

УДК 616.24-002.182-073.756.8

DOI: 10.34215/1609-1175-2023-3-39-44



Возможности компьютерно-томографической денситоволюметрии в оценке динамики структурно-функциональных изменений в легких при саркоидозе органов дыхания

Е.А. Игнатьева

Дальневосточный научный центр физиологии и патологии дыхания, Благовещенск, Россия

Цель. Оценить динамику структурно-функциональных изменений в легких при саркоидозе органов дыхания методом компьютерно-томографической (КТ) денситоволюметрии с определением возможности прогнозирования течения заболевания. **Материалы и методы.** Обследованы пациенты с диагнозом «саркоидоз органов дыхания» в исходной точке ($n = 101$) и по окончании наблюдения через год ($n = 79$). Функцию внешнего дыхания оценивали по данным спирометрии форсированного выдоха, бодиплетизмографии и исследования диффузионной способности и объемов легких. Всем обследованным выполнена двухэтапная КТ легких в инспираторную и экспираторную фазы с применением метода КТ-денситоволюметрии. Оценивали динамику количественных показателей структурно-функциональных изменений в легких. **Результаты.** По истечении срока наблюдения у пациентов выявлена отрицательная, стабильная и положительная рентгенологическая динамика, характеризующаяся не только изменениями качественных признаков характерных для саркоидоза рентгенологических паттернов, но и количественными данными показателей КТ-денситоволюметрии. Использование показателя КТ-денситоволюметрии – инспираторного индекса обоих легких, показателей спирометрии – пиковой объемной скорости выдоха и отношения ОФВ₁ к ЖЕЛ в % от должных значений – в качестве независимых предикторов способно с достаточно высокой для практических целей точностью обеспечить прогноз прогрессирующего течения саркоидоза органов дыхания в течение года. **Заключение.** Показатели КТ-денситоволюметрии позволяют количественно оценить динамику структурно-функциональных изменений в легких и прогнозировать прогрессирующее течение саркоидоза органов дыхания с целью коррекции терапии.

Ключевые слова: саркоидоз органов дыхания, функция внешнего дыхания, компьютерная томография, денситоволюметрия, динамика, прогнозирование

Поступила в редакцию: 27.01.23. Получена после доработки: 30.01.23. Принята к публикации: 5.06.23

Для цитирования: Игнатьева Е.А. Возможности компьютерно-томографической денситоволюметрии в оценке динамики структурно-функциональных изменений в легких при саркоидозе органов дыхания. *Тихоокеанский медицинский журнал.* 2023;3:39–44. doi: 10.34215/1609-1175-2023-3-39-44

Для корреспонденции: Игнатьева Елена Александровна – врач-рентгенолог отделения лучевой диагностики клиники ДНЦ ФПД, аспирант, лаборатория функциональных методов исследования дыхательной системы, Дальневосточный научный центр физиологии и патологии дыхания (675000, г. Благовещенск, ул. Калинина, 22); ORCID: 0000-0003-3386-0085; e-mail: ignatyevalena6618@gmail.com

Possibilities of computed tomography densitovolumetry in assessing the dynamics of structural and functional changes in the lungs of patients with pulmonary sarcoidosis

Е.А. Ignat'eva

Far Eastern Scientific Center of Physiology and Pathology of Respiration, Blagoveshchensk, Russia

Aim. To evaluate the dynamics of structural and functional changes in the lungs of pulmonary sarcoidosis patients using computed tomography (CT) densitovolumetry with the purpose of predicting the course of the disease. **Materials and methods.** Patients with respiratory sarcoidosis were examined at the starting point ($n = 101$) and at the end of one-year follow-up ($n = 79$). The function of external respiration was assessed according to the spirometry of forced expiration, body plethysmography, and the study of diffusion capacity and lung volumes. All the examined patients underwent a two-stage CT of the lungs in the inspiratory and expiratory phases using the CT densitovolumetry method. The dynamics of quantitative indicators of structural and functional changes in the lungs was assessed. **Results.** At the end of the follow-up period, the patients showed a negative, stable, and positive radiological dynamics. Changes were observed not only in the qualitative signs of radiological patterns specific to sarcoidosis, but also in the quantitative data obtained by CT densitovolumetry. The CT densitovolumetry indicator (the inspiratory index of both lungs) and spirometry indicators (the peak expiratory flow rate and the FEV₁/FVC ratio) with respect to the normal values can be used as independent predictors for pulmonary sarcoidosis progression during a year with high accuracy. **Conclusion.** CT densitovolumetry indicators can be used to quantify the structural and functional changes in the lungs and to predict the progressive course of pulmonary sarcoidosis with the purpose of modifying the therapy.

Keywords: pulmonary sarcoidosis, respiratory function, computed tomography, densitovolumetry, dynamics, prognosis

Received 27 January 2023; Revised 30 January 2023; Accepted 5 June 2023

For citation: Ignat'eva E.A. Possibilities of computed tomography densitovolumetry in assessing the dynamics of structural and functional changes in the lungs of patients with pulmonary sarcoidosis. *Pacific Medical Journal.* 2023;3:39–44. doi: 10.34215/1609-1175-2023-3-39-44

Corresponding author: Elena A. Ignat'eva, Radiologist of the Department of Radiation Diagnostics of the Clinic of the DSC FPD, Postgraduate Student, Laboratory of Functional Methods for the Study of the Respiratory System, Far Eastern Scientific Center for Physiology and Pathology of Respiration (22 Kalinina str., Blagoveshchensk, 675000, Russia); ORCID: 0000-0003-3386-0085; e-mail: ignatyevaena6618@gmail.com

Саркоидоз – системное воспалительное заболевание, патоморфологически характеризующееся образованием неказеозных гранулем в пораженных органах [1]. Легкие поражаются более чем у 90% пациентов [2, 3]. Клиническая картина, течение и тяжесть саркоидоза переменны, что, в свою очередь, влияет на лечение и прогноз заболевания [1, 4, 5]. Для большинства пациентов саркоидоз органов дыхания (СОД) является доброкачественным, однако до 50% пациентов нуждаются в лечении, а у 10–30% пациентов развивается хроническое изнурительное заболевание, в некоторых случаях (5–30%) с выраженным легочным фиброзом и различной степенью дыхательной недостаточности [6].

Саркоидоз является диагнозом исключения без надежного биомаркера для мониторинга течения заболевания [7]. Для прогнозирования течения саркоидоза органов дыхания используют снижение ФЖЕЛ, признаки легочной гипертензии и легочного фиброза [8].

Определяющая роль в диагностике СОД на сегодня принадлежит медицинской визуализации и, в частности, компьютерной томографии (КТ). Данные КТ-исследований позволяют контролировать течение болезни и эффективность проводимой терапии [8], но результат визуального анализа изображений может сильно различаться даже у одинаково подготовленных специалистов лучевой диагностики, что мотивирует на поиск методов обработки цифровых изображений, которые позволили бы дать точные количественные характеристики выявленных изменений.

Цель работы: оценить динамику структурно-функциональных изменений в легких у больных саркоидозом органов дыхания методом КТ-денситоволюметрии с определением возможности прогнозирования течения заболевания.

Материалы и методы

В исследовании участвовал 101 пациент с диагнозом саркоидоз органов дыхания (69,3% женщин, 30,7% мужчин), средний возраст $46,8 \pm 1,3$ года. Критерии включения: мужчины и женщины в возрасте от 18 до 75 лет, диагноз СОД, установленный в соответствии с Международной классификацией болезней (МКБ-10), Федеральными клиническими рекомендациями [9], критериями WASOG [10], подписанное перед исследованием информированное согласие. Критерии исключения: бронхиальная астма, хронический обструктивный бронхит, активный туберкулез, рак легкого и другие заболевания органов дыхания в активной фазе, беременность, кормление грудью.

Исследование проведено с соблюдением требований Хельсинкской декларации (Этические принципы проведения медицинских исследований с участием человека в качестве субъекта, 2013), Федерального закона 323-ФЗ от 21 ноября 2011 г. «Об основах охраны

здоровья граждан в Российской Федерации» (с изменениями от 25 июня 2012 г.) и одобрения Комитета по биомедицинской этике Дальневосточного научного центра физиологии и патологии дыхания (протокол №143 от 15 декабря 2020 г.).

По дизайну когортное наблюдательное проспективное исследование включало в себя исходно и через год: оценку вентиляционной функции легких методом спирометрии (Easy on-PC; nddMedizintechnik AG, Швейцария) с анализом параметров поток-объем форсированного выдоха (ОФВ₁, ФЖЕЛ, ПОС, ОФВ₁/ЖЕЛ, МОС₇₅, СОС_{25–75}); оценку воздухонаполненности легких методом общей плетизмографии (Power Cube BODY+; Гансхорн, Германия) с определением общей емкости легких (ОЕЛ), остаточного объема легких (ООЛ); исследование общей (DLCO) и удельной (КСО) диффузионной способности легких по СО методом одиночного вдоха (СО-Diffusion, Гансхорн, Германия). Условия проведения функциональных исследований были соблюдены в соответствии с требованиями [11].

Двухэтапную КТ органов грудной клетки выполняли на сканерах Canon Aquilion Lightning 160 и Activion 16 (Toshiba, Япония) на уровне максимального вдоха и выдоха, с последующей трехмерной реконструкцией. С помощью программного обеспечения Vitrea Lung Density Analysis с автоматической сегментацией анализировали полученные изображения [12]. Для количественной оценки использовали предложенный нами ранее трехуровневый денситометрический диапазон: от -850 HU и ниже (верхний диапазон плотности, соответствующий плотности воздуха); от -850 HU до -650 HU (средний диапазон плотности, соответствующий плотности нормальной легочной ткани) и от -650 до 0 HU (нижний диапазон плотности, соответствующий плотности измененной, слабоаэрируемой легочной ткани) [12].

Оценивали объемные параметры, полученные методом автоматической денситоволюметрии (в мл): объем в верхнем диапазоне плотности в инспираторную фазу дыхания – суммарная инспираторная воздухонаполненность обоих легких (ИВ₂); объем в среднем диапазоне плотности в инспираторную фазу в обоих легких (ИС₂); объем в нижнем диапазоне плотности в инспираторную фазу в обоих легких (ИН₂); инспираторный индекс обоих легких (ИИ₂), рассчитанный как ИВ₂/(ИВ₂ + ИС₂); объем в верхнем диапазоне плотности в экспираторную фазу дыхания – суммарная экспираторная воздухонаполненность обоих легких (ЭВ₂) [12].

Статистическую обработку проводили с помощью стандартных методов вариационной статистики с использованием программы «Автоматизированная система диспансеризации» [13]. Для представления выборки с нормальным распределением использовали среднее значение (M) и стандартную ошибку

среднего (m) ($M \pm m$), для выборок с распределением, отличным от нормального – медиану и интерквартильный размах (Me (Q1; Q3)). При нормальном типе распределения использовали непарный и парный t -критерий Стьюдента, при распределении данных, отличным от нормального, применяли критерии Колмогорова – Смирнова и Манна – Уитни, парный критерий Уилкоксона. Для всех величин значение p менее 0,05 считалось значимым. Для построения прогностической модели использован множественный пошаговый дискриминантный анализ.

Результаты исследования

Согласно классификации J.G. Scadding [14], стадия 0 определена у троих участников исследования (3%), стадия I у восьми (8%), стадия II у пятидесяти (49%), стадия III у тридцати трех (33%) и стадия IV – у семи (7%) пациентов. Из 79 пациентов, обследованных через год, 30% (24 человека) получали лечение глюкокортикостероидами, а 56% (44) принимали витамин E и пентоксифиллин в сочетании или в виде монотерапии.

При оценке показателей спирометрии в общей группе пациентов с саркоидозом наблюдалась высокая вариабельность параметров, при этом средние значения по группе были в границах нормы (табл. 1).

В то же время по основным показателям КТ-денситоволюметрии в общей группе пациентов с СОД

отмечалась достоверная динамика (табл. 2). Установлен статистически значимый прирост показателей воздухонаполненности как в инспираторную (ИВ₂), так и в экспираторную фазу дыхания (ЭВ₂).

При корреляционном анализе в общей группе пациентов СОД установлено наличие достоверных связей ряда показателей КТ-денситоволюметрии с параметрами проходимости бронхов. Так, ИВ₂ в начале наблюдения с высокой достоверностью коррелировал с ФЖЕЛ ($r = 0,39; p = 0,0002$), ОФВ₁ ($r = 0,38; p = 0,0003$), ПОС ($r = 0,36; p = 0,0005$), через год наблюдалось усиление его связей с ФЖЕЛ ($r = 0,48; p < 0,0001$) и ОФВ₁ ($r = 0,44; p = 0,0002$). Достоверная отрицательная связь была определена между исходными значениями ЭВ₂ и ОФВ₁/ЖЕЛ ($R_S = -0,45; p < 0,0001$), СОС₂₅₋₇₅ ($R_S = -0,39; p = 0,0002$), спустя год наблюдения эти связи не определялись. В начале наблюдения были зафиксированы отрицательные взаимосвязи КТ-показателей ИС₂, ИН₂ с ОФВ₁ ($r = -0,33; p = 0,0016; r = -0,45; p < 0,0001$, соответственно), через год наблюдалось усиление этих связей. ИИ₂ в начале исследования положительно коррелировал с ФЖЕЛ ($r = 0,51; p < 0,0001$), в конце наблюдения добавилась его взаимосвязь с ОФВ₁ ($r = 0,52; p < 0,0001$).

Ретроспективно пациенты были разделены на три группы в зависимости от особенностей течения болезни на протяжении года наблюдения: группа А (15 человек) – с отрицательной рентгенологической картиной через год, проявлявшейся увеличением внутригрудных лимфатических узлов более 5 мм по малому вектору

Таблица 1

Показатели функции внешнего дыхания у больных СОД в динамике

Показатель	Исходные данные	Через год	Значимость различий
ФЖЕЛ (% долж.)	101,2 ± 2,6	103,8 ± 1,6	$p = 0,2012$
ОФВ ₁ (% долж.)	100,7 ± 2,0	99,1 ± 1,9	$p = 0,1979$
ОФВ ₁ /ЖЕЛ (%)	99,0 ± 0,9	98,8 ± 0,9	$p = 0,7642$
ПОС (% долж.)	103,7 ± 2,2	99,8 ± 2,2	$p = 0,0485$
МОС ₅₀ (% долж.)	91,4 ± 5,9	89,4 ± 3,3	$p = 0,7486$
МОС ₇₅ (% долж.)	70,2 ± 3,4	70,0 ± 3,4	$p = 0,9505$
СОС ₂₅₋₇₅ (% долж.)	86,9 ± 3,6	83,1 ± 3,3	$p = 0,2176$
ООЛ (% долж.)	117,5 [98,0; 150,0]	108,5 [89,0; 130,0]	$p = 0,1451$
ОЕЛ (% долж.)	109,0 [95,0; 123,0]	108,0 [98,0; 119,0]	$p = 0,5942$
ООЛ/ОЕЛ (% долж.)	109,0 [94,0; 126,0]	101,0 [82,0; 193,0]	$p = 0,0412$
DLCO (%)	97,0 [85,0; 106,0]	94,0 [86,0; 108,0]	$p = 0,2718$
KCO (%)	103,0 [93,5; 117,0]	104,0 [90,0; 114,0]	$p = 0,6714$

Таблица 2

Показатели КТ-денситоволюметрии больных СОД в динамике

Показатель	Исходные данные	Через год	Значимость различий
ИВ ₂ (мл)	3456,0 ± 135,6	3838,2 ± 151,9	$p = 0,0001$
ЭВ ₂ (мл)	85,0 [16,5; 224,0]	199,0 [60,0; 491,0]	$p < 0,0001$
ИИ ₂	0,7 ± 0,02	0,8 ± 0,01	$p < 0,0001$
ИС ₂ (мл)	1199,7 ± 63,2	786,4 ± 44,6	$p < 0,0001$
ИН ₂ (мл)	326,4 ± 14,7	299,6 ± 11,9	$p = 0,0029$

и увеличением объема характерных для саркоидоза изменений в легких), группа Б (39 человек) – со стабильной рентгенологической картиной, группа С (25 человек) – с положительной рентгенологической динамикой, проявлявшейся уменьшением размеров внутригрудных лимфатических узлов по малому вектору более чем на 5 мм и уменьшением объема патологических изменений в паренхиме легких.

При сравнении в динамике данных спирометрии в группе А определено достоверное снижение $ОФВ_1$ (рис. 1). Его величина стала статистически значимо меньше, чем в группе Б ($91,7 \pm 5,7$ и $102,1 \pm 1,8\%$, соответственно, $p = 0,0265$). Величина ФЖЕЛ в группах А и Б к концу наблюдения также статистически значимо различалась ($94,9 \pm 6,1$ и $107,1 \pm 2,5\%$, соответственно, $p = 0,0309$). В группе Б в динамике наблюдалось статистически значимое снижение ПОС. В группе С статистически значимо не изменился ни один из показателей спирометрии.

Показатели бодиплетизмографии во всех трех группах оставались достаточно стабильными на протяжении года. При этом в группах А и Б к концу наблюдения определена значимая межгрупповая разница ОЕЛ ($89,9 \pm 6,5$ и $114,5 \pm 3,0\%$ соответственно, $p = 0,0079$) и ООЛ ($84,2 \pm 11,5$ и $124,5 \pm 9,4\%$ соответственно, $p = 0,0358$).

Параметры общей (DLCO) и удельной (KCO) диффузионной способности легких исходно и через год

в группе А достоверно не изменялись. DLCO составил $90,5 [76,5; 107,0]$ и $88,9 [78,0; 97,5]\%$ соответственно, ($p = 0,6356$); KCO $96,0 [84,0; 120,0]$ и $96,0 [87,5; 112,0]\%$ соответственно ($p = 0,4413$). В группе В DLCO составил $102,0 [93,0; 111,0]$ и $99,5 [91,5; 112,5]\%$ ($p = 0,7156$); KCO $105,0 [99,0; 118,5]$ и $107,0 [98,5; 114,0]\%$ ($p = 0,2326$). В группе С DLCO составил $86,0 [81,0; 101,0]$ и $91,0 [83,5; 101,5]\%$ ($p = 0,0980$); KCO $96,0 [85,0; 111,0]$ и $91,0 [83,5; 101,5]\%$ ($p = 0,4603$).

При анализе КТ-денситоволюметрических показателей в динамике в группе А определено статистически значимое уменьшение $ИС_2$, $ЭВ_2$ (рис. 2). Показатель $ИИ_2$ в группе А достоверно увеличился с $0,6 \pm 0,04$ до $0,7 \pm 0,03$ ($p = 0,0007$). В группе Б через год отмечено увеличение $ИВ_2$, $ЭВ_2$, тогда как $ИС_2$ и $ИН_2$ достоверно снижались (рис. 2), а $ИИ_2$ увеличивался с $0,7 \pm 0,04$ до $0,8 \pm 0,001$ ($p = 0,0011$). Анализ динамики параметров КТ-денситоволюметрии в группе С показал статистически значимое увеличение $ИВ_2$, $ЭВ_2$ и снижение $ИС_2$, $ИН_2$ (рис. 2). Показатель $ИИ_2$ увеличивался с $0,7 \pm 0,03$ до $0,8 \pm 0,02$ ($p = 0,0063$).

По окончании наблюдения определена межгрупповая статистически значимая разница значений показателей КТ-денситоволюметрии между группами А и Б: $ИВ_2$ ($3171,3 \pm 296,7$ и $3983,9 \pm 212,4$ мл, $p = 0,0429$), $ИС_2$ ($1099,9 \pm 117,4$ и $711,0 \pm 49,9$ мл, $p = 0,0008$), $ИН_2$ ($418,5 \pm 41,7$ и $280,7 \pm 12,4$ мл, $p = 0,0001$), $ИИ_2$ ($0,73 \pm 0,03$ и $0,84 \pm 0,01$, $p = 0,0008$); между группами А и С:

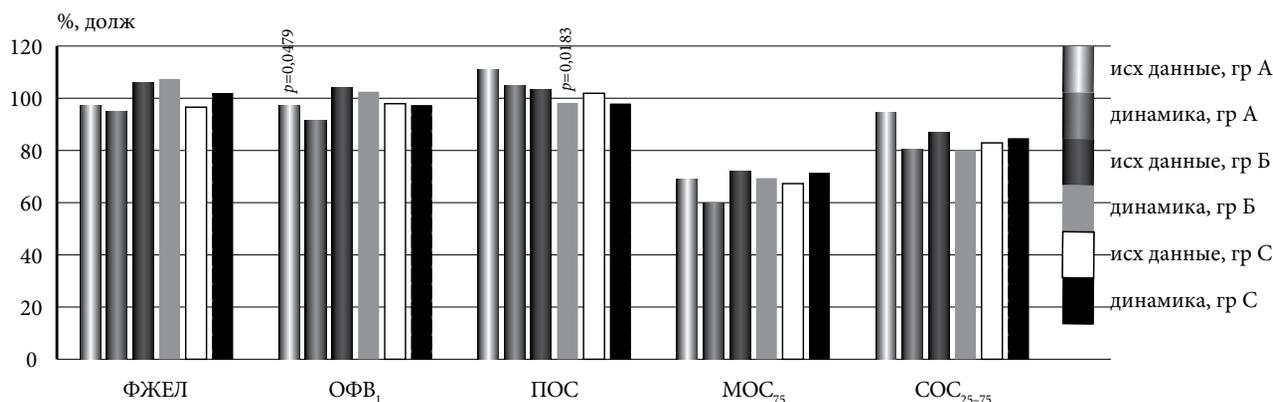


Рис. 1. Показатели спирометрии в динамике у пациентов с СОД.

Здесь и далее: p – уровень значимости различий показателя между исходными данными и через год (парный метод).

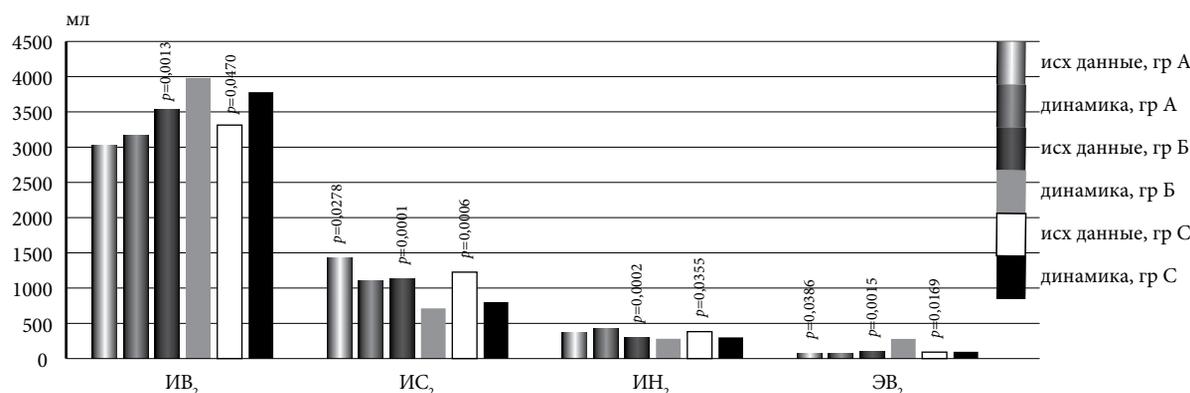


Рис. 2. Показатели КТ-денситоволюметрии в динамике у пациентов с СОД.

ИС₂ (1099,9 ± 117,4 и 801,1 ± 76,3 мл, $p = 0,0322$), ИН₂ (418,5 ± 41,7 и 299,4 ± 41,7 мл, $p = 0,007$).

Наличие статистически достоверных различий, а также корреляционных связей между группами, сформированными на основании качественных данных КТ, дало основание предполагать возможность прогнозирования течения СОД.

С целью прогнозирования течения заболевания, ретроспективно, по исходным данным пациенты с положительной рентгенологической динамикой и стабильной рентгенологической картиной были объединены в одну группу, вторую группу составили пациенты с отрицательной рентгенологической динамикой. Из всей совокупности изученных параметров были выбраны переменные, которые наилучшим образом способны прогнозировать у этих пациентов ухудшение течения болезни. Путем применения пошагового дискриминантного анализа построено дискриминантное уравнение, включающее спирометрические и денситометрические параметры: пиковую объемную скорость форсированного выдоха (ПОС, в % от должного), отношение ОФВ₁/ЖЕЛ (в % от должного) и ИИ₂, рассчитанный по формуле $ИИ_2 = ИВ_2 / (ИВ_2 + ИС_2)$.

Построенное дискриминантное уравнение имеет вид:

$$D = -0,370 \times \text{ОФВ}_1/\text{ЖЕЛ} (\%, \text{ долж}) - 0,263 \times \text{ПОС} (\%, \text{ долж}) + 42,642 \times \text{ИИ}_2,$$

где D – дискриминантная функция с граничным значением, равным -53,54.

При D меньше граничного значения дискриминантной функции прогнозируют прогрессирующее течение саркоидоза органов дыхания. Вероятность ошибочного прогноза, рассчитанная при помощи автоматизированной системы для научных исследований в области физиологии и патологии дыхания человека, составляет 0,6% [13].

Обсуждение полученных данных

Оценивая результаты проведенного исследования, следует подчеркнуть, что относительно благоприятное течение саркоидоза органов дыхания с улучшением показателей в годичной динамике регистрировалось лишь у 31,6% пациентов, стабильное течение наблюдалось в 49,4% случаев. По нашим данным, ухудшение наступило в 19% случаев, что могло быть связано с неэффективностью проводимой терапии, ее недостаточностью или отсутствием мотивации применения. Так, анкетирование пациентов с использованием вопросника потенциальной приверженности лечению КОП-25п [15] показало, что 29% больных не заинтересованы в постоянном использовании препаратов и имеют низкую мотивацию.

У пациентов СОД в общей группе показатель КТ-денситоволюметрии, характеризующий воздухонаполненность легких на вдохе (исходный и через год), имел положительные корреляционные взаимосвязи с показателями бронхиальной проходимости и воздухона-

полненности, определенными методом спирометрии, что свидетельствовало о возможности использования его в качестве маркера нарушений вентиляционной функции легких. Показатель, характеризующий воздухонаполненность легких на выдохе, был обратно зависим от проходимости дыхательных путей как на уровне проксимальных, так и дистальных бронхов. К концу наблюдения отмечалось усиление отрицательных взаимосвязей спирометрических показателей бронхиальной проходимости с инспираторными показателями объемов в среднем и нижнем диапазонах плотности. Это объясняется тем, что уменьшение объема структурных изменений в легких привело к улучшению вентиляционной функции.

Стратификация пациентов по качественным рентгенологическим признакам позволила выявить значимую межгрупповую разницу между показателями в динамике, отражающими как структурные, так и функциональные изменения в легких.

Различные варианты развития болезни у конкретных пациентов диктуют насущную потребность в прогнозировании течения СОД. Метод КТ-денситоволюметрии количественно отражает изменения объемов в легких в выбранных денситометрических диапазонах, не противореча данным качественного анализа КТ-изображений, способен выявлять динамические структурно-функциональные изменения даже в случаях, когда качественная оценка КТ-данных и функциональные тесты значимых изменений не фиксируют; метод лишен субъективизма со стороны исследователя, поскольку результатом его являются конкретные количественные данные. КТ-денситоволюметрия может стать реальной альтернативой или дополнительным инструментом для исследования функции легких у пациентов с СОД. Предложенный способ прогнозирования прогрессирующего течения СОД на основании показателей КТ-денситоволюметрии обеспечивает необходимую персонализацию стратегии лечения болезни. Его внедрение в клиническую практику требует дальнейших проспективных и контролируемых исследований.

Заключение

Показатели КТ-денситоволюметрии позволяют количественно оценить динамику структурно-функциональных изменений в легких у пациентов с саркоидозом органов дыхания и прогнозировать прогрессирующее течение болезни. В протоколах КТ-исследований помимо стандартного описания качественных характеристик выявленных изменений необходимо указывать значения основных показателей КТ-денситоволюметрии. При этом ИВ₂ и ЭВ₂ отражают наличие функциональных изменений, а ИС₂ и ИН₂ характеризуют объем измененной структуры легких. Эти показатели позволяют определить степень тяжести нарушений и провести их количественную оценку в динамике для дальнейшей коррекции тактики лечения. Режим диспансерного наблюдения за пациентами

с саркоидозом определяется лечащим врачом в индивидуальном порядке и зависит от течения заболевания, объема поражения и наличия осложнений. КТ-исследование с применением денситоволюметрии целесообразно проводить при первичном обращении и ежегодно при дальнейшем наблюдении пациента для возможности прогнозирования прогрессирующего течения болезни.

Конфликт интересов: автор декларирует отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Источник финансирования: работа выполнена в рамках выполнения государственного задания Минобрнауки России по теме 0420-2020-0001.

Литература / References

1. Crouser ED, Maier LA, Wilson KC, Bonham CA, Morgenthau AS, Patterson KC, et al. Diagnosis and detection of sarcoidosis. An official American thoracic society clinical practice guideline. *Am J Respir Crit Care Med*. 2020;201:e26–51. doi: 10.1164/rccm.202002-0251ST
2. Baughman RP, Teirstein AS, Judson MA, Rossman MD, Yeager H, Bresnitz EA, et al. Clinical characteristics of patients in a case control study of sarcoidosis. *Am J Respir Crit Care Med*. 2001;164:1885–9. doi: 10.1164/ajrccm.164.10.2104046
3. Zhou Y, Gerke AK, Lower EE, Vizek A, Talwar D, Strambu I, et al. The impact of demographic disparities in the presentation of sarcoidosis: a multicenter prospective study. *Respir Med*. 2021;187:106564. doi: 10.1016/j.rmed.2021.106564
4. Baughman RP, Scholand MB, Rahaghi FF. Clinical phenotyping: role in treatment decisions in sarcoidosis. *Eur Respir Rev*. 2020;29:190145. doi: 10.1183/16000617.0145-2019
5. Baughman RP, Valeyre D, Korsten P, Mathioudakis AG, Wuyts WA, Wells A, et al. ERS clinical practice guidelines on treatment of sarcoidosis. *Eur Respir J*. 2021;58:2004079. doi: 10.1183/13993003.04079-2020
6. Judson MA, Baughman RP, Thompson BW, Teirstein AS, Terzin ML, Rossman MD, et al. Two year prognosis of sarcoidosis: the ACCESS experience. *Sarcoidosis Vasc Diffuse Lung Dis*. 2003;20:204–11.
7. Morgenthau AS, Iannuzzi MC. Recent advances in sarcoidosis. *Chest*. 2011;139(1):174–82. doi: 10.1378/chest.10-0188
8. Терпигорев С.А., Ильченко В.А. Прогностический алгоритм течения саркоидоза легких и внутригрудных лимфоузлов. *Альманах клинической медицины*. 2014;35:42–8 [Terpigorev SA, Ilchenko VA. Prognostic algorithm for disease flow in pulmonary and thoracic lymph nodes sarcoidosis. *Almanac of Clinical Medicine*. 2014;35:42–8 (In Russ.)]. doi: 10.18786/2072-0505-2014-35-42-48
9. Визель А.А., Визель И.Ю. Саркоидоз: основные положения проекта федеральных клинических рекомендаций. *Терапия*. 2019;5:20–6 [Vizel AA, Vizek IY. Sarcoidosis: the main provisions of the draft federal clinical guidelines. *Therapy*. 2019;5:20–6 (In Russ.)]. doi: 10.18565/therapy.2019.5.20-26
10. Statement on sarcoidosis. Joint Statement of the American Thoracic Society (ATS), the European Respiratory Society (ERS) and the World Association of Sarcoidosis and Other Granulomatous Disorders (WASOG) adopted by the ATS Board of Directors and by the ERS Executive Committee, February 1999. *Am J Respir Crit Care Med*. 1999;160(2):736–55. doi: 10.1164/ajrccm.160.2.ats4-99
11. Функциональная диагностика: национальное руководство / под ред. Н.Ф. Берестень, В.А. Сандрикова, С.И. Федоровой. М.: ГЭОТАР-Медиа. 2019; 784. [Functional Diagnostics: National Guide / ed. N.F. Beresten, V.A. Sandrikov, S.I. Fedorova. Moscow: GEOTAR-Media. 2019; 784 (In Russ.)].
12. Игнатъева Е.А., Ильин А.В., Перельман Ю.М. Диагностика легочного саркоидоза методом компьютерно-томографической денситоволюметрии. *Бюллетень физиологии и патологии дыхания*. 2022; 1(84): 49–62. [Ignat'eva EA, Il'in AV, Perelman JM. Diagnostics of pulmonary sarcoidosis by the method of computed tomography densitovolumetry. *Bulletin Physiology and Pathology of Respiration*. 2022;(84):49–62 (In Russ.)]. doi: 10.36604/1998-5029-2022-84-49-62
13. Ульянычев Н.В. Системность научных исследований в медицине. Saarbrücken: LAP LAMBERT. 2014: 140 [Ulyanychev NV. Consistency of scientific research in medicine. Saarbrücken: LAP LAMBERT. 2014: 140].
14. Scadding JG. Prognosis of intrathoracic sarcoidosis in England. A review of 136 cases after five years' observation. *Br Med J*. 1961;2(5261):1165–72. doi: 10.1136/bmj.2.5261.1165
15. Николаев Н.А., Скирденко Ю.П. Российский универсальный опросник количественной оценки приверженности к лечению (КОП-25). *Клиническая фармакология и терапия*. 2018; 27(1):74–8 [Nikolaev NA, Skirdenko YP. Russian universal questionnaire for the quantitative assessment of adherence to treatment (KOP-25). *Clinical Pharmacology and Therapy*. 2018;27(1):74–8 (In Russ.)].