

Количественная оценка функциональных нарушений у пациентов с туберкулезом органов дыхания

¹В. Б. Смычек, ¹Я. В. Васильченко, ²А. П. Мириленко

¹Республиканский научно-практический центр медицинской экспертизы и реабилитации,
Минск, Беларусь

²Белорусский государственный аграрный технический университет, Минск, Беларусь

Цель исследования. Определить клинические параметры оценки нарушений функций иммунитета и дыхания у пациентов с туберкулезом органов дыхания (ТБ ОД) и разработать на их основе правила количественной оценки функциональных нарушений с использованием методов интеллектуального анализа данных.

Материал и методы. В исследование было включено 149 пациентов с ТБ ОД, впервые направленных на медико-социальную экспертизу для установления инвалидности, а также 75 пациентов контрольной группы, успешно завершивших курс лечения. Исследование проводилось на базе УЗ «Минская городская медико-реабилитационная экспертная комиссия», УЗ «Минский областной противотуберкулезный диспансер», консультативно-поликлинического отделения ГУ «Республиканский научно-практический центр медицинской экспертизы и реабилитации» в период с 2017 по 2024 г. Средний возраст (SE) пациентов в исследуемой когорте составил 47,4 (0,71) года.

Результаты. В ходе проведенного исследования были выявлены ключевые клинические показатели, определяющие степень выраженности нарушений функций иммунитета и дыхания у пациентов с ТБ ОД. Основным параметром экспертной оценки выраженных нарушений функции иммунитета выступил клинический показатель – наличие выделения микобактерий туберкулеза (МБТ+) (диагностическая точность – 90 %). Наличие бактериовыделения свидетельствует об активности ТБ-процесса и значительном угнетении иммунной системы, что требует учета при определении группы инвалидности. При отсутствии бактериовыделения (МБТ-) решающее значение в оценке степени выраженности нарушений функции иммунитета приобретает фаза течения заболевания: фаза рассасывания/уплотнения коррелирует с умеренными нарушениями, а фаза клинического излечения – с легкими нарушениями. Ведущим показателем оценки степени выраженности нарушений функции дыхания выступил клинический показатель уровня сатурации (SpO_2): выше 95 % коррелирует с незначительными нарушениями функции дыхания (точность – 88,6 %), 92–94 % – с легкими нарушениями функции дыхания (точность – 73,9 %). Уточняющим критерием оценки степени выраженности нарушений функции дыхания выступает показатель объема форсированного выдоха за первую секунду (ОФВ₁): при уровне SpO_2 ниже 92 % и значении ОФВ₁ менее 74 % от должных величин указывает на выраженные нарушения функции дыхания (у 80 % пациентов).

Заключение. Результаты, полученные в ходе исследования, имеют высокую практическую значимость для медико-социальной экспертизы и реабилитации пациентов с ТБ ОД. Разработанные алгоритмы и критерии оценки степени выраженности функциональных нарушений, основанные на объективных клинико-функциональных показателях, способствуют стандартизации выносимых экспертных решений и повышению их объективности.

Ключевые слова: медико-социальная экспертиза, туберкулез органов дыхания, функции организма, ограничения жизнедеятельности, параметры оценки.

Objective. To determine clinical parameters for assessing immune and respiratory dysfunction in patients with tuberculosis of the respiratory organs and, based on these parameters, develop rules for quantitative assessment of functional disorders using data mining methods.

Materials and methods. The study included 149 patients with respiratory tuberculosis, who were referred for the first time for medical and social examination to determine disability, and 75 patients in the control group who successfully completed the course of treatment. The study was conducted at the Minsk City Medical and Rehabilitation Expert Commission, the Minsk Regional Tuberculosis Dispensary, and the outpatient department of the Republican Scientific and Practical Center for Medical Technologies, Informatization, Management and Economics of Healthcare from 2017 to 2024. The mean age (SE) of patients in the study cohort was 47.4 (0.71) years.

Results. In the course of the conducted study, key clinical indicators determining the severity of immune and respiratory dysfunction in patients with tuberculosis of the respiratory organs were identified. The main predictor of the expert assessment of severe immune dysfunction was the clinical indicator of the presence of bacteria excretion (diagnostic accuracy of 90 %). The presence of bacteria excretion indicates the activity of the tuberculosis process and significant suppression of the immune system, which must be taken into account when determining the disability group. In the absence of bacteria excretion, the phase of the disease course is of decisive importance in assessing the severity of immune dysfunction: the resorption/consolidation phase correlates with moderate disorders, and the clinical cure phase – with mild disorders. The leading indicator for assessing the severity of respiratory dysfunction was the clinical indicator of blood oxygen saturation (SpO_2): a blood SpO_2 level of more than 95 % correlates with minor respiratory dysfunction (accuracy of 88.6 %); a blood SpO_2 level of 92–94 % indicates mild respiratory impairment (accuracy 73.9 %). A clarifying criterion for assessing the severity of respiratory impairment is the forced expiratory volume in one second (FEV₁): a blood SpO_2 level of less than 92 % and an FEV₁ value of less than 74 % of the predicted values indicate severe respiratory impairment (in 80 % of patients).

Conclusion. The results obtained during the study have high practical significance for medical and social assessment and rehabilitation of patients with respiratory tuberculosis. The developed algorithms and criteria for assessing the severity of functional impairments, based on objective clinical and functional indicators, contribute to the standardization of expert decisions and increase their objectivity.

Key words: medical and social examination, tuberculosis of the respiratory organs, body functions, limitations of life activity, assessment parameters.

HEALTHCARE. 2026; 6: 18–27

QUANTITATIVE ASSESSMENT OF FUNCTIONAL DISORDERS IN PATIENTS WITH RESPIRATORY TUBERCULOSIS

V. Smychek, Y. Vasilchenko, A. Mirilenko

Туберкулез (ТБ) и лекарственно-устойчивый туберкулез (ЛУ-ТБ) остаются серьезной угрозой для общественного здравоохранения в Европейском регионе Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ). Несмотря на значительные успехи, достигнутые странами данного региона с 2015 г. в снижении общей заболеваемости и смертности от ТБ, а также на самые быстрые темпы снижения заболеваемости среди всех регионов ВОЗ, в некоторых государствах по-прежнему сохраняется высокое бремя ЛУ-ТБ [1].

В ответ на актуальные вызовы на 72-й сессии Европейского регионального комитета ВОЗ был одобрен план действий по борьбе с ТБ на 2023–2030 гг. Одним из ключевых направлений плана стало решение проблемы ТБ, сочетанной патологии и инвалидности. Это предполагает регулярную оценку факторов риска развития сопутствующих заболеваний и инвалидности среди пациентов с ТБ, а также разработку и внедрение мер по их профилактике, лечению и реабилитации [2].

Для эффективного решения данной проблемы необходимо интегрировать вопросы ведения и профилактики сопутствующей патологии, а также реабилитации, связанной с инвалидностью, в национальные клинические руководства по ТБ. Кроме того, требуется создание и совершенствование систем перенаправления пациентов для обеспечения своевременной и комплексной медицинской помощи [2].

В настоящее время в Республике Беларусь основным инструментом всесторонней и объективной оценки инвалидизирующих последствий заболеваний является медико-социальная экспертиза (МСЭ)¹, представляющая собой самосто-

ятельную научную дисциплину и область практической деятельности. Она изучает состояние жизнедеятельности и трудоспособности человека, выявляет степень их нарушений и направлена на восстановление нарушенных функций посредством реализации комплекса лечебно-реабилитационных мероприятий.

Важным аспектом проведения МСЭ является комплексная оценка влияния патологического процесса на организм пациента, что позволяет определить характер и степень ограничений жизнедеятельности (ОЖ), а также трудоспособности². Кроме того, МСЭ выполняет важную профилактическую функцию, способствуя предотвращению развития инвалидности, прогрессирования заболевания и возникновения рецидивов [3]. Это достигается за счет своевременного выявления факторов риска, разработки индивидуальной программы реабилитации, абилитации инвалида, направленной на сохранение здоровья, социальную адаптацию и интеграцию пациентов в общество³.

На основании анализа источников литературы следует отметить, что МСЭ пациентов с ТБ проводится с учетом дифференцированного подхода, базирующегося на оценке клинического и трудового прогноза. На степень выраженности ОЖ у пациентов с ТБ влияют клиническая форма специфического процесса, распространенность, степень активности, чувствительность микобактерий туберкулеза (МБТ) к современным химиопрепаратам, возможность и методы хирургического лечения, характер осложнений [4–6].

Одним из ключевых критериев при оценке ОЖ является наличие выделения МТБ+ или его

¹О здравоохранении : Закон Респ. Беларусь от 18 июня 1993 г. № 2435-XII : в ред. от 8 июля 2025 г. № 26-3 // iLex : информ. правовая система (дата обращения: 02.03.2026).

²О вопросах проведения медико-социальной экспертизы : постановление М-ва здравоохранения Респ. Беларусь от 9 июня 2021 г. № 77 : в ред. от 16 сент. 2025 г. № 109 // iLex : информ. правовая система (дата обращения: 12.01.2026).

³О правах инвалидов и их социальной интеграции : Закон Респ. Беларусь от 30 июня 2022 г. № 183-3 : в ред. от 9 дек. 2025 г. № 110-3 // iLex : информ. правовая система (дата обращения: 02.03.2026).

отсутствие. При стабилизации ТБ-процесса (например, при рассасывании инфильтративных изменений, рубцевании полостей распада в пораженном органе, абациллировании) приоритетное значение приобретает оценка нарушений функций иммунитета и дыхания, которые определяют степень выраженности ОЖ у пациента с ТБ [7].

Тем не менее представленные данные носят недостаточно систематизированный и неполный характер, что обуславливает необходимость их уточнения, адаптации и верификации в контексте современных научных подходов и нормативно-правовых требований, регулирующих проведение МСЭ в Республике Беларусь.

Цель исследования – определить клинические параметры оценки нарушений функций иммунитета и дыхания у пациентов с ТБ органов дыхания (ТБ ОД) и разработать на их основе правила количественной оценки функциональных нарушений с использованием методов интеллектуального анализа данных.

Материал и методы

В исследование было включено 149 пациентов с ТБ ОД, впервые направленных на МСЭ для установления инвалидности, а также 75 пациентов контрольной группы, успешно завершивших курс лечения ТБ ОД. Исследование проводилось на базе УЗ «Минская городская медико-реабилитационная экспертная комиссия», УЗ «Минский областной противотуберкулезный диспансер», консультативно-поликлинического отделения ГУ «Республиканский научно-практический центр медицинской экспертизы и реабилитации» в период с 2017 по 2024 г. В группу исследования были также включены пациенты, направленные на межведомственную научно-экспертную комиссию со всех регионов страны с целью уточнения степени выраженности имеющихся ОЖ.

Средний возраст (SE) пациентов в исследуемой когорте составил 47,4 (0,71) года. Среди обследованных пациентов было 168 мужчин, средний возраст (SE) которых составил 49,2 (0,79) года, и 56 женщин, средний возраст которых составил 41,8 (1,32) года.

Всем пациентам с ТБ ОД, включенным в исследование, была проведена комплексная кли-

нико-функциональная оценка состояния здоровья в соответствии с клиническим протоколом диагностики и лечения ТБ⁴.

Оценка включала следующие методы: анамнестический (сбор анамнеза), аналитический (анализ медицинской документации), клинический (сбор жалоб, физикальный осмотр), инструментальный (лучевая, ультразвуковая и функциональная диагностика), лабораторный (клинические и биохимические анализы), метод экспертных оценок (оценка нарушений функций организма и ОЖ)⁵ и методы профессиональной диагностики и экспертизы профессиональной трудоспособности [3].

Оценка видов нарушений функций органов и систем организма, а также степени выраженности их нарушений с учетом возможности и эффективности компенсации лекарственными средствами и/или техническими средствами социальной реабилитации, которая дифференцирована по семи степеням нарушений (отсутствие, незначительные, легкие, умеренные, выраженные, резко выраженные и полная утрата функции), проводилась в соответствии с классификацией основных видов нарушений функций органов и систем организма человека⁶.

При анализе данных использовались стандартные методы описательной статистики и критерии значимости статистических различий. Исследование связи функций иммунитета и дыхания с клиническими параметрами их оценки проводилось с использованием метода «дерево решений» (Chi-squared Automatic Interaction Detection, CHAID).

Результаты и обсуждение

Инвалидность является результатом сложного взаимодействия между имеющимися нарушениями здоровья у индивида и отношенческими, а также средовыми барьерами, которые ограничивают возможности полноценного и эффективного участия в жизни общества наравне с другими людьми⁷.

Установление инвалидности, определение ее причин, сроков, а также выявление потребностей лица в различных видах социальной помощи возлагается на медико-реабилитационные экспертные комиссии в рамках МСЭ, проводимой в установленном законодательством порядке⁸.

⁴Об утверждении клинического протокола : постановление М-ва здравоохранения Респ. Беларусь от 16 дек. 2022 г. № 118 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – URL: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=W22339589p> (дата обращения: 12.01.2026).

⁵Об утверждении метода оценки ограничений жизнедеятельности при последствиях заболеваний и травм, состояниях у лиц в возрасте старше 18 лет : приказ М-ва здравоохранения Респ. Беларусь от 4 февр. 2022 г. № 131 : в ред. от 10 мая 2022 г. № 606 // илех : информ. правовая система (дата обращения: 12.01.2026).

⁶О вопросах проведения медико-социальной экспертизы (дата обращения: 12.01.2026).

⁷О правах инвалидов и их социальной интеграции (дата обращения: 02.03.2026).

⁸О здравоохранении (дата обращения: 02.03.2026).

Проведение МСЭ направлено на определение состояния здоровья пациента в целях выявления его способностей осуществлять трудовую и иные виды деятельности, устанавливая причинно-следственные связи между влиянием каких-либо факторов на состояние его здоровья.

Осуществление МСЭ пациентов с ТБ ОД прежде всего предусматривает медико-социальную оценку их клинико-функционального состояния с целью уточнения степени выраженности функциональных нарушений, обусловленных данной патологией, приводящих в большинстве случаев к ОЖ и социальной дезадаптации, а следовательно, к установлению инвалидности.

В ходе ранее проведенного исследования было определено, что у пациентов с ТБ ОД формирование функциональных нарушений обусловлено первичным поражением двух ключевых функций организма: иммунитета и дыхания. Результат сложной патогенетической цепочки, инициированной специфическим воспалительным процессом, – это каскадное нарушение нескольких функций организма, что, в свою очередь, влечет за собой нарушения нескольких основных категорий жизнедеятельности.

В ходе ранее проведенного исследования у пациентов с ТБ ОД были выделены наиболее значимые для экспертной оценки категории жизнедеятельности.

Распределение ограничений категории «способность к самостоятельному передвижению» среди пациентов с ТБ ОД в исследуемой когорте (n = 224) представлено следующими данными: отсутствие ограничений встречалось у 54,9 % (n = 123) пациентов, легкие ограничения – у 31,7 % (n = 71), умеренные ограничения – у 9,4 % (n = 21), выраженные ограничения – у 4,0 % (n = 9). Пациенты с резко выраженными ограничениями способности к самостоятельному передвижению в исследуемой когорте не встречались.

Вариабельность нарушений категории жизнедеятельности «способность к самообслуживанию» среди пациентов с ТБ ОД в исследуемой когорте (n = 224) характеризуется следующими показателями: отсутствие ограничений встречалось у 86,2 % (n = 193) пациентов, легкие ограничения – у 8,9 % (n = 20), умеренные ограничения – у 4,9 % (n = 11). Пациенты с выраженными и резко выраженными ограничениями способности к самообслуживанию в исследуемой когорте не встречались.

Ключевой категорией жизнедеятельности, определяющей ОЖ в исследуемой когорте пациентов с ТБ ОД (n = 224), является «способность к трудовой деятельности», которая имеет существенное влияние на установление инвалидно-

сти. Она представлена следующими показателями: легкие ограничения встречались у 14,3 % (n = 32) пациентов с ТБ ОД, умеренные – у 70,1 % (n = 157), резко выраженные ограничения – у 14,7 % (n = 33). Пациенты с отсутствием ограничений и выраженными ограничениями способности к трудовой деятельности в исследуемой когорте не встречались.

Также в ходе ранее проведенного исследования проводилась оценка связи между имеющимися ограничениями категорий жизнедеятельности и нарушениями функций организма в исследуемой когорте пациентов с ТБ ОД. Проведенный анализ позволил выявить дифференцированные параметры экспертной оценки степени выраженности ограничений категорий жизнедеятельности у данных пациентов.

Для категории жизнедеятельности «способность к трудовой деятельности» ведущим параметром оценки степени выраженности ОЖ выступил показатель «функция иммунитета». Алгоритм экспертной оценки, построенный с учетом степени выраженности нарушений функции иммунитета у пациентов с ТБ ОД, продемонстрировал наивысшую точность: 96,6 % на обучающей выборке и 97,3 % на тестовой выборке. Такие высокие значения свидетельствуют об устойчивости и надежности данного подхода, а также подчеркивают критическую роль нарушений функции иммунитета в оценке ограничений данной категории жизнедеятельности у пациентов с ТБ ОД.

В то же время для категорий жизнедеятельности «способность к самостоятельному передвижению» и «способность к самообслуживанию» первичным и наиболее значимым параметром оценки степени выраженности ограничений выступил показатель «функция дыхания». Разработанные на основе этого показателя алгоритмы экспертной оценки продемонстрировали высокие точность и воспроизводимость результатов: 92,6 % и 94,6 % на обучающей выборке и 90,7 % и 93,3 % на тестовой выборке соответственно. Данные показатели подтверждают надежность и клиническую применимость предложенного подхода оценки ограничений данных категорий жизнедеятельности, обеспечивая объективную и стандартизированную оценку ОЖ в рамках МСЭ.

Для количественной оценки степени выраженности нарушений функции иммунитета у пациентов с ТБ ОД в исследование были включены ключевые клинические показатели на основе результатов проведенного корреляционного анализа между функцией иммунитета и клиническими параметрами оценки данной функции организма.

Установлено, что статистически значимые коэффициенты корреляции ($p < 0,05$) выявлены для следующих параметров: скорость оседания эритроцитов (СОЭ) (r (коэффициент корреляции Пирсона) = 0,306), фаза течения заболевания ($r = 0,417$), наличие МБТ+ ($r = 0,458$).

При этом связь средней силы ($0,4 \leq |r| < 0,7$) наблюдалась только для фазы течения заболевания и наличия МБТ+, что указывает на их существенное влияние на оценку степени выраженности нарушений функции иммунитета у пациентов с ТБ ОД. В то же время отсутствуют корреляционные зависимости между функцией иммунитета и такими клиническими показателями, как хроническая распространенная клиническая форма заболевания, резистентность МБТ к противотуберкулезным препаратам, частота рецидивов заболевания, наличие осложнений.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что активность ТБ-процесса (отраженная в СОЭ и фазе течения) и наличие бактериовыделения играют более значимую роль в формировании нарушений функции иммунитета, нежели хронизация процесса, ЛУ-ТБ или осложнения.

С целью анализа взаимосвязи между клиническими показателями и функциональными нарушениями использовался алгоритм классификационных деревьев CHAID. Данный метод позволяет выявить значимые иерархические структуры взаимодействия переменных и сформировать решающее правило для распределения пациентов по целевым категориям, в частности для определения степени выраженности нарушений функции иммунитета, а также провести оценку точности полученного алгоритма.

Первоначально в исследование были включены все показатели, имеющие статистически значимую связь с функцией иммунитета: СОЭ, фаза течения заболевания, наличие бактериовыделения. В результате были выявлены первичные и наиболее значимые параметры оценки степени выраженности нарушений функции иммунитета (рис. 1).

На рис. 1 видно, что первичным предиктором оценки функции иммунитета является показатель наличия МБТ+, а вторичным – фаза течения. Показатель СОЭ может быть уточняющим для подтверждения наличия выраженной степени нарушений функции иммунитета у пациентов с ТБ ОД. Данный алгоритм является статистически значимым ($\chi^2 = 76,8$, $df = 2$, $p < 0,001$).

На основе разработанного алгоритма были сформулированы правила первого уровня, определяющие зависимость экспертной оценки степени выраженности нарушений функции иммунитета от

клинических параметров оценки, ранжированных по степени выраженности нарушений.

1. При выраженных нарушениях функции иммунитета основным и наиболее значимым критерием для экспертной оценки является наличие МБТ+. Дополнительным критерием, усиливающим значимость первого и указывающим на активность ТБ-процесса, является наличие фазы распада и обсеменения. Уточняющим критерием выступает значение СОЭ более 32 мм/ч, который дополнительно подтверждает выраженность ТБ-процесса (точность – 90,0 %).

2. При умеренных нарушениях функции иммунитета основным критерием для экспертной оценки выступает отсутствие бактериовыделения, что свидетельствует о снижении активности ТБ-процесса и относительной стабилизации иммунологического статуса пациента, и уточняющим критерием является наличие фазы рассасывания/уплотнения инфильтрата, которая указывает на положительную динамику ТБ-процесса (точность – 86,3 %).

3. При легких нарушениях функции иммунитета основным критерием для экспертной оценки выступает отсутствие бактериовыделения, уточняющим критерием является наличие клинической фазы излечения (точность – 80,0 %).

Проверка разработанного алгоритма оценки степени выраженности нарушений функции иммунитета на контрольной группе показала аналогичные результаты.

Для количественной оценки степени выраженности нарушений функции дыхания у пациентов с ТБ ОД в исследование были введены ключевые клинические показатели на основе результатов проведенного корреляционного анализа между показателем «функция дыхания» и клиническими параметрами оценки данной функции организма. Стоит отметить, что в отличие от функции иммунитета функция дыхания имеет статистически значимые связи со значительным количеством клинических показателей оценки.

Проведенный анализ выявил значимые коэффициенты корреляции ($p < 0,05$) между функцией дыхания и следующими клинико-функциональными параметрами.

- Частота дыхания ($r = 0,396$) указывает на связь между усилением дыхательной деятельности и нарушениями функции дыхания, что может свидетельствовать о компенсаторных механизмах при дыхательной недостаточности.

- Жизненная емкость легких (ЖЕЛ) ($r = 0,717$). Сильная положительная корреляционная связь, отражающая прямую зависимость между объемом легких и их функциональным со-

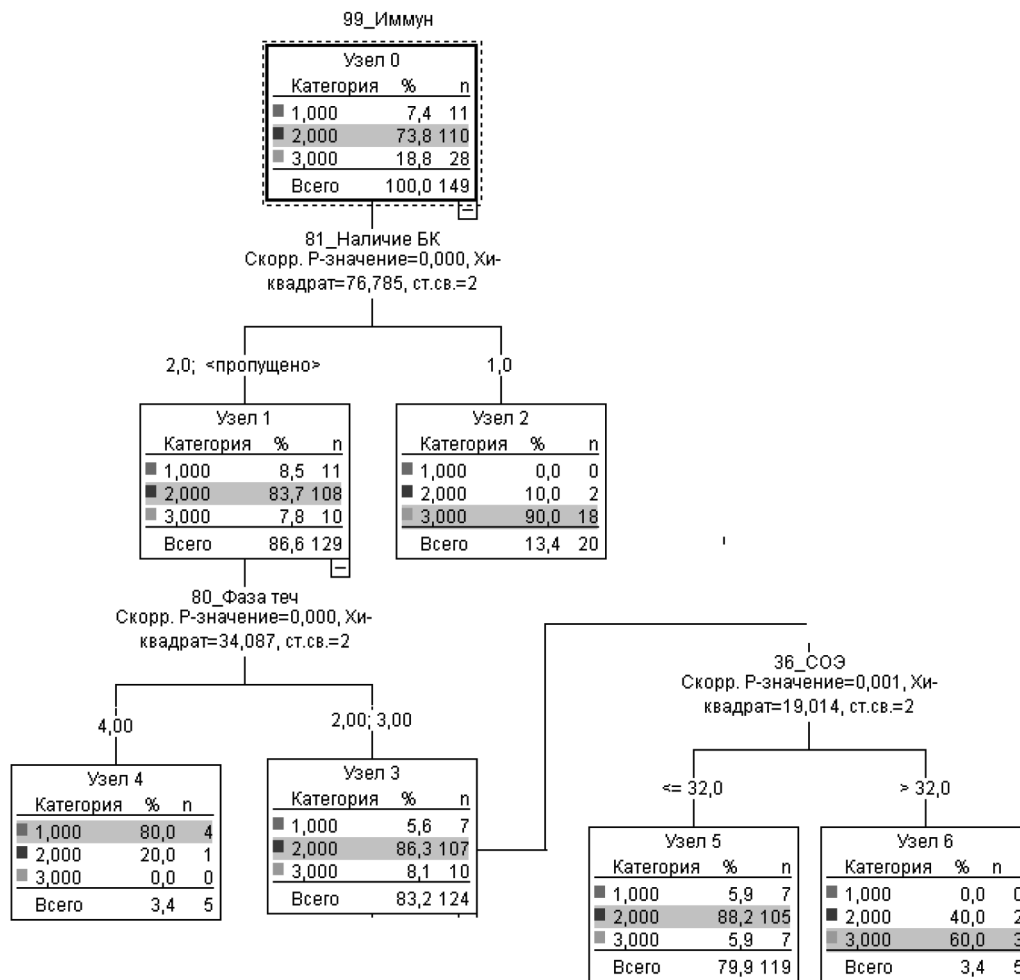


Рис. 1. Алгоритм классификационного дерева CHAID для оценки степени выраженности нарушений функции иммунитета в исследуемой группе пациентов с туберкулезом органов дыхания

Fig. 1. Algorithm for a classification tree CHAID for assessing the severity of immune dysfunction in a study group of patients with respiratory tuberculosis

стоянием. Снижение ЖЕЛ является ключевым маркером рестриктивных нарушений при ТБ ОД.

- Индекс Тиффно ($r = 0,567$) характеризует соотношение объема форсированного выдоха за первую секунду ($ОФВ_1$) к ЖЕЛ, что позволяет оценить степень обструктивных нарушений. Высокая корреляция подтверждает значимость этого показателя в диагностике дыхательной недостаточности.

- $ОФВ_1$ ($r = 0,711$) – один из наиболее значимых показателей, отражающий проходимость дыхательных путей. Его снижение коррелирует с тяжестью обструктивных нарушений и ограничением физической активности.

- Максимальная объемная скорость выдоха (МОС) на уровнях 25 %, 50 % и 75 % форсированной ЖЕЛ: МОС25 ($r = 0,456$), МОС50 ($r = 0,504$), МОС75 ($r = 0,502$). Эти показатели отражают состо-

яние мелких, средних и крупных бронхов соответственно и используются для дифференциальной диагностики уровня бронхиальной обструкции.

- Сатурация крови кислородом (SpO_2) ($r = 0,821$). Наиболее сильная корреляционная связь, что подчеркивает критическую роль оксигенации в оценке функции дыхания. Снижение сатурации напрямую связано с развитием дыхательной недостаточности и ограничением физической активности.

- Частота рецидивов заболевания ($r = 0,468$) указывает на связь между повторными эпизодами заболевания и ухудшением функции дыхания, что может быть обусловлено неполным восстановлением легочной ткани.

- Локализация ТБ-процесса в легком ($r = 0,225$). Хотя корреляционная связь менее выражена,

она подтверждает, что расположение очага поражения может влиять на степень выраженности дыхательных нарушений.

- Наличие осложнений ТБ ($r = 0,137$) и остаточных изменений в легком ($r = 0,147$) – эти параметры имеют слабую корреляционную связь, но их присутствие может усугублять дыхательную недостаточность в долгосрочной перспективе.

Многокомпонентность функции дыхания у пациентов с ТБ ОД требует комплексного подхода к ее оценке. Данная функция определяется многообразием физиологических, морфологических и клинических аспектов, что обуславливает необходимость дифференцированного анализа ее составляющих.

В связи с этим целесообразно выделить два ключевых комплекса показателей, отражающих различные стороны оценки функции дыхания:

1) комплекс показателей, отражающих эффективность газообмена в легких: частота дыхания и SpO_2 ;

2) комплекс показателей, отражающих вентиляционную способность легких: ЖЕЛ, индекс Тиффно, ОФВ₁, МОС25, МОС50, МОС75.

Однако при построении алгоритма классификационного дерева CHAID на основе первого комплекса показателей оценки функции дыхания ста-

тистически значимым оказался только показатель SpO_2 . Алгоритм классификационного дерева CHAID для оценки степени выраженности нарушений функции дыхания на основе первого комплекса показателей для обучающей выборки пациентов с ТБ ОД приведен на рис. 2, для контрольной группы пациентов с ТБ ОД – на рис. 3. Общая точность алгоритмов составила 82,6 % и 70,7% соответственно.

Анализируя полученный алгоритм, можно сделать вывод, что он дает хорошее предсказание степени выраженности нарушений функции дыхания при уровне SpO_2 выше 95 % и в диапазоне 92–94 %, а при уровне в диапазонах 90–92 %, 85–89 % и ниже 85 % оставляет неопределенность. На основе разработанного алгоритма можно вывести следующие правила.

1. При незначительных нарушениях функции дыхания основным и наиболее значимым критерием для экспертной оценки является уровень SpO_2 выше 95 % (точность – 88,6 %).

2. При легких нарушениях функции дыхания критерием для экспертной оценки является уровень SpO_2 в диапазоне 92–94 % (точность – 73,9 %).

Следует отметить, что эти две градации степени выраженности нарушений функции дыхания охватывают 92 % обучающей выборки пациентов

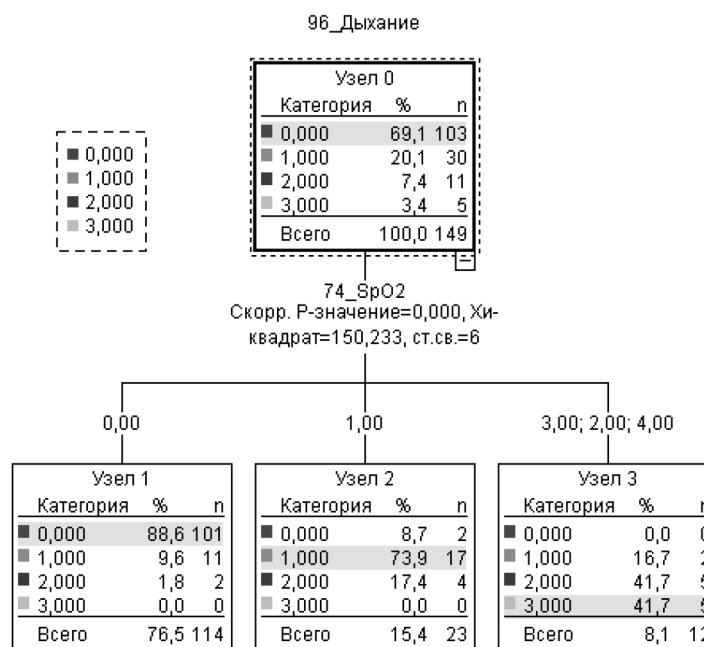


Рис. 2. Алгоритм классификационного дерева CHAID для оценки степени выраженности нарушений функции дыхания на основе первого комплекса показателей для обучающей группы пациентов с туберкулезом органов дыхания

Fig. 2. Algorithm for a classification tree CHAID for assessing the severity of respiratory dysfunction based on the first set of indicators for a training group of patients with tuberculosis

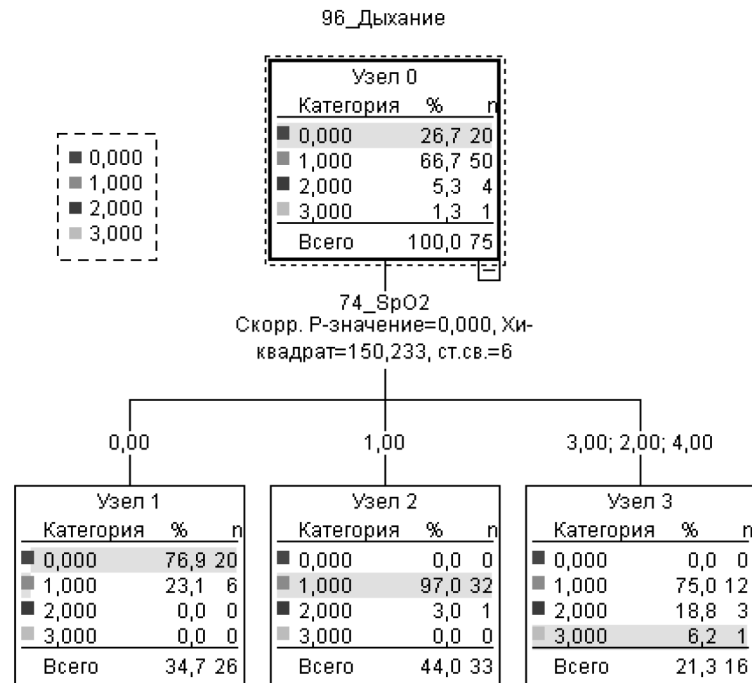


Рис. 3. Алгоритм классификационного дерева CHAID для оценки степени выраженности нарушений функции дыхания на основе первого комплекса показателей для контрольной группы пациентов с туберкулезом органов дыхания

Fig. 3. Algorithm for a classification tree CHAID for assessing the severity of respiratory dysfunction based on the first set of indicators for a control group of patients with tuberculosis

с ТБ ОД (137 из 149). Однако при уровнях SpO₂ в диапазонах 90–92 %, 85–89 % и менее 85 % остается неопределенность в выборе дифференцировки данных показателей между градациями «умеренные» и «выраженные» нарушения функции дыхания.

Для уточнения экспертной оценки умеренных и выраженных нарушений функции дыхания был дополнительно построен алгоритм классификационного дерева CHAID на основе второго комплекса показателей для контрольной группы пациентов с ТБ ОД (рис. 4). Из данного алгоритма нами был получен дополнительный, усиливающий правило критерий.

При незначительных нарушениях функции дыхания дополнительным критерием оценки выступает показатель ОФВ₁ более 74 % (точность – 88,5 %). Можно также отметить, что у 80 % (4 из 5) пациентов выраженные нарушения функции дыхания встречаются при значении показателя ОФВ₁ менее 74 %. Следовательно, данный показатель может служить дополнительным, усиливающим критерием экспертной оценки степени выраженности нарушений функции дыхания при уровне SpO₂ в диапазонах 90–92 %, 85–89 % и менее 85 %.

В ходе проведенного исследования выявлены ключевые клинические показатели, определяющие степень выраженности нарушений функции иммунитета у пациентов с ТБ ОД. Установлено, что наиболее значимым предиктором, ассоциированным с выраженными нарушениями функции иммунитета, является наличие МБТ+. Данный показатель демонстрирует высокую диагностическую точность (90,0 %), что позволяет рассматривать его в качестве основного критерия при проведении оценки степени выраженности нарушений функции иммунитета. Наличие бактериовыделения свидетельствует об активности ТБ-процесса и значительном угнетении иммунной системы, что обуславливает выраженные ОЖ и требует пристального внимания при определении группы инвалидности.

В случаях, когда отсутствует бактериовыделение, решающее значение в экспертной оценке приобретает фаза течения заболевания. Данный показатель позволяет дифференцировать пациентов с умеренными и легкими нарушениями функции иммунитета. Так, фаза рассасывания/уплотнения инфильтрата коррелирует с умеренными нарушениями, тогда как фаза клинического излечения ассоциируется с легкими нарушениями функции

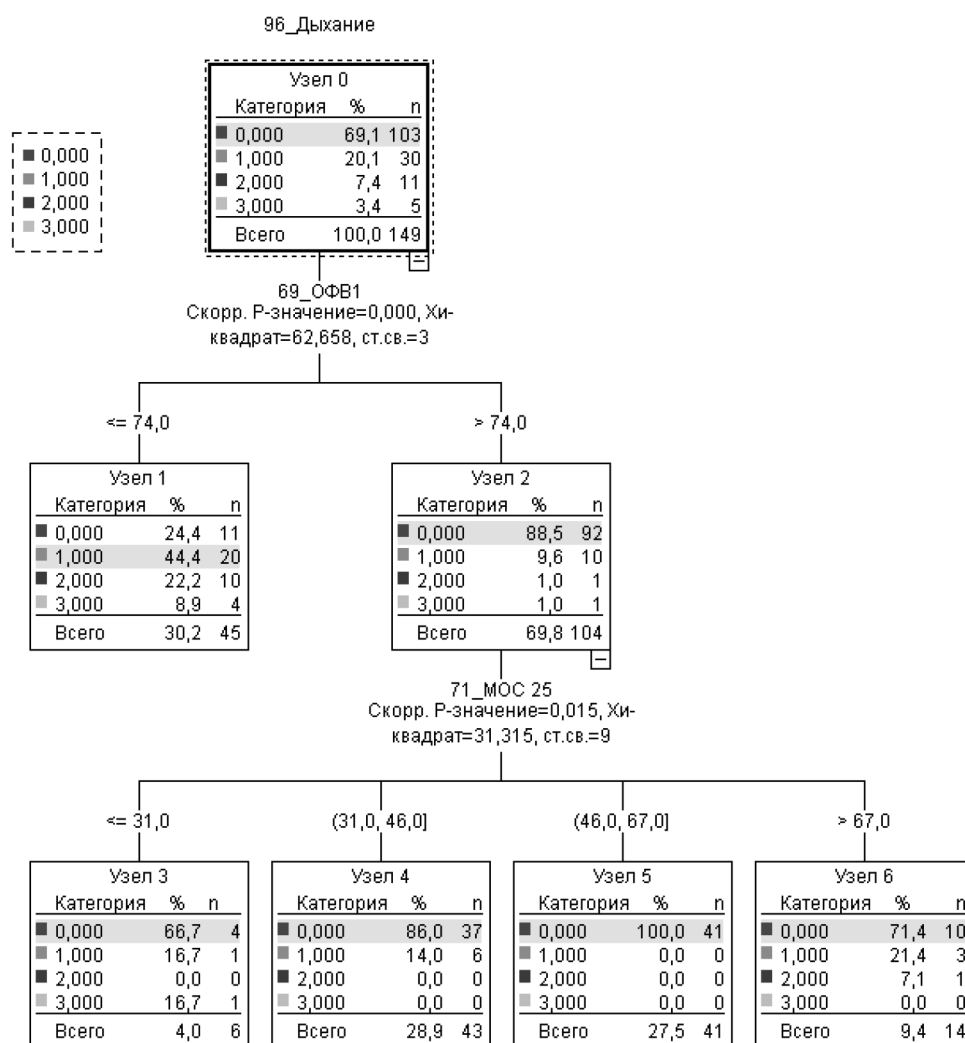


Рис. 4. Алгоритм классификационного дерева CHAID для оценки степени выраженности нарушений функции дыхания на основе второго комплекса показателей для контрольной группы пациентов с туберкулезом органов дыхания

Fig. 4. Algorithm for a classification tree CHAID for assessing the severity of respiratory dysfunction based on the second set of indicators for a control group of patients with tuberculosis of the respiratory organs

иммунитета. Такой подход обеспечивает более точную дифференцировку пациентов по степени выраженности нарушений функции иммунитета, что имеет значение для разработки индивидуальных программ реабилитации и абилитации инвалида и определения оптимальных мер социальной поддержки.

В ходе исследования также установлено, что ведущим клиническим показателем, определяющим степень выраженности нарушений функции дыхания у пациентов с ТБ ОД, является уровень SpO_2 . Данный показатель отражает эффективность газообмена в легких и служит объективным маркером дыхательной недостаточности, что обуслов-

ливает его ключевую роль в экспертной оценке степени выраженности нарушений функции дыхания. Разработанный алгоритм оценки степени выраженности нарушений функции дыхания на основе показателя SpO_2 демонстрирует высокую диагностическую точность: 88,6 % – при незначительных нарушениях функции дыхания у пациентов с уровнем SpO_2 выше 95%; 73,9 % – при легких нарушениях функции дыхания с уровнем SpO_2 в диапазоне 92–94 %. Важно отметить, что предложенные градации охватывают 92 % пациентов с ТБ ОД в исследуемой когорте, что свидетельствует о высокой репрезентативности и клинической значимости данного подхода.

Уточняющим критерием при оценке степени выраженности нарушений функции дыхания у пациентов с ТБ ОД выступает показатель $ОФВ_1$, особенно в случаях более выраженного снижения уровня SpO_2 . Установлено, что при уровнях SpO_2 в диапазоне 90–92 %, 85–89 % и менее 85 %, когда экспертная оценка степени выраженности нарушений функции дыхания сопряжена с неопределенностью, дополнительным дифференцирующим критерием для разграничения умеренных и выраженных нарушений может служить показатель $ОФВ_1$. Анализ клинических данных показал, что у 80 % пациентов с выраженными нарушениями функции дыхания значение $ОФВ_1$ составляло менее 74 % от должных

величин. Это позволяет рассматривать данный показатель как надежный индикатор оценки тяжести дыхательной недостаточности, способствующий более точной стратификации пациентов с ТБ ОД по степени выраженности нарушений функции дыхания.

Таким образом, результаты проведенного исследования обладают существенной клинической значимостью при проведении МСЭ и реабилитации пациентов с ТБ ОД. Разработанные алгоритмы и правила оценки степени выраженности функциональных нарушений, основанные на объективных клинико-функциональных показателях, позволяют стандартизировать и повысить объективность выносимых экспертных решений.

Литература

1. Кривошеева, Ж. И. Международные стратегии борьбы с туберкулезом : учеб.-метод. пособие / Ж. И. Кривошеева, Н. А. Емельянова, Д. М. Журкин. – Мн. : БГМУ, 2024. – 16 с.
2. План действий по борьбе с туберкулезом для Европейского региона ВОЗ на 2023–2030 гг. / Всемирная организация здравоохранения. – Копенгаген : Европейское региональное бюро, 2023. – 110 с.
3. Смычек, В. Б. Экспертиза профессиональной трудоспособности : монография / В. Б. Смычек, Д. С. Казакевич, Л. Н. Горустович. – Мн. : Колорград, 2025. – 221 с.
4. Перельман, М. И. Фтизиатрия : учебник / М. И. Перельман, И. В. Богадельникова. – 4-е изд, перераб. и доп. – М. : ГЭОТАР-Медиа, 2015. – 448 с.
5. Клинические аспекты медико-социальной экспертизы при туберкулезе у взрослых / К. Г. Тярсова, М. М. Алтунина, А. М. Морозов, С. В. Жуков // Менеджер здравоохранения. – 2022. – № 5. – С. 20–27.
6. Руководство по легочному и внелегочному туберкулезу / под ред. Ю. Н. Левашева, Ю. М. Репина. – СПб. : ЭЛБИ-СПб, 2006. – 515 с.
7. Медико-социальная экспертиза при внутренних и профессиональных болезнях, туберкулезе органов дыхания : пособие для врачей / под ред. З. Д. Шварцмана. – СПб. : Береста, 2011. – 456 с.

References

1. Krivosheeva Zh.I., Emel'yanova N.A., Zhurkin D.M. International strategies to combat tuberculosis. Minsk: BGMU; 2024. 16. (in Russian)
2. Tuberculosis action plan for the WHO European Region, 2023–2030. Copenhagen: WHO Regional Off. for Europe; 2023. 110. (in Russian)
3. Smychek V.B., Kazakevich D.S., Gorustovich L.N. Expertise of professional work capacity. Minsk: Kolograd; 2025. 221. (in Russian)
4. Perel'man M.I., Bogadel'nikova I.V. Phthiology. Moscow: GEOTAR-Media; 2015. 448. (in Russian)
5. Tyarsova K.G., Altunina M.M., Morozov A.M., Zhukov S.V. Clinical aspects of medical-social examination of tuberculosis in adults. Menedzher zdravooohraneniya. 2022; 5: 20–27. (in Russian)
6. Levasheva Yu.N., Repina Yu.M., eds. Guide to pulmonary and extrapulmonary tuberculosis. Saint Petersburg: ELBI-SPb; 2006. 515. (in Russian)
7. Shvarcmana Z.D., ed. Medical and social examination of internal and occupational diseases, tuberculosis of the respiratory organs. Saint Petersburg: Beresta; 2011. 456. (in Russian)

Контактная информация:

Васильченко Яна Владимировна – заместитель директора по медицинской экспертизе
Республиканский научно-практический центр медицинской экспертизы и реабилитации
Д. Юхновка, Колодищанский с/с, 93, 223027, Минский р-н
Сл. тел. +375 17 516-69-48
ORCID: 0009-0008-7854-4442

Участие авторов:

Концепция и дизайн исследования: В. Б. С., Я. В. В.
Сбор информации и обработка материала: Я. В. В.
Статистическая обработка данных: А. П. М., Я. В. В.
Написание текста: В. Б. С., Я. В. В., А. П. М.
Редактирование: В. Б. С.
Смычек Василий Борисович. ORCID: 0000-0001-6886-1059
Мириленко Андрей Петрович. ORCID: 0000-0002-6096-8166

Конфликт интересов отсутствует

Поступила 05.03.2026
Принята к печати 26.06.2026