

НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ РАДИОЛОГИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ЛЕГКИХ

Золотницкая В.П., Тишков А.В., Агафонов А.О., Страх Л.В. Амосова О.В.

В патогенезе развития заболеваний легких расстройства микроциркуляции играют важную роль, определяя клиническое течение и прогрессирование патологического процесса, поэтому детальный анализ и количественное определение нарушений кровотока являются важным инструментом интравидения.

Цель. Создать методику количественного определения нарушений микроциркуляции в легких, расчета дефицита перфузии и оценки изменений при динамическом наблюдении больных при проведении радионуклидных методов исследования (перфузионная сцинтиграфия и ОФЭКТ).

Материал и методы. Проведен количественный расчет накопления РФП в легких у 22 практически здоровых лиц, у 117 пациентов с ХОБЛ 1-4 стадии (GOLD 2017), у 16 пациентов с гистиоцитозом Х, у 11 пациентов с лимфоангиолейомиоматозом, 12 пациентов с пневмонией, 8 пациентов с новообразованиями и 10 пациентов с другими заболеваниями легких. В качестве примеров в работе представлены исследования у больных гистиоцитозом Х, раком легкого и пневмонией. Оценивались результаты МСКТ с применением методик высокоразрешающей и функциональной КТ, а также изменения микроциркуляции в легких, при проведении исследований на двухдетекторной гамма-камере Philips Forte 2005 (USA). Количественный расчет изменений перфузии проводили с использованием разработанной компьютерной программы LungScintAnalyser.

Результаты. Выявлены и количественно рассчитаны в автоматическом режиме изменения микроциркуляции у больных с заболеваниями легких до и после оперативных вмешательств и после терапевтического лечения.

Выводы. Разработанная методика автоматической обработки результатов радиологических исследований легких в сравнении с нормой является оптимальной для целого ряда заболеваний. Позволяет количественно оценить нарушения микроциркуляции и рассчитать дефицит перфузии, что необходимо при оценке тяжести, динамики патологического процесса и эффективности проводимой терапии.

Ключевые слова: микроциркуляция, ОФЭКТ, пневмония, гистиоцитоз Х, рак

Контактный автор: Золотницкая В.П., e-mail: vikt-amosov@yandex.ru

Для цитирования: Золотницкая В.П., Тишков А.В., Агафонов А.О., Страх Л.В. Амосова О.В. Новые возможности обработки результатов радиологического исследования легких. REJR 2019; 9(2):98-106. DOI:10.21569/2222-7415-2019-9-2-98-106.

Статья получена: 15.05.19

Статья принята: 14.06.19

NEW POSSIBILITIES OF PROCESSING THE RESULTS OF LUNGS RADIOLOGICAL STUDIES

Zolotnitskaia V.P., Tishkov A.V., Agaphonov A.O., Strach L.V., Amosova O.V.

Microcirculation disorders play an important role in the pathogenesis of the development of lung diseases, determining the clinical course and progression of the pathological process, so a detailed analysis and quantification of blood flow disorders are an important tool for intravision.

Purpose. To create method for quantitative determination of impaired microcirculation in the lungs, calculation of perfusion deficiency and assessment of changes in the dynamic observation of patients during radionuclide techniques (perfusion scintigraphy and

ФГБОУ ВО ПСПбГМУ
им. И.П. Павлова
Минздрава России
г. Санкт-Петербург,
Россия.

I.P. Pavlov First Saint-
Petersburg Federal State
Medical University
Saint-Petersburg, Russia

SPECT).

Material and methods. A quantitative calculation of the accumulation of radio-pharmaceuticals in the lungs was carried out in 22 healthy patients, in 117 patients with stage 1-4 COPD (GOLD 2017), in 16 patients with histiocytosis X, in 11 patients with lymphocytosis, in 12 patients with pneumonia, in 8 patients with lung tumors and in 10 patients with other lung diseases. As examples, the study presents cases in patients with histiocytosis X, lung cancer and pneumonia. In the study, the results of MSCT were evaluated using high-resolution and functional CT techniques, and changes in the microcirculation in the lungs were evaluated when conducting research on a two-detector gamma camera Philips Forte 2005 (USA). A quantitative calculation of perfusion changes was performed using the developed LungScintAnalyser computer program.

Results. The study identified and quantified in the automatic mode changes in microcirculation in patients with lung diseases before and after surgical interventions, as well as after therapeutic treatment.

Conclusion. The developed technique of automatic processing of results of radiological lungs studies in comparison with the normal lungs is optimal for a variety of diseases. It allows to quantify microcirculation disorders and calculate the perfusion deficit, which is necessary when assessing the severity, dynamics of the pathological process and the effectiveness of the therapy.

Keywords: microcirculation, SPECT, pneumonia, histiocytosis X, lung cancer.

Corresponding author: Zolotnitskaia V.P., e-mail: vikt-amosov@yandex.ru.

For citation: Zolotnitskaia V.P., Tishkov A.V., Agaphonov A.O., Strach L.V., Amosova O.V. New possibilities of processing the results of lungs radiological studies. REJR 2019; 9(2):98-106. DOI:10.21569/2222-7415-2019-9-2-98-106.

Received: 15.05.19

Accepted: 14.06.19

В патогенезе развития заболеваний легких расстройства микроциркуляции играют важную, а во многих случаях и решающую роль, определяя в значительной мере клиническое течение и прогрессирование патологического процесса. Микроциркуляторное звено сердечно-сосудистой системы принимает "первый удар", претерпевая изменения еще до появления морфологических признаков заболевания [1]. В настоящее время для выявления нарушений микроциркуляции в легких применяются перфузионная сцинтиграфия, однофотонная эмиссионная компьютерная томография с использованием МАА Тс-99м и вентиляционно-перфузионная сцинтиграфия с Хе-133 (используется в ограниченном количестве изотопных лабораторий). При анализе результатов перфузионной сцинтиграфии применяется автоматический способ обработки информации сцинтиграфического исследования, основанный на расчете перераспределения регионарной перфузии по зонам легких, однако, как у самого метода исследования, так и при обработке его результатов имеются недостатки, такие как: невозможность получения на сцинтиграммах изображения множественных аксиальных, коронарных, сагиттальных реконструкций; вы-

полнения объемной 3-х плоскостной реконструкции, а при обработке результатов перфузионной сцинтиграфии по зонам легких суммарный процент перфузии на оба легких всегда составляет 100%, независимо от выявленных изменений микроциркуляции у больных с бронхолегочной патологией; нет возможности количественного расчета дефицита перфузии по каждому легкому, отдельно по сегментам или зонам и нет возможности количественной оценки изменений микроциркуляции в легких при исследованиях в динамике, что не дает полной информации по трем основным составляющим изменения кровообращения: обширности, точной локализации нарушений и гемодинамическом состоянии легких больного [2]. Применение однофотонной эмиссионной компьютерной томографии (ОФЭКТ) значительно увеличивает диагностические возможности метода и позволяет оценить перфузионную функцию за счет послойного сканирования легких, однако при обработке полученных результатов мы можем только визуально оценить перфузионную функцию [3].

Применяемая методика подсчета количества импульсов в выделенной зоне интереса локально пораженного сегмента и сравнением полученных показателей со значениями анало-

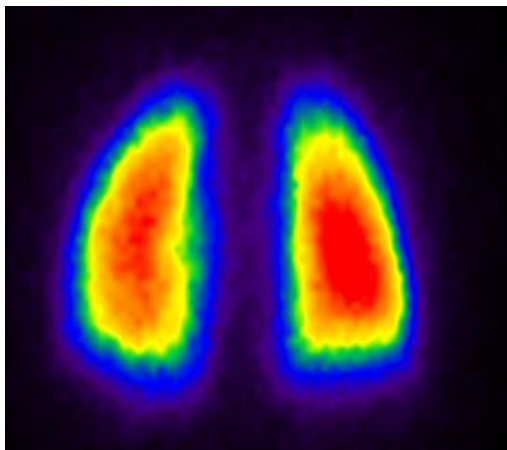


Рис. 1 а (Fig. 1 а)

Норма. евое легкое. Задняя проекция.					Норма. Правое легкое. Задняя проекция.				
4,82	9,83	23,9	30,2	15	14,3	27,3	25,7	12,2	5,58
7,82	26,8	64,4	67,1	27,3	23	53,1	57,9	31,1	9,46
13,9	60,3	113	99,9	35,7	29,5	77,9	96,1	64,5	17,7
25,4	98	152	114	43,4	34,7	95,9	13	103	31,6
39,5	131	175	119	51,7	39	107	166	142	48,8
53,1	151	178	129	56,8	40,6	118	186	175	67,5
61,7	155	176	141	59,4	40,9	127	193	193	82,6
61,1	143	171	148	57,9	37,9	113	168	172	86,7
42,8	88,4	113	113	47,5	27,8	72,9	101	103	62,4
16,2	30,4	43	46,6	24,6	15,2	32,4	42,4	40,8	25,2

Рис. 1 б (Fig. 1 б)

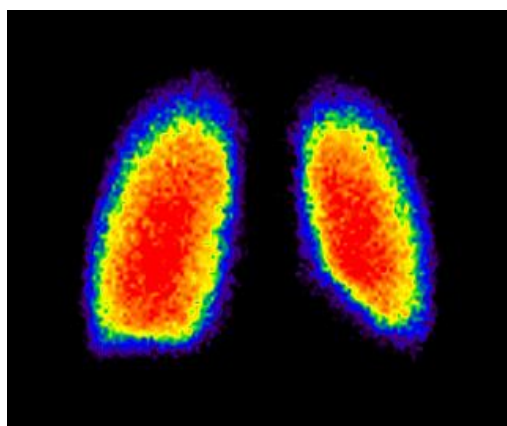


Рис. 1 в (Fig. 1 в)

Норма. Правое легкое					Норма. Левое легкое				
Передняя проекция					Передняя проекция.				
4,21	8,74	21,16	27,32	13,85	10,71	24,78	24,56	14,99	5,21
5,82	18,4	42,89	49,92	20,08	14,78	40,9	42,41	7,53	8,89
9,94	37,19	69,88	69,96	28,74	17,89	52,12	60,41	42,61	14,62
16,49	62,05	101,09	81,73	35,45	23,98	63,5	83,5	58,21	21,19
25,92	85,76	128,84	87,02	44,21	29,06	75,57	109,31	79,81	29,27
39,26	110,86	135,72	90,22	51,96	36,24	92,08	136,89	112,24	44,08
52,47	129,12	143,89	112,7	58,78	42,93	122,06	163,65	141,36	59,62
62,41	120,45	149,94	124,75	62,69	45,94	123,85	140,53	114,25	61,84
42,15	68,41	93,83	104,34	63,74	40,88	77,46	61,88	50,54	36,96
14,17	23,09	31,27	46,6	37,3	24,65	29,97	21,01	18,01	11,7

Рис. 1 б (Fig. 1 б)

Рис. 1. Сцинтиграммы.

Легкие по передней и задней проекциям в норме и интенсивность накопления импульсов гамма-квантов по шкале от 0 до 255, соответствующей интервалу монохромных оттенков от черного (0) до белого (255) цвета.

Fig. 1. Lung gamma scans.

Front and back views in the normal state of the lungs and the intensity of the accumulation of gamma-ray pulses on a scale from 0 to 255, corresponding to the interval of monochrome shades from black (0) to white (255) color.

гичного сегмента противоположного легкого, или близлежащего сегмента имеет существенные недостатки, так как накопление препарата в этих зонах должно быть совершенно в норме (принятое за 1), что не соответствует действительности, так как у большинства пациентов имеет место диффузно измененный характер поражения легочной ткани и нарушения микроциркуляции могут захватывать весь объем легких, и становится невозможным сравнение накопления препарата в двух равноценных его участках [4]. Сравнить же накопление препарата в разных зонах одного легкого (верхнее, среднее, нижнее) также является не правомерным, учитывая разницу накопления препарата от вершущек к основанию легкого (зоны Веста).

Цель.

Создать методику количественного опре-

деления нарушений микроциркуляции в легких, расчета дефицита перфузии и оценки изменений при динамическом наблюдении больных при проведении радионуклидных методов исследования (перфузионная сцинтиграфия и ОФЭКТ).

Материал и методы.

При разработке методики количественного расчёта изменений микроциркуляции был проведен исследования легких у 22 практически здоровых лиц, у 117 пациентов с ХОБЛ 1-4 стадии (GOLD 2017), у 16 пациентов с гистиоцитозом Х, у 11 пациентов с лимфоангиолейомиоматозом, 12 пациентов с пневмонией, 8 пациентов с новообразованиями и 10 пациентов с другими заболеваниями легких. В работе представлены исследования у больных гистиоцитозом Х, раком легкого и пневмонией. Диа-

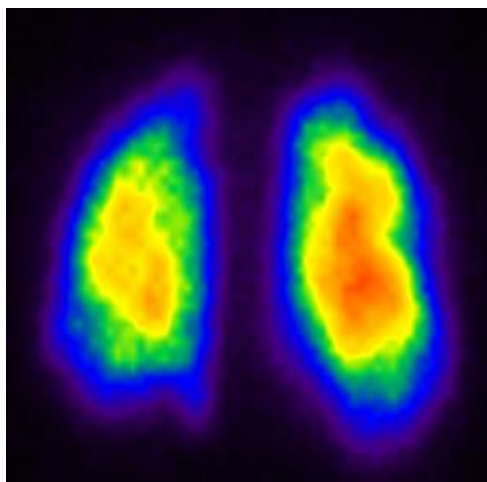


Рис. 2 а (Fig. 2 а)

Левое легкое. Задняя проекция					правое легкое. Задняя проекция				
0,97	0,72	0,63	1,03	1,11	0,75	0,94	1,34	0,93	1,04
0,93	0,64	0,81	0,99	0,94	0,89	1,48	1,56	1,08	0,97
0,8	0,85	0,98	0,9	0,78	0,85	1,36	1,57	1,45	1,04
0,78	0,99	0,96	0,99	0,96	0,87	1,16	1,37	1,36	1,17
0,92	1,01	0,94	1,05	0,87	0,87	1,19	1,23	0,97	0,89
0,9	0,99	0,95	1,03	0,81	0,85	1,14	1,17	1,05	0,79
0,84	0,83	0,98	0,98	0,73	0,73	0,81	0,99	0,9	0,87
0,88	0,73	0,81	0,78	0,63	0,56	0,55	0,8	0,73	0,72
0,67	0,87	0,82	0,71	0,57	0,39	0,38	0,73	0,84	0,63
0,7	1,1	0,79	0,76	0,83	0,44	0,36	0,81	0,97	0,59

среднее-0,8794

среднее-0,9572

Рис. 2 б (Fig. 2 б)

Рис. 2. Наблюдение пациентки Г., 43 лет, диагноз ХОБЛ, 1 стадия, группа А, фаза ремиссии. Сцинтиграмма легких по задней проекции и компьютерная матрица изображения легких.

Fig. 2. Case of the patient G., 43 y.o., diagnosed with COPD, stage 1, group A, remission phase. Lung gamma scan in the back view and a computer matrix image of the lungs.

гностическое МСКТ сканирование проводилось на 16 и 64 срезовых рентгеновских мультиспиральных компьютерных томографах с применением методик высокоразрешающей и функциональной КТ.

Исследование нарушений микроциркуляции проводили на двухдетекторной гаммакамере Philips Forte 2005 (USA) с использованием РФП – макроагрегаты альбумина (МАО) (Макротех99mTc, производства ООО "Диамед", Россия). В норме распределение РФП в артериоло-капиллярном русле легких является равномерным, с максимумом накопления его в средних отделах легких и с постепенным уменьшением его к периферии. Снижение накопления РФП в какой-либо области легких свидетельствует о нарушении кровотока в указанном регионе, при этом по степени снижения накопления можно количественно оценивать нарушение перфузии легочной паренхимы.

Для решения поставленной задачи создана компьютерная программа "Анализатор изображений перфузионной сцинтиграфии легких (LungScintAnalyser)" [5]. На основе сцинтиграмм в легких был проведен расчет показателей накопления радиофармпрепарата в каждом участке легкого. Результаты представлены на рисунке 1.

Нами был проведен расчет накопления γ -квантов радиофармпрепарата (РФП) в легких у практически здоровых лиц. Для этого изображения легких были разделены на ячейки, уровень интенсивности накопления РФП оценивали по шкале от 0 до 255.

При выполнении компьютерной обработки данных ОФЭКТ-исследования результаты

исследования изучаемого пациента сохраняются из системы Jecstream в DICOM-файл и открывается в приложении Multiviewer. Выбирается наиболее информативное изображение каждого легкого в передней, задней и боковых проекциях. Эти изображения сохраняются в виде bmp-файлов и загружаются в разработанное приложение LungScintAnalyser. В результате обработки изображений создается отчет в виде Excel-файла, который содержит таблицу отклонений от нормы в накоплении препарата. Вычисление степени отличия от нормы производилось методами математической статистики и распознавания изображений. Для выполнения расчетов использовалась математическая Java-библиотека "apache commons math".

Компьютерная программа позволяет провести отчет в разнице накоплений препарата в легких у больного с патологией бронхолегочной системы и распределением препарата в норме, определить среднее значение накопления препарата по легочным полям и в каждом отдельном его участке и тем самым выявить степени изменения кровотока в % к норме. Снижение накопления γ -квантов радиофармпрепарата на сцинтиграмме по отношению к норме отмечено синим, а повышение – красным цветом увеличивающейся интенсивности при удалении от нормы. Синий цвет (снижение интенсивности от 0,7 нормы и ниже) указывает на участки снижения кровотока – гипоперфузии. Красный цвет – от 1,3 нормы и выше указывает на участки компенсаторной гиперперфузии. Границы нормы приняты в пределах от 0,85 до 1,15, границы условной нормы – от 0,7 до 0,85 и от 1,15 до 1,3. Гипоперфузия – от 0,3 до 0,7,

гиперперфузия от 1,3 и выше. Значения, меньшие 0,3, принимались как дефект накопления.

Результаты.

В результате проведенного исследования больных гистиоцитозом Х были выявлены типичные нарушения кровообращения в легких – редукция кровотока в периферических отделах верхне-средних зон легких, с формированием скнтиграфической картины «пламени свечи». У больных в терминальной стадии болезни (рис. 3) микроциркуляция остается только в наддиафрагмальных отделах, локальных участков гиперперфузии не выявляется, что свидетельствует об истощении резервных возможностей сосудистого русла, и единственно возможным путем лечения больного остается трансплантация легких. В нашей работе была проведена оценка результатов лечения пациентки с гистиоцитозом Х в терминальной стадии заболевания. Больная поступила в клинику в тяжелом состоянии с последующим направлением на трансплантацию легких. При обследовании по данным МСКТ определялись значительные нарушения в паренхиме легких, в виде распространенной кистозной трансформации легочной паренхимы (рис. 3 б). При оценке функционального состояния микроциркуляторного русла легких при радиологическом исследовании визуально отмечается значительное снижение перфузии в правом легком на всем его протяжении, в левом легком перфузии относительно сохраняется только в нижних отделах легкого, что подтверждается результатами компьютерной обработки исследования, микроциркуляция в левом легком составляет 33,7%, а в правом – 18,8% от должной нормы. Через 8 месяцев после проведения трансплантации легких у больной отмечается положительная динамика, общее состояние пациентки удовлетворительное. По данным МСКТ (рис. 3 д) наблюдается уменьшение сосудистого рисунка по периферии, обусловленное гипостатическим уменьшением объема пересаженных легких от мужчины крупного телосложения. Результаты рентгенологического исследования подтверждаются изменениями микроциркуляции в плащевой зоне легких на скнтиграмме и их компьютерным расчетом (рис. 3 г, е).

Для оценки состояния кровообращения в легких в радиологическое отделение направляются больные с новообразованиями легких при планировании редукции их объема. В представленном наблюдении пациент М., диагноз – новообразование нижнедолевого бронха, хронический бронхит. При выполнении МСКТ выявлено образование нижнедолевого бронха правого легкого, инфильтративные изменения в S9, S10 (рис. 4 б). Перед проведением оперативного вмешательства пациент направляется для

выполнения ОФЭКТ легких и оценки состояния кровообращения в легких (рис. 4 а, в). В контрлатеральном легком микроциркуляция снижена в проекции верхней доли, что характерно для проявлений хронического обструктивного бронхита. В правом микроциркуляция практически отсутствует в нижней доле, составляя 12,8%, но и в целом общий средний кровоток составляет всего 21,5 от нормы, что свидетельствует о его функциональной недееспособности (рис. 4 в). Больному была проведена правосторонняя пульмонэктомия.

Особое значение методика определения нарушений микроциркуляции имеет при динамическом обследовании больных, когда необходимо оценить влияние патогенетической терапии на происходящие процессы в легких. Например, при пневмококковой инфекции, воспалительный процесс поражает не только бронхолегочную систему, но и оказывает активное влияние на состояние микроциркуляторной функции. В стадию красного и серого печенения закономерно развитие венозной гиперемии, приводящее к стазу и прекращению кровотока в очаге воспаления.

Именно в этих стадиях развития болезни и выполняются рентгенорадиологические исследования легких. По данным МСКТ наблюдаются инфильтративные изменения, а при радиологическом исследовании – значительное снижение микроциркуляции. На примере больного В., 63 лет, с правосторонней нижнедолевой пневмонией была проведена оценка изменений микроциркуляции в легких под влиянием антибактериальной терапии. При КТ исследовании выявлены характерные изменения в паренхиме правого легкого (инфильтрация, видимость воздушных просветов бронхов) (рис. 5 б). По данным ОФЭКТ наблюдается значительное диффузно неравномерное снижение микроциркуляции в нижней доле правого легкого, с общим снижением перфузии до 54,6% (рис. 5 а, в).

Обсуждение.

Выявление и оценка изменений кровообращения одно из основополагающих при заболеваниях легких. Известно, что у больных гистиоцитозом Х при развитии заболевания происходят изменения как в паренхиме легких, так и в микроциркуляторном русле. В результате гистиоцитарной обтурации просвета мелких бронхов и бронхиол формируются тонкостенные бронхогенные воздухосодержащие кисты, а при инфильтрации гистиоцитами стенок капилляров, артериол возникает стаз крови, а в дальнейшем, при развитии фиброза, запустевание сосудов, приводящее к редукции кровотока в соответствующих отделах легких [6, 7]. При развитии терминальной стадии заболевания отмечается распространение процесса на ядерные зоны легких, множественные кисты

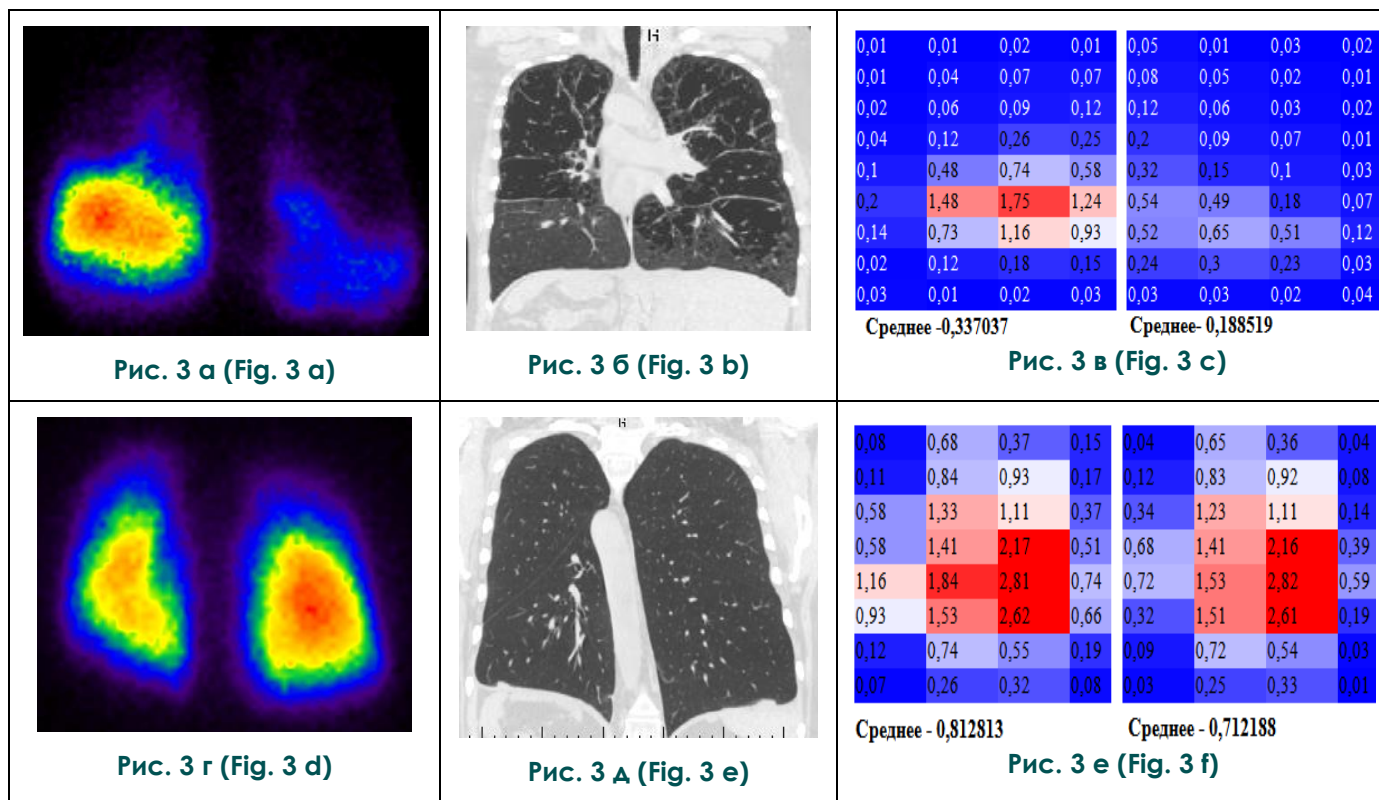


Рис. 3. Наблюдение больной П., 44 года, диагноз гистицитоз Х.

а, б, в – рентгенорадиологические исследования, проведенные до оперативного вмешательства; а – ОФЭКТ легких, фронтальная реконструкция (задняя проекция). Определяются значительные локальные нарушения микроциркуляции в обоих легких. Перфузия остается относительно сохранной только в наддиафрагмальных отделах. б – МСКТ, легочное окно, фронтальный реконструкция (инверсия). Кистозно-буллезные образования с картиной «сотового легкого», слияние мелких кист в более крупные, достигая 40 мм, формироваться полостные образования неправильной формы на фоне фибро-склеротических изменений; в – компьютерная обработка результатов радиологического исследования; микроциркуляция в левом легком составляет 33,7%, в правом -18,8%. г, д, е – рентгенорадиологические исследования, проведенные после трансплантации легких через 8 месяцев; г – ОФЭКТ легких, фронтальная реконструкция (задняя проекция). Определяются значительные локальные нарушения микроциркуляции в обоих легких. Перфузия остается относительно сохранной только в наддиафрагмальных отделах. д – МСКТ, легочное окно, фронтальная реконструкция (инверсия). Уменьшение сосудистого рисунка по периферии. е – компьютерная обработка результатов радиологического исследования; микроциркуляция в левом легком составляет 81,3%, а в правом – 71,2 %.

Fig. 3. Case of the patient P., 44 y.o., diagnosed with histiocytosis X.

а, б, в – studies performed before surgery. а – SPECT of the lungs, frontal section (posterior view). There are significant localized microcirculation disorders in both lungs. Perfusion remains relatively safe only in the supradiaphragmatic regions. б – MSCT, pulmonary window, frontal section (inversion). The cystic-bullous formations with the “honeycombing” pattern are determined, the fusion of small cysts into larger ones, reaching up to 40 mm, with the formation of abdominal formations of irregular shape on the background of fibro-sclerotic changes. в – Computer processing of radiological research results. Microcirculation in the left lung is 33,7%, in the right lung – 18,8%. д, е, ф – studies performed after lung transplantation after 8 months. д – SPECT of the lungs, frontal section (posterior view). There are significant localized microcirculation disorders in both lungs. Perfusion remains relatively safe only in the supradiaphragmatic regions. е – MSCT, pulmonary window, frontal section (inversion). There is a decrease in vascular markings around the periphery. ф – Computer processing of radiological research results. Microcirculation in the left lung is 81,3%, and in the right lung – 71,2%.

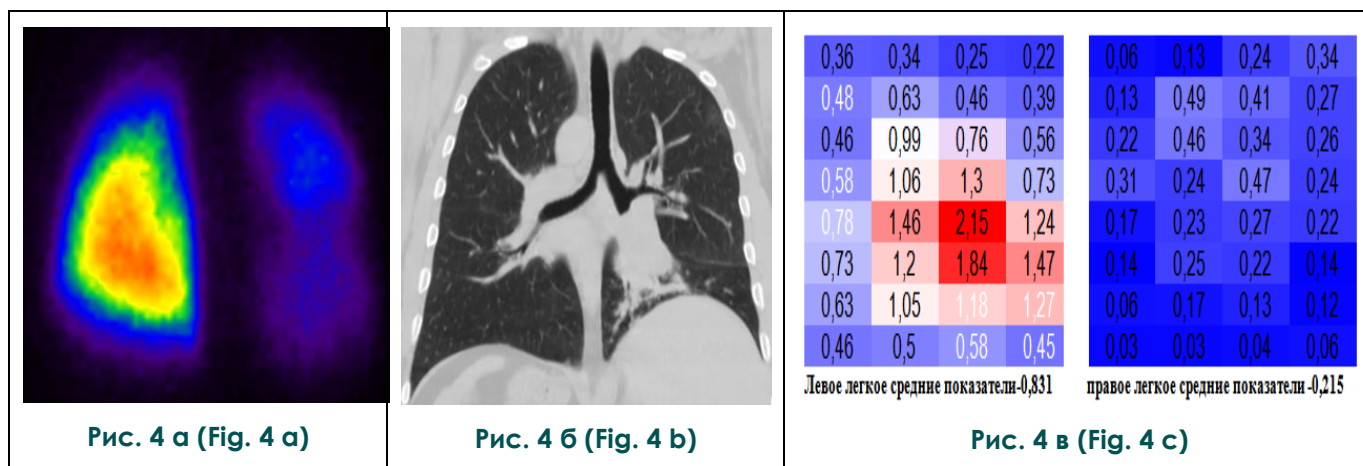


Рис. 4. Наблюдение больного М., 66 лет, диагноз рак легкого.

а – ОФЭКТ легких, фронтальная реконструкция (задняя проекция). Определяются нарушения микроциркуляции в плащевом отделе верхней доли левого легкого и значительное снижение микроциркуляции в правом легком. б – МСКТ, легочное окно, фронтальная реконструкция (инверсия). Образование нижнедолевого бронха, обтурирующее его просвет, уменьшение объем в нижней доли, инфильтрация в S9, S10. в – компьютерная обработка результатов радиологического исследования; микроциркуляция в левом легком составляет 83,1%, а в правом – 21,5%.

Fig. 4. Case of the patient M., 66 y.o., lung cancer.

а – SPECT of the lungs, frontal section (posterior view). Identified microcirculation disorders in the mantle of the upper lobe of the left lung and a significant decrease in the microcirculation in the right lung. б – MSCT, lung window, frontal section (inversion). There is a formation of a lower lobe bronchus, obturating its lumen, with a decrease in the volume of the lower lobe and infiltration in S9, S10. в – Computer processing of radiological research results. Microcirculation in the left lung is 83,1%, and in the right lung – 21,5%.

определяются на всем протяжении легочных полей во всех отделах легких, также как и нарушения микроциркуляции. Проведенное исследование показало значимость применения методики расчета изменений перфузии у таких больных. Но нарушения микроциркуляции возникают и у больных раком легкого, уже на ранних стадиях его развития. Формирующееся новообразование оказывает выраженное негативное воздействие на органы кроветворения, и приводит к неполноценной работе дыхательной системы. Возникает нарушение функционирования иммунной системы, вызывающее образование организмом антител к собственным клеткам, циркулирующие иммунные комплексы вызывают повреждение сосудистой стенки микроциркуляторного русла, развиваются тромбозы «in situ» [8]. У больных с онкологией бронхолегочной системы перед оперативным вмешательством оценке степени нарушения кровотока придается большое значение, так как это может повлиять на исход операции и в дальнейшем на весь послеоперационный период.

При пневмонии фаза артериальной гиперемии (1 стадия по Цинзлерлингу) в течение 1-2 суток сменяется развитием венозной гиперемии. Скорость кровотока в микроциркуляторных сосудах падает. Причинами этого со-

стояния являются сдавление венул накапливающимся экссудатом, повышение тонуса их стенок под влиянием гистамина, действующего на H1-рецепторы, немаловажную роль играет повышение вязкости крови при экссудации и «сладжирования» форменных элементов. Накопление лейкоцитов у стенок посткапилляров и венул также способствует замедлению тока крови. Развитие воспаления переходит в стадию красного, а затем серого опеченения. При завершении воспаления и восстановлении бронхиальной проходимости, как правило, происходит нормализация функций ряда клеточных элементов: эндотелиоцитов, лейкоцитов, тромбоцитов, клеток соединительной ткани и др. Воспалительная пролиферация постепенно переходит в процесс регенерации, репарации, восстановления ткани, поврежденной или даже разрушенной воспалительной альтерацией, что проявляется снижением интенсивности инфильтративных изменений и восстановлением перфузии в пораженном участке легкого.

Вывод.

Разработанная методика автоматической обработки результатов радиологических исследований легких в сравнении с нормой является оптимальной для целого ряда заболеваний. Позволяет количественно оценить нарушения микроциркуляции и рассчитать дефицит перфузии,

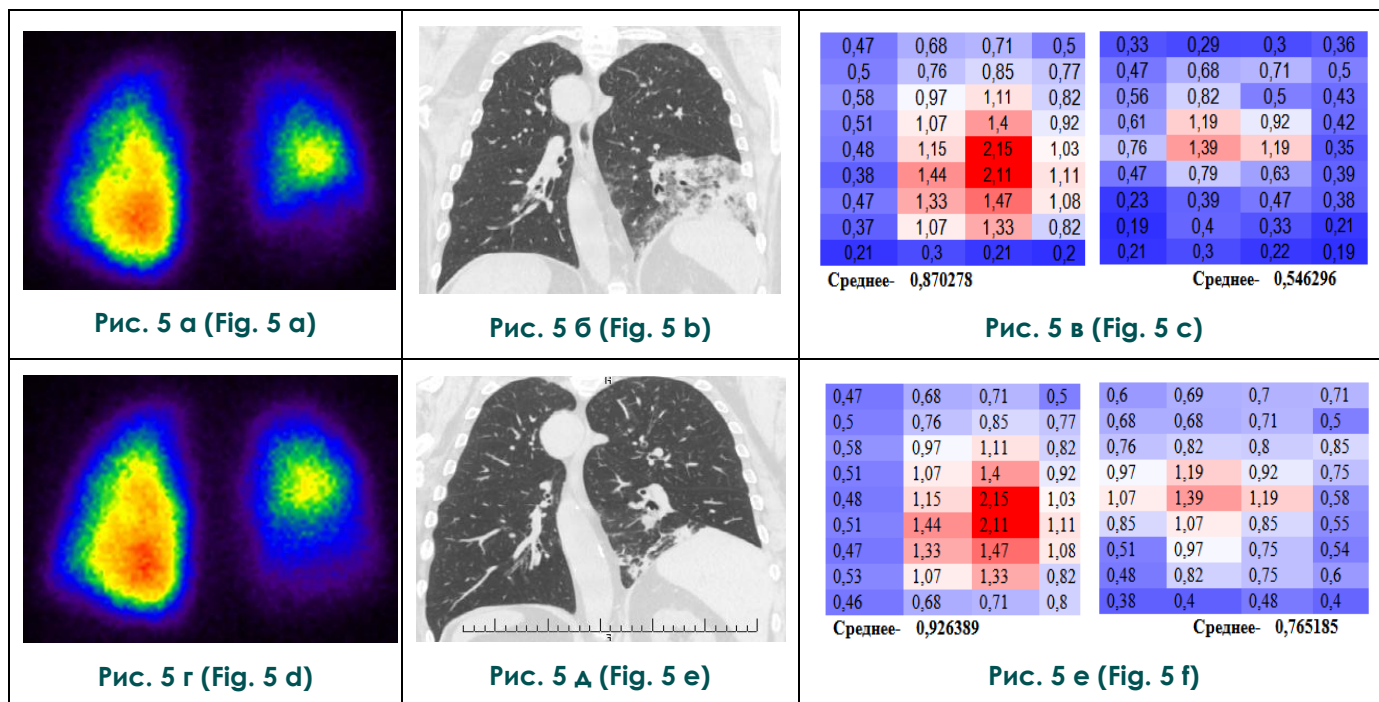


Рис. 5. Наблюдение больного В., 63 лет. Диагноз правосторонняя нижнедолевая пневмония.

а, б, в – рентгенорадиологические исследования, проведенные при поступлении больного в клинику. а – ОФЭКТ легких, фронтальная реконструкция (задняя проекция). Определяются значительные локальные нарушения микроциркуляции в обоих легких. Перфузия остается относительно сохранной только в наддиафрагмальных отделах. б – МСКТ, легочное окно, фронтальная реконструкция (инверсия). В верхних долях легких – центриацинарная эмфизема, в нижней доле правого легкого участок инфильтрации, с видимыми просветами бронхов. в – компьютерная обработка результатов радиологического исследования. микроциркуляция в левом легком составляет 87%, а в правом – 54,6,%. г, д, е – рентгенорадиологические исследования, проведенные после 10 дней антибактериальной терапии. г – ОФЭКТ легких, фронтальная реконструкция (задняя проекция). Определяется положительная динамика, в виде увеличения перфузии в нижней доле правого легкого и в плащевом отделе верхней доли левого легкого. д – МСКТ, легочное окно, фронтальная реконструкция (инверсия). Положительная динамика. Уменьшение зоны инфильтрации. е – компьютерная обработка результатов радиологического исследования; микроциркуляция в левом легком составляет 92,6%, в правом – 76,5 %.

Fig. 5. Case of the patient V., 63 y.o., right-sided lower lobe pneumonia.

а, б, в – studies performed upon admission of the patient to the clinic. а – SPECT of the lungs, frontal section (posterior view). Significant localized microcirculation disorders in both lungs. Perfusion remains relatively safe only in the supradiaphragmatic regions. б – MSCT, lung window, frontal section (inversion). In the upper lobes of the lungs, centriacinar emphysema is determined, and there is also an infiltration site in the lower lobe of the right lung with visible bronchial lumens. в – Computer processing of radiological research results. Microcirculation in the left lung is 87%, in the right lung – 54,6,%. д, е, ф – studies performed after 10 days of antibiotic therapy. д – SPECT of the lungs, frontal section (posterior view). There is defined positive dynamics: an increase in perfusion in the lower lobe of the right lung and in the cloak of the upper lobe of the left lung. е – MSCT, lung window, frontal section (inversion). There is defined positive dynamics: reduction of the infiltration zone. ф – Computer processing of radiological research results. Microcirculation in the left lung is 92,6%, in the right lung – 76,5%.

что необходимо при оценке тяжести, динамики патологического процесса и эффективности проводимой терапии.

Источник финансирования и конфликт интересов.

Список литературы:

1. Струков А.И., Серов В. В. Патологическая анатомия: учебник. 5-е изд. Москва, Литтерра, 2010. 848 с.
2. Корсунский В.Н., Ромагин В.К., Коньков Э.Г. Стандартизированные методики изотопной диагностики. Обнинск, 1987. 229 с.
3. Kazuyoshi S., Norihiko K., Naofumi M. et al. Relative preservation of peripheral lung function in smoking related pulmonary emphysema: assessment with Tc-99m – MAA perfusion and dynamic Xe -133 SPECT. *European Journal of Nuclear Medicine*. 2000; 27 (7): 800-806.
4. Авдеев С.В., Завьялов А.А., Дубоделов Е.А. и др. Способ количественного определения накопления радиофармпрепарата при радионуклидном исследовании перфузии легких (сцинтиграфии). патент RU 2391910, 2010.
5. Золотницкая В.П., Тишков А.В., Амосов В.И. Способ ко-

References:

1. Strukov A. I., Serov V. V. *Pathological anatomy: a textbook*. 5th. Moscow, Litterra, 2010. 848 p.
2. Korsunsky V. N., Romagin V. K., Konkov E. G. *Standardized methods of isotope diagnostics*. Obninsk, 1987. 229 p. (in Russian).
3. Kazuyoshi S., Norihiko K., Naofumi M. et al. *Relative preservation of peripheral lung function in smoking related pulmonary emphysema: assessment with Tc-99m – MAA perfusion and dynamic Xe -133 SPECT*. *European Journal of Nuclear Medicine*. 2000; 27 (7): 800-806.
4. Avdeev, S. V., Zavyalov A. A., Dubodelov E. L. etc. *A method of quantifying the accumulation of radiotracer in radionuclide pulmonary perfusion study (scintigraphy)*. patent RU 2391910, 2010. (in Russian).
5. Zolotnitskaya V. P., Tishkov A.V., Amosov V. I. *Method of*

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

личественного определения накопления радиофармпрепарата при радионуклидном исследовании перфузии легких. Патент RUS 262044, 2017.

6. Лесняк В.Н., Аверьянов А.В., Данилевская О.В. Лангергансоподобный гистиоцитоз X. Материалы IV Международного конгресса Кардиоторакальная радиология. 2016. 173-181.
 7. Juvet S.C. Rare lung diseases III: Pulmonary Langerhans' cell histiocytosis. *Can. Respir. J*. 2010; 17 (3): 55-62.
 8. Walker A.J., Baldwin D.R., Card T.R., Powell H.A., Hubbard R.B., Grainge M.J. Risk of venous thromboembolism in people with lung cancer: a cohort study using linked UK healthcare data. *Br J Cancer*. 2017;116 (6): 1. DOI: 10.1038/bjc.2016.364.
- quantitative determination of radiopharmaceutical accumulation in radionuclide study of lung perfusion. Patent RUS 262044, 2017. (in Russian).
6. Lesnyak, V. N., Averianov A. V., Danilevskaya O. V. *Langerhans cell histiocytosis H. proceedings of the IV International Congress of Cardiothoracic radiology*. 2016. 173-181. (in Russian).
 7. Juvet S.C. Rare lung diseases III: Pulmonary Langerhans' cell histiocytosis / S.C. Juvet, D.Hwang, G.P. Downey // *Can. Respir. J*. – 2010.-Vol. 17 (3). – P. e55 -e62.
 8. Walker A.J., Baldwin D.R., Card T.R., Powell H.A., Hubbard R.B., Grainge M.J. Risk of venous thromboembolism in people with lung cancer: a cohort study using linked UK healthcare data. *Br J Cancer*. 2017 Mar 14;116(6):e1. DOI: 10.1038/bjc.2016.364.