

УДК 616.24-002.5:616-092.6: 611.24

## ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ ДИФФУЗИОННОЙ СПОСОБНОСТИ ЛЕГКИХ И ТРАНСФЕР-КОЭФФИЦИЕНТА У БОЛЬНЫХ ТУБЕРКУЛЕЗОМ ЛЕГКИХ

Л.Д. Кирюхина<sup>1</sup>, Е.В. Кокорина<sup>1</sup>, П.В. Гаврилов<sup>1,2</sup>, И.Б. Савин<sup>1</sup>, П.К. Яблонский<sup>1,3</sup>

**Введение.** Исследование диффузионной способности легких (DLCO) показывает состояние условий транспорта кислорода из альвеолярного воздуха в кровь легочных капилляров. Особенности изменения параметров легочного газообмена у пациентов с туберкулезом легких (ТЛ) изучены недостаточно.

**Материалы и методы.** 374 пациентам с верифицированным ТЛ проведены исследование функции внешнего дыхания с определением DLCO и трансфер-коэффициента окиси углерода DLCO/VA, компьютерная томография и перфузионная скintiграфия легких.

**Результаты.** Изменение легочного газообмена зависит от длительности ТЛ, объема специфического поражения, выраженности нарушений легочной перфузии, в том числе в легком без очагов туберкулезного поражения. У 23% пациентов снижение трансфер-коэффициента наблюдалось при нормальных значениях DLCO, что свидетельствует о значительном альвеолярно-капиллярном повреждении.

**Заключение.** При оценке легочного газообмена у больных туберкулезом легких следует опираться не только на величину DLCO, но и на трансфер-коэффициент окиси углерода – DLCO/VA.

**Ключевые слова:** туберкулез легких, легочный газообмен, диффузионная способность легких, трансфер-коэффициент

## CHANGES IN THE DIFFUSION CAPACITY OF THE LUNGS AND THE TRANSFER COEFFICIENT IN PATIENTS WITH PULMONARY TUBERCULOSIS

L.D. Kiryukhina<sup>1</sup>, E.V. Kokorina<sup>1</sup>, P.V. Gavrillov<sup>1,2</sup>, I.B. Savin<sup>1</sup>, P.K. Yablonskiy<sup>1,3</sup>

**Introduction.** The study of the diffusion lung capacity (DLCO) shows the conditions of oxygen transport from the alveolar air into the blood of the pulmonary capillaries. The features of changes in the parameters of pulmonary gas exchange in patients with pulmonary tuberculosis (PT) have not been sufficiently studied.

**Materials and methods.** 374 patients with verified PT underwent a study of the pulmonary function including DLCO and the transfer coefficient of carbon monoxide DLCO/VA, computed tomography and perfusion scintigraphy of the lungs.

**Results.** The pulmonary gas exchange depends on the duration of PT, the volume of a specific lesion, the severity of disorders of pulmonary perfusion, including in the lung without foci of tuberculous lesions. In 23% of patients, a decrease in the transfer coefficient was observed at normal DLCO values, which indicates significant alveolar-capillary damage.

**Conclusion.** When assessing pulmonary gas exchange in patients with pulmonary tuberculosis, it is necessary to estimate not only DLCO, but also on the transfer coefficient of carbon monoxide - DLCO/VA.

**Keywords:** pulmonary tuberculosis, pulmonary gas exchange, diffusion lung capacity, transfer coefficient

<sup>1</sup> ФГБУ «Санкт-Петербургский НИИ фтизиопульмонологии» Минздрава России.

<sup>1</sup> Saint-Petersburg State Research Institute of Phthisiopulmonology of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation.

<sup>2</sup> Санкт-Петербургский государственный университет, научно-клинический и образовательный центр «Лучевая диагностика и ядерная медицина».

<sup>2</sup> St. Petersburg State University, Scientific, Clinical and Educational Center «Radiation diagnostics and Nuclear Medicine».

<sup>3</sup> Санкт-Петербургский государственный университет, кафедра госпитальной хирургии.

<sup>3</sup> St. Petersburg State University, Department of Hospital Surgery.

Несмотря на снижение бремени туберкулеза (ТБ) в Российской Федерации, его доля в структуре причин смерти от инфекционных и паразитарных заболеваний в 2020 г. (без учета сочетанных причин смерти с ВИЧ-инфекцией) составила 22,7% [8]. Динамика снижения показателей распространения туберкулеза в России может замедлиться вследствие негативного влияния COVID-19, увеличения потока беженцев с Украины, в которой эпидемическая ситуация по ТБ более неблагоприятная, чем в России, а также стресса, связанного с угрозой общемирового социально-экономического кризиса [1]. Туберкулез легких (ТЛ) разнороден по морфологическим характеристикам специфического поражения и проявляется разными типами вентиляционных нарушений [6, 9]. Легочный газообмен является ключевым моментом для обеспечения тканевого метаболизма [7]. Проникновение газов через альвеолярно-капиллярную мембрану происходит путем диффузии из области с высокой концентрацией в область с низкой концентрацией. Обмен газов осуществляется непрерывно, нарушение этого процесса приводит к развитию гипоксии. Поэтому изучение условий диффузии и механизмов ее нарушения должно дополнять оценку вентиляционной способности легких. Для оценки условий диффузии газов в легких в клинической практике определяют фактор переноса газов – диффузионную способность легких по монооксиду углерода (трансфер-фактор, DLCO) [4, 7]. CO является единственным газом, обмен которого протекает по тем же законам, что и обмен кислорода, но перемещение кислорода лимитирует не только процесс диффузии, в то время как перенос CO ограничен именно свойствами диффузионного барьера [2].

При оценке изменений диффузионной способности следует опираться не только на величину DLCO, но и на величину альвеолярного объема (VA), и на коэффициент переноса окиси углерода – трансфер-коэффициент DLCO/VA. Одно из заблуждений заключается в том, что DLCO/VA – это величина DLCO, «скорректированная» на объем легких [14]. Хотя существует взаимосвязь между объемом легких и площадью альвеолярной поверхности, площадь поверхности не уменьшается с той же скоростью, что и объем легких. Объем легочной капиллярной крови остается относительно постоянным по мере уменьшения объема легких. По этим причинам DLCO/VA на уровне спокойного выдоха, как правило, составляет более 150% от того, что есть на уровне максимально глубокого вдоха, хотя DLCO на уровне спокойного выдоха будет менее 80% от прогнозируемого. DLCO линейно снижается со снижением альвеолярного объема, в то время как DLCO/VA нелинейно увеличивается [12]. Оценка DLCO/VA помогает в диагностике различных патологических процессов при одном и том же значении DLCO [13, 14].

Анализу параметров диффузионной способности легких для интерпретации причин снижения легочного газообмена у

пациентов с туберкулезом легких посвящены единичные исследования [3, 5], что обуславливает интерес к данной теме и попытку расширения возможностей функционального обследования при туберкулезе.

### Цель исследования

Определить особенности изменения параметров легочного газообмена у больных с различными клиническими формами туберкулеза легких.

### Материалы и методы исследования

Проведено клиничко-функциональное обсервационное одномоментное исследование с набором материала с 2013 по 2020 год на базе Центра торакальной хирургии ФГБУ «СПб НИИФ» Минздрава России. В исследование включали пациентов в возрасте от 18 лет с верифицированным диагнозом туберкулеза легких (этиологическими либо гистологическими методами), получающих консервативное лечение, подписавших информированное согласие на исследование, которым было проведено комплексное исследование функции дыхания, включавшее спирометрию, бодиплетизмографию, а также исследование диффузионной способности легких с оценкой трансфер-фактора (DLCO) и трансфер-коэффициента (DLCO/VA).

Критериями невключения были сопутствующие неспецифические заболевания органов дыхания; сочетанное поражение туберкулезом других органов, туберкулез легких, комбинированный с профессиональными пылевыми заболеваниями легких (кониотуберкулез), сердечная недостаточность 2-го класса и выше, аутоиммунные заболевания, сахарный диабет, ВИЧ-инфицирование, операции на органах грудной клетки в анамнезе, ограничение подвижности грудной клетки любой этиологии, отказ от участия в исследовании.

Критериям включения соответствовали 374 пациента, среди них с инфильтративным туберкулезом легких (ИТ) – 84 пациента, диссеминированным туберкулезом легких (ДТ) – 31 пациент, туберкулезом легких (ТЛ) – 102 пациента, кавернозным туберкулезом (КТ) – 45 и фиброзно-кавернозным туберкулезом легких (ФКТ) – 112 обследованных. В таблице 1 представлена характеристика групп пациентов с разными формами туберкулеза легких. Средний возраст пациентов был от 28,7 года у больных с ИТ до 37,2 года у больных с ДТ. Пациенты в группах с ИТ и КТ были моложе, однако, согласно возрастной классификации Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), пациенты всех групп относились к лицам молодого возраста. Среди пациентов с ИТ и ДТ преобладали женщины, в остальных группах – мужчины. По индексу массы тела достоверных отличий в группах не было, и в среднем он приближался к нижней границе нормы. В группе больных с ИТ курили около 1/3 пациентов со стажем курения 7,6 пачка-лет, что статистически

значимо ниже, чем в других группах. Очевидно, это связано с тем, что в группе с ИТ преобладали молодые женщины, некурящие или с небольшим стажем курения. В остальных группах более половины были активными курильщиками (от 55 до 75%) со средним стажем курения больше 10 пачка-лет, однако критериев для постановки диагноза ХОБЛ, согласно Глобальной инициативе по хронической обструктивной болезни легких, в этих группах не было (GOLD 2022). По результатам микробиологического обследования больных, включенных в исследование, микобактерию туберкулеза (МБТ) выделяли большинство пациентов групп с ИТ, ДТ и ФКТ. Реже бактериовыделение встречалось у больных с ТЛ и КТ. Среди бактериовыделителей наиболее часто лекарственно-устойчивые формы МБТ выделяли у больных с КТ и ФКТ. Большинство пациентов с ИТ, ТЛ и КТ имели специфические изменения в легких, захватывающие не более 3 сегментов, что позволило считать эти изменения ограниченными. У всех пациентов с ДТ и у 57% больных с ФКТ процесс был распространенным.

Для оценки вентиляционных нарушений выполняли спирометрию с бронходилатационным тестом и бодиплетизмографию. Для определения легочного газообмена проводили исследование диффузионной способности легких по монооксиду углерода (СО) методом одиночного вдоха с задержкой дыхания с использованием многокомпонентной газовой смеси с концентрацией тестового газа СО 0,25%, инертного газа гелия (He) – 9%. Все исследования проводили на комплексной установке MasterScreen Body Diffusion (VIASYS Healthcare, Германия) согласно международным рекомендациям по стандартизации легочных функциональных тестов [10, 11, 17]. Анализировали общую емкость легких (ОЕЛ), жизненную емкость легких (ЖЕЛ), остаточный объем легких (ООЛ), объем форсированного выдоха за 1 секунду (ОФВ<sub>1</sub>), отношение ОФВ<sub>1</sub> к форсированной жизненной емкости легких (ОФВ<sub>1</sub>/ФЖЕЛ), среднюю объемную скорость выдоха между 25 и 75% ФЖЕЛ (СОС<sub>25-75</sub>), трансфер-фактор DLCO, трансфер-коэффициент DLCO/VA, а также DLCO и DLCO/VA, скорректированные по гемоглобину (DLCO<sub>нб</sub> и DLCO/VA<sub>нб</sub>). Варианты вентиляционных нарушений выделяли согласно рекомендациям совместной рабочей группы Американского торакального общества и Европейского респираторного общества [16]. Для определения отклонений от нормы использовали должные значения, предложенные Европейским сообществом угля и стали (European Coal and Steel Community, 1993) [15] в соответствии с рекомендациями по интерпретации степени тяжести нарушений Национального руководства по функциональной диагностике [3]. За нижнюю границу нормы DLCO и DLCO/VA принимали 80% должной величины.

Для оценки структурных изменений легких всем пациентам проведена мультиспиральная компьютерная томография (МСКТ) органов грудной клетки на томографе Toshiba

Aquillon Prime 32 (Япония). Оценивалось количество фокусов специфического поражения, объем максимального фокуса и суммарный объем фокусов в мм<sup>3</sup>. Для оценки состояния капиллярного легочного кровотока (КЛК) пациентам выполнена перфузионная сцинтиграфия легких с использованием гамма-камеры MB-9100 (Гамма, Венгрия), BrightView SPEC Philips Medical System с 99m-Тс-МАСА (Голландия). Оценивали выраженность нарушения легочного кровотока в пораженной области, во всем легком на стороне поражения, а также в контрлатеральном легком.

Статистическую обработку результатов исследования проводили с использованием программного обеспечения Statsoft Statistica 10.0. Для оценки нормальности распределения переменных применяли W-тест Шапиро-Уилка. Количественные переменные представляли в виде средней арифметической (M), 95% доверительного интервала (95% ДИ). Для сопоставления групп по частоте встречаемости признака использовали критерий Фишера, статистическую значимость различий определяли с помощью теста ANOVA с поправкой Ньюмен-Кейлза. Корреляционный анализ выполняли с использованием ранговой корреляции Спирмена. Статистически значимым считали значение  $p < 0,05$ .

### Результаты исследования

Параметры вентиляции в группах пациентов с различными клиническими формами ТЛ представлены в таблице 2. Более половины пациентов с преимущественно ограниченным процессом туберкулеза легких не имели признаков вентиляционных нарушений (ИТ – 56%, ТЛ – 58%, КТ – 52%). Пациенты с распространенными специфическими изменениями в легких без вентиляционных нарушений встречались реже (ДТ – 23%, ФКТ – 15%). Из вариантов нарушений механики дыхания преобладал обструктивный (ИТ – 41%, ТЛ – 39%, КТ – 45%, ДТ – 73%, ФКТ – 61%). Изолированный рестриктивный вариант нарушений без признаков обструкции встречался в единичных случаях во всех группах пациентов (ИТ – 3%, ТЛ – 9%, КТ – 3%, ДТ – 4%, ФКТ – 3%). Смешанный вариант нарушений наблюдался только у больных ФКТ (21%).

Несмотря на то что значимых вентиляционных нарушений у пациентов с ограниченными формами туберкулеза легких обнаружено не было, средние значения диффузионной способности легких и трансфер-коэффициента в этих группах, а также у больных с ДТ были умеренно снижены (табл. 3). У 24% пациентов с нормальными значениями DLCO наблюдалось умеренное снижение трансфер-коэффициента, свидетельствующее о значимом альвеолярно-капиллярном повреждении. У пациентов с ФКТ снижение DLCO было значительным и достоверно отличалось от значений DLCO в других группах.

У пациентов с ограниченными формами туберкулеза легких статистически значимых отличий значений диффузионной

Таблица 1. Характеристика пациентов в группах с разными формами туберкулеза легких

Table 1. Characteristics of patients in groups with different forms of pulmonary tuberculosis

Параметры Parameters	ИТЛ • IPT n = 84	ТЛ • РТ n = 102	КТ • СТ n = 45	ДТ • ДТ n = 31	ФКТ • FCT n = 112
Возраст, годы М (95% ДИ) Age, years M (95% CI)	28,7* (26,5-30,8)	34,8 (32,5-37,0)	30,8* (27,5-34,9)	37,2 (33,1-41,4)	33,8 (31,5-36,2)
Пол, мужской (%) Gender, male (%)	45	59	42	41	69
Индекс масс тела (ИМТ), кг/м <sup>2</sup> М (95% ДИ) Body mass index (BMI), kg/m <sup>2</sup> M (95% CI)	20,8 (19,9-27,7)	19,2 (17,4-21,0)	21,5 (20,4-22,6)	21,1 (19,9-22,4)	20,6 (9,7-21,4)
Активное курение, % Active smoking, %	34	58 (67)	23 (70)	12 (55)	46 (75)
Индекс курения, пачка-годы М (95% ДИ) Smoking index, pack-years M (95% CI)	7,6** (2,4-7,8)	12,5 (10,5-14,6)	11,3 (4,8-17,8)	10,9 (6,6-15,5)	13,2 (10,3-16,0)
МБТ (-), % • MBT (-)	37	84	59	32	25
МБТ (+), % • MBT (+)	63	16	41	68	75
ЛЧ МБТ, % • DS MBT	47	70	14,3	60	4
МЛУ МБТ, % • MDR MBT	49	28	71,4	27	61
ШЛУ МБТ, % • BDR MBT	4	2	14,3	13	35
Ограниченный процесс (до 3 сегментов), % Limited process (up to 3 segments), %	76	92	74	0	43
Распространенный процесс (>3 сегментов), % Common process (>3 segments), %	24	8	26	100	57

\* p < 0,05 гр. 1 и 2 от гр. 2, 4, 5 • p < 0.05 groups 1, 2 from groups 4, 5;

\*\* p < 0,05 гр. 1 с гр. 2, 3, 4, 5 • p < 0.05 group 1 with groups 2,3, 4, 5.

способности легких не получено, но длительность заболевания была различной. Пациенты с ИТ были преимущественно с впервые выявленным процессом или с длительностью заболевания до года, в то время как у всех пациентов с ТЛ и КТ длительность заболевания была более года (p < 0,003). У всех пациентов с ограниченным процессом и длительностью течения до года снижение DLCO было умеренным, значительное

снижение встречалось только при анемии (табл. 4). У пациентов с ограниченным процессом, но с хроническим течением заболевания (ТЛ и КТ) также преобладало умеренное снижение DLCO (67%), но встречалось и значительное (14%) независимо от уровня гемоглобина.

При распространенном поражении легких выявлялись как умеренные, так и выраженные нарушения легочного

Таблица 2. Характеристики вентиляционной способности пациентов с различными клиническими формами туберкулеза легких (М, 95% ДИ)

Table 2. Characteristics of ventilation capacity of patients with various clinical forms of pulmonary tuberculosis (M, 95% CI)

Параметры Parameters	ИТЛ • IPT n = 84	ТЛ • РТ n = 102	КТ • СТ n = 45	ДТ • ДТ n = 31	ФКТ • FCT n = 112
	1	2	3	4	5
ОФВ <sub>1</sub> , % долж. FEV <sub>1</sub> , % due	99,4* (96,4-102,4)	105,4* (102,7-108,1)	98,5* (94,0-103,1)	87,0** (78,8-95,2)	70,8 (64,5-77,1)
ОФВ <sub>1</sub> /ФЖЕЛ, % FEV <sub>1</sub> /FVC, %	83,7* (82,0-85,4)	81,0* (79,5-82,6)	81,5* (78,5-84,5)	75,9 (72,2-79,5)	74,1 (71,1-77,0)
СОС <sub>25-75'</sub> , % долж. AVC <sub>25-75'</sub> , % due	82,6* (76,9-88,2)	81,6* (76,9-86,3)	76,3* (68,2-84,4)	57,4 (46,3-68,6)	47,3 (40,5-54,1)
ОЕЛ, % долж. TLC, % due	109,2 (106,4-111,9)	113,5 (110,6-116,3)	109,7 (106,1-113,4)	108,6 (102,2-115,0)	97,3* (92,8-101,8)
ЖЕЛ, % долж. VCL, % due	101,8 (98,8-104,8)	109,0 (105,9-112,1)	100,5 (96,0-105,1)	98,7 (90,9-106,6)	79,8* (74,3-85,4)
ООЛ/ОЕЛ, % долж. RLV/TLC, % due	117,3 (113,4-121,2)	108,6 (105,0-112,2)	118,5 (110,4-126,5)	121,2 (117,7-130,7)	145,9* (136,2-155,6)

\* p < 0,01 групп 1, 2, 3 от групп 4, 5 • p < 0.01 groups 1, 2, 3 from groups 4, 5;

\*\* p < 0,01 групп 4 и 5 • p < 0.01 groups 4, 5.

Таблица 3. Параметры легочного газообмена при различных клинических формах туберкулеза легких (% долж.; M, 95% ДИ)  
Table 3. Parameters of pulmonary gas exchange in various clinical forms of pulmonary tuberculosis (% due; M, 95% CI)

Параметры Parameters	ИТЛ • IPT n = 84	ТЛ • PT n = 102	КТ • СТ n = 45	ДТ • DT n = 31	ФКТ • FCT n = 112
	1	2	3	4	5
DLCO	74,5 (71,8-77,1)	72,7 (70,3-75,2)	73,2 (68,8-77,6)	72,6 (65,7-79,3)	57,5* (53,5-61,5)
DLCO/VA	77,0** (74,4 – 79,6)	72,9 (70,5-75,3)	75,4 (71,0-79,9)	78,9 (74,5-83,3)	74,4 (71,0-77,7)
DLCO <sub>Hb</sub>	75,7 (73,1 – 78,2)	73,2 (70,7-75,7)	74,1 (70,0-78,2)	73,4 (66,9-80,0)	59,1* (55,1-63,0)
DLCO <sub>Hb</sub> /АО	78,7** (76,0 – 81,3)	73,0 (70,7-75,2)	76,2 (72,0-80,4)	80,0 (75,8-84,2)	59,7* (55,6-63,8)

\* p < 0,0001 группа 5 от групп 1, 2, 3, 4 • p < 0.0001 group 5 from groups 1, 2, 3, 4;

\*\* p < 0,05 группа 1 от групп 2 и 5 • p < 0.05 group 1 from groups 2, 5.

Таблица 4. Нарушения легочного газообмена у больных с ограниченным процессом с различной длительностью течения туберкулеза (%)  
Table 4. Violations of pulmonary gas exchange in patients with a limited process with different duration of tuberculosis (%)

Нарушения Violations	До 1 года • Up to 1 year		Более 1 года • More than 1 year		p*
	Без коррекции Without correction	С коррекцией по Hb With Hb correction	Без коррекции Without correction	С коррекцией по Hb With Hb correction	
Нет • No	22	24	16	19	> 0,05
Умеренные • Medium	71	76	70	67	> 0,05
Значительные • Significant	7	-	14	14	< 0,05
Резкие • Drastic	-	-	-	-	
Всего с нарушениями Total with violations	78	76	84	81	> 0,05

\* по критерию Фишера • according to the Fisher criterion.

Таблица 5. Нарушения легочного газообмена у больных туберкулезом легких с распространенным поражением (%)  
Table 5. Disorders of pulmonary gas exchange in patients with pulmonary tuberculosis with widespread lesion (%)

Степень нарушений диффузионной способности легких The degree of violations of the diffusion ability of the lungs	ДТ • DT		ФКТ • FCT		p*
	Без коррекции Without correction	С коррекцией по Hb With Hb correction	Без коррекции Without correction	С коррекцией по Hb With Hb correction	
Нет • No	27	32	3	3	< 0,01
Умеренные • Medium	50	50	40	46	> 0,05
Значительные • Significant	9	9	32	31	< 0,01
Резкие • Drastic	14	9	25	20	< 0,01
Всего с нарушениями Total with violations	73	68	97	97	< 0,05

\* по критерию Фишера • according to the Fisher criterion.

газообмена (табл. 5). Но если у пациентов с ДТ преобладали умеренные нарушения (50%), то у больных ФКТ более половины случаев приходилось на выраженные нарушения (31% – значительное снижение, 20% – резкое). У пациентов без выявленных вентиляционных изменений и при обструктивных нарушениях преобладало умеренное снижение DLCO. Наиболее тяжелые нарушения легочного газообмена были выявлены у пациентов с рестриктивным и смешанным вариантами нарушений механики дыхания.

Корреляционный анализ показал статистически значимую значительную прямую зависимость параметров легочного газообмена от показателей проходимости дыхательных путей ОФВ<sub>1</sub> и СОС<sub>25-75</sub> (табл. 6). Ухудшение легочного газообмена умеренно связано со снижением легочных объемов ОЕЛ, ЖЕЛ, а также с повышением доли ООЛ в структуре ОЕЛ. Выявлена

Таблица 6. Корреляционная связь параметров легочного газообмена и механики дыхания (p < 0,05)

Table 6. Correlation of parameters of pulmonary gas exchange and respiratory mechanics (p < 0.05)

	ОФВ <sub>1</sub>	СОС <sub>25-75</sub>	ОЕЛ	ЖЕЛ	ООЛ/ОЕЛ
DLCO	0,75	0,68	0,43	0,72	-0,71
DLCO/VA	0,69	0,64	0,46	0,67	-0,60

умеренная отрицательная зависимость DLCO и трансфер-коэффициента от количества фокусов/полостей, размера наиболее крупного фокуса/полости и суммарного объема зон поражения (табл. 7).

Трансфер-фактор DLCO показал умеренную отрицательную зависимость от выраженности нарушения капиллярного

Таблица 7. Корреляция параметров легочного газообмена и характеристик специфического поражения по данным МСКТ ( $p < 0,05$ )

Table 7. Correlation of parameters of pulmonary gas exchange and characteristics of specific lesion according to MSCT data ( $p < 0.05$ )

	Количество фокусов/ полостей Number of foci/cavities	Размер наиболее крупного фокуса/ полости The size of the largest focus/ cavity	Суммарный объем фокусов/ полостей Total volume of foci/cavities
ДСЛ • DCL	-0,49	-0,47	-0,34
ДСЛ/АО • DCL/AV	-0,46	-0,58	-0,39

легочного кровотока не только на стороне поражения, но в противоположном легком (табл. 8). Снижение трансфер-коэффициента DLCO/VA слабо зависело от кровотока в противоположном легком и в очаге поражения, но имело умеренную отрицательную связь с выраженностью и распространенностью снижения КЛК в легком на стороне поражения.

Таблица 8. Корреляция параметров легочного газообмена и степени снижения капиллярного легочного кровотока по данным перфузионной сцинтиграфии ( $p < 0,05$ )

Table 8. Correlation of parameters of pulmonary gas exchange and the degree of decrease in capillary pulmonary blood flow according to perfusion scintigraphy ( $p < 0.05$ )

Параметры легочного газообмена Parameters of pulmonary gas exchange	Сторона поражения The side damage			Контралатеральное легкое Contralateral lung	
	Зона поражения The affected area	Все легкое Everything is easy	Распространенность поражения Prevalence of the lesion	Степень снижения КЛК The degree of decrease in CLC	Распространенность поражения Prevalence of the lesion
ДСЛ % долж. DCL, % due	-0,40	-0,44	-0,35	-0,34	-0,29
ДСЛ/АО, % долж. DCL/AV, % due	-0,27	-0,32	-0,32	-0,28	-0,21

**Литература**

1. Галкин В.Б., Стерликов С.А., Яблонский П.К. Бремя туберкулеза в Российской Федерации. Часть 1. Динамика распространенности туберкулеза // Медицинский альянс. – 2022. – Том 10, №3. – С. 6-17.
2. Кирюхина Л.Д., Зильбер Э.К. Диффузион-тест // Функциональная диагностика: национальное руководство / под. ред. Берестень Н.Ф., Сандрикова В.А., Федоровой С.И. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2019. – С. 617-623.
3. Кирюхина Л.Д., Табанакова И.А., Володич О.С., Кокорина Е.В., Нефедова Н.Г., Васильев И.В., Соколович Е.Г., Яблонский П.К. Динамика вентиляционной функции и диффузионной способности легких у больных деструктивными формами туберкулеза легких на фоне эндоскопической клапанной бронхоблокации // Медицинский альянс. – 2020. – Том 8, № 4. – С. 80-86.
4. Неклюдова Г.В., Черняк А.В. Клиническое значение исследования диффузионной способности легких // Пульмонология и аллергология. – 2013. – № 4. – С. 55-59.
5. Нефедов В.Б., Измайлова З.Ф., Дженжера Е.Н. Диффузионная способность легких у больных туберкулезом легких // Терапевтический архив. – 1987. – Т. 59, № 7. – С. 65-69.
6. Отс О.Н., Чушкин М.И., Стручков П.В. Нарушения респираторной функции легких у больных с посттуберкулезными изменениями // Пульмонология. – 2017; 27 (3): 656-663.
7. Савушкина О.И., Неклюдова Г.В., Черняк А.В. Теоретические, методические и клинические аспекты исследования диффузионной способности легких // Бюллетень физиологии и патологии дыхания. – 2016. – Выпуск 59. – С. 119-124.

**Заключение**

Ухудшение легочного газообмена зарегистрировано у большинства пациентов с туберкулезом легких и не зависело от наличия/отсутствия вентиляционных нарушений. При ограниченном процессе длительностью течения до года наблюдались умеренные нарушения легочного газообмена, значительные нарушения выявлены только у пациентов с анемией. Наиболее тяжелые изменения легочного газообмена были выявлены у пациентов с рестриктивным и смешанным вариантами нарушений механики дыхания.

Изменение легочного газообмена имело обратную зависимость от числа и суммарного объема полостей, размера наиболее крупной полости, а также от выраженности нарушений легочной перфузии, в том числе в легком без очагов туберкулезного поражения.

У ¼ части пациентов с нормальными значениями DLCO наблюдалось снижение трансфер-коэффициента, свидетельствующее о значительном альвеолярно-капиллярном повреждении. Этот факт подтверждает необходимость учитывать значение трансфер-коэффициента при анализе состояния легочного газообмена у пациентов с туберкулезом легких.

8. Стерликов С.А., Михайлова Ю.В., Голубев Н.А., Громов А.В., Кудрина В.Г., Михайлов А.Ю. Смертность от основных инфекционных и паразитарных заболеваний: болезни, вызванной ВИЧ, туберкулеза и парентеральных вирусных гепатитов в Российской Федерации и ее динамика в 2015–2020 гг. // *Современные проблемы здравоохранения и медицинской статистики*. – 2022. – № 3. – С. 40–65.
9. Чушкин М.И., Попова Л.А., Шергина Е.А., Карпина Н.Л. Вентиляционная функция легких и качество жизни пациентов после перенесенного туберкулеза легких // *Медицинский альянс*. – 2021. – Том 9, № 4. – С. 37-40.
10. Graham B.L., Brusasco V., Burgos F. et al. 2017 ERS/ATS Standards for single-breath carbon monoxide uptake in the lung // *Eur. Respir. J.* – 2017. – Том 49, № 1: 1600016.
11. Graham B. L., Steenbruggen I., Miller M. R. et al. ATS/ERS Task Force. Standardization of Spirometry 2019 Update An Official American Thoracic Society and European Respiratory Society Technical Statement // *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* – 2019. – Vol. 200(8). – P. 70-88.
12. Johnston R. DL/VA is really K in disguise // *PFT Blog: Observation, Opinion and Ideas about Pulmonary Function Testing*. – 2012. – <https://www.pftforum.com/blog/dlva-is-really-k-in-disguise/>
13. Hughes JMB, Pride NB. Examination of the carbon monoxide diffusing capacity(DLCO) in relation to its KCO and VA components // *Am J Respir Crit Care Med.* – 2012. – Vol.186. – P.132-139.
14. Shimizu K. Pathophysiological and Clinical Implication of Diffusing Capacity for CO (DLco) and Krogh Factor (Kco): How Do DLCO and KCO Differentiate Various Lung Diseases? // *Structure-Function Relationships in Various Respiratory Systems, Respiratory Disease Series: Diagnostic Tools and Disease Managements* / edit. K.Yamaguchi. – Springer Nature Singapore Pte Ltd., 2020. – P. 221-237. [https://doi.org/10.1007/978-981-15-5596-1\\_12](https://doi.org/10.1007/978-981-15-5596-1_12)
15. Quanjer P.H., Tammeling G.J., Cotes J.E. et al. Lung volumes and forced ventilatory flows. Report Working Party Standardization of Lung Function Tests, European Community for Steel and Coal. Official Statement of the European Respiratory Society // *Eur. Respir. J.* – 1993. – Vol. 6. – P. 5-40.
16. Stanojevic S, Kaminsky DA, Miller MR, et al. ERS/ATS technical standard on interpretive strategies for routine lung function tests // *Eur. Respir. J.* – 2022. – Vol. 60 (1): 2101499.
17. Wanger J., Clausen J.L., Coates A. et al. Standardisation of the measurement of lung volumes // *Eur. Respir. J.* – 2005. – Vol. 26 (3). – P. 511-522.

**Об авторах**

**Кирюхина Лариса Дмитриевна** – ведущий научный сотрудник, руководитель направления «Клиническая физиология», доцент учебного отдела, заведующий отделением функциональной диагностики ФГБУ «Санкт-Петербургский НИИ фтизиопульмонологии» Минздрава России, кандидат медицинских наук  
 Адрес: 191036, г. Санкт-Петербург, Лиговский пр., д. 2–4  
 Тел. +7 (812) 775-75-50  
 e-mail: kiryuhina\_larisa@mail.ru

**Кокорина Елена Васильевна** – врач отделения функциональной диагностики Санкт-Петербургского научно-исследовательского института фтизиопульмонологии  
 191036, г. Санкт-Петербург, Лиговский пр-т, д. 2–4  
 e-mail: alae.majoris@yandex.ru  
 Тел. +7 (812) 775 75 50

**Гаврилов Павел Владимирович** – кандидат медицинских наук, ведущий научный сотрудник, руководитель направления «Лучевая диагностика» Санкт-Петербургского научно-исследовательского института фтизиопульмонологии  
 191036, Санкт-Петербург, Лиговский пр., д. 2–4  
 – доцент научно-клинического и образовательного центра «Лучевая диагностика и ядерная медицина» Санкт-Петербургского государственного университета  
 199034, Санкт-Петербург, Университетская наб., д. 7–9  
 e-mail: spbniifrentgen@mail.ru  
 Тел. +7 (812) 775 75 50

**Савин Игорь Борисович** – доктор медицинских наук, руководитель радиоизотопной лаборатории Санкт-Петербургского научно-исследовательского института фтизиопульмонологии  
 191036, Санкт-Петербург, Лиговский пр., д. 2–4  
 e-mail: sava-doc2011@yandex.ru  
 Тел. +7 (981) 705 22 89

**Яблонский Петр Казимирович** – доктор медицинских наук, профессор, директор Санкт-Петербургского научно-исследовательского института фтизиопульмонологии  
 191036, Санкт-Петербург, Лиговский пр., д. 2–4  
 – заведующий кафедрой госпитальной хирургии Санкт-Петербургского государственного университета  
 199034, Санкт-Петербург, Университетская наб., д. 7–9  
 e-mail: glhirurg2@mail.ru  
 Тел. +7 (812) 775 75 50