту різноманітної патології легень і відсутність даних про віддалені наслідки, слід розглянути питання про подальше обстеження симптомних пацієнтів, які були госпіталізовані та/або мали тяжкий клінічний перебіг захворювання. Цим пацієнтам рекомендується КТ ОГК через 3 місяці після виписки зі стационара. В осіб із незавершеними змінами на КТ ОГК рекомендовані подальше обстеження та повторна контрольна візуалізація ще через 3 місяці. У всіх випадках результати візуалізації мають корелювати з клінічними даними та тестами функції легень. Окрім того, КТ ОГК рекомендується пацієнтам із новими або прогресивними респіраторними симптомами при одужанні від COVID-19 пневмонії для оцінки можливих ускладнень, як-от пневмоторакс або супутня інфекція.

У більшості пацієнтів залишкові прояви захворювання відзначаються під час виписки. Зміни COVID-19 пневмонії переважно узгоджуються з попередньою пневмонією, що організується, та, ймовірно, зникнуть протягом 12 місяців після одужання від гострої інфекції в більшості пацієнтів. Фіброзоподібні зміни є потенційними попередниками фіброзу, але існує висока ймовірність того, що вони з часом зникнуть. Отже, наступне спостереження має бути виконане із затримкою, щоб дати змогу завершити оборотний запальний процес. Низькодозової КТ, виконаної в положенні лежачи на спині, має бути достатньо в переважній більшості пацієнтів із COVID-19 для подальшого спостереження. КТ видиху й одно- або двоенергетичні дослідження з підвищеним контрастом мають проводитися лише в окремих пацієнтів після клінічної та функціональної оцінок [12].

КТ ґрунтується на явищі поглинання рентгенівських променів електронами атомів. Тканини організму можуть відрізнятися як питомою щільністю, так і хімічним складом. У підсумку вони по-різному поглинають рентгенівські промені, що проходять крізь них.

У 2012 році було запропоновано новий підхід до аналізу зображень магнітно-резонансної томографії (МРТ) і КТ, здатний кардинально змінити процес діагностики за знімками [16, 23]. Він лежить на стику радіології, комп'ютерних

ОРИГІНАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ

наук і математичної статистики й називається радіомікою (цифрова програмна обробка зображень). Радіоміка визначає мікроскопічні параметри тканин макроскопічних зображень досліджуваного об'єкта.

Мета радіоміки – створення математичних моделей і комп'ютерних алгоритмів, які приймають на вхід медичні зображення (наприклад, МРТ- або КТ-знімки) та видають патофізіологічні особливості тканин. Запропонований підхід показав високу чутливість (87 %) і специфічність (89 %) у діагностиці та визначенні гістологічних форм утворень легень [15, 21].

Отже, в наукових публікаціях немає єдиної думки щодо інформативності КТ ОГК у разі COVID-19 пневмонії, термінів її проведення на початку захворювання та контрольних обстежень. Недостатньо вивчені віддалені наслідки хвороби, можливості програмної обробки зображень КТ ОГК для вивчення динаміки процесу, прогнозування результатів та оцінювання ефективності терапії.

Метою роботи було вивчити можливості цифрової програмної обробки для підвищення інформативності зображень КТ ОГК й обґрунтувати її використання для визначення динаміки та стадії розвитку COVID-19 пневмонії.

Матеріали та методи

Для аналізу зображень було використано програму Dragonfly, яка надана безкоштовно для некомерційних наукових досліджень фірмою Object Research Systems (м. Монреаль, Канада). Програма дає змогу проводити сегментацію, математичну та статистичну обробку зображень, будувати звичайні та сегментовані гістограми. Для її застосування потрібно DICOM-файли КТ переформатувати на растрові файли (TIFF, JPEG). Подальший аналіз зображень зрізів КТ здійснюється за градаціями сірого (від 64 до 512 градацій), які корелюють із показниками щільності за шкалою Хаунсфілда; це допомагає точніше визначити структуру досліджуваного органа.

Прикладом можливостей цифрової програмної обробки зображень КТ є обстеження пацієнтки М. На рисунку 1 представлена гістограма «матового скла» аксіального зрізу КТ ОГК на 7-му добу від початку захворювання. На рисунку 2 – гістограма «матового скла» аксіального зрізу КТ ОГК тієї самої хворої через 3 тижні. Як видно, істотно змінилися щільність «матового скла» на виділених ділянках і навіть його структура, зображена на гістограмі.

Наочніше відображають зміну структури «матового скла» сегментаційні гістограми. На рисунках 3 та 4 представлено сегментаційні гістограми тієї самої ділянки «матового скла». Стрілкою відзначено ділянки, де спостерігалася найістотніша динаміка показників щільності. Як видно з рисунку 5, сегментаційна гістограма незміненої ділянки паренхіми легень практично повністю відповідає гістограмі «матового скла», котра була зроблена через 3 тижні. Це доводить, що вже за 3 тижні в пацієнтки практично повністю зникли патологічні зміни паренхіми легень, зумовлені COVID-19 пневмонією.

При використанні стандартних дайком-в'юверів для аналізу зображень КТ із високою роздільною здатністю визначаються лише середнє, мінімальне та максимальне значення щільності на досліджуваній ділянці. Стандартні показники денситометрії наведено на рисунках 6 та 7.



Рис. 1. Гістограма «матового скла» аксіального зрізу КТ ОГК хворої М. на 7-му добу від початку захворювання, виконана із застосуванням програми Dragonfly

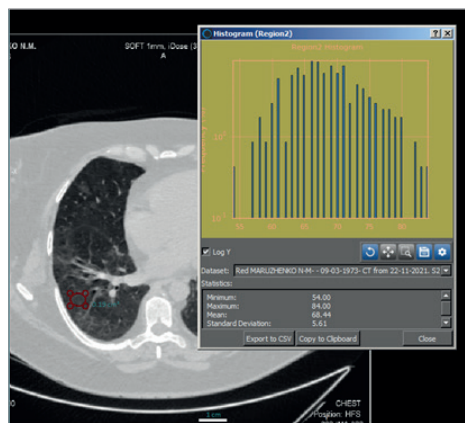


Рис. 2. Гістограма «матового скла» аксіального зрізу КТ ОГК тієї самої хворої через 3 тижні

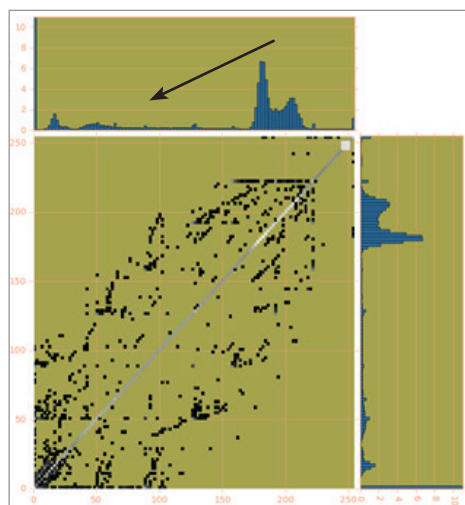


Рис. 3. Сегментаційна гістограма тієї самої ділянки «матового скла» на 7-му добу, виконана із застосуванням програми Dragonfly

ОРИГІНАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ

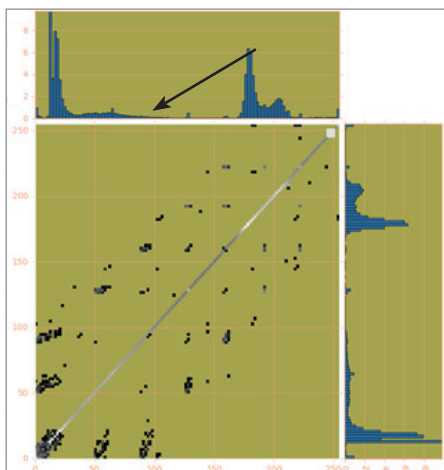


Рис. 4. Сегментаційна гістограма тієї самої ділянки «матового скла» через 3 тижні, виконана із застосуванням програми Dragonfly

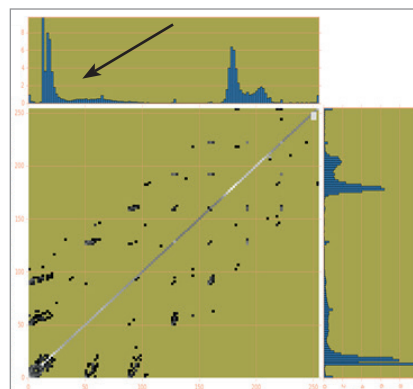


Рис. 5. Сегментаційна гістограма незміненої ділянки паренхіми легені хворої М.

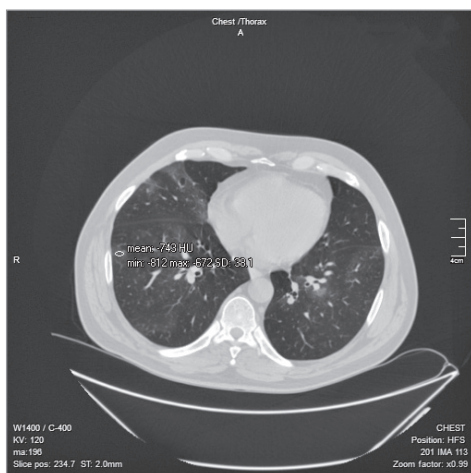


Рис. 6. Аксіальний зріз КТ хворого Г із денситометричними показниками

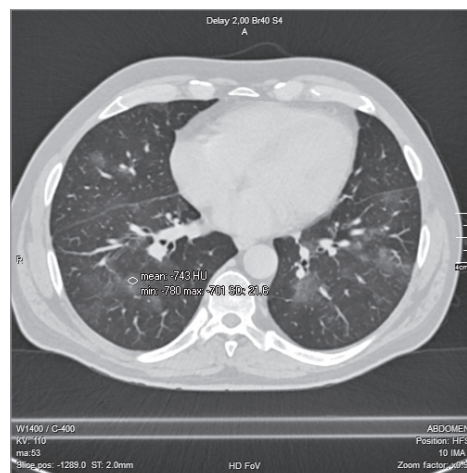


Рис. 7. Аксіальний зріз КТ того самого хворого через 50 днів



Рис. 8. Сегментаційна гістограма ділянок «матового скла» хворого Г від 30.12.2020

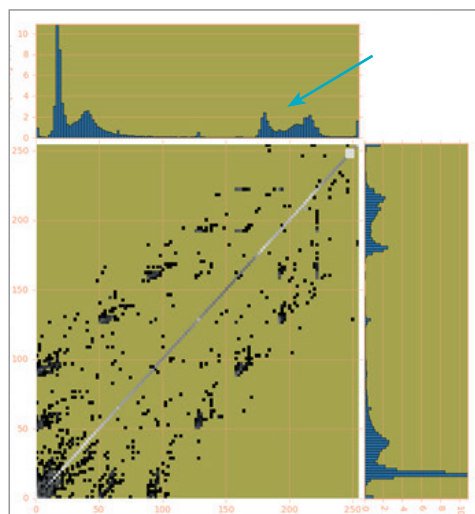


Рис. 9. Сегментаційна гістограма ділянок «матового скла» того самого хворого від 19.02.2021

■ ОРИГІНАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ

Як видно з представлених рисунків, середнє значення щільності досліджуваних ділянок «матового скла» на аксіальних зрізах КТ від 30.12.2020 та 12.02.2021 становить -743 HU (одиниці Хаунсфілда). Отже, стандартна денситометрія не дає змоги визначити морфофункціональну різницю досліджуваних ділянок «матового скла» та стадію його розвитку.

На рисунках 8 і 9 наведено сегментаційні гістограми тих самих ділянок «матового скла» хворого Г. у динаміці. Структура «матового скла» в динаміці істотно змінилася, найістотніша різниця вказана стрілкою. Сегментаційна гістограма на рисунку 9 майже повністю відповідає гістограмі незміненої ділянки паренхіми легені на рисунку 5 і «матового скла» за сприятливого перебігу процесу й одужання пацієнта на рисунку 4. Тобто можна стверджувати, що хворий

одужує, COVID-19 пневмонія перебуває на стадії завершення. Звісно, отримані дані слід зіставляти з клінічними та лабораторними показниками.

Висновки

1. Цифрова програмна обробка зображень КТ ОГК дає змогу визначити динаміку та стадію розвитку COVID-19 пневмонії, оцінити ефективність і необхідність лікувальних заходів.

2. Для об'єктивного контролю запального процесу при COVID-19 пневмонії варто виконувати КТ ОГК під час виписки зі стаціонара, особливо у хворих, які перебували у відділенні інтенсивної терапії. За наявності значних змін наступні контрольні дослідження потрібно проводити через 3 та 6 місяців або залежно від клінічних показань.

Література / References

1. ACR Recommendations for the Use of Chest Radiography and Computed Tomography (CT) for Suspected COVID-19 Infection. American College of Radiology. Available at: <https://www.acr.org/Advocacy-and-Economics/ACR-Position-Statements/Recommendations-for-Chest-Radiography-and-CT-for-Suspected-COVID19-Infection>. Accessed on January 7, 2021.
2. Ai T., Yang Z., Hou H., et al. Correlation of chest CT and RT-PCR testing for coronavirus disease 2019 (COVID-19) in China: a report of 1014 cases. *Radiology*. 2020; 296 (2): E32-E40.
3. Antonio G.E., Wong K.T., Hui D.S.C., et al. Thin-section CT in patients with severe acute respiratory syndrome following hospital discharge: preliminary experience. *Radiology*. 2003; 228: 810-815. doi: 10.1148/radiol.2283030726.
4. Balbi M., Conti C., Imeri G., et al. Post-discharge chest CT findings and pulmonary function tests in severe COVID-19 patients. *Eur. J. Radiol.* 2021; 138: 109676. doi: 10.1016/j.ejrad.2021.109676.
5. Chan K.S., Zheng J.P., Mok Y.W., et al. SARS: prognosis, outcome and sequelae. *Respirology*. 2003; 8: S36-40. doi: 10.1046/j.1440-1843.2003.00522.x.
6. Das K.M., Lee E.Y., Singh R., et al. Follow-up chest radiographic findings in patients with MERS-CoV after recovery. *Indian J. Radiol. Imaging*. 2017; 27: 342-349. doi: 10.4103/ijri.IJRI_469_16.
7. Froidure A., Mahsouli A., Liistro G., et al. Integrative respiratory follow-up of severe COVID-19 reveals common functional and lung imaging sequelae. *Respir. Med.* 2021; 181: 106383. doi: 10.1016/j.rmed.2021.106383.
8. González J., Benítez I.D., Carmona P., et al. Pulmonary function and radiologic features in survivors of critical COVID-19: a 3-month prospective cohort. *Chest*. 2021. doi: 10.1016/j.chest.2021.02.062.
9. Hoffmann M., Kleine-Weber H., Schroeder S., et al. SARS-CoV-2 cell entry depends on ACE2 and TMPRSS2 and is blocked by a clinically proven protease inhibitor. *Cell*. 2020; 181 (2): 271-280.e8.
10. Hope M.D., Raptis C.A., Shah A., Hammer M.M., Henry T.S.; six signatories. A role for CT in COVID-19? What data really tell us so far. *Lancet*. 2020; 395 (10231): 1189-1190.
11. Huang Y., Cheng W., Zhao N., Qu H., Tian J. CT screening for early diagnosis of SARS-CoV-2 infection. *Lancet Infect. Dis.* 2020; 20 (9): 1010-1011.
12. Martini K., Larici A.R., Revel M.P., et al. On behalf of the European Society of Thoracic Imaging (ESTI), the European Society of Radiology (ESR). *European Radiology* (2021). doi: 10.1007/s00330-021-08317-7.
13. Lerum T.V., Aaløkken T.M., Brønstad E., et al. Dyspnoea, lung function and CT findings three months after hospital admission for COVID-19. *Eur. Respir. J.* 2020. doi: 10.1183/13993003.03448-2020.
14. Metlay J.P., Waterer G.W., Long A.C., et al. Diagnosis and treatment of adults with community-acquired pneumonia. An official clinical practice guideline of the American Thoracic Society and Infectious Diseases Society of America. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* 2019; 200: e45-e67. doi: 10.1164/rccm.201908-1581ST.
15. Patil R., Mahadevaiah G., Dekker A. An approach toward automatic classification of tumor histopathology of non-small cell lung cancer based on radiomic features. *Tomography*. 2016; 2: 374-377.
16. Lambin P., Rios-Velazquez E., Leijenaar R., Carvalho S., et al. Radiomics: extracting more information from medical images using advanced feature analysis. *European Journal of Cancer*. 2012; (48): 441-446.
17. Revel M.-P., Boussouar S., de Margerie-Mellon C., et al. Study of thoracic CT in COVID-19: the STOIC project. *Radiology*. 2021; 301: E361-E370. doi: 10.1148/radiol.2021210384.
18. Revel M.-P., Parkar A.P., Prosch H., et al. COVID-19 patients and the radiology department – advice from the European Society of Radiology and the European Society of Thoracic Imaging. *Eur. Radiol.* 2020; 30 (9): 4903-4909.
19. Schiaffino S., Tritella S., Cozzi A., et al. Diagnostic performance of chest X-ray for COVID-19 pneumonia during the SARS-CoV-2 pandemic in Lombardy, Italy. *J. Thorac. Imaging*. 2020; 35 (4): W105-W106.
20. Sverzellati N., Milanese G., Milone F., Balbi M., Ledda R.E., Silva M. Integrated radiologic algorithm for COVID-19 pandemic. *J. Thorac. Imaging*. 2020; 35 (4): 228-233.
21. The National Lung Screening Trial Research Team. Reduced lung-cancer mortality with low-dose computed tomographic screening. *N. Engl. J. Med.* 2011; 365: 395-409.
22. Van den Borst B., Peters J.B., Brink M., et al. Comprehensive health assessment three months after recovery from acute COVID-19. *Clin. Infect. Dis.* 2020. doi: 10.1093/cid/ciaa1750.
23. Kumar V., Gu Y., Basu S., Berglund A., Eschrich S.A., et al. Radiomics: the process and the challenges. *Magnetic Resonance Imaging*. 2012; 30: 1234-1248.
24. Zhao Y.-M., Shang Y.-M., Song W.-B., 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.Ц

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ / INFORMATION ABOUT AUTHORS

Яковенко Олег Костянтинович

Завідувач відділення пульмонології КП «Волинська обласна клінічна лікарня» Волинської обласної ради.
Канд. мед. наук.

21, просп. Грушевського, м. Луцьк, 43005, Україна.
ORCID iD: orcid.org/0000-0002-9865-4314

Дзюблык Ярослав Олександрович

Провідний науковий співробітник ДУ «Національний інститут фізіотерпії і пульмонології ім. Ф.Г. Яновського НАМН України».

Д-р мед. наук.
10, вул. М. Амосова, м. Київ, 03038, Україна.
ORCID iD: orcid.org/0000-0002-6497-5267

Линник Микола Іванович

Завідувач відділу епідеміологічних та організаційних проблем фізіотерпії-пульмонології ДУ «Національний інститут фізіотерпії і пульмонології ім. Ф.Г. Яновського НАМН України».

Д-р мед. наук.
10, вул. М. Амосова, м. Київ, 03038, Україна.
ORCID iD: orcid.org/0000-0002-0011-7482

Yakovenko Oleh Kostiantynovych

Head of pulmonology department of ME "Volyn regional clinical hospital" of the Volyn regional council.
PhD.

21, Hrushevskogo ave., Lutsk, 43005, Ukraine.
ORCID iD: orcid.org/0000-0002-9865-4314

Dziublyk Yaroslav Oleksandrovych

Leading researcher of the SI "National institute of phthysiology and pulmonology named after F.G. Yanovsky of the NAMS of Ukraine".

MD, PhD.
10, M. Amosova st., Kyiv, 03038, Ukraine.
ORCID iD: orcid.org/0000-0002-6497-5267

Lynnyk Mykola Ivanovych

Head of epidemiology and organizational problems of phthysiology department of the SI "National institute of phthysiology and pulmonology named after F.G. Yanovsky of the NAMS of Ukraine".

MD, PhD.
10, M. Amosova st., Kyiv, 03038, Ukraine.
ORCID iD: orcid.org/0000-0002-0011-7482

КОНТАКТНА ІНФОРМАЦІЯ / CORRESPONDENCE TO

Линник Микола Іванович

10, вул. М. Амосова, м. Київ, 03038, Україна.
E-mail: nicklinnik1957@gmail.com

DOI: 10.32902/2663-0338-2022-1-16-22