

УДК 616.24-002-07

DOI: 10.24884/1682-6655-2020-19-3-31-38

В. П. ЗОЛОТНИЦКАЯ

Лучевая диагностика нарушений микроциркуляции в легких у больных с внебольничной пневмонией

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет имени академика И. П. Павлова»
Министерства здравоохранения Российской Федерации, Санкт-Петербург, Россия
197022, Россия, Санкт-Петербург, ул. Льва Толстого, д. 6-8
E-mail: zolotnitskaja68@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 11.03.20; принята к печати 24.07.20

Резюме

Введение. В патогенезе развития внебольничной пневмонии расстройства микроциркуляции играют важную роль, определяя клиническое течение и развитие осложнений. **Цель** – оценить изменения микроциркуляции в легких на этапах развития внебольничной пневмонии и дифференцировать внебольничную пневмонию от инфаркт-пневмонии. **Материалы и методы.** Проанализированы результаты комплексного клинико-рентгенорадиологического исследования 135 пациентов с клиническими признаками воспаления, направленных в радиологическое отделение для оценки изменений микроциркуляции на фоне выявления пневмонической инфильтрации. **Результаты.** Прослежены этапы развития пневмонии по данным радиологического исследования. Выявлены и количественно рассчитаны в автоматическом режиме изменения микроциркуляции у больных с внебольничной пневмонией. На формирование остаточных изменений в легочной паренхиме у пациентов без патологии органов дыхания влияло наличие плеврального выпота ($r=0,71$) и расположение зон пневмонической инфильтрации (задние отделы легких (0,74) и язычковые сегменты ($r=0,64$)). У больных с хроническим воспалением бронхов достоверно чаще наблюдались остаточные изменения. Значение скринингового маркера активации гемокоагуляционных способностей крови D-димера было не патогномонично, однако у пациентов с развившейся тромбоэмболией легочной артерии (ТЭЛА) он был значимо, достоверно ($p<0,05$) выше. **Выводы.** При неоднозначной трактовке дисковидных ателектазов, аваскулярных участков и зон пневмонической инфильтрации легочной ткани при мультиспиральной компьютерной томографии (МСКТ) необходимо выполнение ОФЭКТ или совмещенного ОФЭКТ-КТ исследований, при которых выявляются четкие треугольной формы дефекты микроциркуляции, характерные для ТЭЛА. На развитие участков пневмосклероза влияет местоположение воспалительной инфильтрации: в верхних долях, в заднебазальных и в язычковых сегментах достоверно чаще выявляются зоны фиброза. Разработанная методика автоматической обработки результатов радиологических исследований легких в сравнении с нормой позволяет количественно оценить нарушения микроциркуляции и рассчитать дефицит перфузии, что необходимо при оценке тяжести, динамики патологического процесса и эффективности проводимой терапии.

Ключевые слова: микроциркуляция, пневмония, лучевая диагностика, ОФЭКТ

Для цитирования: Золотницкая В. П. Лучевая диагностика нарушений микроциркуляции в легких у больных с внебольничной пневмонией. Регионарное кровообращение и микроциркуляция. 2020;19(3):31–38. Doi: 10.24884/1682-6655-2020-19-3-31-38.

UDC 616.24-002-07

DOI: 10.24884/1682-6655-2020-19-3-31-38

V. P. ZOLOTNITSKAIA

Radiation diagnosis of pulmonary microcirculation in patients with community-acquired pneumonia

Pavlov University, Saint Petersburg, Russia
6-8 L'va Tolstogo street, Saint Petersburg, Russia, 197022
E-mail: zolotnitskaja68@yandex.ru

Received 11.03.20; accepted 24.07.20

Summary

The microcirculatory dysfunction plays an important role in the development of pneumonia, determining the clinical course and development of complications. The *purpose* of the study is the assessment of lung microcirculation disturbance on the different stages of the community-acquired pneumonia and distinguishing it from a post heart attack pneumonia. **Materials and methods.** 135 patients were radiologically explored. They were admitted to the radiological department with inflammatory signs for the assessment of microcirculation disturbances caused by the pneumonia. We investigated the obtained results. **Results.** The paper elucidates the stages of community-acquired pneumonia by the results of radiological exploration. In the absence of respiratory diseases, the alterations of lung parenchyma structure were caused by pleural effusion ($r=0.71$) and pneumonic infiltration zones (posterior parts of the lungs (0.74) and lingular segments ($r=0.64$)). The microcirculatory disturbances were elicited and counted in automatic mode. The residual alterations were

reliably more often observed in the patients with chronic bronchitis. The level of D-dimer was not pathognomic but it was reliably higher in the patients with the PATE ($p < 0.05$). *Conclusions.* The ambiguous interpretation of disk-shaped atelectasis, avascular sites and areas of pneumonic infiltration of lung tissue with MSCT, requires the SPECT or combined SPECT-CT studies allowing to detect clear triangular microcirculation defects characteristic of pulmonary embolism. The site of inflammatory infiltration effects on the appearance of pulmonary fibrosis. So, the zones of fibrosis can be found in the upper lobes, posterior parts of the lungs and lingular segments reliably more often. The technique for automatic processing of radiological lung exploration allows to get the quantitative assessment the microcirculatory disfunction and the lack of perfusion. It is essential for evaluation of the pathology dynamics and severity and for assessment of the treatment efficiency.

Keywords: *microcirculation, pneumonia, radiation diagnostics, SPECT*

For citation: *Zolotnitskaia V. P. Radiation diagnosis of pulmonary microcirculation in patients with community-acquired pneumonia. Regional hemodynamics and microcirculation. 2020;19(3):31–38. Doi: 10.24884/1682-6655-2020-19-3-31-38.*

Введение

Пневмония является одним из наиболее распространенных острых воспалительных заболеваний легких у человека. В структуре заболеваемости органов дыхания внебольничная пневмония (ВП) находится на 3-м месте, уступая по распространенности острому бронхиту и вирусным инфекциям, характеризуется вариабельностью клинических проявлений и высоким показателем летальных исходов, особенно среди пожилых людей, детей младшего возраста и пациентов с сопутствующей патологией [1–6].

Начальные изменения при развитии очага воспаления, независимо от вида возбудителя ВП, возникают на стыке проводящей воздух и респираторной зон легких [7]. При развитии пневмонии неоспоримым фактом является нарушение целостности и морфофункциональной достаточности, прежде всего, аэрогематического барьера. В процессе развития воспалительной реакции в органах дыхания происходит широкое и многообразное вовлечение системы кровообращения легких. Возникают изменения в микрососудах диаметром от 20 до 250 мкм и окружающих тканях, которые обеспечивают в них гемодинамический и метаболический гомеостазис. Причем нарушения аэрогематического и бронховаскулярного барьеров выявляются и вне фокуса воспаления в близлежащих структурах, где классические гистологические методики не выявляют значимых морфологических изменений, однако увеличивается относительный объем доли капилляров с отечной стенкой, что отражается на морфофункциональном состоянии эндотелия, прилежащих альвеолоцитах II типа и на функциональной активности альвеолярных макрофагов [8, 9].

Несмотря на то, что нарушения кровообращения в легких играют немаловажную роль в развитии заболевания, определяя в значительной мере клиническое течение и прогрессирование патологического процесса, лучевой диагностике нарушений кровообращения уделяется мало внимания. Основное значение придается изменениям в паренхиме легких, и, таким образом, результатам рентгенологических методов исследования – флюорографии, рентгенографии органов грудной клетки в двух проекциях, компьютерной томографии. Основные рентгенологические признаки пневмонии хорошо известны: в первые дни болезни выявляется усиление легочного рисунка в очаге поражения, бесструктурность корня

легкого, затем гомогенное затемнение с инфильтратами преимущественно долевого характера, и при своевременном начале адекватного лечения происходит рассасывание инфильтрации, и на момент выписки больного из стационара сохраняются рентгенологические признаки периваскулярной и перибронхиальной инфильтрации в виде усиления и деформации легочного рисунка на месте воспаления и плевральные спайки.

Радиологические методы диагностики (перфузионная сцинтиграфия, однофотонная эмиссионная компьютерная томография (ОФЭКТ)) являются вспомогательными для диагностики пневмонии, и их применение имеет значение у больных при несоответствии клинических и рентгенологических данных; при затяжной или рецидивирующей пневмонии, при проведении дифференциального диагноза и оценке последствий воспаления на функциональное состояние легких.

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-33 (используется в ограниченном количестве изотопных лабораторий). При выполнении ОФЭКТ появилась возможность визуальной оценки изображений множественных аксиальных, коронарных, сагиттальных срезов; выполнения объемной трехплоскостной реконструкции, а при обработке результатов исследования – количественного расчета нарушений перфузионной функции легких [10, 11].

Цель исследования – оценить изменения микроциркуляции в легких на этапах развития внебольничной пневмонии и дифференцировать внебольничную пневмонию от инфаркт-пневмонии.

Материалы и методы исследования

Проанализированы результаты комплексного клинико-рентгенорадиологического исследования 135 пациентов с клиническими признаками воспаления (женщин – 56; мужчин – 79; средний возраст – $52,1 \pm 9,1$ года), направленных в радиологическое отделение для оценки изменений микроциркуляции на фоне выявления пневмонической инфильтрации при выполнении рентгенологических исследований. 17 пациентов были обследованы дважды (на стадии опеченения и разрешения пневмонии). 62 пациента имели сопутствующую патологию (хронический бронхит).

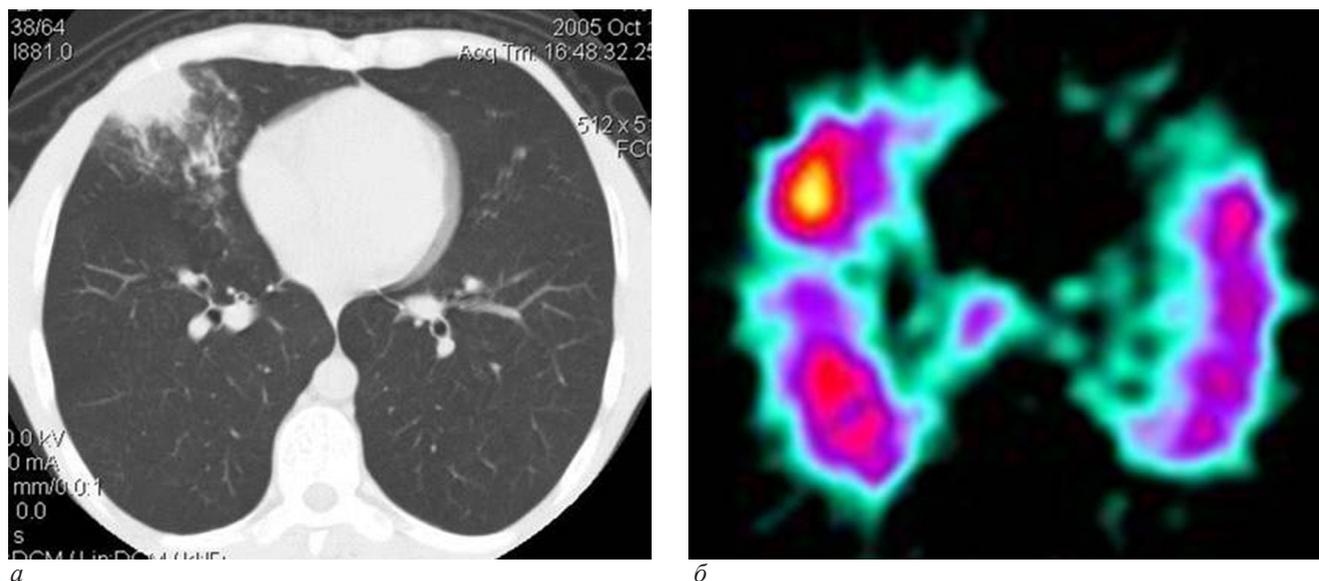


Рис. 1. Наблюдение больного Д., 1946 г. р. Диагноз: «Внебольничная пневмония»: *a* – МСКТ-томограмма легких, выявлен участок инфильтрации легочной ткани; *б* – ОФЭКТ-томограмма легких, выявлен участок гиперперфузии, соответствующий зоне инфильтрации (острая фаза воспаления)

Fig. 1. Observation of patient D., born in 1946. The diagnosis of community-acquired pneumonia: *a* – MSCT-tomogram of the lungs, revealed a site of lung tissue infiltration; *б* – SPECT tomogram of the lungs, revealed a section of hyperperfusion corresponding to the infiltration zone (acute phase of inflammation)

Пациенты поступали первично в клиники Университета с жалобами на нарастание одышки, изменение характера кашля, снижение толерантности к физической нагрузке, лихорадку разной степени выраженности. При лабораторном исследовании крови отмечалось повышение содержания С-реактивного белка, нейтрофилов, увеличение СОЭ.

Оценивали результаты комплексного лучевого исследования – рентгенологического исследования органов грудной клетки, компьютерной томографии (МСКТ), однофотонной эмиссионной компьютерной томографии, а также показатели вентиляционной функции легких, ЭХО-КГ сердца, расчетного систолического давления в легочной артерии и результаты лабораторного теста – Д-димер (маркера активации гемокоагуляционных способностей крови). Лучевые методы диагностики применялись строго по показаниям и по назначению лечащего врача. Больными или их законными представителями, подписывалось информированное согласие на проведение исследования.

Основной задачей радиологического исследования легких у больных являлось исключение тромбоэмболии легочной артерии с развитием инфаркт-пневмонии, так как ее диагностика затруднена в тех случаях, когда выявляются изменения скрининга коагуляционного гемостаза, пневмония осложняется плевральным выпотом или развитием бронхообструктивного синдрома.

Статистической анализ проводили с использованием пакета «SPSS-20.0». Рассчитывали двусторонний точный теста Фишера (p) (результаты считали достоверными при $p < 0,05$) и методы относительной статистики (выборочное среднее (M), стандартное отклонение (m)).

Радиологическое исследование (ОФЭКТ) проводили на двухдетекторной гамма-камере Philips Forte 2005 (USA). Пациенту в положении сидя внутривен-

но вводили радиофармацевтический препарат (РФП) в дозе 1,–1,5 мБк на 1 кг веса. Пациента обследовали в положении лежа в течение 10–12 мин по программе Lung Spect, в положении детекторов 180°, орбита эллиптическая, 32 азимута, 40 с на угол. Двухдетекторное сканирование позволяло получить полипозиционную, трехплоскостную реконструкцию. Обработка исследования проводилась с использованием высокочастотного фильтра Fugye, трансформации по методу Henning или Batterword. Для автоматической обработки информации скинтиграфического исследования использовали компьютерную программу «Анализатор изображений перфузионной скинтиграфии легких (LungScintAnalyser)», позволяющую получать информацию по трем основным составляющим изменения кровообращения: обширности, точной локализации нарушений и гемодинамическому состоянию больного, а также выполнять количественную оценку изменений (степень изменения кровотока в % к норме). Расчет показателей накопления радиофармпрепарата проводился в 36 участках каждого легкого. В используемой программе 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. 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. Гипоперфузия — от 0,3 до 0,7, гиперперфузия – от 1,3 и выше. Значения меньше 0,3 принимались как дефект накопления.

Результаты исследования и их обсуждение

Нарушение микроциркуляции в очаге воспаления характеризуется изменением тонуса микроциркуляторных сосудов, сосудистую реакцию можно разделить на четыре стадии: кратковременный спазм сосудов, артериальная гиперемия, венозная гиперемия

Изменения в легких на стадиях развития внебольничной пневмонии

Changes in the lungs at the stages of community-acquired pneumonia

Показатель	Стадия					
	прилива		опеченения		разрешения	
	без патологии ОД (n=2)	сопутствующая патология ОД (n=0)	без патологии ОД (n=39)	сопутствующая патология ОД (n=48)	без патологии ОД (n=27)	сопутствующая патология ОД (n=36)
Изменение кровотока, % к норме	98,4±4,9	–	64,8±7,5*	56,9±6,9*#	89,4±8,7	74,5±8,6#
Гипоперфузия, число зон)	7,0±2,0	–	16,8±3,6*	23,6±2,8*#	9,3±2,9	14,7±3,1
Гиперперфузия, число зон)	17,0±1,0*	–	6,8±4,6	4,9±1,9	8,1±2,2	6,1±2,7
Д-димер, нг/мл	1300±128*	–	750±115*	840±105*	258±98	369±87
СДЛА, мм рт. ст.	27,8±2,9	–	26,2±3,1	33,3±2,6	28,3±2,8	31,3±2,5
Инд. Тиффно, %	74,8± 2,2	–	72,6± 8,1	62,1±4,2*#	74,8±3,7	68,1±2,8
Жидкость в плевральной полости, п/%	–	–	2/5,1	11/22,9*#	–	–
Пневмосклероз, п/%	–	–	–	–	4/14,8*	23/63,8*#
Бронхоэктазы, п/%	–	–	–	–	–	6/16,6#
Утолщение междолевой и реберной плевры, п/%	–	–	–	–	1/3,7	8/22,2#

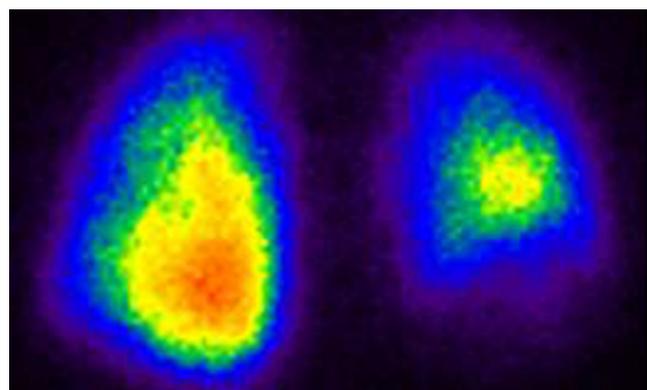
* – достоверность по критерию Манна – Уитни $p < 0,05$, различия достоверны с показателями нормы; # – достоверность по критерию Манна – Уитни $p < 0,05$, различия достоверны между группами.

и стаз. По данным лучевых методов исследования выявить кратковременную фазу спазма сосудов не представляется возможным. Стадия артериальной гиперемии занимает 1–2 суток – также является достаточно кратковременной, и пациенты редко попадают на лучевое обследование для выявления пневмонии. В нашей работе встретилось 2 случая, когда удалось провести рентгенологическое (МСКТ) и радиологическое (ОФЭКТ) исследования в течение 1 дня в этот период развития заболевания (рис. 1; таблица). Пациент поступил в клинику Университета с клиническими признаками пневмонии. При проведении МСКТ *in vivo* выявлена зона инфильтрации в правом легком, широким основанием прилежащая к костальной плевре, по форме близкая к треугольной форме. Учитывая, что у пациента выявлено повышение уровня Д-димера до 1300 нг/мл, было назначено в этот же день выполнение радиологического исследования для исключения инфаркт-пневмонии. По данным ОФЭКТ выявлен участок гиперперфузии, соответствующий зоне инфильтрации на МСКТ. Диагноз «Тромбоэмболия легочной артерии с развитием инфаркт-пневмонии» был отвергнут, больному назначена антибактериальная терапия.

Фаза артериальной гиперемии сменяется развитием венозной гиперемии. Скорость кровотока в микроциркуляторных сосудах падает. Причинами этого состояния 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. Именно на этих стадиях развития

болезни чаще всего выполняются рентгенорадиологические исследования легких. На МСКТ-томограммах наблюдаются инфильтративные изменения, а при радиологическом исследовании – значительное снижение микроциркуляции (таблица). 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. 2, б). По данным ОФЭКТ наблюдается значительное диффузно неравномерное снижение микроциркуляции в нижней доле правого легкого, с общим снижением перфузии до 54,6 % (рис. 2, а; в).

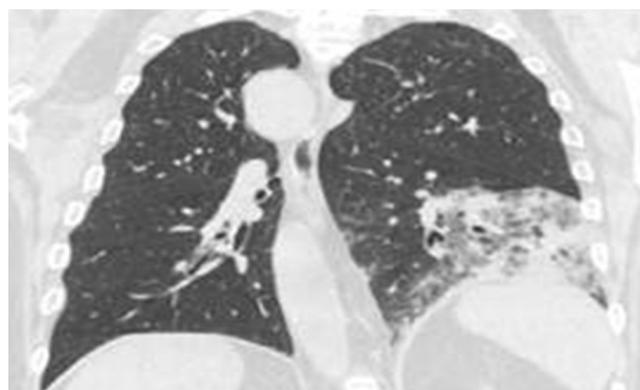
При завершении воспаления и восстановлении бронхиальной проходимости, как правило, происходит нормализация функций ряда клеточных элементов – эндотелиоцитов, лейкоцитов, тромбоцитов, клеток соединительной ткани и др. Восстановление легочной ткани, поврежденной или даже разрушенной воспалительной альтерацией, проявляется снижением интенсивности инфильтративных изменений и восстановлением перфузии в пораженном участке легкого и в последующем полным исчезновением инфильтративных изменений легочной ткани, т. е. выздоровлением пациента. Формирование остаточных изменений в легочной паренхиме (утолщение междолевой плевры, локальные зоны пневмосклероза) у пациентов без патологии органов дыхания коррелировало в высокой степени с наличием плеврального выпота ($r=0,71$) и расположением зон пневмонической инфильтрации (язычковые сегменты ($r=0,64$), задневерхний ($r=0,73$), задний базальный сегмент ($r=0,78$) и задний сегмент ($r=0,8$)). Необходимо отметить, что у больных с хроническим воспалением



a

0,47	0,68	0,71	0,5
0,5	0,76	0,85	0,77
0,58	0,97	1,11	0,82
0,51	1,07	1,4	0,92
0,48	1,15	2,15	1,03
0,38	1,44	2,11	1,11
0,47	1,33	1,47	1,08
0,37	1,07	1,33	0,82
0,21	0,3	0,21	0,2

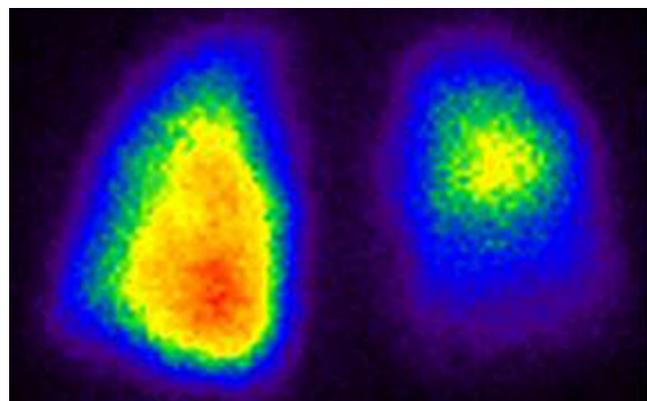
в Среднее – 0,870278



б

0,33	0,29	0,3	0,36
0,47	0,68	0,71	0,5
0,56	0,82	0,5	0,43
0,61	1,19	0,92	0,42
0,76	1,39	1,19	0,35
0,47	0,79	0,63	0,39
0,23	0,39	0,47	0,38
0,19	0,4	0,33	0,21
0,21	0,3	0,22	0,19

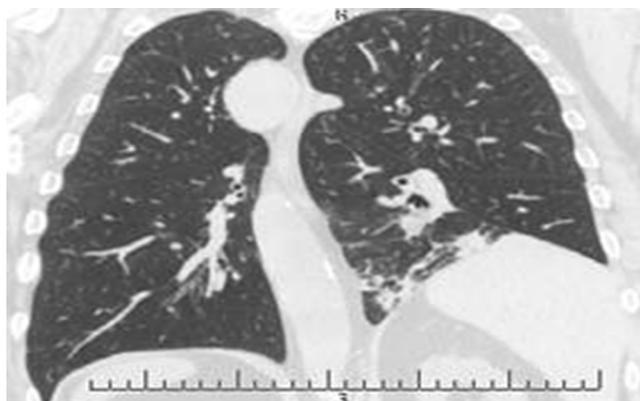
Среднее – 0,546296



з

0,47	0,68	0,71	0,5
0,5	0,76	0,85	0,77
0,58	0,97	1,11	0,82
0,51	1,07	1,4	0,92
0,48	1,15	2,15	1,03
0,51	1,44	2,11	1,11
0,47	1,33	1,47	1,08
0,53	1,07	1,33	0,82
0,46	0,68	0,71	0,8

е Среднее – 0,926389



д

0,6	0,69	0,7	0,71
0,68	0,68	0,71	0,5
0,76	0,82	0,8	0,85
0,97	1,19	0,92	0,75
1,07	1,39	1,19	0,58
0,85	1,07	0,85	0,55
0,51	0,97	0,75	0,54
0,48	0,82	0,75	0,6
0,38	0,4	0,48	0,4

Среднее – 0,765185

Рис. 2. Наблюдение больного В., 63 лет. Диагноз: «Правосторонняя нижнедолевая пневмония»: *a, б, в* – рентгенорадиологические исследования, проведенные при поступлении больного в клинику; *a* – ОФЭКТ-томограмма легких, фронтальный срез (задняя проекция). Определяются значительные локальные нарушения микроциркуляции в обоих легких. Перфузия остается относительно сохранной только в над диафрагмальных отделах; *б* – МСКТ-томограмма, легочное окно, фронтальный срез (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 %, в правом – 54,6, %; *з, д, е* – рентгенорадиологические исследования, проведенные после 10 дней антибактериальной терапии; *з* – ОФЭКТ-томограмма легких, фронтальный срез (задняя проекция). Определяется положительная динамика в виде увеличения перфузии в нижней доле правого легкого и в плащевом отделе верхней доли левого легкого; *д* – МСКТ-томограмма, легочное окно, фронтальный срез (инверсия). Положительная динамика. Уменьшение зоны инфильтрации; *е* – компьютерная обработка результатов радиологического исследования. Микроциркуляция в левом легком составляет 92,6 %, в правом – 76,5 %

Fig. 2. Observation of patient В., 63 years old. The diagnosis is right-sided lower lobe pneumonia: *a, б, в* – radiological studies conducted upon admission of the patient to the clinic; *a* – SPECT-tomogram of the lungs, frontal section (rear projection). Significant local disturbances of microcirculation in both lungs are determined. Perfusion remains relatively intact only in the above diaphragmatic regions; *б* – MSCT-tomogram, pulmonary window, frontal section (inversion). In the upper lobes of the lungs is centriacinar emphysema, in the lower lobe of the right lung is an infiltration site, with visible bronchial lumens; *в* – computer processing of the results of radiological studies. microcirculation in the left lung is 87 %, and in the right – 54,6 %; *з, д, е* – radiological studies conducted after 10 days of antibiotic therapy; *з* – SPECT-tomogram of the lungs, frontal section (rear projection). Positive dynamics is determined in the form of an increase in perfusion in the lower lobe of the right lung and in the cloak section of the upper lobe of the left lung; *д* – MSCT-tomogram, pulmonary window, frontal section (inversion). Positive dynamics. Reduced infiltration zone; *е* – computer processing of the results of radiological studies. microcirculation in the left lung is 92.6 %, in the right – 76.5 %

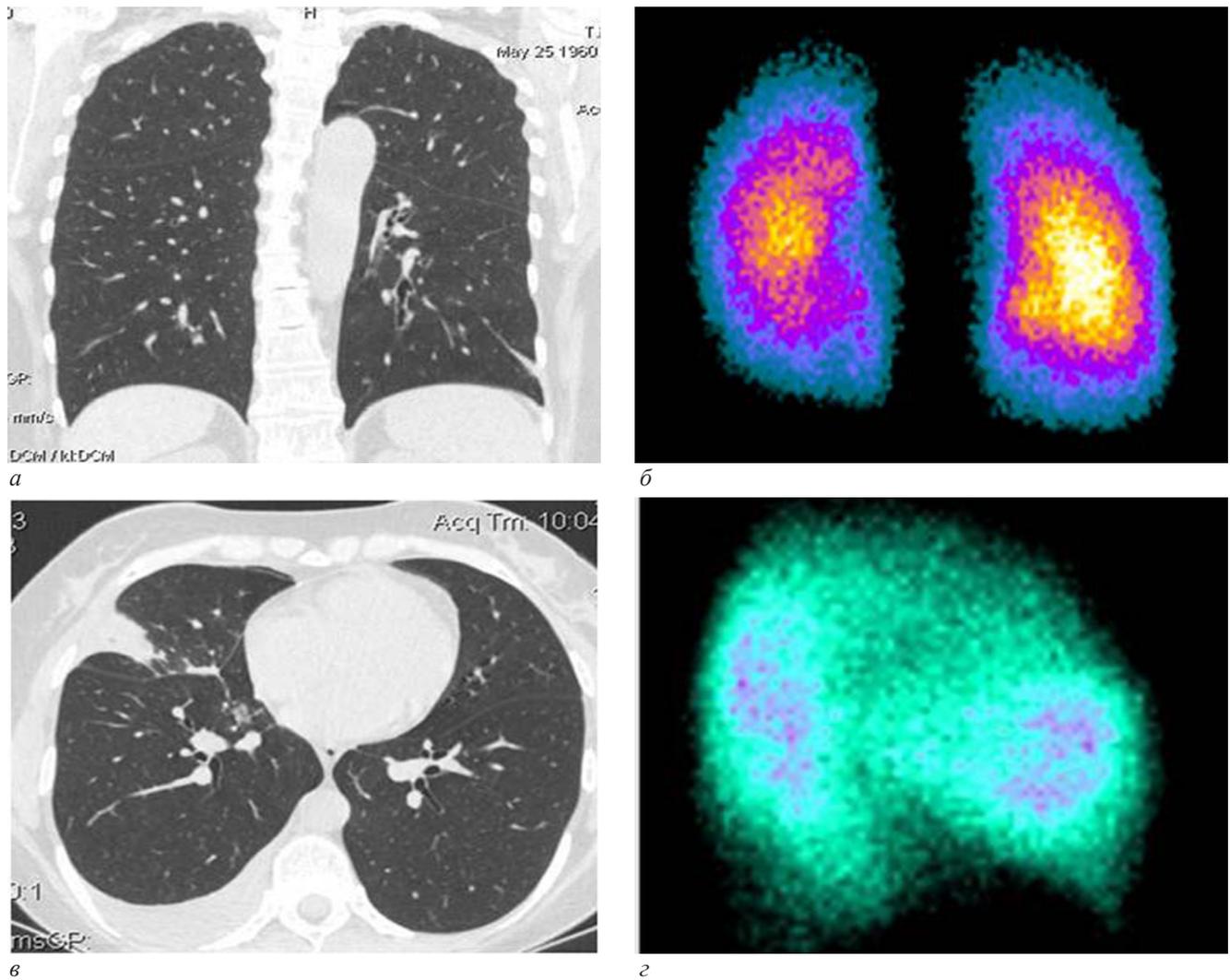


Рис. 3. Наблюдения больных, направленных на радиологическое исследование для исключения ТЭЛА: *а, б* – наблюдение больной Б., 56 лет. Диагноз направления: “Инфаркт-пневмония”; *а* – МСКТ-томограмма легких, корональный срез. В левом легком в нижней доле выявляется участок локального пневмосклероза; *б* – скintiграмма легких, задняя проекция, определяется дефект перфузии неправильной формы (указано стрелкой); *в, г* – наблюдение больной В., 41 г. Диагноз направления инфаркт-пневмония; *в* – МСКТ-томограмма легких, аксиальный срез. В правом легком в нижней доле выявляется участок инфильтрации, широким основанием прилежащий к костальной плевре; *г* – скintiграмма легких, правая боковая проекция, определяется дефект перфузии треугольной формы (указано стрелкой). Снижена перфузия в близлежащих отделах

Fig. 3. Observations of patients sent for radiological examination to exclude pulmonary embolism: *а, б* – observation of patient B., 56 years old. The diagnosis of the direction of heart attack pneumonia; *а* – MSCT tomogram of the lungs, coronal section. In the left lung in the lower lobe, a site of local pneumosclerosis is detected; *б* – scintigram of the lungs, rear projection, defect of perfusion of irregular shape (indicated by arrow) is determined; *в, г* – observation b-th V., 41 g. Diagnosis of the direction of heart attack pneumonia; *в* – MSCT-tomogram of the lungs, axial section. In the right lung in the lower lobe, an infiltration site is revealed, with a wide base adjacent to the costal pleura; *г* – scintigram of the lungs, right lateral projection, a defusion of perfusion of a triangular shape (indicated by an arrow) is determined. Perfusion in nearby departments is reduced

bronхов достоверно чаще наблюдались остаточные изменения в виде развития локального постпневмонического пневмосклероза (рис. 3) или рубцовых изменений, утолщение междолевой и реберной плевры, возникающих при значительном дефекте на месте воспаления и замещении его соединительной тканью, а также возникало неравномерное расширение просветов бронхов, уплотнение их стенок и даже развитие бронхоэктазов (таблица).

Наиболее часто больные с остаточными изменениями в паренхиме легких в виде локальных пневмосклерозов, прилежащих к костальной плевре (рис. 3, *а*), направляются на радиологическое исследование для исключения последствий тромбоэмболии легочной артерии (ТЭЛА). Основным признаком, исключающим ТЭЛА является выявление на скintiграммах дефектов перфузии неправильной формы (рис. 3, *б*).

В дифференциальной диагностике пневмонии и инфаркт пневмонии также анализировались результаты МСКТ, учитывались форма, локализация и протяженность инфильтративных изменений, наличие распадов в инфильтратах, изменение плотностных характеристик инфильтратов в артериальную фазу контрастного усиления и отсроченном сканировании. Обращали внимание на признак «полоски», отражающий наличие кровоснабжаемой легочной ткани в субплевральных отделах, что позволяло проводить радиологическую дифференциальную диагностику пневмонии и инфаркт-пневмонии. По данным МСКТ диагноз пневмонии не вызывал сомнений при наличии пневмонической инфильтрации с воздушными просветами бронхов, неоднородно усиленным кровотоком и сниженной вентиляции.

Необходимо отметить, что значения скринингового маркера активации гемокоагуляционных способностей крови – D-димера – в нашем исследовании были не столь патогномичны, так как при воспалении в крови повышается уровень нерастворимого фибрина, что существенно затрудняет и даже останавливает местное кровообращение в воспалительном очаге, при этом активируется фибринолитическая система, повышается уровень плазмина, расщепляющего фибрин, что приводит также к повышению уровня D-димера, однако у пациентов с развившейся ТЭЛА он был значимо, достоверно ($p < 0,05$) выше.

При дифференциальной лучевой диагностике инфильтративных изменений при пневмонии следует учитывать плотность воспалительной инфильтрации, ее локализацию (обычно преобладает в субплевральных отделах и не достигает корня) ($r=0,92$), особенности кровообращения (гиперперфузия в стадии артериальной гиперемии ($r=0,96$)), локальное снижение микроциркуляции (дефекты перфузии неправильной формы ($r=0,81$)), в дальнейшем приводящее к развитию пневмосклероза на месте инфильтративных изменений ($r=0,67$). При неоднозначной трактовке дисковидных ателектазов, аваскулярных участков и зон пневмонической инфильтрации легочной ткани при МСКТ необходимо выполнение ОФЭКТ или совмещенного ОФЭКТ-КТ исследований, при которых выявляются четкие треугольной формы дефекты микроциркуляции, характерные для ТЭЛА.

Лучевая диагностика пневмонии необходима для своевременного выявления воспаления легких и лечения этого грозного заболевания, однако на практике даже рентгеновский снимок в двух проекциях выполняется лишь у 20 % больных перед началом лечения, что приводит к поздней диагностике пневмонии. Известным фактом является то, что около 30 % случаев пневмонии диагностируются поздно или вообще не диагностируются [12].

При локализации процесса воспаления в органах дыхания происходит широкое и многообразное вовлечение в патогенез системы кровообращения, влияя на течение заболевания и развитие остаточных изменений в виде развития постпневмонических пневмосклерозов, характеризующихся уменьшением объема пораженного участка легкого и неравномерным уплотнением пораженных сегментов. Основной причиной исхода острой пневмонии в пневмосклероз является дисбаланс в свертывающей системе крови, а также способности макрофагов стимулировать пролиферацию фибробластов и оказывать влияние на пролиферативные процессы [13, 14]. При анализе результатов лучевых методов исследования достоверно чаще ($p < 0,05$) постпневмонические участки пневмосклероза выявлялись у пациентов, которые поздно начинали принимать антибактериальную терапию, отмечалось повышение уровня фибриногена, при этом уровень D-димера сохранялся в пределах нормальных значений. Кроме этого, на развитие участков пневмосклероза влияло местоположение ($r=0,67$) воспалительной инфильтрации: в верхних долях, заднебазальных и в язычковых сегментах достоверно чаще выявлялись зоны фиброза ($p < 0,05$).

Развитие выраженных склеротических поство-спалительных процессов в легких приводит не только к нарушениям микрогемодинамики, но и, в конечном счете, к повышению нагрузки на правые отделы сердца и повышению давления в легочной артерии.

Таким образом, коррекция нарушений в системе кровообращения у этих больных может играть, безусловно, важную роль в процессе их лечения.

Выводы

1. При неоднозначной трактовке дисковидных ателектазов, аваскулярных участков и зон пневмонической инфильтрации легочной ткани при МСКТ необходимо выполнение ОФЭКТ или совмещенного ОФЭКТ-КТ исследований, при которых выявляются четкие треугольной формы дефекты микроциркуляции, характерные для ТЭЛА.

2. На развитие участков пневмосклероза влияет местоположение воспалительной инфильтрации: в верхних долях, в заднебазальных и в язычковых сегментах достоверно чаще выявляются зоны фиброза.

3. 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.

Конфликт интересов / Conflict of interest

Авторы заявили об отсутствии конфликта интересов. / The authors declare no conflict of interest.

Литература / References

1. Шаймуратов Р. И., Визель А. А. Факторы риска летального исхода у пациентов с внебольничной пневмонией // Фарматека. – 2019. – Т. 26, № 5. – С. 79–84. [Shaimuratov RI, Wiesel AA. Risk factors for fatal outcome in patients with community-acquired pneumonia. Bionika Media. 2019 May 21;5:79–84. (In Russ.)]. Doi: 10.18565.
2. Казанцев В. А. Внебольничная пневмония: рук. для практикующих врачей. – М.: ГЭОТАР – Медицина, 2016. – 112 с. [Kazanitsev VA. Community-acquired pneumonia: a guide for practicing doctors. Moscow, GEOTAR Medicine, 2016:112. (In Russ.)].
3. Блюменталь И. Я. Внебольничная пневмония: актуальная проблема или рутинная патология? // Вестн. соврем. клин. медицины. – 2011. – Т. 4, № 1. – С. 52–55. [Blumenthal IY. Extrahospital pneumonia: an actual problem or a routine pathology? Herald of modern clinical medicine. 2011;4(1):52–55. (In Russ.)].
4. Титова О. Н., Кузубова Н. А., Александров А. Л. и др. Особенности центральной гемодинамики у больных внебольничной пневмонией в зависимости от течения заболевания и сердечно-сосудистой коморбидности // Терапевт. арх. – 2019. – Т. 12. – С. 29–34. [Titova ON, Kuzubova NA, Aleksandrov AL, Perley VE, Volchkova EV, Baryshnikova KA. Features of central hemodynamics in patients with community - acquired pneumonia depending on the course of the disease and cardiovascular comorbidity. Therapeutic archive. 2019;12:29–34. (In Russ.)]. Doi: 10.26442/00403660.2019.12.000441.

5. Чучалин А. Г. Пневмонии: актуальная проблема XXI века // *Терапевт. арх.* – 2016. – Т. 88, № 3. – С. 4–2. [Chuchalin AG. *Pneumonia: an actual problem of the 21st century. Therapeutic Archive.* 2016;88(3):4–12. (In Russ.)]. Doi: 10.17116/terarkh20168834-12.
6. Herold C, Franquet T. *Pulmonary infections. The ESC Textbook of Cardiovascular Medicine.* 2018 Dec;409–411. Doi: 10.1093/med/9780198784906.003.0080.
7. Цинзерлинг В. Д., Цинзерлинг А. В. *Патологическая анатомия острых инфекций разной этиологии.* – Л.: Медгиз, 1963. – 174 с. [Zinserling VD, Zinserling AV. *The pathological anatomy of acute infections of various etiologies. Leningrad, MEDGIZ, 1963:174. (In Russ.)*].
8. Федосеев Г. Б. *Механизмы воспаления бронхов и легких и противовоспалительная терапия.* – СПб.: Нормедиздат, 1998. – С. 429–440. [Fedoseev GB. *Mechanisms of inflammation of the bronchi and lungs and anti-inflammatory therapy.* SPb., Normedizdat, 1998:429–440. (In Russ.)].
9. Hoenderdos K, Lodge KM, Hirs RA et al. *Hypoxia upregulates neutrophil degranulation and potential for tissue injury. Thorax.* 2016;71(11):1030–1038. Doi: 10.1136/thoraxjnl-2015-207604.
10. Meyer G, Collignon MA, Guinet F et al. *Comparison of perfusion lung scanning and angiography in the estimation of vascular obstruction in acute pulmonary embolism. Eur J Nucl Med.* 1990;17(6–8):315–319. Doi: 10.1007/BF01268022.
11. Золотницкая В. П., Тишков А. В., Агафонов А. О. и др. *Новые возможности обработки результатов радиологического исследования легких // REJR.* – 2019. – Т. 9, № 2. – С. 98–106. [Zolotnitskaia VP, Tishkov AV, Agaphonov AO, Strach LV, Amosova OV. *New possibilities of processing the results of lungs radiological studies. REJR.* 2019;9(2):98–106. (In Russ.)]. Doi: 10.21569/2222-7415-2019-9-2-98-106.
12. Тюрин И. Е. *Рентгенодиагностика тяжелой пневмонии и гриппа // Лучевая диагностика и терапия.* – 2016. – Т. 1, № 7. – С. 13–16. [Tyurin IE. *X-RAY radiology of severe pneumonia and flu. Diagnostic radiology and radiotherapy.* 2016;(1):13–16. (In Russ.)]. Doi:10.22328/2079-5343-2016-1-13-16.
13. Kotton DN, Morrisey EE. *Lung regeneration: Mechanisms, applications and emerging stem cell populations. Nat. Med.* 2014;20(8):822–832. Doi: 10.1038/nm.3642.
14. McQualter JL. *Endogenous lung stem cells for lung regeneration. Expert. Opin. Biol. Ther.* 2019;19(6):539–546. Doi: 10.1080/14712598.2019.1596256.

Информация об авторе

Золотницкая Валентина Петровна – д-р биол. наук, старший научный сотрудник НИИ пульмонологии, ПСПбГМУ им. И. П. Павлова, Санкт-Петербург, Россия, e-mail: zolotnitskaja68@yandex.ru.

Author information

Zolotnitskaia Valentina P. – PhD, Senior Scientific Researcher and Scientific Institute of Pulmonology, Pavlov University, Saint Petersburg, Russia, e-mail: zolotnitskaja68@yandex.ru.