

Исследование работоспособности дыхательной мускулатуры и активности дыхательного центра у больных туберкулезом легких

Л.Д. Кирюхина¹, В.В. Сысоева¹, Е.В. Кокорина¹, П.В. Гаврилов^{1,2},
И.Б. Савин¹, Н.В. Денисова¹, П.К. Яблонский^{1,2}

¹Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт фтизиопульмонологии

²Санкт-Петербургский государственный университет

Assessment of respiratory muscle strength and inspiratory drive in patients with pulmonary tuberculosis

L. Kiryukhina¹, V. Sysoeva¹, E. Kokorina¹, P. Gavrilov^{1,2},
I. Savin¹, N. Denisova¹, P. Yablonskiy^{1,2}

¹St. Petersburg State Research Institute of Phthisiopulmonology

²St. Petersburg State University

© Коллектив авторов, 2023 г.

Резюме

Дыхательные мышцы (ДМ) — часть нейрореспираторной помпы, которая обеспечивает процесс альвеолярной вентиляции. Слабость ДМ усугубляет дыхательную недостаточность. **Цель исследования:** изучить функциональное состояние дыхательных мышц и активности дыхательного центра при различном клиническом течении туберкулеза легких. **Материалы и методы исследования.** Обследованы 247 пациентов с верифицированным туберкулезом легких (ТЛ), которым измеряли максимальное окклюзионное ротовое давление на вдохе (P_{lmax}), выдохе (P_{Emax}) и при перекрытии дыхательных путей в первые 100 мс вдоха (P_{0,1}). Оценивали клинические проявления туберкулеза и данные компьютерной томографии и перфузионной сцинтиграфии легких. **Результаты.** Снижение P_{lmax} наблюдалось у 49,6%, P_{Emax} — у 17,8%, смешанные нарушения — у 32,6%. Установлены слабая обратная взаимосвязь между P_{Emax} и длительностью заболевания, состоянием кровотока в контралатеральном легком и слабая положительная взаимосвязь с ИМТ. Статистически значимой взаимосвязи P_{lmax} и клинико-инструментальных характеристик ТЛ не выявлено. Обнаруже-

на умеренная взаимосвязь P_{0,1} с формой туберкулеза, длительностью течения, суммарным объемом фокусов, состоянием кровотока на стороне поражения и в контралатеральном легком, а также слабой силы взаимосвязь с ИМТ и распространенностью поражения в контралатеральном легком. Частота выявления дисфункции ДМ при различных формах ТЛ не различалась. Увеличение P_{0,1} у пациентов с фиброзно-кавернозным туберкулезом (ФКТ) встречалось в 3–3,5 раз чаще, чем у пациентов с другими формами ТЛ. Статистически значимых различий P_{lmax}, P_{Emax}, P_{0,1} в группах ФКТ и инфильтративного туберкулеза легких с одинаковым суммарным объемом поражения по данным компьютерной томографии легких не выявлено. **Заключение.** Статистически значимых различий P_{lmax}, P_{Emax}, а также частоты выявления дисфункции ДМ при различных формах ТЛ не выявлено. Наиболее значимое влияние на состояние дыхательных мышц и активность дыхательного центра оказывали длительность заболевания, объем поражения, состояние легочного кровотока.

Ключевые слова: туберкулез легких, сила дыхательных мышц, нейрореспираторный драйв, P_{0,1}

Summary

Respiratory muscles (RM) are a part of the respiratory system that enables ventilation. RM dysfunction exacerbates breathing insufficiency. **The aim:** to study the RM strength and inspiratory drive in pulmonary tuberculosis (PT). **Materials and methods.** In 247 patients with verified PT we measured the maximal occlusion inspiratory (P_Imax), expiratory (P_Emax) pressures and shut off airways during the first 100 ms of inspiration (P_{0.1}). Clinical manifestations of tuberculosis, computed tomography and perfusion scintigraphy data were evaluated. **Results.** The decrease of P_Imax was in 49.6%, P_Emax — in 17.8%, both — in 32.6%. P_Emax had weak negative dependence on the disease duration, contralateral lung blood flow, and a weak direct dependence with BMI. Statistically significant dependence was not found between P_Imax and the clinical and instrumental charac-

teristics of PT. A moderate dependence of P_{0.1} was with the PT clinical form, its duration, total volume of foci, blood flow disorders in the lung, the weak dependence of P_{0.1} was with BMI and the contralateral lung blood flow. The frequency of RM dysfunction in different PT forms did not differ. An increase of P_{0.1} in patients with fibrosis and cavities was 3–3.5 times more frequent than in the others patients. There were no statistically significant differences in P_Imax, P_Emax, P_{0.1} in the group of fibrosis and cavities and group of infiltrative foci with the same total lesion volume. **Conclusion.** The RM strength and inspiratory drive were significantly dependent on the duration of the disease, the extent of the lesion and the state of the pulmonary blood flow.

Key words: pulmonary tuberculosis, respiratory muscle strength, inspiratory drive, P_{0.1} index

Введение

Важнейшим звеном обеспечения газообмена в легких является альвеолярная вентиляция, которую обеспечивает респираторная помпа. В ее состав входят: дыхательный центр, проводящие нервные пути и дыхательные мышцы (ДМ) [1, 2]. Наиболее простым методом для оценки силы ДМ служит измерение максимальных статичных давлений на уровне рта, которые пациент создает при закрытых дыхательных путях во время максимального вдоха (максимальное окклюзионное инспираторное давление в полости рта — P_Imax) и максимального выдоха (максимальное окклюзионное экспираторное давление в полости рта — P_Emax) [3]. Центральную регуляцию дыхания характеризует нейрореспираторный драйв, который определяют при измерении окклюзионного давления в первые 100 мс (0,1 с) вдоха. В этот период происходит только изометрическое сокращение ДМ и их сила не отражается на величине окклюзионного давления в указанный промежуток времени [4]. Пик создаваемого давления при перекрытии потока воздуха на полное время вдоха или выдоха отражает то максимальное усилие, которое прилагают мышцы для преодоления сопротивления дыханию [5].

У пациентов, страдающих хроническими заболеваниями легких в течение долгого времени, работа дыхания увеличивается, что приводит к развитию усталости дыхательных мышц [6–8]. Таким образом, помимо непосредственно патологического процесса, который изначально формирует дыхательную недостаточность, ее усугубляет неэффективная работа дыхательных мышц [1, 9].

При ряде заболеваний, вызывающих нарушения проходимости дыхательных путей с развитием легочной гиперинфляции, повышается аэродинамическое сопротивление дыханию, при болезнях, затрагивающих интерстициальную ткань легких, изменяется эластическое сопротивление, что приводит к снижению функциональных возможностей респираторной мускулатуры [9–12].

У пациентов с туберкулезом легких (ТЛ) выявляя как обструктивные, так и рестриктивные нарушения [13, 14]. Однако изучению силы дыхательных мышц у пациентов с ТЛ посвящены единичные публикации. В исследовании случай-контроль, проведенном в Бразилии, было выявлено снижение силы дыхательных мышц у большинства пациентов с активным туберкулезом: P_Imax и P_Emax были снижены у 88,6 и 91,4% пациентов соответственно [15]. В проведенном нами ранее исследовании дисфункция респираторных мышц встречалась реже — у 53% обследованных пациентов с туберкулезом легких. Корреляционный анализ показал зависимость силы дыхательных мышц и активности дыхательного центра от функциональных характеристик системы дыхания — величины и изменения соотношений легочных объемов, состояния проходимости дыхательных путей и легочного газообмена [13]. Влияние особенностей специфического патоморфологического процесса, на которых основано выделение клинических форм туберкулеза легких, на функциональные возможности дыхательных мышц и активность дыхательного центра не изучено.

Цель исследования

Целью исследования было изучить функциональное состояние дыхательных мышц и активности дыха-

тельного центра при различном клиническом течении туберкулеза легких.

Материалы и методы исследования

Проведено клинико-функциональное одномоментное обсервационное исследование на базе торакального центра ФГБУ «Санкт-Петербургский НИИ фтизиопульмонологии» Минздрава России. В исследование включали пациентов, находившихся на лечении с диагнозом «туберкулез легких» в 2015–2020 гг., старше 18 лет, прошедших комплексное исследование функции внешнего дыхания (КИФВД), включающее спирометрию, бодиплетизмографию, исследование диффузионной способности легких по угарному газу при задержке дыхания методом одиночного вдоха, а также оценку эффективности работы дыхательных мышц. У всех участников исследования получено информированное согласие. Не включали пациентов с заболеваниями, ограничивающими подвижность грудной клетки, с неспецифическими заболеваниями органов грудной клетки, курильщиков со стажем курения свыше 10 пачка/лет, с тяжелой степенью сердечной недостаточности (фракция выброса менее 40%), с операциями на органах грудной клетки и пневмотораксом в анамнезе, пациентов с выраженным болевым синдромом, который препятствовал выполнению форсированных дыхательных маневров, а также пациентов, отказавшихся участвовать в исследовании. Исследование утверждено этическим комитетом ФГБУ «Санкт-Петербургский НИИ фтизиопульмонологии» Минздрава России.

КИФВД выполняли на комплексной установке экспертной диагностики функции внешнего дыхания «Master Screen Body Diffusion» (VIASYS Healthcare, Германия) согласно рекомендациям совместной рабочей группы Американского торакального общества (ATS) и Европейского респираторного общества (ERS) по стандартизации легочных функциональных тестов [16–18].

Определяли статические легочные объемы — общую емкость легких (ОЕЛ), жизненную емкость легких (ЖЕЛ), остаточный объем легких (ООЛ), отношение ООЛ/ОЕЛ, объем форсированного выдоха за 1 секунду (ОФВ₁), среднюю объемную скорость выдоха между 25 и 75% форсированной ЖЕЛ выдоха (СОС_{25–75%}), диффузионную способность легких (ДСЛ). Результаты выражали в процентах от должного значения (% долж.) по формулам, предложенным Европейским сообществом стали и угля (ECCS, 1993), в которых учитываются пол, рост и возраст обследуемого [19].

Функциональное состояние дыхательных мышц и тонуса дыхательного центра изучалось с помощью

модуля «дыхательный привод» (VIASYS Healthcare, Германия) в соответствии с соглашением ERS по тестированию респираторных мышц (2018) [20]. При исследовании использовали мундштук фланцевого типа. Определяли P_{max} (максимальное давление, измеренное при окклюзии дыхательных путей в течение всего вдоха, выполненного с максимальным усилием, характеризует силу мышц вдоха) с уровня ООЛ, P_{E_{max}} (максимальное давление, измеренное при окклюзии дыхательных путей в течение всего выдоха, выполненного с максимальным усилием, характеризует силу мышц выдоха) с уровня ОЕЛ и P_{0,1} (окклюзионное давление при перекрытии дыхательных путей в первые 100 мс вдоха характеризует центральную регуляцию дыхания — нейрореспираторный драйв) при спокойном произвольном дыхании. Для анализа состояния дыхательных мышц и тонуса дыхательного центра использовали должные значения J. Karvonen и соавт [21]. За отклонения от нормы принимали значения максимальных окклюзионных давлений вдоха и выдоха менее 75% должной величины [10]. Для оценки тонуса дыхательного центра использовали формулу должного значения P_{0,1}, предложенную фирмой-производителем: $0,02 \times (1/7 \times \text{возраст})$. Так как верхняя граница нормы для этого показателя не установлена, за отклонение от нормы принимали значения выше 125% должной.

Также всем пациентам проведена мультиспиральная компьютерная томография органов грудной клетки на томографе Toshiba Aquillon Prime 32 (Япония). Оценивался суммарный объем фокусов в мм³. Для оценки взаимосвязи силы дыхательных мышц и активности дыхательного центра с состоянием легочного кровотока пациентам выполнена перфузионная сцинтиграфия легких с использованием гамма-камеры MB-9100 («Гамма», Венгрия), BrightView SPEC Philips Medical System c99m-Tc-MAA (Голландия). Оценивали выраженность нарушения легочного кровотока в пораженной области, во всем легком на стороне поражения, а также в контралатеральном легком.

Статистическую обработку данных проводили с помощью программы Statsoft Statistica. Для оценки нормальности распределения переменных использовали критерий Колмогорова–Смирнова. Данные представлены числом случаев и относительной частотой выявления, средним (M) и стандартным отклонением (SD) или медианой и интерквартильным размахом (Me) [Q1; Q3]. Для сопоставления групп по частоте встречаемости признака применяли критерий Фишера, для сравнения двух независимых выборок использовали критерий Манна–Уитни, для изучения связи между параметрами рассчитывали коэффициент

ранговой корреляции Спирмена, уровнем достоверности считали $p < 0,05$.

Результаты и их обсуждение

Критериям включения соответствовали 246 пациентов, среди них 34 с инфильтративным туберкулезом, 38 — с кавернозным, 17 — с диссеминированным, 108 — с фиброзно-кавернозным, 49 — с туберкулемами. Снижение максимальных окклюзионных ротовых давлений было выявлено у 128 пациентов, среди них снижение только силы вдоха было выявлено у 64 пациентов (50%), выдоха — у 23 (18%), смешанные нарушения были у 41 обследованных (32%). По результатам исследования силы дыхательных

мышц обследованные были разделены на две группы: 1-я — 128 пациентов (52%) со снижением силы ДМ, 2-я — 118 пациентов (48%), у которых показатели силы ДМ были в пределах нормы (табл. 1). В группе без нарушений преобладали мужчины. Статистически значимых различий по возрасту между группами обследованных не выявлено. Средние значения индекса массы тела (ИМТ) были в пределах нормы в обеих группах, но статистически значимо ниже в группе с нарушением силы ДМ. Дефицит массы тела у пациентов с дисфункцией силы ДМ выявлялся несколько чаще (20,9 и 13,6% соответственно), однако эта разница не была статистически значимой. Курильщики преобладали в группе без дисфункции ДМ (65%), в то время как в группе со сниженной силой ДМ курильщиков

Таблица 1

Характеристика обследованных пациентов (n=247)

Параметры	Пациенты без дисфункции ДМ (n=118)	Пациенты с дисфункцией ДМ (n=128)	p
Мужчины /женщины, абс. число (%)	65/53	43/85	<0,01*
Возраст, годы, M±SD	31,7±8,6	35,0±12,5	0,205**
Индекс массы тела, кг/м ² , M±SD	22,3±3,8	21,4±3,8	0,029**
Индекс массы тела <18,5 кг/м ² , абс. число (%)	16 (13,6)	27 (21)	NS*
Табакокурение: Нет/курильщики, %	42/76 (35/65)	63/65 (49/51)	<0,05*
Индекс курящего человека, пачка/лет, M±SD	3,3±3,3	2,7±3,5	0,120**
Форма туберкулеза легких, абс. число (%)			
Фиброзно-кавернозный туберкулез легких	50 (42,4)	58 (45,3)	NS*
Инфильтративный туберкулез	19 (16,1)	15 (11,7)	NS*
Кавернозный туберкулез	21 (17,8)	17 (13,3)	NS*
Туберкулема	22 (18,6)	27 (21,1)	NS*
Диссеминированный ТЛ	6 (5,1)	11 (8,6)	NS*
Длительность заболевания, абс. число (%)			
До 1 года	54 (46)	42 (33)	<0,05*
От 1 до 5 лет	46 (39)	50 (39)	NS*
Более 5 лет	18 (15)	36 (28)	<0,01*
Бактериовыделение, абс. число (%)			
МБТ+ / МБТ-	50 (42) /68 (58)	49 (38) /79 (62)	NS
Лекарственная чувствительность, абс. число (%) (% исчислен от числа имевших данные о лекарственной чувствительности МБТ, n=224)			
Сохраненная лекарственная чувствительность	42 (18,7)	42 (18,7)	NS*
МЛУ	35 (15,6)	39 (17,3)	NS*
ШЛУ	27 (12,0)	33 (14,7)	NS*
Прочие варианты лекарственной устойчивости МБТ	2 (0,9)	4 (1,8)	NS*

Примечание: * — по критерию Фишера; ** — по критерию Манна-Уитни; NS — статистически значимых различий между группами не выявлено.

и никогда не куривших пациентов было примерно равное количество (51% и 49% соответственно). Изначально в исследование были включены пациенты со стажем курения менее 10 пачка/лет, поэтому индекс курящего человека в обеих группах был невысоким и не имел статистически значимых отличий. Частота выявления клинических форм в обеих группах не различалась. Длительность заболевания до года значительно чаще встречалась у пациентов без нарушения функции ДМ, более 5 лет — в группе со снижением силы ДМ. По частоте выявления пациентов

с бактериовыделением и данным чувствительности микобактерий туберкулеза (МБТ) статистически значимых различий между группами не выявлено.

Сравнительный анализ основных функциональных характеристик системы дыхания показал, что у пациентов со снижением силы ДМ статистически значимо менялось соотношение легочных объемов — снижение ЖЕЛ с повышением доли ООЛ в структуре общей емкости легких (табл. 2). В группе с нарушением функции ДМ количество пациентов со снижением ЖЕЛ менее 80% должной величины было в 2,3 раза

Таблица 2

Функциональные характеристики пациентов с туберкулезом легких с наличием и без дисфункции дыхательных мышц (n=246)

Параметры	Пациенты без дисфункции ДМ (n=118)	Пациенты с дисфункцией ДМ (n=128)	p
ЖЕЛ, % должной, Ме [Q1; Q3]	96,2 [91,5; 113,3]	91,77 [77,4; 106,6]	<0,001*
ЖЕЛ <80% должной, абс. число (%)	15 (13)	38 (30)	<0,01**
ОФВ ₁ , % должной, Ме [Q1; Q3]	92,4 [78,4; 107,3]	83,8 [69,6; 99,3]	<0,001*
ОФВ ₁ <80% должной, абс. число (%)	33 (28)	55 (43)	<0,01**
СОС ₂₅₋₇₅ , % должной, Ме [Q1; Q3]	67,9 [48,7; 89,6]	59,9 [34,4; 84,6]	0,031*
ООЛ/ОЕЛ, % должной, Ме [Q1; Q3]	119,3 [102,3; 129,9]	129,98 [109,2; 146,1]	<0,001*
ДСЛ, % должной, Ме [Q1; Q3]	75,0 [67,0; 84,0]	69,13 [57,4; 79,8]	0,004*
Рl _{max} , % должной, Ме [Q1; Q3]	95,8 [85,1; 105,1]	56,6 [48,3; 65,9]	<0,001*
РЕ _{max} , % должной, Ме [Q1; Q3]	103,0 [87,4; 113,0]	61,8 [55,9; 70,6]	<0,001*
Р0,1, % должной, Ме [Q1; Q3]	85,5 [53,1; 104,5]	228,2 [144,8; 225,9]	<0,001*

Примечание: * — по критерию Манна–Уитни; ** — по критерию Фишера.

Таблица 3

Показатели силы дыхательных мышц и Р0,1 при различных клинических формах туберкулеза легких

Показатель	Инфильтративный (n=34)	Туберкулема (n=49)	Кавернозный (n=38)	Диссеминированный (n=17)	Фиброзно-кавернозный (n=108)
Рl _{max} , % долж., Ме [Q1; Q3]	75,65 [54,7; 91,9]	75,7 [60; 88]	80,5 [59,6; 97,2]	81,5 [61,7; 108,0]	78,6 [61,5; 94,4]
Рl _{max} <75≥60% долж., абс. число (%)	2 (6)	14 (29)	6 (17)	6 (35)	15 (15)
Рl _{max} <60% долж., абс. число (%)	10 (29)	12 (25)	10 (27)	4 (23)	26 (25)
РЕ _{max} , % долж., Ме [Q1; Q3]	89,84 [71,6; 102,5]	91,81 [77,9; 104,3]	94,6 [82,5; 113,0]	89,1 [79,4; 98,4]	89,5 [72,0; 104,4]
РЕ _{max} <75≥60% долж., абс. число (%)	5 (15)	6 (12)	4 (11)	3 (18)	19 (19)
РЕ _{max} <60% долж., абс. число (%)	5 (15)	4 (8)	4 (11)	1 (6)	13 (13)
Р0,1, % долж., Ме [Q1; Q3]	77,12 [46; 97,4]	84,19 [55,1; 105,8]	80,7 [55,2; 104,6]	75,13 [53,5; 89,8]	138,9 [78,5; 153,0]
Р0,1 >125% долж., абс. число (%)	5 (15)	7 (14)	3 (8)	1 (6)	40 (39)

больше, чем в группе без нарушений. Показатели, характеризующие проходимость дыхательных путей и легочный газообмен также были статистически значимо ниже в группе пациентов с дисфункцией ДМ. Наиболее значимое отличие было в величине нейрореспираторного драйва $P_{0,1}$, который в 2,7 раза был выше в группе с дисфункцией дыхательных мышц (228,2 и 85,5% соответственно).

Частота выявления дисфункции ДМ, сила мышц вдоха и выдоха при различных формах ТЛ не различалась (табл. 3). Однако показатель $P_{0,1}$ который ха-

рактеризует активность дыхательного центра, был статистически значимо выше у пациентов с фиброзно-кавернозным туберкулезом (ФКТ), а его патологическое увеличение у пациентов с ФКТ встречалось в 39% случаев, что в 3–3,5 раз чаще, чем у пациентов с другими формами ТЛ.

Корреляционный анализ Спирмена выявил слабую обратную взаимосвязь между силой мышц выдоха и длительностью заболевания, а также выраженностью снижения кровотока в контралатеральном легком и слабую положительную взаимосвязь с ИМТ

Таблица 4

Коэффициенты корреляции Спирмена силы дыхательных мышц и показателя $P_{0,1}$ с клиническими и инструментальными характеристиками туберкулеза легких у пациентов с туберкулезом легких (n=246)

Характеристика	Окклюзионное давление	Коэффициент корреляции Спирмена	p
Форма ТЛ	$P_{0,1}$ кПа	0,40	<0,001
Длительность заболевания, годы	P_{Emax} , % долж.	-0,15	0,017
	$P_{0,1}$ кПа	0,34	<0,001
	$P_{0,1}$ % долж.	0,32	<0,001
Индекс массы тела, кг/м ²	P_{Emax} , % долж.	0,22	<0,001
	$P_{0,1}$ % долж.	-0,14	0,026
Суммарный объем фокусов, мм ³	$P_{0,1}$ кПа	0,40	<0,001
Распространенность нарушений кровотока на стороне поражения	$P_{0,1}$ кПа	0,37	<0,001
	$P_{0,1}$ % долж.	0,34	<0,001
Снижение кровотока в контралатеральном легком	P_{Emax} , % долж.	-0,21	0,015
	$P_{0,1}$ кПа	0,31	<0,001
	$P_{0,1}$ % долж.	0,30	0,001
Распространенность поражения в контралатеральном легком	$P_{0,1}$ кПа	0,19	0,032
	$P_{0,1}$ % долж.	0,21	0,021

Таблица 5

Коэффициенты корреляции Спирмена клинико-инструментальных характеристик и максимальных окклюзионных давлений на вдохе и выдохе у пациентов с ФКТ (n=108)

Характеристики	Окклюзионное давление, кПа	Коэффициент корреляции Спирмена	p
Длительность заболевания, годы	P_{Imax}	-0,28	0,037
	P_{Emax}	-0,38	0,002
	$P_{0,1}$	0,37	0,003
Суммарный объем фокусов, мм ³	$P_{0,1}$	0,44	0,001
Кровоток в легком на стороне поражения	P_{Emax}	-0,40	0,010
	$P_{0,1}$	0,51	0,001
Распространенность нарушений кровотока на стороне поражения	P_{Emax}	-0,32	0,036
Кровоток в контралатеральном легком	P_{Emax}	-0,44	0,003
	$P_{0,1}$	0,39	0,011

(табл. 4). Статистически значимой взаимосвязи силы мышц вдоха и клинико-инструментальных характеристик туберкулезного процесса в легких не выявлено. Наиболее значимое влияние туберкулез легких оказал на состояние активности дыхательного центра. Выявлена умеренная взаимосвязь $P_{0,1}$ с формой туберкулеза, длительностью его течения, суммарным объемом фокусов, распространенностью нарушений кровотока на стороне поражения и выраженностью снижения кровотока в контралатеральном легком, а также слабой силы взаимосвязь с ИМТ и распространенностью поражения в контралатеральном легком.

Кроме того, отдельно проанализирована взаимосвязь между клинико-инструментальными характеристиками и показателями работы ДМ в группах пациентов с ФКТ и инфильтративным туберкулезом легких (ИТ). У пациентов с ФКТ длительность заболевания показала взаимосвязь не только с силой мышц выдоха, но и мышц вдоха (табл. 5). Сила мышц выдоха также была умеренно связана с выраженностью и распространенностью нарушений кровотока на стороне поражения и кровотоком в контралатеральном легком. Активность дыхательного центра имела прямую умеренной силы взаимосвязь с длительностью заболевания, суммарным объемом фокусов, кровотоком в легком на стороне поражения и в контралатеральном легком.

У пациентов с ИТ взаимосвязи силы ДМ с клинико-инструментальными характеристиками ТЛ выявлено не было. Однако установлена умеренной силы прямая взаимосвязь активности дыхательного центра от длительности заболевания и суммарного объема фокусов по данным компьютерной томографии легких (табл. 6).

Для оценки влияния патоморфологических изменений в очаге туберкулезного поражения сравнили показатели силы ДМ и нейрореспираторного драйва у пациентов с двумя максимально отличающимися по характеру специфических изменений в легочной ткани клиническими формами — инфильтративным и фиброзно-кавернозным туберкулезом легких. Для обеспечения максимальной сопоставимости групп использовали метод псевдорандомизации («Propensity score matching», PSM). В качестве конфаундера был применен суммарный объем фокусов по данным компьютерной томографии, в результате были получены сопоставимые по этому показателю группы по 18 человек. Результаты сравнения показали, что статистически значимых различий силы ДМ и активности дыхательного центра в группах фиброзно-кавернозного и инфильтративного туберкулеза легких с одинаковым суммарным объемом поражения по данным компьютерной томографии легких не выявлено (табл. 7).

Таблица 6

Корреляция активности дыхательного центра $P_{0,1}$ (кПа) с клиническими характеристиками у пациентов с инфильтративным туберкулезом легких (n=34)

Характеристики	Коэффициент корреляции Спирмена	p
Длительность заболевания, годы	0,47	0,013
Суммарный объем фокусов, мм ³	0,44	0,040

Таблица 7

Результаты сравнения показателей силы дыхательных мышц и $P_{0,1}$ в группах фиброзно-кавернозного и инфильтративного туберкулеза легких после псевдорандомизации по суммарному объему фокусов по данным компьютерной томографии (M±SD)

Показатель	Инфильтративный (n=18)	Фиброзно-кавернозный (n=18)	p
Суммарный объем фокусов, мм ³	34372±35002	34372±34571	0,96
Plmax, кПа	8,39±2,44	9,07±2,18	0,64
Plmax, %	76,6±22,9	82,9±19,9	0,57
PEmax, кПа	10,17±3,99	10,64±3,32	0,45
PEmax, %	89,0±25,5	90,0±27,0	0,82
$P_{0,1}$, кПа	0,14±0,06	0,15±0,06	0,84
$P_{0,1}$, %	78,0±35,5	80,0±34,2	0,88

В клинической практике измерение максимально-го окклюзионного давления на вдохе считается более важным, так как отражает снижение способности увеличивать вентиляционную емкость и формирование дыхательной недостаточности. Максимальное экспираторное давление не так критически значимо для обеспечения адекватной вентиляционной емкости, однако достаточная сила выдоха критически важна для эффективного откашливания и предупреждения аккумуляции мокроты в нижних дыхательных путях. В нашем исследовании статистически значимых различий окклюзионных давлений на вдохе и выдохе, а также частоте выявления дисфункции дыхательных мышц при различных формах ТЛ не выявлено. Наиболее значимое влияние на состояние дыхательных мышц и активность дыхательного центра оказывали длительность заболевания, объем специфического поражения, состояние легочного кровотока как на стороне поражения, так и в противоположном легком. Учитывая, что длительность заболевания оказывает влияние на силу мышц как вдоха, так и выдоха, следует

рассмотреть возможность включения в функциональное обследование системы дыхания оценку силы дыхательных мышц у пациентов со стажем туберкулезного процесса более года, особенно при необходимости хирургического этапа лечения для проведения максимально эффективной преадреситации, а также при составлении индивидуальных программ реабилитациии.

Выводы

1. У 52% обследованных пациентов с туберкулезом легких наблюдалось снижение работоспособности респираторной мускулатуры, среди них преобладало снижение силы мышц вдоха — 49,6% случаев, реже выдоха — 17,8% случаев, у 32,6 % наблюдалось снижение силы мышц и вдоха и выдоха.

2. Частота выявления дисфункции респираторных мышц, а также максимальные статические давления в ротовой полости при различных формах туберкулеза легких не различались.

3. Повышение активности дыхательного центра (P0,1), отражающего усиление работы дыхания, наблюдалась в 3–3,5 раз чаще при ФКТ, однако при одинаковом объеме специфических фокусов при инфильтративном и фиброзно-кавернозном туберкулезе отличий не получено.

4. Определена взаимосвязь длительности туберкулеза легких с силой мышц вдоха и выдоха, а также с величиной P0,1. PEmax и P0,1 также имели умеренную статистически значимую взаимосвязь с состоянием легочного кровотока по данным перфузионной сцинтиграфии и слабую связь с ИМТ. Усиление активности дыхательного центра показало прямую взаимосвязь с объемом специфических фокусов.

Конфликт интересов

Авторы данной статьи подтвердили отсутствие конфликта интересов, о котором необходимо сообщить.

Список литературы

1. Гельцер Б.И., Курпатов И.Г., Дей А.А., Кожанов А.Г. Дисфункция респираторных мышц и болезни органов дыхания. Терапевтический архив 2019; (3): 93–100 [Gel'cer B.I., Kurpatov I.G., Dej A.A., Kozhanov A.G. Respiratory muscle dysfunction and respiratory diseases. Therapeutic archive 2019; (3): 93–100 (In Russ.)]. doi: 10.26442/00403660.2019.03.000108.
2. Чучалин А.Г. Пульмонология: национальное руководство. Краткое издание / под ред. А.Г. Чучалина. М.: ГЭОТАР-Медиа 2016: 800 [Chuchalin A.G. Pulmonology: National Guide. Brief edition / ed. A.G. Chuchalin. Moscow: GEOTAR-Media 2016: 800 (In Russ.)].
3. Сегизбаева М.О., Александрова Н.П. Оценка функционального состояния дыхательных мышц: методические аспекты и интерпретация данных. Физиология человека 2019; 45 (2): 115–127 [Segizbaeva M.O., Aleksandrova N.P. Assessment of the functional state of the respiratory muscles: methodological aspects and data interpretation. Human physiology 2019; 45 (2): 115–127 (In Russ.)]. doi: 10.1134/S0131164619010120.
4. Перцева Т.А., Конопкина Л.И., Богуславская Е.В. Оценка функционального состояния дыхательной мускулатуры у больных хроническими обструктивными заболеваниями легких в формировании индивидуальных программ реабилитации. Украинский пульмонологический журнал 2004; (3): 31–32 [Perceva T.A., Konopkina L.I., Boguslavskaja E.V. Evaluation of the functional state of the respiratory muscles in patients with chronic obstructive pulmonary diseases in the formation of individual rehabilitation programs. Ukrainian pulmonological journal 2004; (3): 31–32 (In Russ.)].
5. Polkey M. Respiratory muscle Assessment in Clinical Practice. Clinical Chest Medicine 2019; (40): 307–315.
6. Авдеев С.Н. Оценка силы дыхательных мышц в клинической практике. Атмосфера. Пульмонология и аллергология 2008; (4): 12–17 [Avdeev S.N. Evaluation of respiratory muscle strength in clinical practice. Atmosphere. Pulmonology and Allergology 2008; (4): 12–17 (In Russ.)].
7. Мещерякова Н.Н., Белевский А.С., Черняк А.В. Основные принципы реабилитации для больных с хронической обструктивной болезнью легких. Медицинский совет 2014; (16): 61–64 [Meshherjakova N.N., Belevskij A.S., Chernjak A.V. Basic principles of rehabilitation for patients with chronic obstructive pulmonary disease. Medical advice 2014; (16): 61–64 (In Russ.)].
8. Flavia M.S. Respiratory muscle strength evaluation with asthma through maximal respiratory pressures measurements. Eur. Resp. J. 2015; (46): 176–179. doi: 10.1183/13993003.congress-2015.PA2248.
9. Курпатов И.Г., Гельцер Б.И., Котельников В.Н., Киняйкин М.Ф. Функциональный статус дыхательных мышц у больных хронической обструктивной болезнью легких. Туберкулез и болезни легких 2021; 99 (6): 15–21 [Kurpatov I.G., Gel'cer B.I., Kotel'nikov V.N., Kinjajkin M.F. Functional status of respiratory muscles in patients with chronic obstructive pulmonary disease. Tuberculosis and lung disease 2021; 99 (6): 15–21 (In Russ.)]. doi: 10.21292/2075-1230-2021-99-6-15-21.
10. Савушкина О.И., Малашенко М.М., Черняк А.В., Крюков Е.В., Синицын Е.А., Зыков К.А. Исследование силы дыхательных мышц у больных, перенесших COVID-19. Медицина экстремальных ситуаций 2021; 3 (23): 55–60 [Savushkina O.I., Malashenko M.M., Chernjak A.V., Krjukov E.V., Sinicyn E.A., Zykov K.A. The study of the strength of the respiratory muscles in patients who have undergone COVID-19. Emergency Medicine 2021; 3 (23): 55–60 (In Russ.)]. doi: 10.47183/mes.2021.025.
11. Сегизбаева М.О., Александрова Н.П. Оценка функционального состояния дыхательных мышц: методические аспекты и интерпретация данных. Физиология человека 2019; 45 (2): 115–127 [Segizbaeva M.O., Aleksandrova N.P. Assessment of the functional state of the respiratory muscles: methodological aspects and data interpretation. Human physiology 2019; 45 (2): 115–127 (In Russ.)]. doi: 10.1134/S0131164619010120.
12. Bachasson D. Quadriceps and respiratory muscle fatigue following high-intensity cycling in COPD patients. PLoS One 2013; (8): 1–10. doi: 10.1371/journal.pone.0083432.
13. Сысоева В.В., Денисова Н.В., Нефедова Н.Г., Ковалева С.А., Кирюхина Л.Д. Особенности функционального состояния

- дыхательных мышц у пациентов с туберкулезом легких. Туберкулез и социально значимые заболевания 2018; (4): 10–13 [Sysoeva V.V., Denisova N.V., Nefedova N.G., Kovaleva S.A., Kirjuhina L.D. Features of the functional state of the respiratory muscles in patients with pulmonary tuberculosis. Tuberculosis and socially significant diseases 2018; (4): 10–13 (In Russ.)].
14. 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; (4): 37–44 [Chushkin M.I., Popova L.A., Shergina E.A., Karpina N.L. Ventilatory function of the lungs and quality of life of patients after pulmonary tuberculosis. Medical Alliance 2021; (4): 37–44 (In Russ.)]. doi: 10.36422/23076348-2021-9-4-37-44.
 15. Cavalheiro S.E., Lazzari T.K., Coutinho S.E., Silva D.R. Relation between leptin and inflammatory markers with respiratory and peripheral muscle strength in tuberculosis: a case-control study. Clin. Respir. J. 2018; 12 (11): 2559–2565. doi: 10.1111/crj.12956.
 16. 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.
 17. 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). pii: 1600016. doi: 10.1183/13993003.00016-2016.
 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. 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 (Suppl. 16): 5–40.
 20. Laveneziana P., Albuquerque A., Aliverti A. et al. ERS statement on respiratory muscle ERS RM testing at rest and during exercise. Eur. Respir. J. 2019; (53). 1801214 doi: 10.1183/13993003.01214.
 21. Karvonen J., Saarelainen S., Nieminen M.M. Measurement of Respiratory Muscle Forces Based on Maximal Inspiratory and Expiratory Pressures. Respiration 1994; 61 (1): 28–31. doi: 10.1159/000196299.

Поступила в редакцию 12.01.2023 г.

Сведения об авторах:

Кiryuhina Larisa Dmitrievna — 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;

Sysoeva Vera Viktorovna — врач-пульмонолог, терапевт Санкт-Петербургского научно-исследовательского института фтизиопульмонологии; 191036; Санкт-Петербург, Лиговский пр., д. 2–4; e-mail: vv.shevel@spbniif.ru; ORCID 0000-0002-9465-291X;

Kokorina Elena Vasильevna — 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;

Gavrilov Pavel Vladimirovich — 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: spbniiifrentgen@mail.ru; ORCID 0000-0003-3251-4084;

Savin Igor Borisovich — 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; ORCID 0000-0002-2926-0784;

Denisova Nina Vladimirovna — 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;

Yablonskiy Petr Kazimirovich — 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.