



Роль искусственного интеллекта в оценке прогрессирующих фиброзирующих болезней легких

А.А. Сперанская[✉]

ФГБОУ ВО «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия

Аннотация

Применение в период пандемии COVID-19 программ искусственного интеллекта (ИИ) для оценки точного объема поражения легочной ткани позволило обучить им большое число рентгенологов. Простота программы определения пораженной легочной ткани при острой интерстициальной пневмонии, имеющей плотностные показатели в промежутке от -200 единиц Хаунсфилда (HU) до -730 HU, куда входят плотностные показатели «матового стекла» и ретикуляции (основных лучевых паттернов при COVID-19), позволяет точно определить степень распространенности процесса. В те же плотностные рамки укладываются характеристики хронических фиброзирующих интерстициальных заболеваний легких, имеющих прогрессирующий характер. Определение степени распространенности кистозного поражения с помощью программы обсчета эмфиземы дает полное представление об объеме утраченной легочной ткани.

Цель. Определить возможности ИИ в оценке прогрессирования фиброзирующих болезней легких.

Материалы и методы. Ретроспективный анализ данных компьютерной томографии при динамическом наблюдении 75 пациентов с прогрессирующими фиброзирующими болезнями легких позволил оценить распространенность и нарастание поражения.

Результаты. Программы определения объема поражения легочной ткани позволили точно оценить степень распространенности интерстициальных изменений при фиброзирующих болезнях легких и коррелировали с наиболее важным параметром легочного ресурса – диффузионной способностью легких. Степень нарастания интерстициальных изменений при прогрессировании и обострении имела высокую связь по шкале Чеддока ($p < 0,05$; $r = 0,72$) со степенью снижения диффузионной способности легких. Сочетание идиопатического легочного фиброза с хронической обструктивной болезнью легких, выявленное у 23 (30,6%) пациентов, и необходимость определения протяженности «сотового легкого» с крупным диаметром «сот», отмеченного у 42 (56%) больных, требовало применения сочетанного подсчета объема поражения легочной ткани с вычленением диапазона плотностей, используемых как для COVID-19-поражения легких, так и для кистозно-эмфизематозного поражения, позволяя точно оценить степень распространенности интерстициальных и кистозных изменений при идиопатическом легочном фиброзе.

Заключение. Опыт использования программ ИИ для определения степени распространенности острой интерстициальной пневмонии при COVID-19 и эмфиземы при хронической обструктивной болезни легких может быть применен для оценки прогрессирования хронических фиброзирующих интерстициальных заболеваний легких, что важно для своевременного назначения антифибротической терапии.

Ключевые слова: компьютерная томография, искусственный интеллект, прогрессирующие фиброзирующие интерстициальные заболевания легких

Для цитирования: Сперанская А.А. Роль искусственного интеллекта в оценке прогрессирующих фиброзирующих болезней легких. Терапевтический архив. 2022;94(3):409–412. DOI: 10.26442/00403660.2022.03.201407

ORIGINAL ARTICLE

The role of artificial intelligence in assessing the progression of fibrosing lung diseases

Aleksandra A. Speranskaia[✉]

Pavlov First Saint Petersburg State Medical University, Saint Petersburg, Russia

Abstract

Introduction. The widespread use of artificial intelligence (AI) programs during the COVID-19 pandemic to assess the exact volume of lung tissue damage has allowed them to train a large number of radiologists. The simplicity of the program for determining the volume of the affected lung tissue in acute interstitial pneumonia, which has density indicators in the range from -200 HU to -730 HU, which includes the density indicators of "ground glass" and reticulation (the main radiation patterns in COVID-19) allows you to accurately determine the degree of prevalence process. The characteristics of chronic interstitial pneumonia, which are progressive in nature, fit into the same density framework.

Aim. To assess AI's ability to assess the progression of fibrosing lung disease using lung volume counting programs used for COVID-19 and chronic obstructive pulmonary disease.

Results. Retrospective analysis of computed tomography data during follow-up of 75 patients with progressive fibrosing lung disease made it possible to assess the prevalence and growth of interstitial lesions.

Conclusion. Using the experience of using AI programs to assess acute interstitial pneumonia in COVID-19 can be applied to chronic interstitial pneumonia.

Keywords: computer tomography, artificial intelligence, progressive fibrosing interstitial lung diseases

For citation: Speranskaia AA. The role of artificial intelligence in assessing the progression of fibrosing lung diseases. Terapevticheskii Arkhiv (Ter. Arkh.). 2022;94(3):409–412. DOI: 10.26442/00403660.2022.03.201407

Введение

Широкое применение программ искусственного интеллекта (ИИ) в период пандемии COVID-19 для оценки точного объема поражения легочной ткани позволило обучить им

большое число рентгенологов. Простота программы определения пораженной легочной ткани при острой интерстициальной пневмонии, имеющей плотностные показатели в промежутке от -200 единиц Хаунсфилда (HU) до -730 HU,

Информация об авторе / Information about the author

[✉] Сперанская Александра Анатольевна – д-р мед. наук, проф., проф. каф. рентгенологии и радиационной медицины с рентгенологическим и радиологическим отделениями ФГБОУ ВО «Первый СПб ГМУ им. акад. И.П. Павлова». Тел.: +7(921)744-58-50; e-mail: a.spera@mail.ru; ORCID: 0000-0001-8322-4509

[✉] Aleksandra A. Speranskaia. E-mail: a.spera@mail.ru; ORCID: 0000-0001-8322-4509

куда входят плотностные показатели «матового стекла» и ретикуляции (основных лучевых паттернов при COVID-19), позволяет точно определить степень распространенности процесса (КТ-1 – до 25%, КТ-2 – 25–50%, КТ-3 – 50–75%, КТ-4 – более 75%) [1, 2]. Однако в те же плотностные рамки укладываются характеристики хронических интерстициальных заболеваний легких с прогрессирующим фиброзным фенотипом. Степень оценки прогрессирования очень важна, так как определяет тактику ведения этих больных [3, 4]. Предикторами высокого риска смерти пациентов с фиброзирующими интерстициальными заболеваниями легких являются снижение форсированной жизненной емкости легких $\geq 10\%$, диффузионной способности легких (ДСЛ) $\geq 15\%$, ухудшение результата теста 6-минутной ходьбы более чем на 50 м, нарастание одышки или объективных критериев качества жизни в течение 6–12 мес [5] и признаков фиброза при компьютерной томографии (КТ) высокого разрешения [6]. Для оценки степени прогрессирования фиброза при КТ ранее использовались визуальный мультипараметрический контроль (сравнение одноуровневых срезов КТ, выполненных в одинаковых условиях), ручной подсчет объема поражения на 3 основных срезах (верхние отделы, уровень бифуркации трахеи, базальные отделы) и программа точного количественного обсчета разных типов интерстициального поражения CALIPER [7, 8]. Все эти варианты имели недостатки (неточность при визуальной оценке и использовании только 3 уровней, трудоемкость при раздельном подсчете разных типов интерстициального поражения). Применение диапазона плотностей, используемых для диагностики COVID-19, позволит выявить объем всех интерстициальных изменений, характерных для прогрессирующего легочного фиброза, как способных к регрессии («матовое стекло», ретикуляция), так и окончательных («сотовое легкое» с мелким диаметром «сот»). Дополнение объема интерстициального поражения легких подсчетом с помощью программ ИИ объема кистозно-буллезной трансформации легочной ткани: проявления разных типов эмфиземы, воздухосодержащих кист (в том числе «сотового легкого»), часто сочетающихся с прогрессирующими легочными фиброзами и также уменьшающих легочный ресурс, позволит более точно оценить функциональное состояние пациента (особенно когда ему сложно выполнить маневры при комплексном исследовании функции внешнего дыхания). Проведение мультидисциплинарного консилиума с оценкой клинических и функциональных данных позволит понять, с чем связано нарастание интерстициальных изменений – обострением или прогрессированием фиброза, и, следовательно, определиться с тактикой лечения.

Цель исследования – определить возможности ИИ в оценке прогрессирования фиброзирующих болезней легких (ФБЛ), применяя программы подсчета объема поражения легких, использовавшиеся для COVID-19 и эмфизематозного поражения при хронической обструктивной болезни легких.

Материалы и методы

Был проведен ретроспективный анализ данных КТ при динамическом наблюдении 75 пациентов (средний возраст – $62,3 \pm 13,2$ года, соотношение мужчины:женщины – 43:32) с прогрессирующими ФБЛ. Объем поражения подсчитывался с помощью программы оценки легочной паренхимы (Thoracic VCAR, GE).

Результаты

Анализ результатов лучевых исследований выявил, что применение программ определения объема поражения

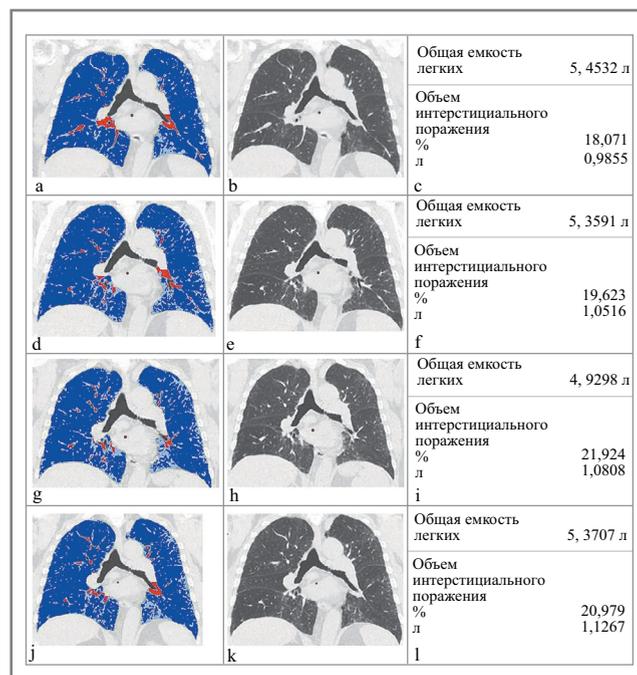


Рис. 1. Больной М., 65 лет. ИЛФ. КТ с оценкой объема поражения от 03.03.2020 – объем пораженной легочной ткани – 18,07%, что составляет 0,98 л из 5,45 л (общей емкости легких) (a, b, c). Контрольная КТ от 13.07.2020 – нарастание клинической симптоматики, увеличение объема пораженной легочной ткани – 19,62%, 1,05 л из 5,35 л (d, e, f). Контрольная КТ от 22.12.2020 – увеличение объема пораженной легочной ткани – 21,92%, 1,08 л из 4,92 л (g, h, i). Контрольная КТ от 09.06.2021 – стабилизация процесса на фоне терапии – 20,97%, 1,12 л из 5,37 л (j, k, l). В период с 03.2020 до 12.2020 отмечается снижение ДСЛ на 16% (с 70% ДСЛ до 54% ДСЛ).

Fig. 1. Patient M., 65 years old. Idiopathic pulmonary fibrosis (IPF). Computer tomography (CT) with an assessment of the extent of the lesion from 03.03.2020 – the volume of the affected lung tissue – 18.07%, which is 0.98 liters out of 5.45 liters (total lung capacity) (a, b, c). Control CT from 13.07.2020 – an increase in clinical symptoms, an increase in the volume of the affected lung tissue – 19.62%, 1.05 liters out of 5.35 liters (d, e, f). Control CT from 22.12.2020 – an increase in the volume of the affected lung tissue – 21.92%, 1.08 liters out of 4.92 liters (g, h, i). Control CT from 06.09.2021 – stabilization of the process against the background of therapy – 20.97%, 1.12 liters out of 5.37 liters (j, k, l). In the period from 03.2020 to 12.2020, there is a decrease in DLCO by 16% (from 70% from D to 54% from D).

легочной ткани с вычленением диапазона плотностей, используемых для COVID-19-поражения легких, позволил точно оценить степень распространенности интерстициальных изменений при ФБЛ и коррелировал с наиболее важным параметром легочного ресурса – ДСЛ, степень нарастания интерстициальных изменений имела высокую связь по шкале Чеддока ($p < 0,05$; $r = 0,72$) со степенью снижения ДСЛ. Клинический пример №1 изображен на рис. 1.

Частое сочетание идиопатического легочного фиброза (ИЛФ) с хронической обструктивной болезнью легких, выявленное у 23 (30,6%) пациентов, и необходимость определения протяженности «сотового легкого» с крупным диаметром «сот», отмеченного у 42 (56%) больных, требовало применения сочетанного подсчета объема пораже-

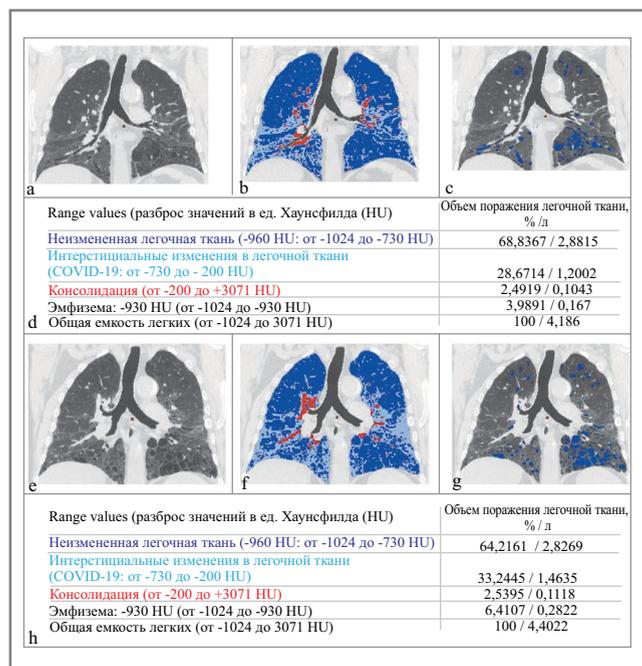


Рис. 2. Больной Л., 63 года. ИЛФ. КТ с оценкой объема поражения от 21.01.2017 – визуально (a), с помощью программы ИИ: объем интерстициального поражения легочной ткани (b, d) – 28,67%, что составляет 1,20 л из 4,18 л (общей емкости легких), объем кистозно-буллезной трансформации легочной ткани (c, d) – 3,98%, что составляет 0,16 л из 4,18 л (общей емкости легких), суммарный объем поражения – 32,65%. Контрольная КТ с оценкой объема поражения от 14.09.2021 – визуально (e), с помощью программы ИИ: объем интерстициального поражения легочной ткани (f, h) – 33,24%, что составляет 1,46 л из 4,40 л (общей емкости легких), объем кистозно-буллезной трансформации легочной ткани (g, h) – 6,41%, что составляет 0,28 л из 4,40 л (общей емкости легких), суммарный объем поражения – 39,65%. В период с 2017 по 2021 г. отмечается снижение ДСЛ на 18% (с 41% ДСЛ до 23% ДСЛ).

Fig. 2. Patient L., 63 years old. IPF. CT with an assessment of the extent of the lesion dated 21.01.2017 – visually (a), using the artificial intelligence (AI) program: the volume of interstitial damage of the lung tissue (b, d) – 28.67%, which is 1.20 liters out of 4.18 liters (total lung capacity), the volume of cystic-bullous transformation of lung tissue (c, d) – 3.98%, which is 0.16 liters of 4.18 liters (total lung capacity), the total volume of the lesion is 32.65%. Control CT with an assessment of the extent of the lesion from 14.09.2021 – visually (e), using the AI program: the volume of interstitial damage to the lung tissue (f, h) – 33.24%, which is 1.46 liters out of 4.40 liters (total lung capacity), the volume of cystic-bullous transformation of lung tissue (g, h) – 6.41%, which is 0.28 liters of 4.40 liters (total lung capacity), the total lesion volume is 39.65%. In the period from 2017 to 2021, there is a decrease in DLCO by 18% (from 41% from D to 23% from D).

ния легочной ткани с вычленением диапазона плотностей, используемых как для COVID-19-поражения легких, так и для кистозно-эмфизематозного поражения, позволяя точно оценить степень распространенности интерстициальных и кистозных изменений при ИЛФ. Клинический пример №2 изображен на рис. 2.

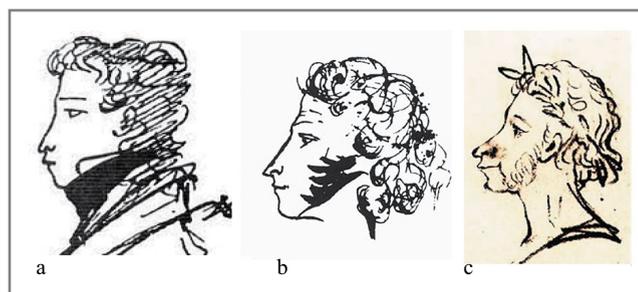


Рис. 3. Графические автопортреты Пушкина в разные периоды его жизни – старение и мудрость.

Fig. 3. The graphic image of life has been used at all times: Pushkin's graphic self-portraits – aging and the appearance of traits of wisdom.

Обсуждение

Идея использования программы ИИ оценки объема поражения легких, применяемой при острой интерстициальной пневмонии COVID-19 для прогрессирующих легочных фиброзов, лежит на поверхности, так как:

- использованию программы подсчета объема интерстициального поражения при COVID-19 обучено большое число рентгенологов, так как многие работали в госпиталях по лечению новой коронавирусной инфекции;
- программа характеризуется простотой подсчета и быстротой выполнения;
- использование одного диапазона плотностных показателей (от -200 до -730 HU) дает возможность стандартизации данных;
- при наличии данных в формате DICOM возможно проведение ретроспективного сравнения;
- программа выполняется у пациентов с прогрессирующими легочными фиброзами, находящихся в тяжелом состоянии, и в период инфекционного обострения (у которых невозможно оценить диффузионную способность легких);
- лучевые изменения однотипны при острой интерстициальной пневмонии (обострение) и постепенном фиброзном прогрессировании: появление/нарастание «матового стекла» и ретикуляции (паттерны, которые могут отражать как реверсивный процесс – острую интерстициальную пневмонию, так и неревсивный процесс – фиброзные варианты интерстициальных пневмоний) и требуют проведения мультидисциплинарного консилиума для определения тактики ведения пациента;
- возможность быстрого одновременного подсчета объема как интерстициального, так и кистозно-буллезного поражений, характерных для прогрессирующих легочных фиброзов, позволит более точно определить сохраненный объем легочной ткани, а следовательно, оценить прогноз течения заболевания;
- графическое изображение живого использовалось во все времена (рис. 3).

Дальнейшее изучение возможностей программ ИИ в оценке распространенности интерстициальных изменений при ФБЛ позволит ввести эту методику в алгоритм обследования больных, упрощая работу рентгенолога с одновременным повышением ее диагностической точности.

Заключение

Опыт использования программ искусственного интеллекта для определения степени распространенности острой интерстициальной пневмонии при COVID-19 и эмфиземы

при хронической обструктивной болезни легких может быть применен для оценки прогрессирования хронических фиброзирующих интерстициальных заболеваний легких, что важно для тактики ведения пациентов и своевременного назначения антифибротической терапии.

Раскрытие интересов. Автор декларирует отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Disclosure of interest. The author declares the absence of obvious and potential conflicts of interest.

Вклад автора. Автор декларирует соответствие своего авторства международным критериям ICMJE.

Authors' contribution. The author declares that her authorship complies with the international ICMJE criteria.

Источник финансирования. Автор декларирует отсутствие внешнего финансирования для проведения исследования и публикации статьи.

Funding source. The author declares that there is no external funding for the exploration and analysis work.

Информированное согласие на публикацию. Автор получила письменное согласие законных представителей пациента на анализ и публикацию медицинских данных и фотографий.

Consent for publication. Written consent was obtained from the patient for publication of relevant medical information and all of accompanying images within the manuscript.

Благодарность. Д.м.н., профессору М.М. Ильковичу и сотрудникам Института интерстициальных и орфанных заболеваний легких ФГБОУ ВО «Первый СПб ГМУ им. акад. И.П. Павлова» за бесценный опыт мультидисциплинарных консилиумов в Клинике НИИ интерстициальных и орфанных заболеваний легких.

Acknowledgements. To Doctor of Medical Sciences, Professor M.M. Ilkovich and the staff of the Institute of Interstitial and Orphan Lung Diseases of Pavlov First Saint Petersburg State Medical University for the invaluable experience of multidisciplinary consultations at the Clinic of the Institute of Interstitial and Orphan Lung Diseases.

Список сокращений

ДСЛ – диффузионная способность легких
ИИ – искусственный интеллект
ИЛФ – идиопатический легочный фиброз

КТ – компьютерная томография
ФБЛ – фиброзирующие болезни легких
НУ (Hounsfield units) – единицы Хаунсфилда

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

- Inui S. Radiology: Cardiothoracic Imaging, 8 April 2020. Available at: <https://www.researchgate.net/journal/Radiology-Cardiothoracic-Imaging-2638-6135>. Accessed at: 24.02.2022.
- Han X, Fan Y, Alwalid O, et al. Six-month Follow-up Chest CT Findings after Severe COVID-19 Pneumonia. *Radiology*. 2021;299(1):E177-86. DOI:10.1148/radiol.2021203153
- Flaherty KR, Wells AU, Cottin V, et al. Nintedanib in Progressive Fibrosing Interstitial Lung Diseases. *N Engl J Med*. 2019;381(18):1718-27. DOI:10.1056/nejmoa1908681
- Cottin V, Wollin L, Fischer A, et al. Fibrosing interstitial lung diseases: knowns and unknowns. *Eur Respir Rev*. 2019;28(151). DOI:10.1183/16000617.0100-2018
- Raghu G, Collard HR, Egan JJ, et al. An official ATS/ERS/JRS/ALAT statement: idiopathic pulmonary fibrosis; evidence based guidelines for diagnosis and management. *Am J Respir Crit Care Med*. 2011;183:788-824.
- Сперанская А.А., Новикова Л.Н., Двораковская И.В., и др. Лучевая и морфологическая картина фиброзирующих болезней легких: от ранних признаков до исхода. *Лучевая диагностика и терапия*. 2020;11(2):89-98 [Speranskaya AA, Novikova LN, Dvorakovskaya IV, et al. Radiation and morphological picture of fibrosing lung diseases: from early signs to outcome. *Diagnostic Radiology and Radiotherapy*. 2020;11(2):89-98 (in Russian)]. DOI:10.22328/2079-5343-2020-11-2-89-98
- Maldonado F, Moua T, Rajagopalan S, et al. Automated quantification of radiological patterns predicts survival in idiopathic pulmonary fibrosis. *Eur Respir J*. 2014;43(1):204-12. DOI:10.1183/09031936.00071812
- Jacob J, Bartholmai B, Rajagopalan S, et al. Mortality prediction in idiopathic pulmonary fibrosis: evaluation of automated computer-based CT analysis with conventional severity measures. *Eur Respir J*. 2017;49:1601011. DOI:10.1183/13993003.01011-2016

Статья поступила в редакцию / The article received: 02.02.2022



OMNIDOCTOR.RU