

Вентиляционная и перфузионная сцинтиграфия после трансплантации легких

Е.В. Мигунова*, Е.А. Тарабрин, Н.Е. Кудряшова, О.Г. Синякова,
Н.А. Карчевская, А.Г. Петухова, А.А. Саприн, Т.Э. Каллагов
ГБУЗ «НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского ДЗМ»,
129090, Россия, Москва, Большая Сухаревская площадь, д. 3

* Контактная информация: Екатерина Валентиновна Мигунова, канд. мед. наук, старший научный сотрудник
отделения лучевой диагностики НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского,
e-mail: emigunovasklif@mail.ru

Цель исследования. Оценка возможностей вентиляционной и перфузионной сцинтиграфии в выявлении нарушений функции и определении тяжести поражения легких после их трансплантации.

Материал и методы. Объект исследования – 27 пациентов после двусторонней трансплантации легких. Основным заболеванием, приведшим к терминальной дыхательной недостаточности, в большинстве случаев стал муковисцидоз (19 больных, 77,8%). Вентиляционную сцинтиграфию выполняли с ^{99m}Tc -пентатехом (с применением небулайзера), а перфузионную сцинтиграфию – с ^{99m}Tc -макроагрегатом альбумина. Исследования проводили на однофотонных эмиссионных томографах Infinia II и Discovery 670 NM/CT (GE, США).

Результаты. Изучены изменения количественных параметров вентиляционной и перфузионной сцинтиграфии у пациентов после трансплантации легких. При анализе результатов радионуклидных исследований было выявлено восстановление функции легких после их трансплантации и появление нарушений в раннем (до 4 месяцев) и отсроченном (более одного года) периодах после двусторонней трансплантации легких при развитии осложнений.

Заключение. Исследование показало, что радионуклидный метод имеет широкие возможности при оценке вентиляционной и перфузионной функций у больных после пересадки легких, помогая в дифференциальной диагностике облитерирующего бронхолита и склероза сосудов трансплантата, в оценке характера нарушений альвеоларно-капиллярной диффузии и определении распространенности функциональных изменений персонально у каждого больного. Мониторинг функции пересаженных легких с помощью сцинтиграфии позволяет отдельно контролировать вентиляционные и перфузионные изменения, что имеет важное значение для выбора лечебной тактики.

Ключевые слова: вентиляционная и перфузионная сцинтиграфия легких, трансплантация легких, мониторинг функции пересаженных легких

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Финансирование

Исследование проводилось без спонсорской поддержки

Благодарности

Авторы выражают благодарность Могели Шалвовичу Хубутия, акад. РАН, проф., д-ру мед. наук, президенту ГБУЗ «НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского ДЗМ», заведующему кафедрой трансплантологии и искусственных органов ФГБОУ ВО МГМСУ им. А.И. Евдокимова МЗ РФ, за научную консультацию и административную поддержку исследования

Мигунова Е.В., Тарабрин Е.А., Кудряшова Н.Е., Синякова О.Г., Карчевская Н.А., Петухова А.Г. и др. Вентиляционная и перфузионная сцинтиграфия после трансплантации легких. Трансплантология. 2020;12(3):174–188. <https://doi.org/10.23873/2074-0506-2020-12-3-174-188>

Ventilation and perfusion scintigraphy after lung transplantation

E.V. Migunova*, E.A. Tarabrin, N.E. Kudryashova, O.G. Sinyakova,
N.A. Karchevskaya, A.G. Petukhova, A.A. Saprin, T.E. Kallagov

N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine,
3 Bolshaya Sukharevskaya Sq., Moscow 129090 Russia

*Correspondence to: Ekaterina V. Migunova, Cand. Med. Sci., Senior Researcher, Diagnostic Radiology Department,
N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine, e-mail: emigunovasklif@mail.ru

Study objective. Evaluation of the possibilities of ventilation and perfusion scintigraphy in detecting functional disorders and determining the severity of lung damage that may occur after organ transplantation.

Material and methods. The study included 27 patients after bilateral lung transplantation; mucoviscidosis was the main cause of terminal respiratory failure in most cases (19 patients; 77.8%). The ventilation scintigraphy was performed with ^{99m}Tc -pentatech using a nebulizer, and the perfusion scintigraphy was performed with ^{99m}Tc -albumin macroaggregate. The investigations were performed on Infinia II and Discovery 670 NM/CT single-photon emission tomographs (GE, USA).

Results. Changes in the quantitative parameters of ventilation and perfusion scintigraphy in patients after lung transplantation were studied. When analyzing the results of radionuclide studies, we identified a restoration of function after lung transplantation, and the appearance of disorders with the development of complications in the early (up to 4 months) and later (more than one year) periods after bilateral lung transplantation.

Conclusion. The study has shown that the radionuclide method has wide possibilities for assessing the ventilation and perfusion functions in patients after lung transplantation, helping in the differential diagnosis of obliterating bronchiolitis and graft vascular sclerosis, in assessing the nature of alveolar-capillary diffusion disorders, and determining the extent of functional abnormalities in every individual patient. Monitoring the function of transplanted lungs using scintigraphy allows separate monitoring of ventilation and perfusion changes, which is important for the choice of treatment tactics.

Keywords: ventilation and perfusion lung scintigraphy, lung transplantation, monitoring of transplanted lung function

CONFLICT OF INTERESTS Authors declare no conflict of interest

FINANCING The study was performed without external funding

The authors would like to thank Prof. Mogeli Sh. Khubutiya, Dr. Med. Sci., Acad. of RAS, the President of the N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine, Head of the Department for Transplantology and Artificial Organs at the A.I. Yevdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry for his scientific advice and administrative support of the study

Migunova EV, Tarabrin EA, Kudryashova NE, Sinyakova OG, Karchevskaya NA, Petukhova AG, et al. Ventilation and perfusion scintigraphy after lung transplantation. *Transplantologiya. The Russian Journal of Transplantation*. 2020;12(3):174–188. (In Russ.). <https://doi.org/10.23873/2074-0506-2020-12-3-174-188>

АКД – альвеолярно-капиллярная (транспителиальная) диффузия
ВС – вентиляционная сцинтиграфия
ВСЛ – вентиляционная сцинтиграфия легких
ЛА – легочная артерия
ЛГ – легочная гипертензия
ЛЛ – левое легкое
ОФЭКТ/КТ – однофотонная эмиссионная компьютерная томография/ компьютерная томография
ПЖ – правый желудочек сердца

ПЛ – правое легкое
ПС – перфузионная сцинтиграфия
ПСЛ – перфузионная сцинтиграфия легких
рЛК – регионарный легочный кровоток
РФП – радиофармпрепарат
ТЛ – трансплантация легких
Т_{1/2} ПЖ – период полупорожнения правого желудочка
Т_{1/2} ЛА – период полупорожнения легочной артерии
 ^{99m}Tc – меченый технеций

Введение

Трансплантация легких (ТЛ) остается основным методом продления жизни и улучшения ее качества у пациентов с хроническими заболеваниями легких в терминальной стадии дыхательной недостаточности [1–4]. Включенные в Лист ожидания ТЛ пациенты имеют в наибольшей сте-

пени неблагоприятный прогноз [3–5], а летальность после ТЛ достигает 20–30% [5–8]. Это наихудшие результаты трансплантации среди реципиентов жизненно важных органов [5–7]. Они обусловлены достаточно частым развитием разнообразных осложнений – как непосредственно после операции, так и в отдаленном периоде.

Для увеличения выживаемости реципиентов после пересадки легких и поддержания работы трансплантата разработан лечебно-диагностический комплекс, включающий рентгенологические, биохимические и иммунологические диагностические методы [9–15]. В НИИ СП им. Н.В. Склифосовского впервые в нашей стране для мониторинга функции пересаженных легких использован радионуклидный метод [16–18], позволяющий количественно оценить как перфузию, так и вентиляцию органа при минимальной лучевой нагрузке на пациента и выявить раннее нарушение этих функций.

Цель исследования

Оценить возможности вентиляционной и перфузионной сцинтиграфии в выявлении нарушений функции и определении тяжести поражения после пересадки легких.

Материал и методы

Объектом исследования стали 27 пациентов после двусторонней ТЛ (16 мужчин и 11 женщин, средний возраст $33,8 \pm 8,0$ года и $32,7 \pm 5,7$ года соответственно).

Основным заболеванием, приведшим у этих больных к терминальной дыхательной недостаточности, в большинстве случаев был муковисцидоз – у 19 из 27 пациентов (70,4%), по 2 пациента (по 7,4%) имели нелангергансоклеточный гистиоцитоз, идиопатический легочный фиброз или облитерирующий бронхиолит и по одному пациенту (по 3,7%) было с бронхоэктатической болезнью легких и легочным альвеолярным протеинозом.

Радионуклидное исследование было проведено в 9 случаях (33,3%) в сроки до 4 месяцев и в 21 (77,8%) – в сроки свыше 12 месяцев после трансплантации.

Первым этапом выполняли вентиляционную сцинтиграфию легких (ВСЛ), которая основана на временном оседании после ингаляции газообразных нуклидов или тонкодисперсных аэрозолей радиофармпрепарата (РФП) на поверхности проводящих и газообменивающих воздухоносных путей. В качестве ингалируемого агента, помещенного в небулайзерную камеру (радиоаэрозольного набора «Venti-Scan» III–IV), использовали 500 МБк ^{99m}Tc -пентатеха в 2,0 мл физиологического раствора (эффективная эквивалентная доза 0,06 мЗв). Одновременно с ингаляцией

начинали запись исследования. Диффузию ингалируемых меченых частиц через альвеолярно-капиллярную мембрану оценивали по скорости поступления ^{99m}Tc -пентатеха из легочных альвеол в кровеносное русло. Общее время динамической записи – 20 мин.

Анализ вентиляционной сцинтиграфии (ВС) проводили по качественным и полуколичественным критериям: при визуальной оценке изображения выделяли участки нарушенной вентиляции (зон гипо- либо гипервентиляции) и рассчитывали скорость альвеолярно-капиллярной (трансэпителиальной) диффузии (АКД) по кривым, построенным с областей верхней и нижней половины каждого легкого. Нормальные параметры вентиляционной функции и величина скорости АКД описаны в работах ряда авторов. В норме распределение РФП в легких после ингаляции равномерное, без очаговой задержки в проекции бронхов, при этом АКД находится в диапазоне от 55 до 108 минут [16–18].

Вторым этапом выполняли перфузионную сцинтиграфию легких (ПСЛ) с регистрацией первого прохождения РФП и записью в режиме «все тело» для выявления право-левого шунтирования. Перфузионная сцинтиграфия (ПС) основана на кратковременной эмболизации капиллярного русла системы легочной артерии (ЛА) мечеными технецием (^{99m}Tc) макроагрегатом или микросферами альбумина человеческой сыворотки (внутривенно вводили 80–120 МБк ^{99m}Tc -макротеха, эффективная эквивалентная доза 0,88–1,1 мЗв). Полученные сцинтиграммы оценивали визуально и полуколичественно: определяли зоны сниженной перфузии и скорость прохождения РФП с построением кривых с области правого желудочка сердца (ПЖ) и ЛА. Признаки легочной гипертензии (ЛГ) определяли по периоду полуопорожнения ПЖ ($T_{1/2}$ ПЖ) и ЛА ($T_{1/2}$ ЛА). Дополнительно оценивали величину регионального легочного кровотока (рЛК в процентах) в различных легочных полях (верхнее, среднее, нижнее), нарушения которого разделяют на 3 степени тяжести: 1-я степень – снижение кровотока в зоне или целом легком на 25% от должных величин, 2-я – на 50% и 3-я – на 75% [19–21].

Кроме того, определяли процент накопления РФП в легких от счета импульсов всего тела (эквивалент введенной активности) и наличие право-левого сброса по накоплению РФП (в процентах) в органах, которые в норме не визуализируются (мозг, почки, кишечник и т.д.). Степень

выраженности право-левого сброса (процент шунтирования) определяли по формуле:

$$\Pi = \frac{A - (\text{ЛП} + \text{ЛЛ})}{A} \times 100\%,$$

где Π – процент артериовенозного шунтирования; A – счет импульсов всего тела; ЛП, ЛЛ – накопление РФП в правом и левом легком (счет импульсов).

Для определения суммарного дефицита перфузии каждый дефект накопления площадью, равной одному сегменту, принимали за дефицит перфузии в 5%; площадью, равной нижней доле – в 25%; площадью, равной правому легкому (ПЛ) – 55%, а левому (ЛЛ) – 45% [21, 22].

Параметры нормальной перфузии легких были определены при исследовании 8 здоровых добровольцев (7 мужчин и одна женщина, средний возраст $33,4 \pm 6,5$ года) без клинических и лабораторно-инструментальных признаков диффузного поражения легких (табл. 1 и 2). Получены максимальные величины рЛК (в процентах) в верхнем, среднем и нижнем легочных полях каждого легкого. Признаки ЛГ ($T_{1/2}$ ПЖ составил $2,5 \pm 0,7$ с; $T_{1/2}$ ЛА – $3,2 \pm 0,4$ с) и право-левого сброса отсутствовали.

Статистическую обработку полученных данных проводили с использованием программы Statistica 12. Проверку нормальности распределения значений показателей в группах осуществляли по критерию Шапиро–Уилка, статистическую

значимость различия средних значений показателей в группах определяли с использованием критериев Стьюдента и Манна–Уитни.

Результаты и обсуждение

Пациенты, обследованные после двусторонней ТЛ, были разделены на две группы в зависимости от сроков проведения операции.

В 1-ю группу вошли 8 пациентов, у которых после ТЛ прошло не более 4 месяцев (от 21 до 115 суток; один из пациентов обследован дважды – через 38 и 115 суток после трансплантации). Проведен анализ результатов 9 исследований (табл. 3 и 4).

При ВСЛ выявлено, что скорость АКД чаще (в 6 из 9 исследований) была меньше нормы (55–108 минут): у 3 пациентов – во всех отделах обоих легких, у одного – только в верхних отделах с обеих сторон, еще у одного – только в нижних отделах, у одного – с обеих сторон асимметрично (в верхних отделах билатерально и нижних слева). Скорость АКД в этих случаях колебалась в пределах 20–50 минут. У одного из пациентов при обследовании на 38-е сутки после трансплантации выявлено локальное увеличение АКД до 250 минут в нижних отделах ПЛ, сохранившееся и при повторном исследовании на 115-е сутки после трансплантации (234 минуты).

При ПСЛ выявлено, что накопление РФП (в процентах от введенной активности) составило для ПЛ от 27,0 до 50,0% (в среднем $40,6 \pm 2,5\%$),

Таблица 1. Показатели перфузионной сцинтиграфии легких у здоровых добровольцев

Table 1. Parameters of perfusion lung scintigraphy in healthy volunteers

Накопление радиофармпрепарата в легких от введенной активности, %		Наличие право-левого сброса	Период полуопорожнения	
правое легкое	левое легкое		правый желудочек, с	легочная артерия, с
$40,5 \pm 1,4$	$35,2 \pm 0,7$	Фоновое накопление тканями всего тела до 25%	$2,5 \pm 0,7$	$3,2 \pm 0,4$

Таблица 2. Показатели регионарного легочного кровотока по данным перфузионной сцинтиграфии легких у здоровых добровольцев

Table 2. Parameters of regional pulmonary blood flow according to the data of perfusion lung scintigraphy in healthy volunteers

Регионарный легочный кровоток, %		Поля			Суммарный легочный кровоток
		верхнее	среднее	нижнее	
Передняя проекция	правое легкое	$10,4 \pm 0,7$	$27,5 \pm 0,7$	$17,2 \pm 0,7$	$56,0 \pm 0,7$
	левое легкое	$14,6 \pm 0,6$	$22,0 \pm 0,7$	$8,3 \pm 0,8$	$44,9 \pm 0,7$
Задняя проекция	правое легкое	$11,2 \pm 0,4$	$26,1 \pm 0,5$	$15,8 \pm 0,5$	$53,1 \pm 0,5$
	левое легкое	$9,2 \pm 0,4$	$22,1 \pm 0,4$	$15,6 \pm 0,5$	$46,9 \pm 0,5$

Таблица 3. Показатели альвеолярно-капиллярной диффузии и перфузионной скинтиграфии в первой группе пациентов после двусторонней пересадки легких (до 4 месяцев, n = 9)
Table 3. Parameters of alveolar-capillary diffusion and perfusion scintigraphy in the first group of patients after bilateral lung transplantation (up to 4 months, n = 9)

Пациенты, ФИО	Пол	Возраст, лет	Число дней после трансплантации	Показатели альвеолярно-капиллярной диффузии, мин*				Накопление радиофармпрепаратов в легких от введенной активности, %			Правый легочный сброс, %	Период полупорождения	
				правое легкое		левое легкое		правое легкое	левое легкое	правый желудочек, с		легочная артерия, с	
				верхние отделы	базальные отделы	верхние отделы	базальные отделы						
АВР	м	24	21	41	82	39	40	39,5	43,5	17,0	8,0	26,0	
БДА	м	21	23	29	34	44	44	44,0	27,0	29,0	3,5	4,0	
ЕЕА	м	49	96	42	62	50	45	50,0	18,0	32,0	1,6	1,8	
ЗГА	м	41	38	40	250	65	55	27,0	39,0	34,0	1,7	2,8	
ЗГА	м	41	115	59	234	60	58	35,0	41,0	24,0	2,3	3,0	
ЛДД	м	27	49	49	20	36	49	45,0	37,0	18,0	3,7	4,8	
ПЕЛ	ж	29	25	70	38	58	50	43,0	37,0	20,0	2,6	4,2	
ПЕВ	м	27	26	140	83	100	98	—	—	—	1,1	1,2	
СРВ	м	37	85	26	42	31	24	41,0	39,0	20,0	1,5	3,0	
M ± m		32,9 ± 3,2	53,1 ± 12,0	55,1±11,6	93,9±28,9	53,7±6,9	51,4±6,7	40,6±2,5	35,2±2,9	24,2±2,3	2,9±0,7	5,6±2,6	

* Нормальный диапазон альвеолярно-капиллярной диффузии – 55–108 минут

Таблица 4. Показатели регионарного легочного кровотока в первой группе пациентов после двусторонней пересадки легких (до 4 месяцев, n = 9)
Table 4. Parameters of regional pulmonary blood flow in the first group of patients after bilateral lung transplantation (up to 4 months, n = 9)

Регионарный легочный кровоток, %	Поля			Суммарный легочный кровоток
	верхнее	среднее	нижнее	
Передняя проекция	правое легкое	12,2 ± 1,6	24,7 ± 2,3	13,6 ± 2,1
	левое легкое	15,3 ± 1,9	22,2 ± 2,1	12,0 ± 1,0
Задняя проекция	правое легкое	12,3 ± 1,6	22,6 ± 2,3	14,5 ± 2,7
	левое легкое	13,6 ± 1,8	21,6 ± 1,9	15,4 ± 1,8
				50,6 ± 5,0

причем накопление менее 40% (условная норма, определенная по исследованию здоровых добровольцев, см. табл. 1) имело место у 3 из 8 обследованных. Накопление РФП в ЛЛ составляло от 18,0 до 43,5% (в среднем $35,2 \pm 2,9\%$), только у 2 из 8 пациентов. Процент шунтирования у больных 1-й группы составил от 17,0 до 34,0, превысив 30% только у 2 пациентов (в среднем – $24,2 \pm 2,3\%$).

$T_{1/2}$ ПЖ превысил показатель здоровых добровольцев ($2,5 \pm 0,7$ с) у 3 больных (3,5; 3,7 и 8,0 с), а $T_{1/2}$ ЛА был выше нормы ($3,2 \pm 0,4$ с) у 4 пациентов из 9 (26, 4,0, 4,8, 4,2 с).

Показатели рЛЖ в различных легочных полях (табл. 4) соответствовали нормальным значениям, полученным у здоровых добровольцев, за исключением $T_{1/2}$ ЛА.

Таким образом результаты ПСЛ в 1-й группе показали удовлетворительное состояние легочной перфузии и сократительной функции ПЖ сердца, однако обращало на себя внимание достаточно частое повышение показателя $T_{1/2}$ ЛА. Увеличение этого показателя свидетельствовало о повышенном периферическом артериальном сосудистом сопротивлении в пересаженных легких, при нормальном показателе $T_{1/2}$ ПЖ и отсутствии признаков ЛГ по данным эхокардиографии (систолическое давление в ЛА составило $27,3 \pm 0,9$ мм рт.ст.).

Комплексная оценка результатов ВСЛ и ПСЛ в 1-й группе пациентов (обследованы в срок до 4 месяцев после ТЛ) может сыграть важную роль в раннем выявлении нарушенных легочных функций для прогнозирования развития криза отторжения (при снижении перфузии) и коррекции вентиляционных нарушений. Мы считаем, что признаки повышенного периферического артериального сосудистого сопротивления в ранние сроки после ТЛ могут быть связаны с перенесенным ишемическим и реперфузионным повреждением трансплантата.

Нарушения вентиляции на уровне главных бронхов в 1-й группе выявлены у 4 пациентов и проявлялись в виде гиперфиксации аэрозоля в местах бронхиальной обструкции или зон задержки аэрозоля локального характера в легочной паренхиме. Из них в двух наблюдениях при ВС отмечена аккумуляция РФП над областью скопления гнойного секрета при сохраненной перфузии по данным ПС, что было подтверждено при фибробронхоскопии (рис. 1).

В двух других случаях потребовалось дополнительное гибридное исследование – однофотонная эмиссионная компьютерная томография/

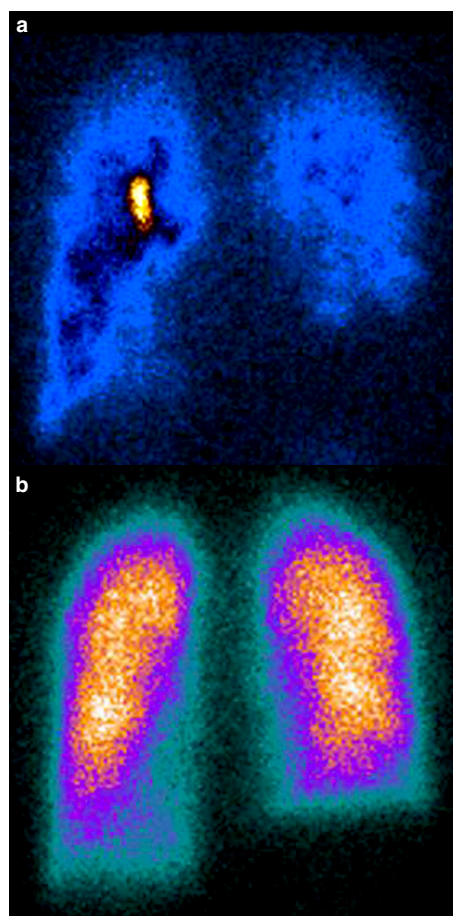


Рис. 1. Вентиляционная (а) и перфузионная (б) скитиграммы (задняя проекция) больного СРВ, 37 лет, на 85-е сутки после двусторонней трансплантации легких: очаговая задержка ингалируемого радиофармпрепарата на уровне левого главного бронха и выраженная гиповентиляция нижних сегментов правого легкого; умеренное диффузное снижение перфузии в задне-нижних отделах обоих легких

Fig. 1. Ventilation (a) and perfusion (b) scintigrams (posterior view) of patient SRV, 37 years old, on day 85 after bilateral lung transplantation demonstrated a focal delayed transit of the inhaled radiopharmaceutical at the level of the left main bronchus and pronounced hypoventilation of the right lung lower segments; a moderate decreased perfusion in the inferio-posterior segments of both lungs

компьютерная томография (ОФЭКТ/КТ) для уточнения локализации и причины выявленных вентиляционных нарушений. В первом из них на совмещенных изображениях области нарушения бронхиальной проходимости и вентиляции совпадали с рубцовым стенозом главного бронха. Во втором случае причиной нарушения вентиляции в области анастомоза стало несоответствие диаметров донорского и реципиентного бронхов по данным ОФЭКТ/КТ.

Во 2-ю группу включен 21 пациент, обследованный через год и более (от 13 до 72 месяцев, медиана – 35,3 месяца, в среднем – $36,7 \pm 14,0$ месяцев) после двусторонней ТЛ.

Преимущественное внимание привлекало выявление признаков хронического отторжения органа, основными механизмами которого являются облитерирующий бронхиолит и склероз сосудов пересаженного легкого. Посттрансплантационный облитерирующий бронхиолит развивается (по данным литературы) у 20–50% пациентов [23]. Сложность в установлении диагноза связана с вариабельностью встречаемых изменений, так как у одного пациента одновременно могут возникнуть констриктивные и пролиферативные изменения в бронхиолах, утолщение и фиброз интимы артерий и гиалиновый склероз вен.

Для подтверждения диагноза в подобных случаях требуется комплекс данных: компьютерная томография органов грудной клетки, функциональные тесты (исследования газового состава крови, функции внешнего дыхания и определение окиси азота в выдыхаемом воздухе), а также результаты цитограммы бронхоальвеолярного смыва и гистологического анализа ткани легкого. Представляется перспективным использование и радионуклидного метода, способного одновременно охарактеризовать и структурные, и функциональные изменения легких (рис. 2).

У пациентов 2-й группы (по данным ВСЛ) изменения скорости АКД той или иной выраженности и протяженности были выявлены у 19 из 21 больного (90,5%, 95% ДИ 77,2–100,0%) (табл. 5). При этом у 9 пациентов (42,9%) имело место уменьшение скорости (от 112 до 1155 минут), в том числе у 3 пациентов – по всем легочным полям. Еще у одного пациента наблюдали замедление АКД в нижних отделах обоих легких (165 минут справа и 245 минут слева) при небольшом ускорении АКД в верхнем отделе ЛЛ (50 минут). У 9 пациентов (42,9%) выявлено увеличение скорости (от 23 до 53 минут), в том числе по всем легочным полям – у 4 больных.

Можно предположить, что замедление АКД связано с изменениями в альвеолярной мембране вследствие перенесенной первичной дисфункции трансплантата, а также развития пневмопатии лекарственного генеза.

При ПСЛ выявлено, что накопление РФП у пациентов 2-й группы составило для ПЛ от 23,0 до 61,0% (в среднем $38,3 \pm 2,0\%$), причем накопление менее 40% (условная норма, см. табл. 1) имело

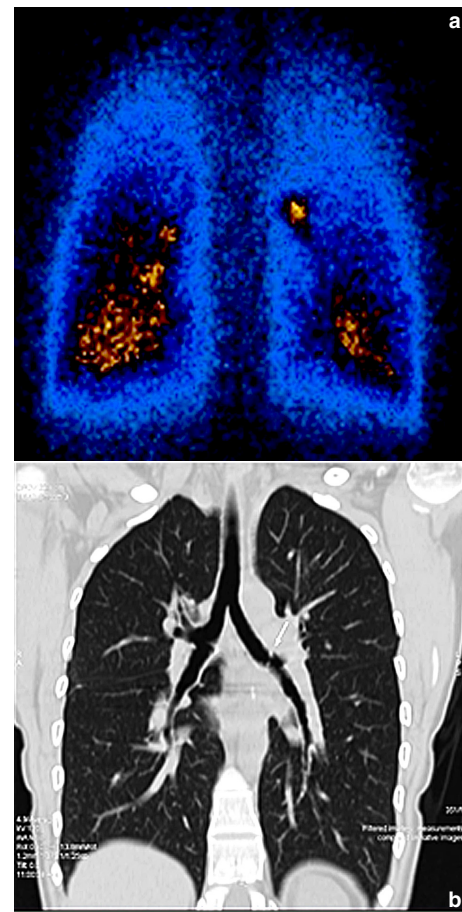


Рис. 2. Вентиляционная сцинтиграмма (а) и однофотонная эмиссионная компьютерная томография/компьютерная томография (b) (задняя проекция) больной Ж., 26 л., состояние после двусторонней трансплантации легких: очаговая задержка ингалируемого радиофармпрепарата на уровне левого главного бронха и признаки пролабирования слизистой оболочки бронха по данным компьютерной томографии

Fig. 2. Ventilation scintigram (a) and single-photon emission computed tomography/computed tomography scan (b) (posterior view) of patient G., 26 years old; Condition after bilateral lung transplantation: a focal delayed transit of inhaled radiopharmaceutical at the level of the left main bronchus and the signs of bronchial mucosa prolapse at computed tomography

место у 12 из 20 обследованных (60,0%, 95%ДИ 37,2–82,9%), в том числе менее 35% – только у 4 (20,0%, 95%ДИ 1,3–38,7%). Накопление РФП в ЛЛ составляло от 16,0 до 51,0% (в среднем $32,7 \pm 1,7\%$), у 15 из 20 пациентов (75,0%, 95%ДИ 54,8–95,2%), в том числе ниже 30% – у 4 (20,0%, 95%ДИ 1,3–38,7%).

Процент шунтирования у больных II группы колебался от 16,0 до 49,0 (в среднем – $29,7 \pm 2,1\%$), составив 30% и более у 9 из 19 обследованных

Таблица 5. Показатели альвеоларно-капиллярной диффузии и перфузионной скинтиграфии во второй группе пациентов после двусторонней пересадки легких (свыше 12 месяцев, n = 21)
Table 5. Parameters of alveolar-capillary diffusion and perfusion scintigraphy in the second group of patients after bilateral lung transplantation (over 12 months, n = 21)

Пациенты, ФИО	Пол	Возраст, лет	Число дней после трансплантации	Показатели альвеоларно-капиллярной диффузии, мин*						Накопление радиофармпрепаратов в легких от введенной активности, %			Правый легый сброс, %	Период полупорождения	
				правое легкое		левое легкое		верхние отделы	базальные отделы	правое легкое	левое легкое	правый желудочек, с		легочная артерия, с	
				верхние отделы	базальные отделы	верхние отделы	базальные отделы								
АВР	М	26	618	307	127	1155	1150	39,0	43,0	18,0	—	—	—		
ААА	Ж	30	2168	157	175	150	172	40,0	31,0	19,0	2,7	2,7	2,9		
АЕН	Ж	31	1060	118	85	148	91	38,0	32,0	30,0	2,3	2,3	2,7		
БАБ	М	32	450	144	600	150	441	35,0	33,0	32,0	2,5	2,5	3,5		
БМВ	Ж	38	2040	31	40	21	43	39,0	32,0	29,0	1,5	1,5	3,3		
БОН	Ж	35	1675	120	97	219	160	49,0	28,0	23,0	2,3	2,3	3		
ДДВ	М	39	1142	169	107	112	95	40,0	37,0	23,0	—	—	—		
ДЕА	М	28	849	51	54	42	68	23,0	51,0	26,0	2,5	2,5	3,4		
ЕЕА	М	50	394	73	165	50	245	54,0	24,0	22,0	—	—	—		
ЕСВ	М	39	665	53	63	70	72	23,0	30,0	47,0	1,1	1,1	1,7		
ЖАЛ	Ж	26	1435	75	29	75	48	37,0	34,0	29,0	—	—	—		
ИЛА	Ж	34	1644	139	63	166	80	41,0	43,0	16,0	2,3	2,3	2,2		
ЛДД	М	28	399	35	29	54	35	30,0	30,0	40,0	3	3	3,7		
КИВ	М	46	1057	101	32	73	65	36,0	31,0	33,0	1,8	1,8	2,6		
ОАС	М	28	707	42	29	40	40	38,0	34,0	28,0	1,5	1,5	4,8		
ПОВ	Ж	33	981	115	68	89	77	29,0	35,0	36,0	2,1	2,1	2,9		
ПГВ	М	31	1238	66	46	0	0	61,0	—	—	2,3	2,3	3,1		
ПЕС	М	39	1804	190	25	146	108	41,0	25,0	34,0	2	2	3,9		
СНА	Ж	32	1124	23	42	26	42	37,0	33,0	30,0	2	2	3,1		
ТОЛ	Ж	46	1175	108	81	61	36	35,0	16,0	49,0	2,4	2,4	2,3		
ФРА	М	33	549	40	25	62	31	—	—	—	2,1	2,1	2,4		
M ± m		34,5 ± 1,5	1103,5 ± 116,1	102,7 ± 14,8	94,4 ± 27,1	138,5 ± 52,3	147,6 ± 54,4	38,3 ± 2,0	32,7 ± 1,7	29,7 ± 2,1	2,1 ± 0,1	2,1 ± 0,1	3,0 ± 0,2		

* Нормальный диапазон АКД – 55–108 минут

(47,4%), (95%ДИ 23,4–71,3%), в том числе 40% и более – у 3 (15,8%, 95%ДИ 0,0–33,3%).

Показатель $T_{1/2}$ ПЖ у больных II группы (в среднем $2,1 \pm 1,0$ с) практически не превышал показатель здоровых добровольцев ($2,5 \pm 0,7$ с), максимальное значение составило 3,0 у одного пациента. Показатель $T_{1/2}$ ЛА был выше нормы ($3,2 \pm 0,4$ с) только у одного больного (4,8 с).

Показатели рЛК в различных легочных полях (табл. 6) соответствовали нормальным значениям, полученным у здоровых добровольцев.

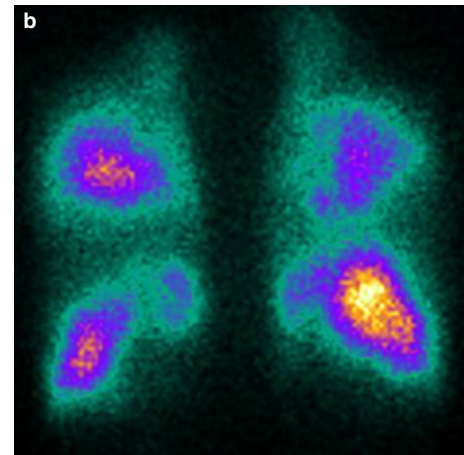
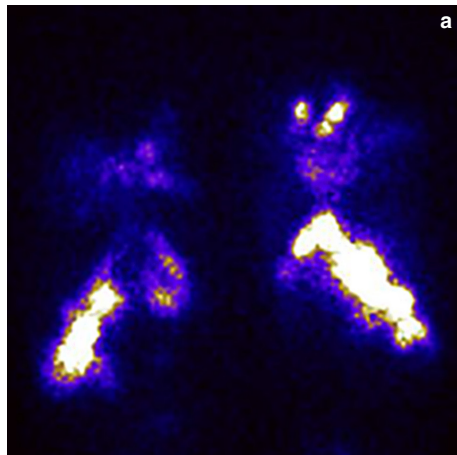
Как и в 1-й группе, наиболее информативным было сопоставление данных ВСЛ и ПСЛ у каждого больного для определения преимущественных изменений вентиляции или перфузии для оптимальной коррекции нарушений.

Наиболее демонстративным явился клинический случай пациентки с хроническим отторжением пересаженных легких (рис. 3), подтвержденным гистологическим исследованием биоптата легкого (обнаружены пролиферативно-склеротические изменения). Показатели ВСЛ и ПСЛ у данной больной, свидетельствующие о

Таблица 6. Показатели регионарного легочного кровотока во второй группе пациентов после двусторонней пересадки легких (свыше 12 месяцев, n = 21)

Table 6. Parameters of regional pulmonary blood flow in the second group of patients after bilateral lung transplantation (over 12 months, n = 21)

Регионарный легочный кровоток, %		Поля			Суммарный легочный кровоток
		верхнее	среднее	нижнее	
Передняя проекция	правое легкое	12,2±0,8	24,8±1,0	17,0±1,1	54,0±1,8
	левое легкое	12,0±0,5	20,0±0,8	13,9±0,9	46,0±1,8
Задняя проекция	правое легкое	11,5±0,7	23,7±0,8	18,2±1,0	53,4±1,5
	левое легкое	10,2±0,4	19,3±0,6	17,1±1,1	46,6±1,5



Альвеоларно-капиллярная диффузия				Накопление радиофармпрепаратов в легких от введенной активности, %		Право-левый сброс, %	Период полуопорожнения	
правое легкое		левое легкое					правый желудочек, с	легочная артерия, с
верхние отделы	нижние отделы	верхние отделы	нижние отделы	правое легкое	левое легкое			
31	40	21	43	39	32	30	1,5	3,3

Рис. 3. Вентиляционная (а) и перфузионная (б) сцинтиграммы в задней проекции больной БМВ, 38 лет, с хроническим отторжением трансплантата через 68 месяцев после двусторонней трансплантации легких: выраженное снижение вентиляции обоих легких с очагами повышенного накопления радиофармпрепаратов в проекции бронхов первого-второго порядка; полисегментарное нарушение перфузии

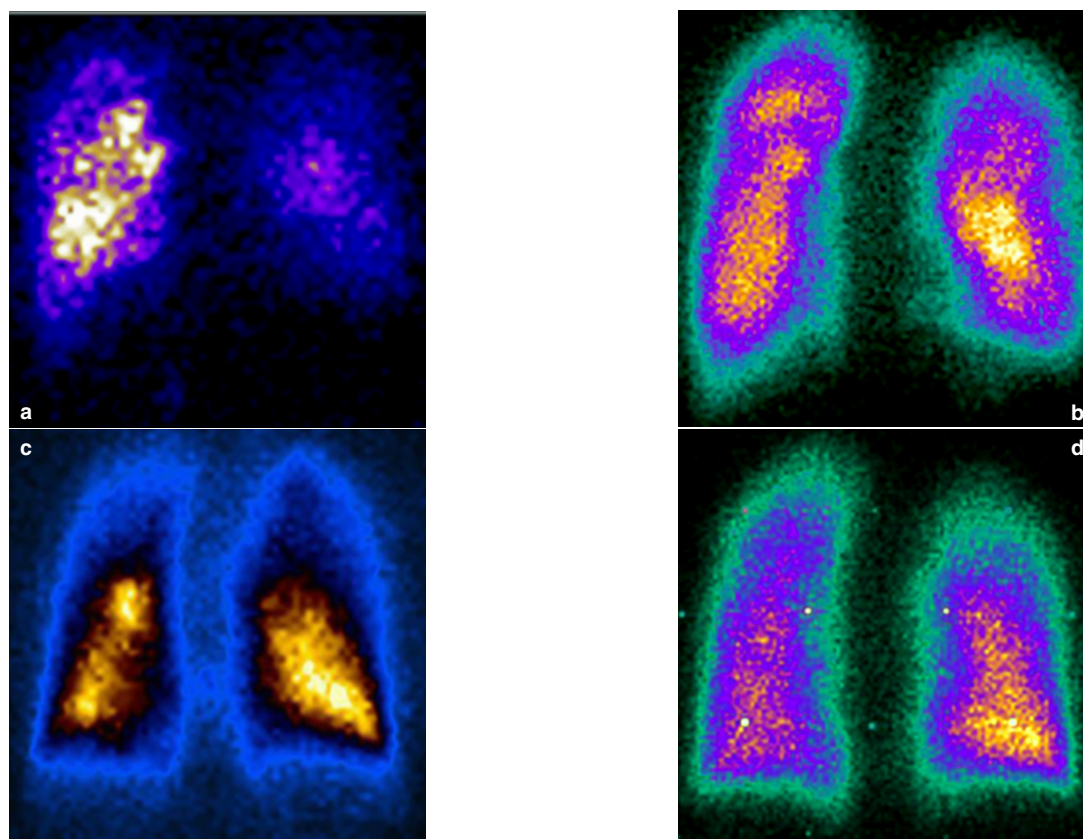
Fig. 3. Ventilation (a) and perfusion (b) scintigrams in the posterior view of patient BMV, 38 years old, with chronic graft rejection at 68 months after bilateral lung transplantation: a pronounced decrease in ventilation of both lungs with the foci of an increased radiopharmaceutical accumulation in the projection of the first and second order bronchi; polysegmental disorder of perfusion

выраженном ускорении АКД в обоих легких и наличии умеренного право-левого сброса (шунтирование до 30%), позволили сделать вывод в пользу облитерирующего бронхиолита, а не склерозирующего процесса в системе ЛА.

При статистическом анализе данных ВСЛ и ПСЛ в 1-й и 2-й группах была выявлена тенденция к замедлению АКД, снижению перфу-

зии легких без признаков увеличения легочного сопротивления (ЛГ).

После пересадки легких в ранний и повторно в отсроченный период обследованы 3 пациента. Положительную динамику состояния легких после пересадки характеризует клинический случай больного, обследованного радионуклидным методом трижды (рис. 4).



Дата исследования	Альвеоларно-капиллярная диффузия				Накопление радиофармпрепаратов в легких от введенной активности, %		Право-левый сброс, %	Период полупорождения	
	правое легкое		левое легкое					правый желудочек, с	легочная артерия, с
	верхние отделы	базальные отделы	верхние отделы	базальные отделы	правое легкое	левое легкое			
11.04.17	41	82	39	40	39,5	43,5	17	8	26
29.11.18	307	127	1155	1150	39,0	43,0	18	—	—
15.11.19	60	56	73	67	42,3	42,0	15,7	3,7	5,2

Рис. 4. Больной АВП, 24 лет, на 21-е сутки и через 21 месяц после двусторонней трансплантации легких. Вентиляционная (а, с) и перфузионная (b, d) скintiграммы легких в задней проекции: резкое снижение вентиляции правого легкого, сочетающееся с умеренным снижением перфузии его верхних отделов. Повторная вентиляционно-перфузионная скintiграфия, проведенная через 21 месяц подтвердила восстановление вентиляционной функции правого легкого (с, d)

Fig. 4. Patient AVP, 24 years old, on day 21 and at 21 months after bilateral lung transplantation. Ventilation (a, c) and perfusion (b, d) scintigrams of the lungs in the posterior view demonstrate an abrupt decrease in the right lung ventilation combined with a moderately decreased perfusion of its apical segments. Repeated ventilation-perfusion scintigraphy performed at 21 months confirmed the recovery of the right lung ventilatory function (c, d)

Состояние вентиляционной функции больного на рис. 4 согласуется с литературными данными о неполном восстановлении форсированной жизненной емкости легких в раннем периоде, что может наблюдаться в течение первого года после пересадки [15]. Главным условием для восстановления вентиляционной функции является сохранность кровотока органа, что и подтверждено при повторном исследовании. При сравнении показателей АКД у данного больного обращало на себя внимание преходящее замедление показателей АКД при втором исследовании, что вероятнее всего связано с изменением дозы иммуносупрессивной терапии, так как патологических изменений по данным рентгенографического исследования и компьютерной томографии в этот период времени у пациента выявлено не было. По динамике изменений показателей первого прохождения РФП ($T_{1/2}$ ПЖ и $T_{1/2}$ ЛА) можно отметить постепенный регресс ЛГ за счет снижения сосудистого сопротивления легких.

Заключение

Данное исследование позволило выявить вентиляционные и перфузионные нарушения в раннем периоде после трансплантации (до 4 месяцев), которые могли быть связаны с реперфузионной травмой, отторжением трансплантата, инфекцией и разрушением анастомоза, а также подбором дозы иммуносупрессивной терапии. В позднем

послеоперационном периоде (свыше 12 месяцев) в большинстве случаев наблюдалась стабилизация функционального состояния пересаженных легких. Выполнение отсроченных вентиляционной и перфузионной сцинтиграфии было также целесообразным, так как позволило определить преимущественные изменения вентиляции или перфузии для оптимальной коррекции нарушений функции пересаженных легких у каждого больного.

Настоящее исследование показало, что радионуклидный метод имеет широкие возможности при оценке вентиляционной и перфузионной функций у больных после пересадки легких. Следует подчеркнуть, что уникальность вентиляционно-перфузионной сцинтиграфии состоит в определении скорости альвеолярно-капиллярной диффузии прямым полуколичественным способом (проникновение радиофармпрепарата через альвеолярно-капиллярную мембрану), а также в детальной оценке состояния микроциркуляторного русла пересаженного легкого при минимальной лучевой нагрузке на пациента и отсутствии побочных реакций.

Внедрение данного метода в клиническую практику поможет в дифференциальной диагностике облитерирующего бронхиолита и склероза сосудов трансплантата, оценке характера нарушений альвеолярно-капиллярной диффузии и определении распространенности функциональных изменений персонально у каждого больного.

Литература

1. Nathan SD, Shlobin OA, Weir N, Ahmad S, Kaldjob JM, Battle E, et al. Long-term course and prognosis of idiopathic pulmonary fibrosis in the new millennium. *Chest*. 2011;140(1):221–229. PMID: 21729893 <https://doi.org/10.1378/chest.10-2572>
2. Jo HE, Glaspole I, Grainge C, Goh N, Hopkins PM, Moodley Y, et al. Baseline characteristics of idiopathic pulmonary fibrosis: analysis from the Australian idiopathic pulmonary fibrosis registry. *Eur Respir J*. 2017;49(2). pii:1601592. PMID: 28232409 <https://doi.org/10.1183/13993003.01592-2016>
3. Mahajan AK, Folch E, Khandhar SJ, Channick CL, Santacruz JF, Mehta AC, et al. The diagnosis and management of airway complications following lung transplantation. *Chest*. 2017;152(3):627–638. PMID: 28274791 <https://doi.org/10.1016/j.chest.2017.02.021>
4. Hoechter DJ, von Dossow V. Lung transplantation: from the procedure to managing patients with lung transplantation. *Curr Opin Anaesthesiol*. 2016;29(1):8–13. PMID: 26545145 <https://doi.org/10.1097/ACO.0000000000000268>
5. Sulania A, Sachdeva S, Jha D, Kaur G, Sachdeva R. Organ donation and transplantation: An updated overview. *MAMC J Med Sci*. 2016;2(1):18–27. <https://doi.org/10.4103/2394-7438.174832>
6. Fine NM, Kushwaha SS. Recent advances in mammalian target of rapamycin inhibitor use in heart and lung transplantation. *Transplantation*. 2016;100(12):2558–2568. PMID: 27495747 <https://doi.org/10.1097/TP.0000000000001432>
7. Jakubec P, Žurková M, Hajdová L, Křenková A, Kolek V. The complications after lung transplantation. *Vnitr Lek*. 2018;63(11):848–859. PMID: 29303288
8. Бойцова Е.В., Овсянников Д.Ю. Постинфекционный облитерирующий бронхолит у детей. *Детские инфекции*. 2014;13(2):24–28. <https://doi.org/10.22627/2072-8107-2014-13-2-24-28>
9. Potestio C, Jordan D, Kachulis B. Acute postoperative management after lung transplantation. *Best Pract Res Clin Anaesthesiol*. 2017;31(2):273–284. PMID: 29110799 <https://doi.org/10.1016/j.bpa.2017.07.004>
10. Costa J, Benvenuto LJ, Sonett JR. Long-term outcomes and management of lung transplant recipients. *Best Pract Res Clin Anaesthesiol*. 2017;31(2):285–297. PMID: 29110800 <https://doi.org/10.1016/j.bpa.2017.05.006>
11. Leal S, Sacanell J, Riera J, Mascians JR, Rello J. Early postoperative management of lung transplantation. *Minerva Anesthesiol*. 2014;80(11):1234–1245. PMID: 24518214
12. Porhownik NR. Airway complications post lung transplantation. *Curr Opin Pulm Med*. 2013;19(2):174–180. PMID: 23287284 <https://doi.org/10.1097/MCP.0b013e32835d2ef9>
13. Gillespie M, Rizzolo D. A systems-based approach to patient care after liver transplantation. *JAAPA*. 2018;31(1):14–19. PMID: 29227319 <https://doi.org/10.1097/01JAA.0000527694.68417.0a>
14. Kao CC, Parulekar AD. Postoperative management of lung transplant recipients. *J Thorac Dis*. 2019;11(Suppl 14):S1782–S1788. PMID: 31632755 <https://doi.org/10.21037/jtd.2019.05.60>
15. Готье С.В., Головинский С.В., Попцов В.Н. Первая в РФ успешная двусторонняя трансплантация легких ребенку с муковисцидозом. *Вестник трансплантологии и искусственных органов*. 2017;(4):11–15. <https://doi.org/10.15825/1995-1191-2017-4-11-15>
16. Gottschalk A, Sostman HD, Coleman RE, Juni JE, Thrall J, McKusick KA, et al. Ventilation-perfusion scintigraphy in the PIOPED study. Part II. Evaluation of the scintigraphic criteria and interpretations. *J Nucl Med*. 1993;34(7):1119–1126. PMID: 8315488
17. Рубин М.П., Кулешова О.Д., Чечурин Р.Е. Радионуклидная вентиляционная аэрозольная скintiграфия легких: методика исследования и интерпретация результатов. *Радиология – практика*. 2002;(1):19–24.
18. Лишманов Ю.Б., Кривоногов Н.Г., Агеева Т.С., Дубоделова А.В., Мишустина Е.Л. Основные показатели вентиляционно-перфузионной скintiграфии легких у здоровых лиц. *Вестник рентгенологии и радиологии*. 2007;(6):34–39.
19. Мигунова Е.В., Кудряшова Н.Е., Никитина О.В., Береснева Э.А., Гольдина И.М., Забавская О.А. и др. Оценка эффективности тромболитической терапии по данным перфузионной скintiграфии легких. *Молекулярная медицина*. 2013;(4):46–50.
20. Тромбозмболия легочной артерии. Методы диагностики: учеб.-метод. пособие. Москва: НИИ СП им. Н.В. Склифосовского, 2014.
21. Савельев В.С., Яблоков Е.Г., Кириенко А.И. Массивная эмболия легочной артерии. Москва: Медицина, 1990.
22. Pistolesi M, Lavorini F, G. Allesscia, Miniati M. Diagnostic strategies for suspected pulmonary embolism. In: Bankier AA. *Imaging. European respiratory monograph*. 2004. Monograph 30. Ch. 6. p. 89–105. <https://doi.org/10.1183/1025448x.00030006>
23. Авдеев С.Н. Новые возможности в терапии бронхолитов. *Практическая пульмонология (ранее – «Атмосфера. Пульмонология и аллергология»)*. 2009;(4):12–18.

References

1. Nathan SD, Shlobin OA, Weir N, Ahmad S, Kaldjob JM, Battle E, et al. Long-term course and prognosis of idiopathic pulmonary fibrosis in the new millennium. *Chest*. 2011;140(1):221–229. PMID: 21729893 <https://doi.org/10.1378/chest.10-2572>
2. Jo HE, Glaspole I, Grainge C, Goh N, Hopkins PM, Moodley Y, et al. Baseline characteristics of idiopathic pulmonary fibrosis: analysis from the Australian idiopathic pulmonary fibrosis registry. *Eur Respir J*. 2017;49(2). pii:1601592. PMID: 28232409 <https://doi.org/10.1183/13993003.01592-2016>
3. Mahajan AK, Folch E, Khandhar SJ, Channick CL, Santacruz JF, Mehta AC, et al. The diagnosis and management of airway complications following lung transplantation. *Chest*. 2017;152(3):627–638. PMID: 28274791 <https://doi.org/10.1016/j.chest.2017.02.021>
4. Hoechter DJ, von Dossow V. Lung transplantation: from the procedure to managing patients with lung transplantation. *Curr Opin Anaesthesiol*. 2016;29(1):8–13. PMID: 26545145 <https://doi.org/10.1097/ACO.0000000000000268>
5. Sulania A, Sachdeva S, Jha D, Kaur G, Sachdeva R. Organ donation and transplantation: An updated overview. *MAMC J Med Sci*. 2016;2(1):18–27. <https://doi.org/10.4103/2394-7438.174832>
6. Fine NM, Kushwaha SS. Recent advances in mammalian target of rapamycin inhibitor use in heart and lung transplantation. *Transplantation*. 2016;100(12):2558–2568. PMID: 27495747 <https://doi.org/10.1097/TP.0000000000001432>
7. Jakubec P, Žurková M, Hajdová L, Křenková A, Kolek V. The complications after lung transplantation. *Vnitr Lek*. 2018;63(11):848–859. PMID: 29303288
8. Boytsova EV, Ovsyannikov DYU. Postinfectious obliterans bronchiolitis in children. *Children infections*. 2014;13(2):24–28. (In Russ.). <https://doi.org/10.22627/2072-8107-2014-13-2-24-28>
9. Potestio C, Jordan D, Kachulis B. Acute postoperative management after lung transplantation. *Best Pract Res Clin Anaesthesiol*. 2017;31(2):273–284. PMID: 29110799 <https://doi.org/10.1016/j.bpa.2017.07.004>
10. Costa J, Benvenuto LJ, Sonett JR. Long-term outcomes and management of lung transplant recipients. *Best Pract Res Clin Anaesthesiol*. 2017;31(2):285–297. PMID: 29110800 <https://doi.org/10.1016/j.bpa.2017.05.006>
11. Leal S, Sacanell J, Riera J, Masclans JR, Rello J. Early postoperative management of lung transplantation. *Minerva Anesthesiol*. 2014;80(11):1234–1245. PMID: 24518214
12. Porhownik NR. Airway complications post lung transplantation. *Curr Opin Pulm Med*. 2013;19(2):174–180. PMID: 23287284 <https://doi.org/10.1097/MCP.0b013e32835d2ef9>
13. Gillespie M, Rizzolo D. A systems-based approach to patient care after liver transplantation. *JAAPA*. 2018;31(1):14–19. PMID: 29227319 <https://doi.org/10.1097/01.JAA.0000527694.68417.0a>
14. Kao CC, Parulekar AD. Postoperative management of lung transplant recipients. *J Thorac Dis*. 2019;11(Suppl 14):S1782–S1788. PMID: 31632755 <https://doi.org/10.21037/jtd.2019.05.60>
15. Gautier SV, Golovinskiy SB, Poptsov VN, Tsirolnikova OM, Nechaev NB, Spirina EA, et al. First pediatric bilateral lobar lung transplantation for cystic fibrosis in Russian Federation. *Russian Journal of Transplantation and Artificial Organs*. 2017;19(4):11–15. (In Russ.). <https://doi.org/10.15825/1995-1191-2017-4-11-15>
16. Gottschalk A, Sostman HD, Coleman RE, Juni JE, Thrall J, McKusick KA, et al. Ventilation-perfusion scintigraphy in the PLOPED study. Part II. Evaluation of the scintigraphic criteria and interpretations. *J Nucl Med*. 1993;34(7):1119–1126. PMID: 8315488
17. Rubin MP, Kuleshova OD, Chechurin RE. Radionuklidnaya ventilyatsionnaya aerol'naya stsintigrafiya legkikh: metodika issledovaniya i interpretatsiya rezul'tatov. *Radiology – Practice*. 2002;(1):19–24. (In Russ.).
18. Lishmanov YuB, Krivonogov NG, Ageyeva TS, Dubodelova AV, Mishuchstina EL. Basic parameters of pulmonary ventilation-perfusion scintigraphy in healthy individuals. *Journal of radiology and nuclear medicine*. 2007;(6):34–39. (In Russ.).
19. Migunova EV, Kudryashova NE, Nikitina OV, Beresneva EA, Goldina IM, Zabavskaya OA, et al. Assessment of the effectiveness of thrombolytic therapy of pulmonary thromboembolism by lung perfusion scanning. *Molecular medicine*. 2013;(4):46–50. (In Russ.).
20. Tromboemboliya legochnoy arterii. *Metody diagnostiki: ucheb.-metod. posobiye*. Moscow: N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine Publ., 2014. (In Russ.).
21. Savelyev VS, Yablokov EG, Kiriyenko AI. *Massivnaya emboliya legochnoy arterii*. Moscow: Meditsina Publ., 1990. (In Russ.).
22. Pistolesi M, Lavorini F, Allescia G., Miniati M. Diagnostic strategies for suspected pulmonary embolism. In: Bankier AA. *Imaging. European respiratory monograph*. 2004. Monograph 30. Ch. 6. p. 89–105. <https://doi.org/10.1183/1025448x.00030006>
23. Avdeyev SN. Novyye vozmozhnosti v terapii bronhiolitov. *The Journal of Practical Pulmonology (Atmosphere. Pulmonology and Allergology)*. 2009;(4):12–18. (In Russ.).

Информация об авторах

Екатерина Валентиновна Мигунова	канд. мед. наук, старший научный сотрудник отделения лучевой диагностики ГБУЗ «НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского ДЗМ», https://orcid.org/0000-0001-7521-487X 40% – разработка концепции и дизайна исследования, анализ результатов, написание текста рукописи
Евгений Александрович Тарабрин	д-р мед. наук, руководитель отделения неотложной торакоабдоминальной хирургии ГБУЗ «НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского ДЗМ», https://orcid.org/0000-0002-9616-1161 15% – редактирование черновика рукописи, проверка интеллектуального содержания и окончательное утверждение рукописи
Наталья Евгеньевна Кудряшова	д-р мед. наук, главный научный сотрудник отделения лучевой диагностики ГБУЗ «НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского ДЗМ», https://orcid.org/0000-0003-1647-1635 20% – редактирование черновика рукописи, проверка интеллектуального содержания и окончательное утверждение рукописи
Ольга Германовна Синякова	канд. техн. наук, научный консультант отделения лучевой диагностики ГБУЗ «НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского ДЗМ», https://orcid.org/0000-0003-1686-6952 5% – анализ и формирование пакета статистико-математических данных
Наталья Анатольевна Карчевская	канд. мед. наук, врач-пульмонолог, научный сотрудник отделения неотложной торакоабдоминальной хирургии ГБУЗ «НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского ДЗМ», https://orcid.org/0000-0001-8368-1056 5% – анализ результатов обследования и литературных данных
Анжелика Геннадьевна Петухова	младший научный сотрудник отделения неотложной торакоабдоминальной хирургии ГБУЗ «НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского ДЗМ», https://orcid.org/0000-0002-7966-7320 5% – анализ результатов обследования и литературных данных
Артем Анатольевич Саприн	научный сотрудник отделения неотложной торакоабдоминальной хирургии ГБУЗ «НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского ДЗМ», https://orcid.org/0000-0003-2199-8829 5% – анализ полученных результатов в аспекте торакальной хирургии
Таймураз Эльбрусович Каллагов	научный сотрудник отделения неотложной торакоабдоминальной хирургии ГБУЗ «НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского ДЗМ», https://orcid.org/0000-0003-4532-6437 5% – анализ полученных результатов в аспекте торакальной хирургии

Information about authors

Ekaterina V. Migunova	Cand. Med. Sci., Senior Researcher, Diagnostic Radiology Department, N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine, https://orcid.org/0000-0001-7521-487X 40% – development of the study concept and design, analysis of the results, writing the text of the manuscript
Evgeniy A. Tarabrin	Dr. Med. Sci., Head of the Scientific Department of Urgent Thoracoabdominal Surgery N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine, https://orcid.org/0000-0002-9616-1161 15% – editing a draft manuscript, reviewing intellectual content and final approval of the manuscript
Natalya E. Kudryashova	Dr. Med. Sci., Principal Researcher, Diagnostic Radiology Department, N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine, https://orcid.org/0000-0003-1647-1635 20% – editing a draft manuscript, reviewing intellectual content and final approval of the manuscript
Olga G. Sinyakova	Cand. Techn. Sci., Scientific Consultant of the Diagnostic Radiology Department, N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine, https://orcid.org/0000-0003-1686-6952 5% – generation of statistical and mathematical data package and data analysis
Natalya A. Karchevskaya	Cand. Med. Sci., Pulmonologist, Research Associate, Department of Urgent Thoracoabdominal Surgery, N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine, https://orcid.org/0000-0001-8368-1056 5% – analysis of investigation results and literature data review
Anzhelika G. Petukhova	Junior Researcher, Department of Urgent Thoracoabdominal Surgery, N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine, https://orcid.org/0000-0002-7966-7320 5% – analysis of investigation results and literature data review
Artem A. Saprin	Research Associate, Department of Emergency Thoracoabdominal Surgery, N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine, https://orcid.org/0000-0003-2199-8829 5% – analysis of the results obtained in the aspect of thoracic surgery
Taymuraz E. Kallagov	Research Associate, Department of Urgent Thoracoabdominal Surgery, N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine, https://orcid.org/0000-0003-4532-6437 5% – analysis of the results obtained in the aspect of thoracic surgery

Статья поступила: 4.02.2020

Статья принята в печать: 27.05.2020

Received: February 4, 2020

Accepted for publication: May 27, 2020