

Синдромы нарушения легочного газообмена у больных туберкулезом легких

Е.В. Кокорина¹, Л.Д. Кирюхина¹, Н.В. Денисова¹,
Л.И. Арчакова^{1,2}, М.В. Павлова¹, П.К. Яблонский^{1,2}

¹Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт фтизиопульмонологии

²Санкт-Петербургский государственный университет

Syndromes of gas exchange disorders in patients with pulmonary tuberculosis

E. Kokorina¹, L. Kiryukhina¹, N. Denisova¹,
L. Archakova^{1,2}, M. Pavlova¹, P. Yablonskiy^{1,2}

¹St. Petersburg Scientific Research Institute of Phthisiopulmonology

²St. Petersburg State University

© Коллектив авторов, 2023 г.

Резюме

Введение. Исследование диффузионной способности важно при диагностике и мониторинге лечения заболеваний легких. Анализ параметров диффузионной способности легких (ДСЛ) в комплексе с данными бодиплетизмографии полезен для интерпретации причин снижения легочного газообмена. **Цель исследования:** определить ведущие синдромы нарушения легочного газообмена у больных туберкулезом легких (ТЛ). **Материалы и методы исследования.** Обследовано 608 пациентов (244/364 М/Ж) с верифицированным ТЛ со стажем курения менее 10 пачка/лет. Всем выполнены спирометрия, бодиплетизмография, исследование ДСЛ по монооксиду углерода методом одиночного вдоха с задержкой дыхания. **Результаты.** Снижение ДСЛ выявлено у большинства пациентов с ТЛ (76%): у 94% пациентов с фиброзно-кавернозным ТЛ, у 79,4% с ДТЛ, более 60% пациентов с ИТЛ, КТЛ и туберкулемами. У пациентов без вентиляционных нарушений (58,4%) снижение легочного газообмена было обусловлено повреждением альвеолярно-капиллярной мембраны, реже синдромом «воздушной ловушки» (35,1%), другие случаи были единичными. При обструктивном варианте наиболее часто встречались смешанные нарушения (38,2%) и синдром «воздуш-

ной ловушки» (34,1%), при рестриктивном варианте преобладал синдром сокращения поверхности газообмена (62,5%) и смешанный вариант нарушений (30%). При смешанном варианте вентиляционных нарушений наиболее часто выявляли синдром смешанных нарушений легочного газообмена (63,8%) и синдром сокращения поверхности газообмена встречался достаточно часто (36,2%). **Заключение.** Наиболее часто у больных ТЛ встречался синдром повреждения альвеолярно-капиллярной мембраны (35,1%) и синдром «воздушной ловушки» (28,1%). Смешанный вариант и синдром сокращения поверхности газообмена выявляли реже (24,7 и 12,1% соответственно), но именно при этих синдромах снижение ДСЛ было значительным.

Ключевые слова: туберкулез легких, диффузионная способность легких, легочный газообмен, бодиплетизмография

Summary

Introduction. Measurement of diffusion in the lung is important in the diagnosis and management of most pulmonary diseases. The analysis of diffusion lung capacity (DLCO) in combination with body plethysmography

is useful for the interpretation of the causes of pulmonary gas exchange disorders. **The aim:** to determine the leading syndromes of pulmonary gas exchange disorders in patients with pulmonary tuberculosis (PT). **Materials and methods.** 608 patients (244/364 M/W) with verified PT with smoking history of less than 10 pack/years were examined. Spirometry, body plethysmography, and DLCO were performed by the single-breath breath-holding method. **Results.** DLCO decrease was detected in the majority of patients with PT (76%): in 94% of patients with massive fibrous-cavernous PT, 79.4% with disseminated PT and more than 60% of patients with infiltrative foci, local cavities, tuberculomas. In patients without ventilation disorders (58.4%), DLCO decrease was caused by damage to the alveolar capillary membrane, less often by air trapping (35.1%), other cases were rare. In the obstructive variant,

mixed disorders of gas exchange (38.2%) and air trapping (34.1%) were most typical. In the restrictive variant, gas exchange surface reduction (62.5%) and mixed disorders (30%) prevailed. In mixed ventilation disorders, the mixed pulmonary gas exchange disorders were most often detected (63.8%) and the gas exchange surface reduction was quite common (36.2%) also. **Conclusion.** Alveolar capillary membrane damage (35.1%) and air trapping (28.1%) were most common in patients with PT. The mixed variant and gas exchange surface reduction were detected less frequently (24.7 and 12.1%, respectively), but these syndromes led to the most significant DLCO decrease.

Key words: pulmonary tuberculosis, diffusion lung capacity, pulmonary gas exchange, body plethysmography

Введение

Стратегия борьбы с туберкулезом позволила снизить заболеваемость туберкулезом легких (ТЛ) в Российской Федерации, в том числе в Северо-Западном федеральном округе, что подтверждает снижение темпа среднегодовых показателей заболеваемости [1]. Несмотря на значительные успехи в борьбе с туберкулезом во всем мире, он остается одной из основных причин смерти; так, в 2019 г. от туберкулеза умерло в общей сложности 1,2 млн человек [2]. Кроме того, при наличии множественной или широкой лекарственной устойчивости микобактерий туберкулеза, быстром прогрессировании заболевания единственным шансом на выздоровление у ряда пациентов остается добавление хирургического этапа лечения [3–8]. Газообмен через альвеолярно-капиллярную мембрану обеспечивает тканевый метаболизм. При оценке физиологических особенностей газообмена в легких ключевым моментом является оценка процессов диффузии [9]. Исследование диффузионной способности легких (ДСЛ) или фактора переноса необходимо для определения функционального статуса пациентов с болезнями органов дыхания, и особенно важно при оценке функциональной операбельности.

Вентиляционные нарушения встречаются при всех клинических формах ТЛ как у больных с активным туберкулезным процессом, так и у излеченных от туберкулеза с необратимыми морфологическими изменениями [10–12]. Изучению диффузионной способности легких при ТЛ посвящены единичные публикации, устойчивого мнения о важности таких исследований у больных туберкулезом нет. Однако в исследованиях Л.Д. Кирюхиной и соавт. снижение легочного газообмена было выявлено у большинства пациентов с ТЛ,

включая пациентов без значимого изменения легочных объемов и показателей проходимости дыхательных путей [13, 14].

При определении причин снижения ДСЛ было предложено изучать фактор переноса в совокупности с оценкой альвеолярного объема (АО) и коэффициентом переноса — отношением альвеолярного объема к диффузионной способности легких (ДСЛ/АО) [9, 15, 16]. Если АО в норме, снижение ДСЛ обусловлено поражением легочных сосудов, эмфиземой с сохраненным объемом легких или анемией. Уменьшение АО при нормальном или сниженном соотношении ДСЛ/АО наблюдается при сокращении альвеолярно-капиллярной поверхности, например, при эмфиземе или интерстициальных заболеваниях легких с уменьшением альвеолярного объема. Снижение АО в сочетании с повышением отношения ДСЛ/АО наблюдается при снижении легочных объемов после резекции легкого, либо из-за неполного раскрытия легких, например, при ателектазе легкого [16].

Определение ДСЛ в комплексе с АО и объемом воздушной ловушки, который выявляют при проведении исследования диффузионной способности легких в сочетании с бодиплетизмографией, позволяет выделить синдромы нарушения легочного газообмена: повреждение альвеолярно-капиллярной мембраны, сокращение площади поверхности газообмена, увеличение объема невентилируемых легочных единиц (синдром «воздушной ловушки») [15]. Анализа сочетанного определения параметров диффузионной способности легких и бодиплетизмографии для интерпретации причин снижения диффузионной способности легких у пациентов с туберкулезом легких нет, что обуславливает интерес к данной теме и попытки расширения возможностей функционального обследования при туберкулезе.

Цель исследования

Целью исследования было определение ведущих синдромов нарушения легочного газообмена у больных туберкулезом легких.

Материалы и методы исследования

Клинико-функциональное обсервационное одномоментное исследование с набором материала с 2013 по 2021 г., проведенное 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), подписавших информированное согласие на исследование, которым было проведено комплексное исследование функции дыхания (КИФВД), включавшее спирометрию, бодиплетизмографию, исследование диффузионной способности легких. Критерии невключения: неспецифические заболевания органов дыхания, курение более 10 пачка/лет, операции на органах грудной клетки в анамнезе, заболевания, ограничивающие подвижность грудной клетки, наличие злокачественного процесса любой локализации, отказ пациента от исследования.

Критериям включения в исследование соответствовали 608 пациентов с верифицированным диагнозом туберкулеза легких. Характеристика пациентов, вошедших в исследование, представлена в табл. 1.

Таблица 1

Характеристика пациентов (n=608)

Показатель	Значение
Мужчины/женщины, абс. число (%)	244 (40,1)/364 (59,9)
Возраст, годы, M±SD (95% ДИ)	32,9±10,9 (32,0–33,8)
Индекс массы тела, M±SD (95% ДИ)	21,5±3,6 (21,2–21,8)
Табакокурение: некурящие/курящие/экс-курильщики, абс. число (%)	285 (46,9)/226 (37,2)/97 (15,9)
Индекс курения, пачка/годы, M±SD (95% ДИ)	2,7±3,4 (2,4–2,9)
Инфильтративный туберкулез, абс. число (%)	122 (20,1)
Туберкулемы, абс. число (%)	129 (21,2)
Кавернозный туберкулез, абс. число (%)	84 (13,8)
Диссеминированный туберкулез, абс. число (%)	34 (5,6)
Фиброзно-кавернозный туберкулез, абс. число (%)	239 (39,3)

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 СО 0,25%, инертного газа гелия (He) — 9%, остальное — искусственный воздух. Все исследования проводили на комплексной установке MasterScreen Body Diffusion (VIASYS Healthcare, Германия) согласно международным рекомендациям по стандартизации легочных функциональных тестов [9, 17, 18] и национальному руководству по функциональной диагностике [19]. При измерении ДСЛ учитывали величину жизненной емкости легких (ЖЕЛ), измеренную при проведении бодиплетизмографии, приемлемыми считали маневры, где величина ЖЕЛ была не менее 90% от аналогичного измерения в кабине бодиплетизмографа.

Анализировали следующие показатели: общую емкость легких (ОЕЛ), жизненную емкость легких (ЖЕЛ), остаточный объем легких (ООЛ), объем форсированного выдоха за 1 секунду (ОФВ₁), АО, ДСЛ, ДСЛ/АО. Для исключения влияния антропометрических характеристик значения показателей, имеющих должные величины, выражали в процентном отношении от должной для соответствующего пола, роста, массы тела, возраста. В качестве референсных значений использовали должные величины, предложенные Европейским сообществом угля и стали (European Coal and Steel Community, 1993) [20]. Варианты вентиляционных нарушений выделяли согласно рекомендациям совместной рабочей группы Американского торакального общества и Европейского респираторного общества [16]. За нижнюю границу нормы для показателей АО, ДСЛ, ДСЛ/АО принимали 80% должной величины. Объем невентилируемого пространства (объем воздушной ловушки) рассчитывали по формуле: $\Delta\text{ОЕЛ} = \text{ОЕЛ}_{\text{плет}} - \text{ОЕЛ}_{\text{не}}$, где $\text{ОЕЛ}_{\text{плет}}$ — общая емкость легких, измеренная методом бодиплетизмографии; $\text{ОЕЛ}_{\text{не}}$ — общая емкость легких, измеренная методом разведения инертного газа (гелия). Повышение воздушной ловушки более 0,5 л рассматривалось как патологическое [19].

Для дифференциальной диагностики синдромов нарушения легочного газообмена использовали алгоритм, предложенный М.Ю. Каменевой [15]. У больных со снижением ДСЛ определяли соотношение изменений альвеолярного объема и объема воздушной ловушки: синдром повреждения альвеолярно-капиллярной мембраны (АО $\geq 80\%$ должной, $\Delta\text{ОЕЛ} \leq 0,5$ л), синдром «воздушной ловушки» (АО $\geq 80\%$ должной, $\Delta\text{ОЕЛ} > 0,5$ л), синдром сокращения поверхности газо-

обмена (АО <80% должной, ΔОЕЛ ≤0,5 л), синдром смешанных нарушений (АО <80% должной, ΔОЕЛ >0,5 л).

Статистическую обработку результатов исследования проводили с использованием программного обеспечения Statsoft Statistica 10.0. Количественные переменные представляли в виде средней арифметической (M), стандартного отклонения (SD), 95% доверительного интервала (95% ДИ). Для сопоставления групп по частоте встречаемости признака использовали критерий Фишера и хи-квадрат, статистическую значимость различий определяли с помощью теста ANOVA с поправкой Бонферрони, статистически значимым считали значение $p < 0,05$.

Результаты и их обсуждение

При анализе результатов проведенного исследования оказалось, что снижение ДСЛ выявлено у большинства пациентов с ТЛ ($n=462$, 76%) (табл. 2). Снижение ДСЛ наблюдалось при всех клинических формах ТЛ, однако в группе с нарушением легочного газообмена преобладала доля пациентов с фиброзно-кавернозным туберкулезом (ФКТ). Доля пациентов с инфильтративным туберкулезом легких (ИТЛ), а также с кавернозным (КТЛ) и туберкулемами была выше в группе без нарушения легочного газообмена. Частота

случаев с диссеминированным туберкулезом легких (ДТЛ) в обеих группах не различалась.

Практически у всех пациентов с ФКТ (93,7%) наблюдалось снижение ДСЛ, высокая частота выявления нарушений легочного газообмена была также при ДТЛ (79,4%). Даже при ограниченных формах туберкулеза легких — ИТЛ, КТЛ, туберкулемах — снижение легочного газообмена наблюдалось более чем у половины больных (63,9; 63,0; 62,0% соответственно). Среди пациентов со снижением ДСЛ в большинстве случаев наблюдалось снижение коэффициента переноса ДСЛ/АО — у 338 пациентов (73,2%). Значительного отличия частоты снижения ДСЛ/АО при различных клинических формах не было (табл. 3).

У пациентов со снижением ДСЛ определили вышеописанные синдромы нарушения легочного газообмена по соотношению изменений альвеолярного и невентилируемого объемов легких. Частота выявления выделенных синдромов при различных клинических формах ТЛ представлена в табл. 4.

У пациентов с ИТЛ, туберкулемами и КТЛ более половины случаев снижения легочного газообмена было обусловлено повреждением альвеолярно-капиллярной мембраны (53,8; 51,3; 52,8% соответственно), 1/3 — синдромом «воздушной ловушки» (32,1; 37,5; 32,1% соответственно), другие синдромы нарушения

Таблица 2

Распределение клинических форм туберкулеза легких в зависимости от величины ДСЛ ($n=608$)

Клиническая форма туберкулеза легких	ДСЛ снижена ($n=462$)		ДСЛ в норме ($n=146$)		p
	абс. число	%	абс. число	%	
Инфильтративный	78	16,9	44	30,1	<0,01
Туберкулемы	80	17,3	49	33,6	<0,01
Кавернозный	53	11,5	31	21,2	<0,01
Диссеминированный	27	5,8	7	4,8	>0,05
Фиброзно-кавернозный	224	48,5	15	10,3	<0,01
Всего	462	100	146	100	

Таблица 3

Частота случаев снижения ДСЛ/АО у пациентов со сниженной ДСЛ при разных клинических формах туберкулеза легких ($n=338$)

Клиническая форма туберкулеза легких	ДСЛ/АО снижена	
	абс. число	%
Инфильтративный	57	73,1
Туберкулемы	69	86,3
Кавернозный	38	71,7
Диссеминированный	18	66,7
Фиброзно-кавернозный	156	69,6

Частота выявления синдромов нарушения легочного газообмена при различных клинических формах туберкулеза легких (n=462)

Клинические формы туберкулеза	Диффузионная способность легких <80% должной, абс. число (%)			
	альвеолярный объем ≥80% должного		альвеолярный объем <80% должного	
	объем воздушной ловушки, л ≤0,5	объем воздушной ловушки, л >0,5	объем воздушной ловушки, л ≤0,5	объем воздушной ловушки, л >0,5
	синдром повреждения альвеолярно-капиллярной мембраны (n=162)	синдром «воздушной ловушки» (n=130)	синдром сокращения поверхности газообмена (n=56)	синдром смешанных нарушений (n=114)
Инфильтративный	42 (53,8)	25 (32,1)	8 (10,3)	3 (3,8)
Туберкулемы	41 (51,3)	30 (37,5)	5 (6,3)	4 (5,0)
Кавернозный	28 (52,8)	17 (32,1)	3 (5,7)	5 (9,4)
Диссеминированный	4 (14,8)	13 (48,1)	5 (18,5)	5 (18,5)
Фиброзно-кавернозный	47 (21,0)	45 (20,1)	35 (15,6)	97 (43,3)

легочного газообмена выявлялись в единичных случаях. При диссеминированном ТЛ ведущей причиной снижения ДСЛ было повышение невентилируемого объема легочных единиц (48,1%), другие синдромы встречались реже. При ФКТ наиболее часто выделяли смешанный вариант нарушений ДСЛ (43,3%).

Клинико-функциональная характеристика пациентов с разными синдромами снижения ДСЛ представлена в табл. 5. Среди больных с синдромами повреждения альвеолярно-капиллярной мембраны и сокращения поверхности газообмена преобладали женщины, при остальных синдромах клинически значимых различий по полу не выявлено. Средний возраст пациентов с синдромом смешанных нарушений был статистически значимо выше. По ИМТ и индексу курения группы не различались. В каждой группе преобладали пациенты с выделением микобактерий туберкулеза (МБТ+), однако больше таких пациентов было в группах с сокращением поверхности газообмена и со смешанными нарушениями. Пациенты с множественной и широкой лекарственной устойчивостью МБТ (МЛУ+ШЛУ) значительно преобладали в группе со смешанными нарушениями легочного газообмена.

У большинства (58,4%) пациентов без вентиляционных нарушений снижение легочного газообмена было обусловлено повреждением альвеолярно-капиллярной мембраны, реже встречался синдром «воздушной ловушки» (35,1%), другие случаи были единичными. При обструктивном варианте наиболее часто встречались смешанные нарушения (38,2%) и синдром «воздушной ловушки» (34,1%), при рестриктивном варианте преобладали синдром сокращения поверхности газообмена (62,5%) и смешанный вариант нарушений (30%). Смешанному варианту вентиляционных нарушений закономерно наиболее часто

сопутствовал синдром смешанных нарушений легочного газообмена (63,8%), но синдром сокращения поверхности газообмена встречался достаточно часто (36,2%). Наиболее низкие показатели ДСЛ, по градации нарушений соответствующие значительному снижению, наблюдались при синдроме смешанных нарушений, а также при синдроме сокращения поверхности газообмена.

Таким образом, нарушения легочного газообмена выявляли с разной частотой при всех формах туберкулеза легких. Практически все пациенты с ФКТ (94%), около 80% с ДТЛ, более 60% пациентов с ИТЛ, КТЛ и туберкулемами имели той или иной степени выраженности снижение ДСЛ. Однако это снижение при разных клинических формах ТЛ было обусловлено различными патофизиологическими механизмами нарушения легочного газообмена. У пациентов с ИТЛ, туберкулемами и КТЛ ведущим было повреждение альвеолярно-капиллярной мембраны, реже — синдром «воздушной ловушки». При диссеминированном ТЛ ведущей причиной снижения ДСЛ было повышение невентилируемого объема легких. При ФКТ преобладал смешанный вариант нарушений легочного газообмена.

Так как влияние фактора курения было практически нивелировано критериями не включения, можно сделать вывод, что именно туберкулезный процесс в легких значимо влияет способность переноса газов из альвеол в кровь легочных капилляров. Наиболее часто в группе обследованных встречались синдром повреждения альвеолярно-капиллярной мембраны (35,1%) и синдром «воздушной ловушки» (28,1%). Смешанный вариант и синдром сокращения поверхности газообмена выявляли реже (24,7 и 12,1% соответственно), но именно при этих синдромах снижение

Таблица 5

Клинико-функциональная характеристика пациентов с разными синдромами снижения ДСЛ (n=462)

Параметры	Синдром повреждения альвеолярно-капиллярной мембраны (n=162), абс. число (%)	Синдром «воздушной ловушки» (n=130), абс. число (%)	Синдром сокращения поверхности газообмена (n=56), абс. число (%)	Синдром смешанных нарушений (n=114), абс. число (%)	p
Мужчины/ женщины	33 (20,4)/ 129 (79,6)	63 (48,5)/ 67 (51,5)	24 (42,9)/ 32 (57,1)	59(51,8)/ 55(48,2)	<0,01
Возраст, годы, M±SD (95% ДИ)	30,6±9,4 (29,2–32,1)	32,8±11,0 (30,8–34,7)	33,8±11,2 (30,7–36,8)	36,5±10,3 (34,6–38,3)	<0,001
ИМТ	21,4 (20,9–22)	20,9 (20,5–21,5)	21,2 (20,2–22,3)	21,1 (20,4–21,8)	>0,05
Индекс курения, пачка/годы	2,6 (2,1–3,1)	3,4 (2,8–4,1)	2,2 (1,4–3,1)	3,2 (2,5–3,9)	>0,05
МБТ(-)/ МБТ(+)	72 (44,4)/ 90 (55,6)	56 (43,1)/ 74 (56,9)	19 (33,9) 37 (66,1)	30 (26,3) 84 (73,7)	0,011
ЛЧ / МЛУ+ШЛУ*	64 (39,5)/ 98 (60,5)	59 (45,4)/ 71 (54,6)	27 (48,2)/ 29 (51,8)	21 (18,4)/ 93 (81,6)	<0,001
Вентиляционных нарушений нет, абс. число (%)	118 (58,4)	71 (35,1)	7 (3,5)	6 (3,0)	<0,001
Обструктивный вариант, абс. число (%)	41 (23,7)	59 (34,1)	7 (4,0)	66 (38,2)	<0,001
Рестриктивный вариант, абс. число (%)	3 (7,5)	0	25 (62,5)	12 (30,0)	<0,001
Смешанный вариант вентиля- ционных нарушений, абс. число (%)	0	0	17 (36,2)	30 (63,8)	<0,001
ЖЕЛ, % Д, M±SD (95% ДИ)	101,4±14,4 (99,2–103,6)	101,4±12,1 (99,3–103,5)	70,3±13,5 (66,6–73,9)	68,6±14,1 (66–71,2)	<0,001
ОФВ ₁ /ЖЕЛ, %, M±SD (95% ДИ)	81,5±8,6 (80,2–82,8)	75,8±11,3 (73,9–77,8)	77,4±10,3 (74,7–80,2)	64,9±13,2 (62,5–67,4)	<0,001
ОЕЛ, % Д, M±SD (95% ДИ)	107,9±10,5 (106,4–109,6)	112,6±10,5 (110,7–114,4)	78,6±10,3 (75,8–81,1)	91,5±13,9 (88,9–94,1)	<0,001
ООЛ, % Д, M±SD (95% ДИ)	126,2±2,3 (122,5–129,8)	143,9±24,5 (139,7–148,2)	101,5±21,2 (95,8–107,2)	151,1±42,4 (143,3–158,9)	<0,001
ДСЛ, % Д, M±SD (95% ДИ)	69,1±7,5 (67,9–70,2)	67,5±8,2 (66,1–68,9)	56,4±12,4 (53,1–59,7)	51,5±10,8 (49,5–53,5)	<0,001
АО, % Д, M±SD (95% ДИ)	97,6±9,8 (96,1–99,2)	94,2±8,7 (92,7–95,7)	70,3±8,8 (67,9–72,7)	66,9±8,8 (65,3–68,5)	<0,001
ДСЛ/АО, % Д, M±SD (95% ДИ)	73,2±8,8 (71,3–74,6)	73,7±9,7 (72–75,4)	82,6±10,9 (79,3–85,5)	80,4±113,8 (77,8–82,9)	<0,001
Объем воздушной ловушки, л, M±SD (95% ДИ)	0,24±0,2 (0,21–0,27)	0,85±0,3 (0,8–0,9)	0,23±0,19 (0,18–0,28)	1,2±0,6 (1,1–1,3)	<0,001

* Чувствительность к лекарственным препаратам определяли по результатам анализа мокроты и операционного материала.

Примечание: ЛЧ — лекарственная чувствительность сохранена; МЛУ — множественная лекарственная устойчивость; ШЛУ — широкая лекарственная устойчивость; Д — должная величина.

ДСЛ было значительным. Наиболее тяжелые нарушения легочного газообмена были обусловлены смешанными механизмами снижения ДСЛ, в этой группе преобладали пациенты с широкой и множественной лекарственной устойчивостью туберкулеза легких.

Заключение

Нарушения легочного газообмена встречаются при всех клинических формах туберкулеза легких. Наиболее часто выявляются повреждение

альвеолярно-капиллярной мембраны и повышение невентилируемого объема легких, реже синдром сокращения поверхности газообмена, однако самые тяжелые нарушения легочного газообмена обусловлены сочетанием этих механизмов и наиболее характерны для пациентов с фиброзно-кавернозным

туберкулезом и наличием множественной и широкой лекарственной устойчивости. Исследование диффузионной способности легких в комплексе с бодиплетизмографией может быть полезно для определения механизмов ее снижения и подборе соответствующего патогенетического лечения.

Список литературы

1. Галкин В.Б., Яблонский П.К., Пантелеев А.М и др. Перспективы ликвидации туберкулеза в Северо-Западном федеральном округе России. Медицинский альянс 2022; 10 (1): 16–25 [Galkin V.B., Yablonskiy P.K., Panteleev A.M. Prospects for the elimination of tuberculosis in the Northwestern Federal District of Russia. Medicinskij al'yans 2022; 10 (1): 16–25 (In Russ.)]. doi: 10.36422/23076348-2022-10-1-16-26.
2. Всемирная организация здравоохранения. Глобальный отчет по туберкулезу 2020; 2–4 [World Health Organization. Global tuberculosis report 2020: executive summary 2020: 2–4 (In Russ.)]. <https://creativecommons.org/licenses/by-ncsa/3.0/igo>.
3. Yablonskiy P.K., Kudriashov G.G., Avetisyan A.O. Surgical resection in the treatment of pulmonary tuberculosis. Thoracic surgery clinics 2019; 29 (1): 37–46. doi: 10.1016/j.thorsurg.2018.09.003.
4. Рогожкин П.В., Бородулина Е.А., Пискун В.В., Еременко Е.П. Хирургическое лечение туберкулеза у ВИЧ-инфицированных пациентов. Новости хирургии 2022. 30 (2): 207–213 [Rogozhkin P.V., Borodulina E.A., Piskun V.V., Eryemenko E.P. Surgical treatment of tuberculosis in HIV Patients 2021; 9 (4): 37–40 (In Russ.)]. doi: 10.18484/2305-0047.2022.2.207.
5. Яблонский П.К., Кудряшов Г.Г., Васильев И.В. и др. Эффективность и безопасность робот-ассистированных торакоскопических лобэктомий при туберкулезе. Туберкулез и болезни легких 2018; 96 (5): 28–35 [Yablonskiy P.K., Kudryashov G.G., Vasilyev I.V. et al. Efficiency and safety of robot-assisted thoracoscopic lobectomies when managing pulmonary tuberculosis. Tuberculosis and lung diseases 2018; 96 (5): 28–35 (In Russ.)]. doi: <https://doi.org/10.21292/2075-1230-2018-96-5-28-35>.
6. Рейхруд М.В., Краснов Д.В., Авдиенко К.А., Грищенко Н.Г., Скворцов Д.А., Кононенко О.Г. Отдаленные результаты резекционных и коллапсохирургических вмешательств при туберкулезе легких. Туберкулез и болезни легких 2018; 96 (12): 34–40 [Reikhrud M.V., Krasnov D.V., Avdienko K.A., Grishchenko N.G., Skvortsov D.A., Kononenko O.G. Postpones outcomes of resection and collapse surgical interventions for pulmonary tuberculosis. Tuberculosis and lung diseases 2018; 96 (12): 34–40 (In Russ.)]. doi: 10.21292/2075-1230-2018-96-12-34-40.
7. Омельчук Д.Е., Краснов Д.В., Петренко Т.И., Большакова И.А. Непосредственные результаты резекций легкого у больных фиброзно-кавернозным туберкулезом. Туберкулез и болезни легких 2019; 97 (4): 36–40 [Omelchuk D.E., Krasnov D.V., Petrenko T.I., Bolshakova I.A. Immediate results of lung resections in patients with fibrous cavernous tuberculosis. Tuberculosis and lung diseases 2019; 97 (4): 36–40 (In Russ.)]. doi: 10.21292/2075-1230-2019-97-4-36-40.
8. Эргешова А.Э. Эффективность пневмонэктомии с пластикой переднего средостения в комплексном лечении больных распространенными деструктивными формами туберкулеза легких: дис. ... канд. мед. наук 2020: 165 [Ergeshova A.E. The effectiveness of pneumonectomy with anterior mediastinal
9. 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; 49 (1): 1600016. pii: 1600016. doi: 10.1183/13993003.00016-2016.
10. 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; 9 (4): 37–40 [Chushkin M.I., Popova L.A., Shergina E.A., Karpina N.A. Ventilation function of lung and quality of life after cured pulmonary tuberculosis Medicinskij al'yans 2021; 9 (4): 37–40 (In Russ.)].
11. Багисева Н.В., Мордык А.В., Мордык Д.И. ХОБЛ и туберкулез: существует ли связь? Медицинский вестник Северного Кавказа 2019; 14 (1.1): 135–140 [Bagisheva N.V., Mordyk A.V., Mordyk D.I. COPD and tuberculosis: is any communication? Medical news of north 2019; 14 (1.1): 135–140 (In Russ.)] doi: <https://doi.org/10.14300/mnnc.2019.14070>.
12. Омс О.Н., Чушкин М.И., Стручков П.В. Нарушения респираторной функции легких у больных с посттуберкулезными изменениями. Пульмонология 2017; 27 (3): 656–663 [Ots O.N., Chushkin M.I., Struchkov P.V. Respiratory dysfunction of the lungs in patients with post-tuberculous changes. Pul'monologija 2017; 27 (3): 656–663 (In Russ.)] doi: 10.18093/0869-0189-2017-27-5-656-663.
13. Кирюхина Л.Д., Володич О.С., Гаврилов П.В. и др. Диффузионная способность легких у больных с ограниченным туберкулезом легких. Туберкулез и болезни легких 2015; (7): 66–67 [Kiryukhina L., Volodich O., Gavrilov P. et al. Diffusing lung capacity in those suffering from limited pulmonary tuberculosis. Tuberculosis and lung diseases 2015; (7): 66–67 (In Russ.)].
14. Кирюхина Л.Д., Табанакова И.А., Володич О.С. и др. Динамика вентиляционной функции и диффузионной способности легких у больных деструктивными формами туберкулеза легких на фоне эндоскопической клапанной бронхоблокации 2020; 8 (4): 80–86 [Kiryukhina L., Tabanakova I., Volodich O. et al. Ventilation and diffusion lung capacity dynamics in destructive pulmonary tuberculosis patients with endobronchial valve treatment. Medicinskij al'yans 2020; 8 (4): 80–86 (In Russ.)]. doi: 10.36422/23076348-2020-8-4-80-87.
15. Каменева М.Ю. Синдромы нарушений легочного газообмена у больных с интерстициальными заболеваниями легких. Бюллетень физиологии и патологии дыхания 2015; (56): 18–19 [Kameneva M.Yu. Summary Syndromes of gas exchange abnormalities in patients with interstitial lung diseases. Bulletin fiziologii i patologii dyhania 2015; (56): 18–19 (In Russ.)].
16. Stanojevic S., Kaminsky D.A., Miller M.R. et al. ERS/ATS technical standard on interpretive strategies for routine lung function tests. Eur. Respir. J. 2022; 60 (1): 2101499. doi: 10.1183/13993003.01499-2022.
17. 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; 200 (8): 70–88. doi: 10.1164/rccm.201908-1590ST.
18. *Wanger J., Clausen J.L., Coates A. et al.* Standardisation of the measurement of lung volumes. *Eur. Respir. J.* 2005; 26 (3): 511–522. doi: 10.1183/09031936.05.00035005.
19. Функциональная диагностика: национальное руководство / под ред. Н.Ф. Берестень, В.А. Сандрикова, С.И. Федоровой. М.: ГЭОТАР-Медиа; 2019: 566–645 [Functional diagnostics: National recommendations / ed. N.F. Beresten, V.A. Sandrikov, S.I. Fedorova. Moscow: GEOTAR-Media; 2019: 566–645 (In Russ.)].
20. *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; (6): 5–40.

Поступила в редакцию: 16.01.2023 г.

Сведения об авторах:

Кокорина Елена Васильевна — врач отделения функциональной диагностики Санкт-Петербургского научно-исследовательского института фтизиопульмонологии; 191036, Санкт-Петербург, Лиговский пр-т, д. 2–4; e-mail: alae.majoris@yandex.ru; ORCID 0000-0002-0588-5288;

Кирюхина Лариса Дмитриевна — кандидат медицинских наук, ведущий научный сотрудник, руководитель направления «Клиническая физиология», доцент учебного отдела, заведующая отделением функциональной диагностики Санкт-Петербургского научно-исследовательского института фтизиопульмонологии; 191036, Санкт-Петербург, Лиговский пр., д. 2–4; e-mail: kiryuhina_larisa@mail.ru; ORCID 0000-0001-6550-817X;

Денисова Нина Владимировна — младший научный сотрудник, врач отделения функциональной диагностики Санкт-Петербургского научно-исследовательского института фтизиопульмонологии; 191036, Санкт-Петербург, Лиговский пр-т, д. 2–4; e-mail: dr.nvdenisova@gmail.com; ORCID 0000-0002-2836-4602;

Арчакова Людмила Ивановна — доктор медицинских наук, заместитель главного врача по лечебной работе Санкт-Петербургского научно-исследовательского института фтизиопульмонологии; 191036, Санкт-Петербург, Лиговский пр., д. 2–4; доцент кафедры госпитальной терапии Санкт-Петербургского государственного университета; 199034, Санкт-Петербург, Университетская наб., д. 7–9; e-mail: spbniif_a@mail.ru; ORCID 0000-0002-7988-8510;

Павлова Мария Васильевна — доктор медицинских наук, профессор, ведущий научный сотрудник Санкт-Петербургского научно-исследовательского института фтизиопульмонологии; 191036, Санкт-Петербург, Лиговский пр., д. 2–4; e-mail: mv@spbniif.ru; ORCID 0000-0002-9472-8136;

Яблонский Петр Казимирович — доктор медицинских наук, профессор, директор Санкт-Петербургского научно-исследовательского института фтизиопульмонологии; 191036, Санкт-Петербург, Лиговский пр., д. 2–4; проректор Санкт-Петербургского государственного университета, заведующий кафедрой госпитальной хирургии медицинского факультета Санкт-Петербургского государственного университета; 199034, Санкт-Петербург, Университетская наб., д. 7–9; e-mail: info@spbniif.ru; ORCID 0000-0003-4385-9643.