

УДК 616-073.756.8(616.233-002+616.24-002)

DOI: 10.36604/1998-5029-2024-94-63-70

РЕНТГЕНО-ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ДИАГНОСТИКА ПОРАЖЕНИЯ МЕЛКИХ И КРУПНЫХ ДЫХАТЕЛЬНЫХ ПУТЕЙ У БОЛЬНЫХ ВНЕБОЛЬНИЧНОЙ ПНЕВМОНИЕЙ

А.В.Ильин, Е.А.Игнатьева, Н.С.Безруков, Ю.М.Перельман

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Дальневосточный научный центр физиологии
и патологии дыхания», 675000, г. Благовещенск, ул. Калинина, 22

РЕЗЮМЕ. Цель: оценить денситометрические показатели легочной ткани, свидетельствующие о поражении мелких дыхательных путей, и морфометрические показатели крупных бронхов у пациентов с внебольничной пневмонией в динамике до и после лечения, проанализировать их диагностическую и клиническую значимость в сравнении с параметрами спирометрического исследования. **Материалы и методы.** Проанализированы данные компьютерной томографии (КТ) и спирографии 44 пациентов с внебольничной пневмонией до и после лечения с интервалом 10-14 дней между исследованиями. Пациенты были разделены на 2 группы согласно изменению воздухонаполненности по данным первичной КТ. Функцию внешнего дыхания оценивали по показателям спирометрии форсированного выдоха. Всем обследованным была выполнена КТ легких в инспираторную фазу с измерением объемов в 3 диапазонах плотности, морфометрических показателей крупных бронхов. **Результаты.** После курса противовоспалительной терапии отмечалось восстановление воздухонаполненности легких в обеих группах. Установлено, что воздухонаполненность нарушалась в обоих легких, независимо от локализации изменений легочной ткани (односторонней или двусторонней), что, по нашему мнению, было связано с поражением бронхов. В группе с пониженной воздухонаполненностью была выявлена положительная корреляционная взаимосвязь между внутренним диаметром В10 правого легкого и объемом форсированного выдоха за 1 сек (ОФВ₁) ($r=0,51$, $p<0,0001$), отрицательная – между толщиной стенки В10 правого легкого и ОФВ₁ ($r=-0,53$, $p<0,0001$). В группе пациентов с повышенной воздухонаполненностью легких выявлялись положительные корреляционные взаимосвязи между внутренним диаметром В10 и ОФВ₁ ($r=0,46$, $p=0,0001$), между показателем инспираторной воздухонаполненности и ОВФ₁ ($r=0,80$, $p<0,0001$). **Заключение.** Рентгенофункциональная оценка вентиляционных нарушений методом КТ высокого разрешения с постпроцессингом позволяет определить тип и обратимость нарушения вентиляционной функции легких и тем самым существенно дополнить визуальную характеристику поражения легких при внебольничной пневмонии.

Ключевые слова: внебольничная пневмония, компьютерная томография, воздухонаполненность легких, обструкция бронхов.

X-RAY-FUNCTIONAL DIAGNOSTICS OF SMALL AND LARGE AIRWAYS DAMAGE IN PATIENTS WITH COMMUNITY-ACQUIRED PNEUMONIA

A.V.Ilin, E.A.Ignat'eva, N.S.Bezrukov, Yu.M.Perelman

Far Eastern Research Center for Physiology and Pathology of Respiration, 22 Kalinina Str., Blagoveshchensk, 675000,
Russian Federation

SUMMARY. Aim: To assess the densitometric parameters of lung tissue indicative of small airway involvement and the morphometric parameters of large bronchi in patients with community-acquired pneumonia before and after treatment, and to analyze their diagnostic and clinical significance in comparison with spirometric parameters. **Materials and**

Контактная информация

Андрей Валерьевич Ильин, канд. мед. наук, зав. отделением лучевой диагностики, врач-рентгенолог, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Дальневосточный научный центр физиологии и патологии дыхания», 675000, Россия, г. Благовещенск, ул. Калинина, 22. E-mail: alero82@yandex.ru

Correspondence should be addressed to

Andrey V. Ilin, PhD (Med.), Roentgenologist, Head of Department of X-Ray Diagnostics, Far Eastern Scientific Center of Physiology and Pathology of Respiration, 22 Kalinina Str., Blagoveshchensk, 675000, Russian Federation. E-mail: alero82@yandex.ru

Для цитирования:

Ильин А.В., Игнатьева Е.А., Безруков Н.С., Перельман Ю.М. Рентгено-функциональная диагностика поражения мелких и крупных дыхательных путей у больных внебольничной пневмонией // Бюллетень физиологии и патологии дыхания. 2024. Вып.94. С.63–70. DOI: 10.36604/1998-5029-2024-94-63-70

For citation:

Ilyin A.V., Ignatieva E.A., Bezrukov N.S., Perelman J.M. X-ray-functional diagnostics of small and large airways damage in patients with community-acquired pneumonia. *Bulleten' fiziologii i patologii dyhaniâ = Bulletin Physiology and Pathology of Respiration* 2024; (94):63–70 (in Russian). DOI: 10.36604/1998-5029-2024-94-63-70

methods. The authors analyzed CT and spirometry data of 44 patients with community-acquired pneumonia before and after treatment with an interval of 10-14 days between the studies. Patients were divided into 2 groups according to the change in airflow according to the primary CT data. Lung function was assessed by forced expiratory flow spirometry. All examined patients underwent CT of lungs in the inspiratory phase with measurement of volumes in 3 density ranges, morphometric indices of large bronchi. **Results.** After the course of anti-inflammatory therapy there was a recovery of lung inflation in both groups. It was found that inflation was disturbed in both lungs, regardless of the localization of changes (unilateral, bilateral), which is associated with bronchial lesions. In the group with decreased inflation there was a positive correlation between the internal diameter of B10 of the right lung and forced expiratory volume in 1 sec (FEV_1) ($r=0,51$, $p<0,0001$), negative correlation - between the thickness of B10 wall of the right lung and FEV_1 ($r=-0,53$, $p<0,0001$). In the group of patients with lung hyperinflation, positive correlations were found between B10 inner diameter and FEV_1 ($r=0,46$, $p=0,0001$), between the index of inspiratory inflation and FEV_1 ($r=0,80$, $p<0,0001$). **Conclusion.** X-ray functional assessment of ventilation disorders by high-resolution CT with postprocessing allows to determine the type and reversibility of lung ventilation dysfunction and thereby significantly complement the visual characterization of lung lesions in community-acquired pneumonia.

Key words: community-acquired pneumonia, computed tomography, lung inflation, bronchial obstruction.

Пневмонии – это группа различных по этиологии, патогенезу, морфологической характеристике инфекционных заболеваний, локализующихся в паренхиме и межочечной ткани легкого. Пневмония является одним из самых распространенных инфекционных заболеваний легких и входит в пятерку основных причин смертности людей в мире, несмотря на широкое применение антибиотиков [1].

Пневмония сопровождается симптомами инфекции нижних дыхательных путей и подтверждается рентгенологически. В настоящее время для диагностики пневмонии широко применяются методы лучевой диагностики (флюорография, рентгенография, компьютерная томография (КТ)), наиболее информативным из которых является КТ, позволяющая не только достоверно оценить объем и локализацию изменений, но и дополнить диагностические возможности широким спектром постпроцессинговой обработки [1].

В большинстве случаев функциональные нарушения легких при пневмонии остаются без внимания, и лечащий врач ориентируется на клинико-рентгенологические показатели, оценивая динамику структурных изменений в легких. Тем не менее, пневмония сопровождается нарушением вентиляционной функции легких, которое регистрируется функциональными методами исследования (спирография, бодиплетизмография) [2]. Изменения функции внешнего дыхания при пневмонии разнообразны по характеру и степени выраженности. В большинстве случаев отмечается зависимость основных параметров дыхания от фазы заболевания, остроты воспалительного процесса, распространенности инфильтративных изменений в легких. При пневмонии нарушается вентиляция, страдают легочные объемы, имеют место нарушения бронхиальной проходимости, развивается артериальная гипоксемия. Нормализация показателей функции внешнего дыхания является важным критерием полноты выздоровления, сроков восстановления трудоспособности и определяет показания для реабилитации и диспансеризации больных [3].

Цель настоящего исследования – произвести

оценку денситометрических показателей легочной ткани, свидетельствующих о поражении мелких дыхательных путей, и морфометрических показателей крупных бронхов у пациентов с внебольничной пневмонией в динамике до и после лечения, проанализировать их диагностическую и клиническую значимость в сравнении с данными спирометрического исследования.

Материалы и методы исследования

В исследование были включены 44 пациента, из них 17 мужчин, 27 женщин с диагнозом внебольничная пневмония, прошедших лечение в отделении пульмонологии Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Дальневосточный научный центр физиологии и патологии дыхания» (ДНЦ ФПД) с марта по сентябрь 2024 года. Диагноз установлен в соответствии с Международной классификацией болезней 10-го пересмотра (МКБ-10), Федеральными клиническими рекомендациями [1]. Исследование одобрено локальным комитетом по биомедицинской этике ДНЦ ФПД и 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.). Условия проведения функциональных исследований были соблюдены в соответствии с требованиями совместного пересмотра Американского торакального общества и Европейского респираторного общества [4].

Критерии включения пациентов в исследование:

1. Объем поражения легочной ткани при первичном КТ-исследовании от 1 до 5% (при визуальной оценке) объема легких, с целью минимизировать вероятное влияние пораженных участков на измерение денситометрических показателей легких.

2. Наличие различных плотностных показателей определяемых изменений, от участков «матового стекла» до очагов по типу консолидации.

3. Полное разрешение (рассасывание) изменений при контрольном КТ-исследовании, которое выполнялось после проведенного курса противовоспалительной терапии.

В перечень критериев исключения вошли бронхиальная астма, хронический обструктивный бронхит, аномалии развития бронхолегочной системы, были исключены пациенты с диффузным интерстициальным поражением легких, а также пациенты с онкологическими заболеваниями.

Дизайн данного исследования включал оценку вентилиционной функции легких до лечения методом спирометрии на аппарате Easy on-PC (nddMedizintechnik AG, Швейцария). В процентах к должным значениям определяли объем форсированного выдоха за 1 сек. (ОФВ₁), форсированную жизненную емкость легких (ФЖЕЛ), максимальную объемную скорость выдоха на уровне 50% ФЖЕЛ (МОС₅₀), максимальную объемную скорость выдоха на уровне 75% ФЖЕЛ (МОС₇₅). Компьютерная томография органов грудной полости выполнялась до лечения на КТ-сканере Canon Aquilion Lightning 160 (Япония) в стандартном положении пациентов лежа на спине от верхушек до costo-диафрагмальных синусов с задержкой дыхания после глубокого вдоха. Реконструкция производилась с мягкотканым и легочным фильтрами, толщина среза – 1 мм, шаг реконструкции – 1 мм. Контрольное КТ-исследование с идентичными параметрами выполнялось спустя 10-14 дней после первичного.

Анализ денситометрических показателей легочной ткани производился с помощью программного комплекса Lung Density автоматизированной рабочей станции Vitrea (США) с выделением трех диапазонов измерения:

- верхний диапазон плотности (воздухонаполненность) от -850 HU и ниже, соответствующий воздуху, главным образом отображает состояние мелких дыхательных путей [5];
- средний диапазон плотности от -650 HU до -850 HU, соответствующий плотности неизменной легочной паренхимы;

- нижний диапазон плотности от -650 до 0 HU, соответствующий плотности измененной, слабоаэрируемой легочной ткани.

Для удобства визуального анализа объем в верхнем диапазоне плотности выделяется красным цветом, в среднем – желтым, а в нижнем – синим. Измерения проводились как суммарно, так и отдельно для правого и левого легкого.

Морфометрические показатели бронхов оценивались с помощью модуля Airway Inspector программного комплекса SlicerCIP1-0 (версия 5.6.2) (США). Производилась оценка толщины стенки и внутреннего диаметра сегментарных бронхов В1 и В10 правого легкого, как имеющих наиболее вертикальный ход на корональных реконструкциях и, как следствие, правильный срез на аксиальных сканах, наиболее подходящий для измерений.

Статистическая обработка данных осуществлялась стандартными методами вариационной статистики с использованием MATLAB R2022a. Характеристики исследуемой популяции для выборки с нормальным распределением выражали с использованием среднего значения (M) и стандартной ошибки среднего (m). С целью определения степени связи между двумя случайными величинами проводили корреляционный анализ по Пирсону, рассчитывали коэффициент корреляции (r). Критический уровень значимости различий между группами (p) менее 0,05.

Результаты исследования и их обсуждение

В результате измерения воздухонаполненности легких пациенты были разделены на две группы (табл. 1): группа А – пациенты, у которых при первичном исследовании отмечалось понижение показателей воздухонаполненности и восстановление их до нормальных величин при контрольном исследовании, группа Б – пациенты, у которых, наоборот, изначально отмечалась повышенная воздухонаполненность и произошло восстановление значений воздухонаполненности после проведенного лечения.

Таблица 1

Распределение пациентов по изменению воздухонаполненности легких

Группа	Количество, чел.	Средний возраст	Мужчин/Женщин
Группа А	20	41,3±3,4	7/13
Группа Б	24	49,4±3,1	10/14

В группе А пневмония носила двусторонний характер у 8 пациентов, в остальных случаях – односторонний (справа – в 8 случаях, слева – в 4 случаях). В группе Б двусторонние изменения выявлялись в 11 случаях, односторонние справа – у 8 пациентов, слева – у 5 пациентов. Средние значения параметров спирометрических исследований указаны в таблице 2.

В группе А воздухонаполненность при первичном

исследовании составила 3570±261 мл, при контрольном – достоверно возросла до 3996±293 мл (p<0,0001) (рис. 1). Воздухонаполненность легких после лечения повысилась на 444±89 мл. Достоверных корреляционных взаимосвязей между денситометрическими параметрами и показателями спирографии не было зарегистрировано. В группе Б воздухонаполненность при первичном исследовании составила 4213±362 мл,

при контрольном достоверно уменьшилась до 3863 ± 322 мл ($p < 0,0001$), на фоне проводимой терапии воздухонаполненность снизилась в среднем на

518 ± 102 мл. При этом инспираторная воздухонаполненность с высокой достоверностью коррелировала с $ОВФ_1$ ($r = 0,80$; $p < 0,0001$).

Таблица 2

Функция внешнего дыхания по данным спирометрического исследования у пациентов внебольничной пневмонией

Параметры	Группа А	Группа Б	Значимость различий (p)
ОФВ ₁ , л	2,81±0,25	3,21±0,27	0,1397
ОФВ ₁ /ФЖЕЛ, %	72,8±2,5	68,76±4,26	0,3196
МОС ₅₀ , л/сек	4,92±0,57	4,77±0,64	0,2140
МОС ₇₅ , л/сек	2,83±0,57	2,96±0,49	0,4169

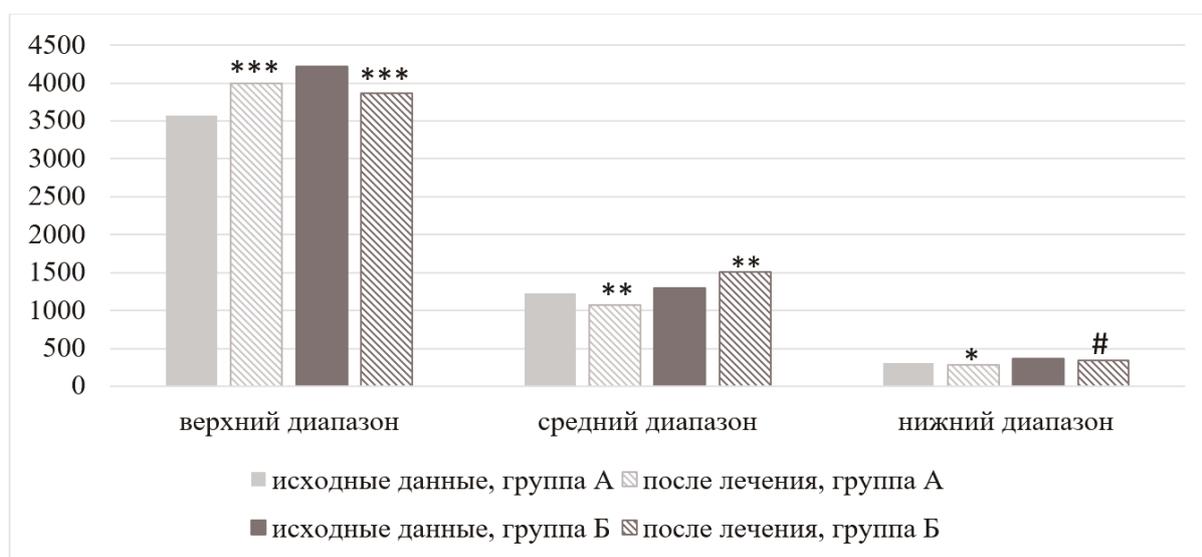


Рис. 1. Динамика параметров КТ-денситоволюметрии у пациентов внебольничной пневмонией в сравнении с исходными данными. *** – $p < 0,0001$; ** – $p < 0,001$; * – $p < 0,01$; # – $p < 0,05$.

Показатели среднего диапазона плотности вели себя обратно воздухонаполненности легких, составив в группе А 1230 ± 96 мл до лечения и 1072 ± 94 мл после лечения ($p = 0,0004$), со снижением в среднем на 158 ± 37 мл. В группе Б показатель среднего диапазона составил 1290 ± 104 мл до лечения и 1504 ± 125 мл после лечения ($p = 0,0007$), увеличившись в среднем на 215 ± 56 мл.

Показатели нижнего диапазона плотности, отображающие непосредственно объем воспалительных изменений в легких, достоверно уменьшились в обеих группах после лечения: в группе А с 309 ± 15 мл до 277 ± 16 мл ($p = 0,0031$), в группе Б с 362 ± 18 мл до 343 ± 17 мл ($p = 0,0253$). Снижение значений нижнего диапазона плотности в обоих легких после лечения соответствовали положительной рентгенологической динамике, проявлявшейся рассасыванием очагов воспалительной инфильтрации.

Анализируя показатели морфометрии крупных бронхов (табл. 3), следует отметить достоверное

уменьшение толщины стенки бронха (ТСБ) В10 правого легкого после лечения в группе А (рис. 2). До лечения в группе Б отмечалась корреляция внутреннего диаметра бронхов (ВДБ) В10 с $ОВФ_1$ ($r = 0,46$; $p = 0,0001$). В группе А были установлены взаимосвязи ВДБ В10 с $ОВФ_1$ ($r = 0,51$, $p < 0,0001$), ТСБ В10 с $ОВФ_1$ ($r = -0,53$, $p < 0,0001$), закономерно отражающие зависимость снижения скорости воздушного потока от величины просвета и толщины стенки бронха вследствие воспалительных изменений.

При проведении корреляционного анализа на общей когорте обследованных больных внебольничной пневмонией были установлены достоверные коэффициенты корреляции $ОВФ_1$ с рентгеноденситометрическим показателем воздухонаполненности легких в верхнем диапазоне плотности ($r = 0,61$; $p < 0,0001$), с ВДБ В1 ($r = 0,36$; $p = 0,0346$), а также с ТСБ В10 ($r = -0,37$; $p = 0,0307$).

Таблица 3

Морфометрические показатели крупных бронхов у пациентов внебольничной пневмонией до и после лечения

	Группа А				Группа Б			
	до лечения		после лечения		до лечения		после лечения	
	В1	В10	В1	В10	В1	В10	В1	В10
ВДБ, мм	1,91±0,17	2,26±0,17	1,96±0,18 p=0,3062	2,39±0,2 p=0,1302	1,93±0,15 p ₁ =0,4733	2,05±0,18 p ₁ =0,2024	1,95±0,11 p=0,4127	2,2±0,2 p=0,0792
ТСБ, мм	1,98±0,04	2,05±0,06	1,92±0,05 p=0,1180	1,86±0,06 p=0,0037	1,98±0,04 p ₁ =0,4895	1,97±0,04 p ₁ =0,1631	1,97±0,04 p=0,3929	1,96±0,05 p=0,4644

Примечание: p – значимость различий показателей между группами, p₁ – до и после лечения.

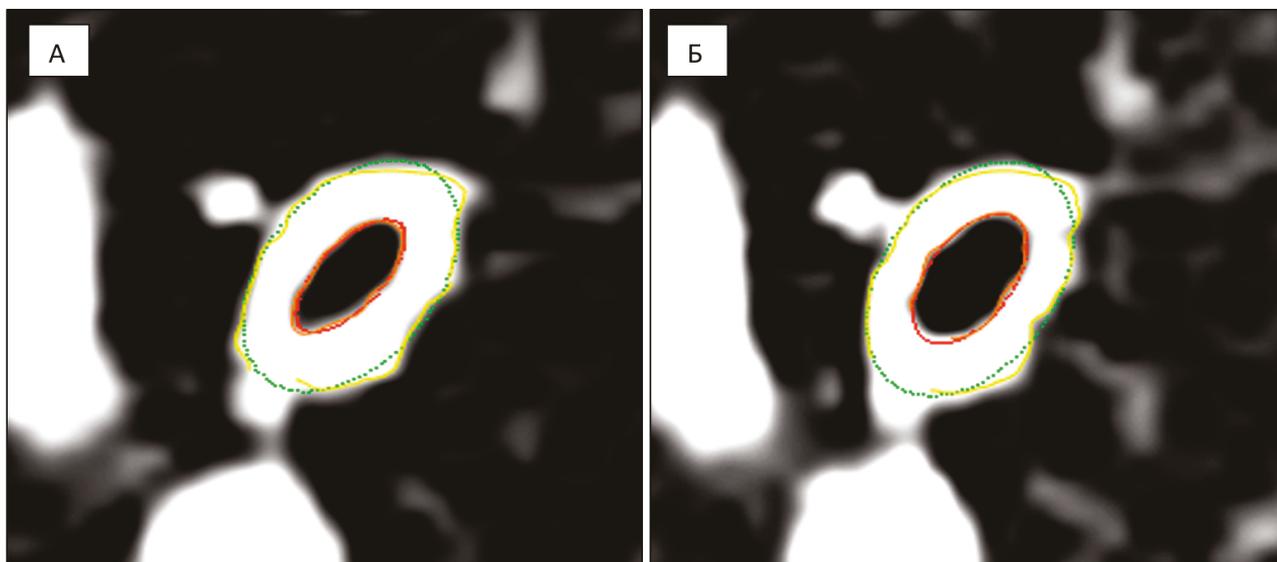


Рис. 2. Морфометрические показатели V10 правого легкого пациента группы А. А – до лечения пневмонии. Б – после лечения пневмонии. Отмечается уменьшение толщины стенки бронха и увеличение его внутреннего диаметра при контрольном исследовании.

На рисунке 3 представлен пример КТ-визуализации легочных изменений у пациента из группы А, с пониженной воздухонаполненностью легких, до лечения и восстановлением ее до нормальных величин после проведенной терапии. На корональной реконструкции (А) определялось неоднородное уплотнение неправильной формы в средней доле правого легкого, прилежащее к плевре. На корональных реконструкциях при денситометрическом анализе отмечалась положительная динамика течения воспалительного процесса: на реконструкции до лечения (Б) синим цветом выде-

лен больший объем участка изменений, находящийся в нижнем диапазоне плотности, на реконструкции после лечения (В) отмечался переход участка в средний диапазон плотности (отмечено желтым цветом). Трехмерные реконструкции легких включали в себя сразу три диапазона плотности, синим цветом показан участок воспаления в правом легком (Г), который не был виден на контрольных изображениях (Д). Наряду с этим красным цветом отмечено увеличение воздухонаполненности (восстановление объема воздуха).

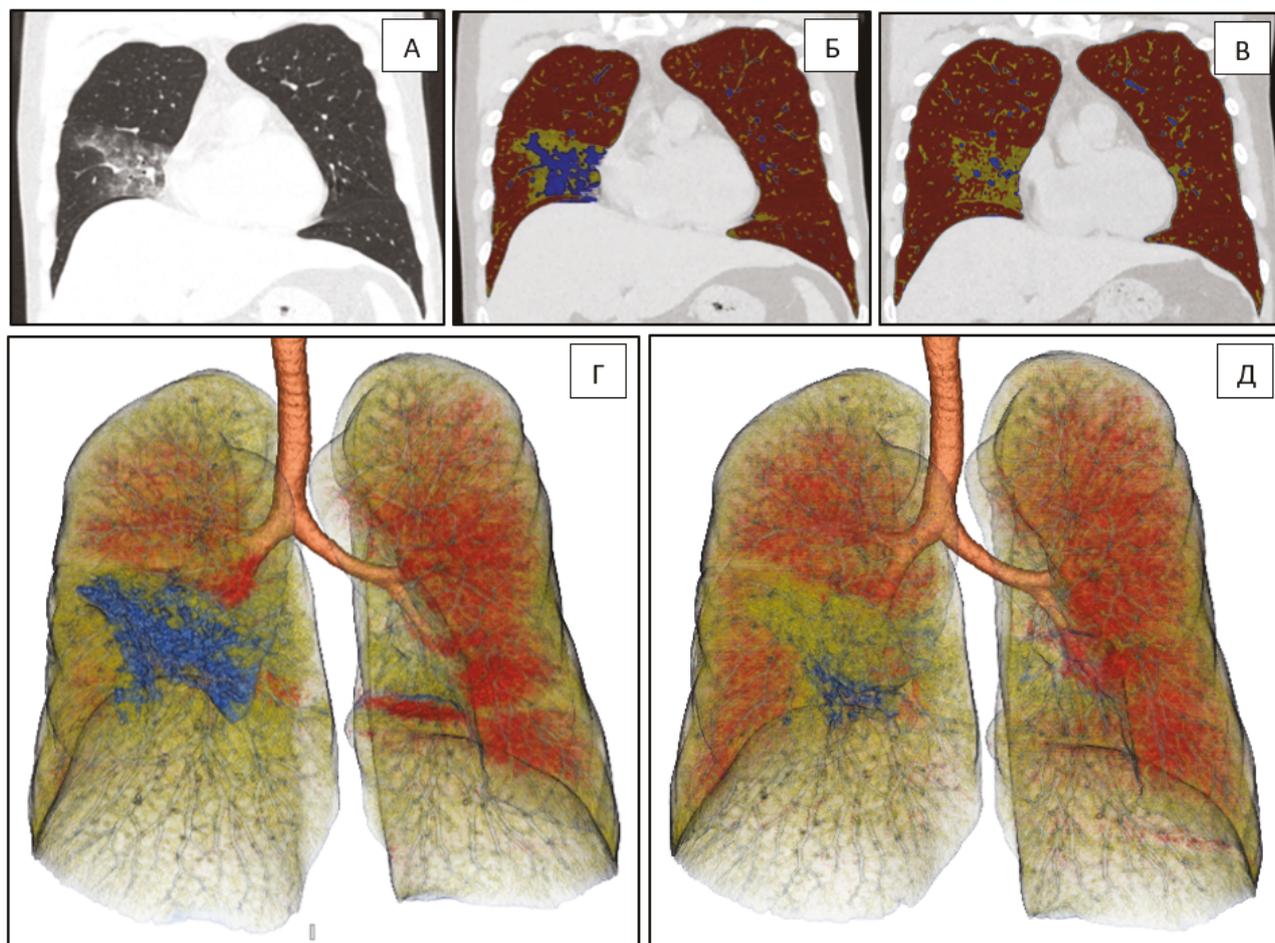


Рис. 3. Группа А, пациент 37 л., правосторонняя пневмония. А – корональная реконструкция КТ до лечения, Б – корональная реконструкция с денситометрическим анализом до лечения, В – корональная реконструкция с денситометрическим анализом после лечения, Г – трехмерная реконструкция легких до лечения, Д – трехмерная реконструкция легких после лечения.

На рисунке 4 представлены результаты КТ пациента группы Б с повышенной воздушнонаполненностью при поступлении. На косо-корональной реконструкции компьютерной томографии определялся участок уплотнения неправильной формы в правом легком, соответствующий воспалительным изменениям. После лечения отмечалась положительная динамика с рассасыванием воспалительных изменений в правом легком, представленная на корональных реконструкциях с денситометрическим анализом. Следует отметить изменения в нижнем диапазоне плотности в правом легком, которые после лечения переходили в средний диапазон плотности. На трехмерной реконструкции до лечения отмечались изменения нижнего диапазона плотности в правом легком и аналогичный участок меньшего объема в левом легком. На реконструкции после лечения наблюдалось рассасывание воспалительных изменений в обоих легких. В противоположность данным, полученным у больных группы А (рис. 3), следует отметить повышенную воздушнонаполненность при первичном исследовании и ее уменьшение при повторном исследовании.

Пневмония характеризуется не только визуальными изменениями по данным рентгенологических методов исследования, но и, независимо от объема выявленных изменений, сопровождается нарушением вентиляционной функции легких. С учетом анализа денситометрических параметров легких при пневмонии нами было выделено два типа нарушения вентиляционной функции: первый тип с изначальным понижением воздушнонаполненности и ее последующим восстановлением и второй тип, при котором воздушнонаполненность была изначально повышена и снижалась при контрольном исследовании после лечения основного заболевания. У пациентов в обеих группах отмечалось поражение крупных бронхов (утолщение стенки и уменьшение внутреннего диаметра) с положительной динамикой после проведенного лечения на уровне V10. Повышение воздушнонаполненности при втором типе было обусловлено обструкцией бронхов, что подтверждалось наличием корреляционной связи с $ОФВ_1$. При первом типе нарушения вентиляционной функции легких достоверной корреляции воздушнонаполненности с показателями спирометрии форсированного выдоха не

было выявлено, однако была отмечена корреляция между внутренним диаметром бронха V10 и ОВФ1, а также отрицательные взаимосвязи между толщиной стенки V10 и ОВФ1, между толщиной стенки V10 и МОС₇₅, что могло свидетельствовать о роли поражения крупных бронхов в генезе нарушений воздухонаполненности легких при внебольничной пневмонии. Сле-

дует отметить, что локализация очагов в легких при пневмонии носила разнообразный (односторонний, двухсторонний, полисегментарный) характер, но воздухонаполненность изменялась в обоих легких вне зависимости от расположения воспалительных изменений.

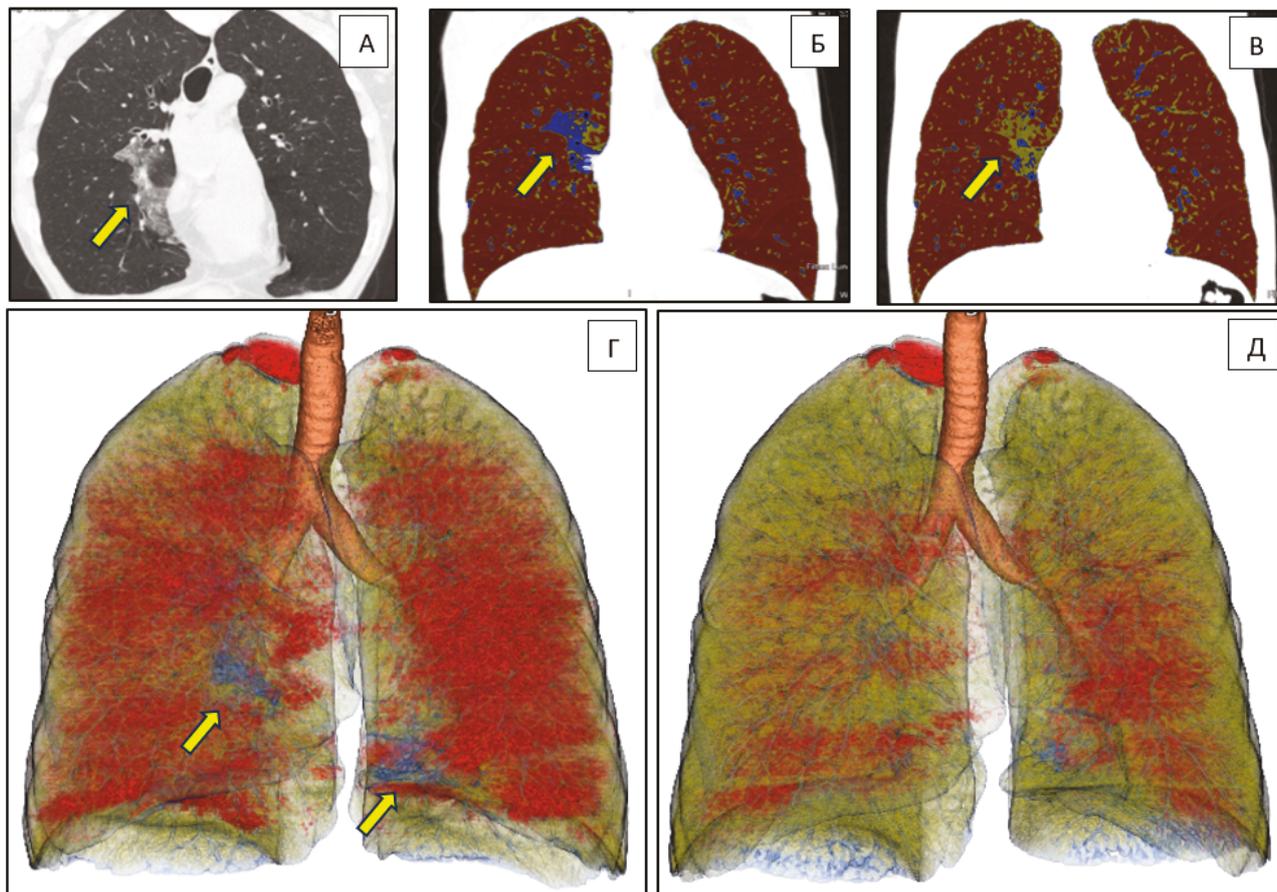


Рис. 4. Группа Б, пациент 39 л., двухсторонняя пневмония. А – косо-корональная реконструкция КТ, Б – корональная реконструкция с денситометрическим анализом до лечения, В – корональная реконструкция с денситометрическим анализом после лечения, Г – трехмерная реконструкция легких в трех диапазонах плотности до лечения, Д – трехмерная реконструкция легких в трех диапазонах плотности после лечения.

Вывод

Рентгенофункциональная оценка вентиляционных нарушений методом КТ высокого разрешения с постпроцессингом позволяет определить тип и обратимость нарушения вентиляционной функции легких и тем самым существенно дополнить визуальную характеристику поражения легких при внебольничной пневмонии.

Конфликт интересов

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest

Источники финансирования

Исследование проводилось без участия спонсоров

Funding Sources

This study was not sponsored

ЛИТЕРАТУРА

1. Авдеев С.Н., Дехнич А.В., Зайцев А.А., Козлов Р.С., Рачина С.А., Руднов В.А., Синопальников А.И., Тюрин И.Е., Фесенко О.В., Чучалин А.Г. Внебольничная пневмония: федеральные клинические рекомендации по диагностике и лечению // Пульмонология. 2022. Т.32, №3. С.295–355. <https://doi.org/10.18093/0869-0189-2022-32-3-295-355>

2. Савушкина О.И., Черняк А.В., Коповая Н.Ю. Роль комплексного исследования функции внешнего дыхания в выявлении вентиляционно-газообменных нарушений у больных после перенесенной внебольничной полисегментарной пневмонии // Пульмонология. 2016. Т.26, №2. С.186–189. EDN: WTHOPH.

3. Шустов С.Б., Куренкова И.Г., Харитонов М.А., Асямов К.А. Нарушения функции внешнего дыхания при различных формах легочной патологии // Пульмонология. 2017. Т.27, №3. С.410–418. <https://doi.org/10.18093/0869-0189-2017-27-3-410-418>

4. Miller M.R., Hankinson J., Brusasco V., Burgos F., Casaburi R., Coates A., Crapo R., Enright P., van der Grinten C.P.M., Gustafsson P., Jensen R., Johnson D.C., MacIntyre N., McKay R., Navajas D., Pedersen O.F., Pellegrino R., Viegi G., Wanger J. Standardisation of spirometry // Eur. Respir. J. 2005. Vol.26, Iss.2. P.319–338. <https://doi.org/10.1183/09031936.05.00034805>

5. Ильин А.В., Леншин А.В., Оди́реев А.Н., Перельман Ю.М. Новый метод лучевой диагностики нарушений вентиляционной функции легких посредством мультиспиральной компьютерной томографии // Бюллетень физиологии и патологии дыхания. 2013. Вып. 47. С.40–47. EDN: PXYGEN.

REFERENCES

1. Avdeev S.N., Dekhnich A.V., Zaytsev A.A., Kozlov R.S., Rachina S.A., Rudnov V.A., Sinopal'nikov A.I., Tyurin I.E., Fesenko O.V., Chuchalin A.G. [Federal guidelines on diagnosis and treatment of community-acquired pneumonia]. *Pul'monologiya = Russian Pulmonology* 2022; 32(3):295–355 (in Russian). <https://doi.org/10.18093/0869-0189-2022-32-3-295-355>

2. Savushkina O.I., Chernyak A.V., Kopovaya N.Yu. [A role of pulmonary function testing for detecting ventilation and gas exchange disorders in multilobar community-acquired pneumonia convalescents]. *Pul'monologiya = Russian Pulmonology* 2016; 26(2):186–189 (in Russian).

3. Shustov S.B., Kurenkova I.G., Kharitonov M.A., Asyamov K.A. [Lung function abnormalities in different respiratory diseases]. *Pul'monologiya = Russian Pulmonology* 2017; 27(3):410–418 (in Russian). <https://doi.org/10.18093/0869-0189-2017-27-3-410-418>.

4. Miller M.R., Hankinson J., Brusasco V., Burgos F., Casaburi R., Coates A., Crapo R., Enright P., van der Grinten C.P.M., Gustafsson P., Jensen R., Johnson D.C., MacIntyre N., McKay R., Navajas D., Pedersen O.F., Pellegrino R., Viegi G., Wanger J. Standardisation of spirometry. *Eur. Respir. J.* 2005; 26(2):319–338. <https://doi.org/10.1183/09031936.05.00034805>

5. Il'in A.V., Lenshin A.V., Odireev A.N., Perelman J.M. [New method of X-ray diagnostics of disturbances of lungs ventilation function by mulddetector computed tomography]. *Bülleten' fiziologii i patologii dyhaniâ = Bulletin of Physiology and Pathology of Respiration* 2013; 47:97–109 (in Russian).

Информация об авторах:

Андрей Валерьевич Ильин, канд. мед. наук, зав. отделением лучевой диагностики, врач-рентгенолог, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Дальневосточный научный центр физиологии и патологии дыхания»; e-mail: alero82@yandex.ru

Елена Александровна Игнатьева, канд. мед. наук, врач-рентгенолог отделения лучевой диагностики, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Дальневосточный научный центр физиологии и патологии дыхания»; e-mail: ignatyevalena6618@gmail.com

Николай Сергеевич Безруков, канд. техн. наук, старший научный сотрудник лаборатории функциональных методов исследования дыхательной системы, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Дальневосточный научный центр физиологии и патологии дыхания»; e-mail: bezrukow@mail.ru

Юлий Михайлович Перельман, член-корреспондент РАН, д-р мед. наук, профессор, зам. директора по научной работе, зав. лабораторией функциональных методов исследования дыхательной системы, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Дальневосточный научный центр физиологии и патологии дыхания»; e-mail: jperelman@mail.ru

Author information:

Andrey V. Il'in, PhD (Med.), Roentgenologist, Head of Department of X-Ray Diagnostics, Far Eastern Scientific Center of Physiology and Pathology of Respiration; e-mail: alero82@yandex.ru

Elena A. Ignat'eva, PhD (Med.), Roentgenologist of Department of X-Ray Diagnostics, Far Eastern Scientific Center of Physiology and Pathology of Respiration; e-mail: ignatyevalena6618@gmail.com

Nikolay S. Bezrukov, PhD (in Engineering), Senior Staff Scientist, Laboratory of Functional Research of Respiratory System, Far Eastern Scientific Center of Physiology and Pathology of Respiration; e-mail: bezrukow@mail.ru

Juliy M. Perelman, MD, PhD, DSc (Med.), Corresponding Member of RAS, Professor, Deputy Director on Scientific Work, Head of Laboratory of Functional Research of Respiratory System, Far Eastern Scientific Center of Physiology and Pathology of Respiration; e-mail: jperelman@mail.ru