



TRANSFORMATION OF TUBERCULOSIS CARE SYSTEMS DURING THE COVID-19 PANDEMIC: ORGANIZATIONAL CHALLENGES AND DIGITAL SOLUTIONS

Usmanova Ruzilya Ravilevna

Republican Specialized Scientific and Practical Medical Center of Phthysiology and Pulmonology named after Sh.A. Alimov;
Tashkent City Center of Phthysiology and Pulmonology
ruzilenka@yandex.ru

Parpieva Nargiza Nusratovna

Republican Specialized Scientific and Practical Medical Center of Phthysiology and Pulmonology named after Sh.A. Alimov;
Tashkent State Medical University. nargizaparpieva@gmail.com

Liverko Irina Vladimirovna

Republican Specialized Scientific and Practical Medical Center of Phthysiology and Pulmonology named after Sh.A. Alimov
liverko@yandex.ru

Anvarova Ekaterina Vladimirovna

Tashkent State Medical University. marmonka@mail.ru

Trubnikov Aleksandr Borisovich

Tashkent City Center of Phthysiology and Pulmonology
alex.tr2025@outlook.com

Ongarbayev Dauranbek Ongarbayevich

Tashkent State Medical University. davr.7777@mail.ru
<https://doi.org/10.5281/zenodo.19441469>

ARTICLE INFO

Received: 30th March 2026

Accepted: 05th April 2026

Online: 06th April 2026

KEYWORDS

Tuberculosis, COVID-19, tuberculosis care, digital technologies, patient pathways, video-supported treatment.

ABSTRACT

COVID-19 pandemic substantially altered both the epidemiological landscape of tuberculosis and the functioning of TB control programs by disrupting the key stages of care delivery, from case detection to treatment initiation. This review summarizes evidence on the impact of the pandemic on case notifications, mortality, laboratory diagnostics, patient pathways, and the organization of TB services across different countries and regions. The analysis demonstrates that the pandemic period was associated with a decline in reported TB cases, increased mortality, reduced coverage of treatment for drug-resistant tuberculosis, and prolonged diagnostic delays. Particular attention is given to digital technologies, which are considered one of the main adaptive responses to the organizational challenges posed by the pandemic. The review examines the potential of telemedicine, video-supported treatment, mobile applications, and chatbots to maintain continuity of care, support early case detection, and optimize patient routing. The findings suggest that the post-pandemic transformation of TB services should focus on



strengthening health system resilience, advancing patient-centered models of care, and integrating digital solutions into routine TB practice.

ТРАНСФОРМАЦИЯ СИСТЕМЫ ПРОТИВОТУБЕРКУЛЕЗНОЙ ПОМОЩИ В УСЛОВИЯХ ПАНДЕМИИ COVID-19: ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ ВЫЗОВЫ И ЦИФРОВЫЕ РЕШЕНИЯ

Усманова Рузиля Равильевна

Республиканский специализированный научно-практический медицинский центр фтизиатрии и пульмонологии имени Ш.А. Алимова;
Ташкентский городской центр фтизиатрии и пульмонологии
ruzilenka@yandex.ru

Парпиева Наргиза Нусратовна

Республиканский специализированный научно-практический медицинский центр фтизиатрии и пульмонологии имени Ш.А. Алимова;
Ташкентский государственный медицинский университет
nargizaparpieva@gmail.com

Ливерко Ирина Владимировна

Республиканский специализированный научно-практический медицинский центр фтизиатрии и пульмонологии имени Ш.А. Алимова. liverko@yandex.ru

Анварова Екатерина Владимировна

Ташкентский государственный медицинский университет
marmonka@mail.ru

Трубников Александр Борисович

Ташкентский городской центр фтизиатрии и пульмонологии
alex.tr2025@outlook.com

Онгарбайев Дауранбек Онгарбайевич

Ташкентский государственный медицинский
Университет. davr.7777@mail.ru
<https://doi.org/10.5281/zenodo.19441469>

ARTICLE INFO

Received: 30th March 2026

Accepted: 05th April 2026

Online: 06th April 2026

KEYWORDS

Туберкулез, COVID-19, противотуберкулезная помощь, цифровые технологии, маршрутизация пациентов, видеосопровождаемое лечение.

ABSTRACT

Пандемия COVID-19 существенно изменила как эпидемиологическую ситуацию по туберкулезу, так и работу противотуберкулезных программ, нарушив основные этапы оказания помощи – от выявления заболевания до начала лечения. В настоящем обзоре обобщены данные о влиянии пандемии на показатели выявления и смертности, лабораторную диагностику, маршрутизацию пациентов и организацию противотуберкулезной помощи в различных странах и регионах. Показано, что пандемический период сопровождался снижением числа зарегистрированных случаев, ростом



смертности, уменьшением охвата лечением лекарственно-устойчивого туберкулеза и увеличением диагностических задержек. Особое место в обзоре отведено цифровым технологиям, рассматриваемым как один из ответов на организационные вызовы пандемии. Проанализированы возможности телемедицины, видеосопровождаемого лечения, мобильных приложений и чат-ботов для обеспечения непрерывности терапии, поддержки раннего выявления и оптимизации маршрутизации пациентов. Полученные данные позволяют заключить, что дальнейшая трансформация противотуберкулезной службы в постпандемический период должна быть ориентирована на повышение устойчивости системы, развитие пациент-ориентированных моделей ведения и интеграцию цифровых решений в повседневную фтизиатрическую практику.

ВВЕДЕНИЕ

Туберкулез (ТБ) продолжает оставаться одной из ведущих причин смертности от инфекционных заболеваний в мире. До начала пандемии COVID-19 он занимал первое место среди причин смерти от единичного инфекционного агента, опережая ВИЧ-инфекцию [17,43]. По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) в 2024 г. было зарегистрировано около 10,7 млн новых случаев заболевания и 1,23 млн смертельных исходов, связанных с ТБ. При этом более двух третей всех случаев приходится на страны с низким и средним уровнем дохода, включая Индию, Индонезию, Филиппины, Китай, Пакистан, Нигерию, Демократическую Республику Конго и Бангладеш [23].

Пандемия COVID-19, объявленная ВОЗ в марте 2020 г.,

стала беспрецедентным стресс-тестом для систем здравоохранения во всем мире [9]. Перераспределение кадровых и финансовых ресурсов, перепрофилирование стационаров и лабораторий, ограничения передвижения населения и снижение доступности медицинской помощи привели к масштабным нарушениям в реализации Национальных противотуберкулезных программ [15,42]. По оценкам ВОЗ, в 2020 г. существенные сбои в оказании основных медицинских услуг были зарегистрированы почти в половине стран мира, а последствия сохранялись и в 2021 г. [50].

Одним из наиболее заметных проявлений этих процессов стало прерывание ранее устойчивой тенденции к снижению глобального бремени ТБ. В частности, число зарегистрированных случаев ТБ



сократилось на 18% - с 7,1 млн в 2019 г. до 5,8 млн в 2020 г. [21,15]. Одновременно впервые за более чем десятилетний период был зафиксирован рост смертности от ТБ в мире с 1,2 млн в 2019 г. до почти 1,5 млн в 2020 г. [18].

Негативная динамика затронула и другие ключевые индикаторы. В 2020 г. по сравнению с 2019 г. снизился охват лечением лекарственно-устойчивого ТБ: число пациентов, начавших лечение МЛУ/РР-ТБ, сократилось с 177 тыс. в 2019 г. до 150 тыс. в 2020 г. (примерно на 15%). Одновременно уменьшилось число лиц, получивших профилактическую терапию ТБ с 3,6 млн до 2,8 млн [19]. В тот же период было зафиксировано сокращение глобального финансирования противотуберкулезных мероприятий с 5,8 млрд долл. США в 2019 г. до 5,3 млрд долл. США в 2020 г. [18,19].

Влияние пандемии на показатели выявления и лечения ТБ носило неоднородный характер. В странах с высоким бременем ТБ в 2020 г. выявление снизилось на 25-37% по сравнению с 2019 г. [10]. Особую обеспокоенность вызывает ситуация в странах Восточной Европы и Центральной Азии, где распространенность лекарственно-устойчивых форм ТБ остается высокой. Так, в исследовании, проведенном в г. Алматы (Казахстан), частота неблагоприятных исходов лечения в 2020-2021 гг. увеличилась до 20% по сравнению с 11% в допандемический период, а смертность возросла с 6% до 9% [16].

Аналогичные тенденции наблюдались и в других странах региона. Так, анализ динамики эпидемиологических показателей в Российской Федерации, проведенного Starshinova и соавт. (2022), показал выраженное снижение регистрации новых случаев ТБ в период пандемии. В 2020 г. показатель заболеваемости снизился до 32,5 на 100 тыс. населения против 41,2 на 100 тыс. в 2019 г. Авторы связывают это прежде всего со снижением охвата профилактическими обследованиями населения и сокращением объемов флюорографического скрининга [48].

В Республике Узбекистан противоэпидемические меры 2020 г., включавшие ограничения передвижения населения и перераспределение ресурсов системы здравоохранения, были реализованы в соответствии с Распоряжением Президента №Р-5537 и постановлением Кабинета Министров №176, направленными на предупреждение распространения COVID-19, которые могли потенциально повлиять на доступность диагностики, своевременность начала лечения и непрерывность наблюдения за пациентами с ТБ [1,2].

На фоне выявленных организационных нарушений особое значение приобрели цифровые технологии. Еще до пандемии ВОЗ подчеркивала важную роль цифрового здравоохранения в реализации Стратегии End TB [11]. В условиях пандемии значительно ускорилось внедрение телемедицинских консультаций,



систем дистанционного мониторинга лечения, видеосопровождаемое лечение (ВСЛ) и цифровых инструментов скрининга. Систематический обзор Sol Lee и соавт. (2023), включивший 27 исследований, показал, что использование цифровых технологий может способствовать повышению приверженности лечению и улучшению контроля терапии [34]. Более ранний обзор Yejin Lee и соавт. (2020), охвативший 145 исследований, показал, что большинство цифровых решений в сфере ТБ были направлены на поддержку ведения пациентов (72,4%), при этом значительная их часть применяется также для диагностики (59,4%) и повышения приверженности лечению (40,6%) [35]. Кроме того, применение методов искусственного интеллекта и компьютерного анализа рентгенограмм в ряде систематических оценок демонстрируют высокую диагностическую точность на уровне 90% и выше [28].

Пандемия COVID-19 выявила структурную уязвимость противотуберкулезных служб и показала тесную связь между организационными нарушениями и эпидемиологическими последствиями. Одновременно кризис ускорил внедрение цифровых технологий в практику противотуберкулезной помощи. Вместе с тем, остается недостаточно изученным, какие именно звенья маршрута пациента с ТБ оказались наиболее чувствительными к

системным нарушениям в период пандемии и в какой степени цифровые инструменты способны компенсировать выявленные организационные ограничения в конкретных региональных контекстах.

Цель настоящего обзора – систематизировать данные о влиянии пандемии COVID-19 на организацию противотуберкулезной помощи, определить ключевые организационные барьеры и проанализировать потенциал цифровых технологий как инструмента устойчивой трансформации фтизиатрической службы.

Материалы и методы

Настоящая работа представляет собой аналитическую обзорную статью. В анализ включены международные и национальные публикации, официальные документы Всемирной организации здравоохранения, нормативно-правовые акты Республики Узбекистан, а также оригинальные исследования и обзоры, посвященные влиянию пандемии COVID-19 на эпидемиологию ТБ, организацию противотуберкулезной помощи и применению цифровых технологий в диагностике, лечении и мониторинге пациентов с ТБ.

Источники подбирались с учетом их тематической значимости для целей настоящего обзора. При анализе литературы рассматривались изменения показателей выявления, заболеваемости и смертности от ТБ в период пандемии, влияние COVID-19 на маршрутизацию пациентов,



лабораторную диагностику и своевременность начала лечения, региональные особенности функционирования противотуберкулезных программ, а также опыт применения цифровых решений в условиях ограниченного доступа к медицинской помощи.

В ходе работы использовались методы сравнительного анализа, тематической систематизации и критической оценки опубликованных данных. Представленный обзор не является систематическим в строгом методологическом понимании, однако при отборе литературы преимущественно использовались официальные международные данные и публикации, содержащие проверяемые количественные результаты.

Научная новизна исследования заключается в комплексном анализе организационных последствий пандемии COVID-19 для противотуберкулезной помощи с одновременной оценкой эпидемиологических, организационных и технологических аспектов функционирования противотуберкулезных программ. В отличие от большинства публикаций, посвященных отдельным компонентам каскада оказания помощи, в настоящем обзоре проведена систематизация международных и региональных данных с позиции устойчивости системы здравоохранения. Дополнительно проанализирована роль цифровых технологий как одного из ключевых инструментов

адаптации противотуберкулезной службы к кризисным условиям функционирования.

ВЛИЯНИЕ ПАНДЕМИИ COVID-19 НА ЭПИДЕМИОЛОГИЮ ТУБЕРКУЛЕЗА И СИСТЕМУ ПРОТИВОТУБЕРКУЛЕЗНОЙ ПОМОЩИ

Пандемия COVID-19 существенно нарушила многолетнюю тенденцию постепенного снижения глобального бремени ТБ. Основной причиной этого стало нарушение ключевых звеньев каскада противотуберкулезной помощи – выявления заболевания, лабораторного подтверждения диагноза и своевременного начала лечения. Уже в первые месяцы пандемии моделирующие исследования указывали на высокую чувствительность эпидемиологических показателей ТБ к сбоям функционирования систем здравоохранения и предупреждали о возможных долгосрочных последствиях даже кратковременных ограничений доступа к медицинской помощи.

По оценкам Hogan и соавт., перебои в диагностике и лечении ТБ в странах с низким и средним уровнем дохода могут привести к увеличению смертности от ТБ примерно на 20% в течение последующих пяти лет [29]. Аналогичные выводы представлены в работе Cilloni и соавт., где моделирование сценария трехмесячного локдауна с последующим десятимесячным восстановлением работы противотуберкулезных служб



показало риск существенного накопления «скрытого» бремени заболевания и появления более 1,2 млн дополнительных случаев ТБ в странах с высоким уровнем заболеваемости в пятилетней перспективе [7]. Модель McQuaid и соавт. также демонстрирует высокую чувствительность эпидемиологических показателей к нарушениям работы противотуберкулезных программ. Согласно их расчетам, при существенном снижении доступности к диагностике и лечению в Китае, Индии и Южной Африке может наблюдаться около 201 тыс. дополнительных смертей от ТБ в период 2020-2024 гг., что соответствует увеличению кумулятивной смертности на 8-14% [41].

Предположения моделирующих исследований в значительной степени подтвердились эмпирическими данными. Согласно Глобальному докладу ВОЗ по ТБ (2021), в 2020 г. по сравнению с 2019 г. произошло глобальное снижение нотификаций новых случаев ТБ на 18% - с 7,1 млн до 5,8 млн [19]. По оценкам ВОЗ, около 1,4 млн человек в 2020 г. не были охвачены противотуберкулезной помощью, что отражает масштабные нарушения доступности диагностики и лечения заболевания [51].

Одним из наиболее значимых клинико-эпидемиологических последствий стала неблагоприятная динамика смертности от ТБ. По данным ВОЗ, общее число смертей от ТБ в мире (включая ВИЧ-

ассоциированные случаи) увеличилось до 1,5 млн в 2020 г., а в 2021 г. достигло порядка 1,6 млн, что фактически означало возврат к уровню 2016-2017 гг. [22]. Анализ глобальных эпидемиологических оценок, выполненный Falzon D. и соавт. (2023), показывает, что даже после частичного восстановления выявления в последующие годы уровень летальности оставался повышенным. В 2021 г. оценочная заболеваемость составляла около 10,6 млн случаев, при этом смертность сохранялась на уровне примерно 1,6 млн. По мнению авторов, такая динамика может отражать отложенные последствия пандемических нарушений, включая накопление недиагностированных пациентов и более позднее поступление больных в систему здравоохранения [15].

В научной литературе также обсуждается вопрос о возможном влиянии противоэпидемических ограничений на передачу инфекции. В дискуссионной публикации Dowdy D.W. (2022) отмечается, что сокращение социальных контактов во время локдаунов теоретически могло уменьшить передачу *Mycobacterium tuberculosis* за счет снижения частоты респираторных контактов. Однако данный эффект рассматривается как вероятный и пока не имеет убедительного эмпирического подтверждения [12]. В то же время моделирующие оценки и последующие данные ВОЗ показывают, что основное влияние на неблагоприятные эпидемиологические последствия в



2020-2021 гг. оказывали именно нарушения доступности диагностики и лечения, увеличение числа недиагностированных и нелеченных пациентов, а также задержки на различных этапах каскада оказания специализированной помощи [19,20,41].

Помимо глобальных тенденций влияние пандемии проявлялось и на региональном уровне. Характер этих изменений во многом определялся особенностями организации национальных систем здравоохранения и устойчивостью противотуберкулезных программ. В странах Центральной Азии пандемия разворачивалась в условиях высокого бремени лекарственно-устойчивого ТБ и значительной зависимости систем выявления от стабильной работы лабораторных и клинических служб. По данным ВОЗ, ограничения передвижения населения, снижение обращаемости за медицинской помощью и перераспределение ресурсов системы здравоохранения на борьбу с COVID-19 в 2020 г. привели к уменьшению числа направлений на обследование, сокращению потоков диагностических образцов и снижению регистрации новых случаев ТБ [19].

Дополнительные свидетельства нарушений диагностического процесса представлены в исследовании Maurer и соавт. (2021), основанном на опросе 35 национальных референс-лабораторий Европейского региона ВОЗ. Большинство лабораторий сообщили о снижении количества поступающих образцов для

диагностики ТБ по сравнению с допандемическим периодом, в отдельных случаях более чем на 50%. Почти половина лабораторий отмечала дефицит реагентов и расходных материалов, а более половины участвовали в тестировании SARS-CoV-2. Это сопровождалось перераспределением лабораторной инфраструктуры и персонала, а также увеличением рабочей нагрузки без соответствующего расширения кадровых ресурсов. Авторы подчеркивают, что подобная конкуренция за лабораторные мощности и персонал создает дополнительные риски для своевременной диагностики ТБ, особенно его лекарственно-устойчивых форм [39].

На уровне отдельных стран влияние пандемии также проявлялось через изменение структуры выявления и ухудшение показателей лечения. Так, по данным Gabdullina и соавт. (2023), в г. Алматы (Казахстан) доля неблагоприятных исходов лечения увеличилась с 11% в допандемический период (2018-2019 гг.) до 20% в 2020-2021 гг., тогда как показатель летальности вырос с 6% до 9%. Одновременно наблюдалось снижение доли случаев, выявленных в ходе профилактического скрининга (39% до пандемии против 31% в период пандемии). Эти изменения отражают ослабление активного компонента выявления и косвенно указывают на формирование диагностических задержек и накопление недовыявленных случаев



в период ограничений, связанных с COVID-19 [16].

Опыт Узбекистана демонстрирует сходные изменения в системе выявления ТБ. Согласно данным Рашидова З.Р. и соавт. (2022), ретроспективный анализ 2866 пациентов с внелегочным туберкулезом за 2018–2021 гг. показал выраженное снижение числа зарегистрированных случаев урогенитального ТБ в первый год пандемии. Если в 2018 г. было зарегистрировано 327 случаев, а в 2019 г. – 300, то в 2020 г. их число снизилось до 219 с последующим увеличением до 362 случаев в 2021 г. Авторы связывают снижение регистрации в 2020 г. с карантинными ограничениями, повлиявшими на доступность обследования и маршрутизацию пациентов. В постпандемический период отмечались и изменения структуры выявленных случаев: в 2021 г. наблюдалось двукратное увеличение доли сочетанных форм урогенитального ТБ по сравнению с допандемическим периодом, а также рост частоты микробиологического подтверждения заболевания (до 29% против 6-7% в 2018-2019 гг.). Кроме того, в 2020 г. доля сочетания урогенитального ТБ и COVID-19 среди выявленных пациентов составила 13,2%. Авторы также отмечают увеличение потребности в хирургических вмешательствах в 2021 г., что может отражать накопление более тяжелых клинических случаев вследствие диагностических задержек в период ограничительных мер [3].

Совокупность имеющихся данных позволяет рассматривать влияние пандемии COVID-19 на противотуберкулезную помощь как комплекс взаимосвязанных нарушений каскада оказания помощи. Первичные организационные ограничения (снижение доступности медицинских услуг и перераспределение ресурсов системы здравоохранения) отражались в промежуточных индикаторах, включая сокращение потоков диагностических образцов, уменьшение объема профилактических обследований и снижение числа зарегистрированных случаев. В дальнейшем эти изменения могли проявляться в конечных клинико-эпидемиологических показателях, таких как увеличение доли осложненных форм заболевания, рост частоты неблагоприятных исходов лечения и повышение смертности [16,19,39].

ВЛИЯНИЕ ПАНДЕМИИ COVID-19 НА ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ ПРОТИВОТУБЕРКУЛЕЗНОЙ ПОМОЩИ

Пандемия COVID-19 существенно изменила организацию противотуберкулезной помощи, прежде всего за счет нарушений отдельных этапов маршрута пациента. В условиях перегрузки систем здравоохранения снижалась обращаемость пациентов, ограничивалась доступность первичного осмотра и диагностических исследований, возрастала конкуренция за



лабораторные ресурсы. Дополнительные трудности создавались клиническим сходством респираторных проявлений COVID-19 и ТБ, что в ряде случаев могло приводить к диагностическому «якорению» на SARS-CoV-2 и отсрочке обследования на ТБ.

В международной литературе задержки диагностики и лечения ТБ рассматриваются как многоэтапный процесс, включающий задержку обращения пациента, диагностическую задержку и задержку начала лечения. Совокупность этих интервалов формирует общую задержку оказания помощи, а вклад каждого этапа в структуру задержек зависит от особенностей организации системы здравоохранения, доступности диагностических технологий, а также социально-демографических характеристик пациентов [27,36,37,49].

Популяционные данные из Китая показывают, что при сохранении работоспособности диагностической инфраструктуры пандемия не всегда сопровождалась увеличением совокупных задержек. В исследовании, охватывающем период 2018-2022 гг., медиана общей задержки составила 29 дней (IQR 12–59), при этом основную ее часть формировала задержка обращения пациентов – 20 дней (IQR 6–46). Диагностическая задержка оставалась минимальной (медиана 1 день; IQR 0–8), а задержка начала лечения была практически нулевой. Авторы также отмечают, что более длительные задержки чаще

наблюдались среди социально уязвимых групп населения, включая сельских жителей, представителей этнических меньшинств и лиц с коморбидными заболеваниями, что указывает на влияние социально-экономического неравенства доступа к медицинской помощи даже при сохранении функционирования диагностической системы [36].

Другая картина наблюдалась в системах, испытывавших более выраженную нагрузку. Так, в исследовании Нап и соавт. (2024), проведенном в Калифорнии среди пациентов с сочетанием ТБ и COVID-19, диагностические задержки (более 30 дней от появления симптомов до первого обращения за медицинской помощью) были зарегистрированы более, чем у 40% пациентов. Медиана времени от появления симптомов до установления диагноза ТБ составила 29 дней (IQR 5–95). Одновременно фиксировалась высокая частота госпитализаций: 88% пациентов были госпитализированы по крайней мере один раз, что заметно превышает показатели допандемического периода в Калифорнии (около 50%). При этом пациенты с диагностическими задержками чаще имели признаки более тяжелого течения заболевания (86% против 55%). Полученные результаты интерпретируются авторами как отражение влияния пандемических перегрузок системы здравоохранения и возможного «диагностического смещения», когда при распространении вирусных респираторных инфекций клиницисты первоначально



фокусируются на SARS-CoV-2, что может отсрочивать проведение обследования на ТБ [27].

Клинические задержки в период пандемии сопровождались сбоями и на лабораторном уровне. Одним из наиболее уязвимых элементов противотуберкулезной помощи стала лабораторная диагностика, особенно молекулярно-генетические методы, обеспечивающие раннее подтверждение ТБ и определение лекарственной устойчивости. Частичное перераспределение кадровых и технических ресурсов на диагностику SARS-CoV-2, ограничения поставок реагентов и конкуренция за использование диагностических платформ привели к снижению объемов тестирования на ТБ и замедлению выявления лекарственно-устойчивых форм [31,38,51].

Глобальные оценки ВОЗ подтверждают масштаб этих нарушений. По международным данным, в 2020 г. примерно на 1,4 млн меньше людей получили противотуберкулезную помощь по сравнению с 2019 г., что связано со снижением выявления и нарушением маршрутизации пациентов [51]. В ряде стран эти изменения проявлялись еще более выражено. Так, в Южной Африке во втором квартале 2020 г. число зарегистрированных случаев ТБ оказалось более чем на 40% ниже ожидаемого уровня [38].

Данные исследований из стран с различным уровнем дохода подтверждают системный характер этих процессов. В ряде государств

пандемия сопровождалась снижением числа зарегистрированных случаев ТБ, уменьшением количества пациентов, начавших лечение, а также снижением объемов лабораторного тестирования. Эти изменения связывались с ограничениями передвижения населения, перераспределением медицинских кадров и нарушениями логистики доставки диагностических образцов [5].

Отдельным фактором стала конкуренция за использование молекулярных диагностических платформ. По данным Rakotosamimanana и соавт. (2020), в ряде стран с низким и средним уровнем дохода системы GeneXpert, первоначально внедренные для диагностики ТБ, начали использоваться для тестирования SARS-CoV-2. Использование одной и той же инфраструктуры для диагностики разных инфекций потенциально ограничивало возможности своевременного выявления ТБ и определения лекарственной устойчивости [44].

Систематические обзоры также подтверждают значительное снижение выявления ТБ в период пандемии COVID-19. В разных странах отмечалось выраженное сокращение нотификаций и диагностической активности, связанное с ограничительными мерами, перераспределением ресурсов здравоохранения и снижением обращаемости населения за медицинской помощью [14]. В то же время влияние пандемии на диагностические задержки оказались



неоднородным. Так, лонгитюдное исследование в г. Ичан (Китай), основанное на данных эпидемиологического надзора за 2018-2023 гг., показало сокращение медианы диагностической задержки с 31,7 дня в допандемический период до 23,8 дня во время пандемии и 20,6 дня после снятия ограничений [47]. Авторы связывают такую динамику с внедрением молекулярных методов диагностики и совершенствованием маршрутизации пациентов.

Таким образом, влияние пандемии COVID-19 на противотуберкулезную помощь не ограничилось только снижением выявления заболевания, также затронуло ключевые организационные этапы оказания помощи – от обращения пациента до лабораторного подтверждения диагноза и начала лечения. Последствия этих изменений были неоднородными: в ряде стран наблюдалось нарастание диагностических задержек и сокращение объемов обследования, тогда как в других системах здравоохранения часть негативных эффектов компенсировалась за счет организационной адаптации и технологического усиления диагностической службы. В совокупности это способствовало накоплению недовыявленных случаев и формированию отсроченных эпидемиологических последствий. Одновременно выявленные нарушения стимулировали поиск новых организационных решений, включая более активное использование

цифровых технологий как инструмента поддержания непрерывности диагностики и лечения в условиях кризисных нагрузок.

ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ КАК АДАПТАЦИОННЫЙ ОТВЕТ НА ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ ВЫЗОВЫ ПАНДЕМИИ

Пандемия COVID-19 ускорила внедрение цифровых решений, включая телемедицинские консультации, видеосопровождаемое лечение и дистанционный мониторинг приема препаратов. Цифровые технологии позволили поддерживать непрерывность лечения и контроль терапии в условиях ограниченного очного взаимодействия между пациентом и медицинским персоналом.

Телемедицина и видеосопровождаемое лечение: поддержка непрерывности контроля терапии.

Пандемия COVID-19 наглядно продемонстрировала организационную уязвимость модели непосредственно контролируемого лечения (НКЛ), основанной на регулярных очных контактах пациента и медицинского работника. В условиях локдаунов, ограничений передвижения и перегрузки медицинских служб такая модель оказалась труднореализуемой, что увеличивало риск пропусков приема препаратов и потери контакта с пациентом.

В этих условиях одним из наиболее обсуждаемых адаптационных решений стало



видеосопровождаемое лечение (ВСЛ), позволяющее переносить контроль приема противотуберкулезных препаратов в дистанционный формат при сохранении наблюдаемости терапии [25,33]. Использование цифровых средств коммуникации дает возможность поддерживать регулярный контакт между пациентом и медицинским работником без необходимости частых очных визитов.

Данные рандомизированного контролируемого исследования, проведенного в Китае, свидетельствуют о высокой приемлемости ВСЛ среди пациентов. Доля участников, оценивавших данный формат лечения как удобный и комфортный, составила 96,0% по сравнению с 56,6% в группе традиционного НКЛ ($p < 0,001$). Аналогичные различия наблюдались и по другим показателям удовлетворенности: готовность выбрать данный способ лечения в будущем составила 96,0% против 57,7% ($p < 0,001$), а готовность рекомендовать его другим пациентам – 96,0% против 57,7% соответственно ($p < 0,001$) [25].

Дополнительные данные о применимости ВСЛ получены в кластерном рандомизированном исследовании в Таиланде, где сравнивались смартфон-основанная ВСЛ и амбулаторный НКЛ. В группе ВСЛ был отмечен более высокий уровень приверженности лечению по сравнению с традиционным НКЛ, что позволяет рассматривать дистанционный формат как организационную альтернативу

классическому НКЛ. Авторы исследования отмечают, что внедрение цифровых технологий наблюдения способно расширить возможности контроля лечения и повысить гибкость организации противотуберкулезной помощи [33].

Систематизация имеющихся данных показывает, что эффективность ВСЛ и других цифровых решений (mHealth), включая SMS-напоминания, мобильные приложения и электронные коммуникационные платформы, во многом определяется контекстом их внедрения. Существенную роль играют организационная модель программы и характер взаимодействия между пациентом и медицинским работником. Обзор цифровых вмешательств в противотуберкулезной помощи подчеркивает, что наибольший эффект достигается при интеграции таких технологий в существующие клинические и управленческие процессы (мониторинг лечения, маршрутизация пациентов, системы отчетности). Использование цифровых инструментов в виде изолированных IT-проектов, напротив, демонстрирует значительно меньшую эффективность [34].

Мобильные приложения и чат-боты для скрининга и триажа: компенсация провалов раннего выявления

Помимо задач удержания пациентов на лечении пандемия обострила еще одну важную проблему – снижение эффективности раннего



выявления ТБ. Ограничение очных визитов и перегрузка первичного звена здравоохранения сократили возможность проведения симптом-скрининга и направления пациентов на диагностическое обследование. В этих условиях мобильные приложения и чат-боты начали рассматриваться как инструменты первичного цифрового контакта населения с системой здравоохранения. Они позволяют стандартизировать сбор симптомов, проводить предварительную оценку риска и направлять пациентов на дальнейшие диагностические процедуры. В ряде исследований показано, что такие цифровые решения могут выполнять функцию дистанционного триажа и поддерживать процессы раннего выявления ТБ [4,13,30].

Так, в исследовании, проведенном в Мьянме, мобильное приложение для скрининга ТБ включало оценку индивидуального риска заболевания и направление лиц с повышенной вероятностью ТБ на рентгенографию органов грудной клетки. Среди 322 лиц, прошедших рентгенографию по результатам скрининга приложения, активный ТБ был диагностирован у 24 человек (7,5%) [30]. Эти данные указывают на потенциал цифровых инструментов скрининга для расширения охвата первичного скрининга и повышения эффективности выявления заболевания. Вместе с тем их результативность во многом зависит от последующей интеграции с диагностическими службами и обеспечения прохождения

пациентами полного диагностического маршрута.

Дополнительные данные представлены в квази-экспериментальном исследовании внедрения инструмента само-скрининга TBCheck в Южной Африке. Результаты показали, что масштабируемость цифровых решений сама по себе не гарантирует устойчивого эффекта выявления ТБ без активных механизмов внедрения на уровне сообщества и без тесной интеграции с диагностическими службами [45].

Более широкий опыт применения чат-ботов в ответ на пандемию COVID-19 позволил выделить основные сценарии их использования в системе здравоохранения – оценка риска, информирование, маршрутизация. Данные подходы могут быть адаптированы для симптом-скрининга ТБ при условии клинической валидации алгоритмов и регулярного обновлении используемых диагностических вопросов [4,13]. Практические принципы быстрого внедрения чат-ботов (минимизация барьеров входа, понятный язык, прозрачность процесса взаимодействия) были подтверждены опытом внедрения скринингового решения для сотрудников медицинской организации в период пандемии COVID-19 [32].

Анализ представленных исследований показывает, что пандемия COVID-19 стала значимым фактором ускорения цифровой трансформации



противотуберкулезной помощи. Наиболее перспективными направлениями являются использование ВСЛ как инструмента дистанционного контроля приверженности лечению, а также применение мобильных приложений и чат-ботов для цифрового симптом-скрининга и маршрутизации пациентов. При этом эффективность цифровых интервенций определяется не столько самим технологическим решением, сколько степенью его интеграции в существующие клинические, диагностические и управленческие процессы противотуберкулезной службы.

НАПРАВЛЕНИЯ ТРАНСФОРМАЦИИ ПРОТИВОТУБЕРКУЛЕЗНОЙ СЛУЖБЫ В УСЛОВИЯХ ПАНДЕМИЧЕСКИХ ВЫЗОВОВ

Опыт пандемии показал, что устойчивость противотуберкулезных программ определяется не только наличием ресурсов, но и способностью системы быстро адаптировать организационные модели оказания помощи в условиях кризиса.

Пандемия COVID-19 стала серьезным испытанием для систем здравоохранения и наглядно показала, что формальные индексы эффективности и «готовности» не всегда отражают реальную способность системы сохранять базовые медицинские услуги в условиях кризисных ситуаций [26]. Современные концепции устойчивости систем здравоохранения указывают на разрыв между оценкой

эффективности системы в обычных условиях и ее реальной способностью сохранять ключевые медицинские услуги во время кризисов. В связи с этим устойчивость системы здравоохранения рассматривается не только как формальная характеристика ее готовности, но и как способность обеспечивать непрерывность ключевых медицинских услуг за счет управленческих механизмов и измеримых индикаторов восстановления [40].

В то же время эпидемиологические данные свидетельствуют о постепенном восстановлении показателей выявления ТБ после периода пандемических ограничений. Согласно данным ВОЗ, в 2022 г. в мире было зарегистрировано 7,5 млн диагностированных случаев ТБ, что является самым высоким показателем с начала глобального мониторинга заболевания в 1995 г. [21] Частично данный рост отражает восстановление доступа к диагностике и лечению во многих странах, а также выявление ранее недиагностированных случаев, накопившихся в 2020-2021 гг. Однако увеличение числа зарегистрированных случаев само по себе не означает достижения целей стратегии ликвидации ТБ и не устраняет сохраняющиеся структурные уязвимости каскада противотуберкулезной помощи.

Анализ международного опыта функционирования противотуберкулезных программ в период пандемии позволяет



выделить несколько ключевых направлений укрепления устойчивости системы оказания помощи.

1. Управление и финансирование. Исследования устойчивости систем здравоохранения показывают, что способность системы поддерживать базовые медицинские услуги в условиях кризиса во многом зависит от качества управления, межуровневой координации, прозрачности коммуникации и достаточным финансированием программ здравоохранения [6]. Для национальных противотуберкулезных программ особенно важно сохранять гибкость финансовых механизмов в условиях перераспределения ресурсов во время чрезвычайных ситуаций. Опыт пандемии показал, что сокращение финансирования и ослабление организационного внимания к проблеме ТБ могут приводить к снижению охвата диагностикой и лечением заболевания [21,31].

2. Кадровый потенциал системы здравоохранения. Пандемия сопровождалась масштабным перераспределением медицинского персонала, значительным ростом нагрузки на работников здравоохранения и нарушением предоставления рутинных медицинских услуг. В этих условиях исследования устойчивости систем здравоохранения подчеркивают необходимость формирования кадровых резервов, внедрения гибких механизмов распределения задач и обеспечения постоянного обучения и

поддержки медицинского персонала [46].

3. Функции общественного здравоохранения и эпидемиологический надзор. Эффективные системы эпидемиологического надзора и своевременный обмен данными являются важными элементами устойчивости системы здравоохранения. Интеграция информационных систем и развитие аналитических инструментов мониторинга позволяют своевременно выявлять нарушения в каскаде выявления и лечения ТБ и оперативно корректировать организационные маршруты оказания помощи [6].

4. Гибкие модели предоставления медицинской помощи. Пандемия продемонстрировала необходимость адаптации моделей оказания медицинской помощи с учетом одновременного ведения пациентов с COVID-19 и другими заболеваниями. В ряде стран были внедрены альтернативные маршруты пациентов, расширены амбулаторные формы лечения и усилена роль первичной медико-санитарной помощи, что позволило частично компенсировать ограничения доступа к специализированным противотуберкулезным службам [21].

5. Сообщество как компонент устойчивости системы. Современные модели устойчивости систем здравоохранения подчеркивают значимость вовлечения сообщества, доверия населения и эффективной коммуникации с пациентами. Международный опыт показывает,



что комплексные меры, включающие обеспечение безопасного доступа к медицинским услугам, оптимизацию логистики образцов, интеграцию скрининговых мероприятий и усиление социальной поддержки пациентов, способствуют более быстрому восстановлению использования противотуберкулезных услуг после кризисных периодов [8,40].

Таким образом, пандемия COVID-19 выявила ряд системных уязвимостей противотуберкулезной помощи и одновременно обозначила ключевые направления ее дальнейшего развития.

Одним из заметных последствий пандемии COVID-19 стало ускоренное внедрение цифровых технологий в здравоохранении, включая телемедицину, дистанционную поддержку лечения и различные цифровые коммуникационные платформы. В ряде стран такие инструменты позволили поддерживать контакт с пациентами, осуществлять мониторинг лечения и сохранять непрерывность противотуберкулезных услуг в условиях ограничений очных посещений и высокой нагрузки на систему здравоохранения [8].

Вместе с тем опыт пандемии показал, что переход от временных цифровых решений к устойчивой практике требует их системной институционализации. Для этого необходимы развитие инфраструктуры связи, повышение доступности цифровых устройств, подготовка медицинских кадров и адаптация рабочих процессов. Также

важным условием является внедрение стандартизированных протоколов использования цифровых инструментов и их интеграция в системы мониторинга, эпидемиологического надзора и управленческой отчетности [40]. Такая интеграция позволяет превращать отдельные инновационные решения в устойчивые элементы функционирования системы здравоохранения.

При этом цифровая трансформация сопряжена с риском усиления цифрового неравенства. Пожилые люди, жители сельских территорий и группы с низкой цифровой грамотностью могут сталкиваться с дополнительными барьерами в доступе к цифровым сервисам. Без адресных компенсаторных механизмов цифровизация может усиливать существующие социальные и территориальные различия в доступе к противотуберкулезной помощи [40].

Опыт пандемии также показал необходимость перехода от реактивной модели управления к системному планированию готовности. Устойчивые системы здравоохранения должны заранее предусматривать механизмы сохранения ключевых функций противотуберкулезной помощи – диагностики, тестирования лекарственной устойчивости, бесперебойного обеспечения препаратами и поддержки приверженности лечению – даже в условиях крупных кризисных событий [40,46]. Проактивная



готовность включает планы перераспределения ресурсов, создание резервов диагностических материалов и лекарственных средств, гибкие механизмы изменения маршрутов пациента, а также устойчивые механизмы координации между различными уровнями системы здравоохранения и межсекторальными партнерами [6,46].

В постпандемический период дальнейшая трансформация противотуберкулезной службы может быть связана с несколькими взаимосвязанными стратегическими направлениями.

Во-первых, возрастает значение пациент-ориентированной модели оказания помощи, предусматривающей расширение социальной поддержки, улучшение коммуникации с пациентами и использование гибких форм сопровождения лечения. Такой подход способствует поддержанию приверженности лечению и снижает риск потерь пациентов на различных этапах каскада противотуберкулезной помощи.

Во-вторых, важным направлением является более тесная интеграция противотуберкулезной службы с системой первичной медико-санитарной помощи и другими программами здравоохранения. Интеграционные модели способны стабилизировать доступ к диагностике и лечению, повысить эффективность использования ресурсов и обеспечить большую устойчивость системы в условиях кризисных воздействий.

В-третьих, важную роль играет масштабирование инновационных решений, включая современные методы диагностики, новые схемы лечения и цифровые инструменты поддержки пациентов и медицинских работников. При этом внедрение инноваций должно сочетаться с восстановлением и укреплением базовых компонентов противотуберкулезной помощи, прежде всего профилактики и раннего выявления заболевания, которые наиболее уязвимы в условиях системных потрясений.

В глобальном контексте восстановление противотуберкулезной помощи требует согласованных действий национальных правительств и международных партнеров. Анализ последствий пандемии COVID-19 показывает, что без синхронного восстановления ключевых элементов каскада помощи (диагностики, лечения и профилактики), а также без системного укрепления национальных систем здравоохранения достижение целей ликвидации ТБ может существенно замедлиться и сопровождаться риском утраты ранее достигнутого прогресса.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Пандемия COVID-19 существенно повлияла на функционирование противотуберкулезных программ, выявив уязвимость ключевых звеньев каскада оказания помощи – от раннего выявления заболевания до начала лечения. Снижение нотификаций, рост смертности и



сокращение охвата лечением подтвердили высокую зависимость результатов борьбы с ТБ от устойчивости систем здравоохранения в условиях кризисных нагрузок. Одновременно пандемия стала стимулом для ускоренного внедрения цифровых технологий, включая дистанционные формы контроля лечения и инструменты цифрового скрининга.

В постпандемический период приоритетом должно стать не только восстановление утраченных объемов

помощи, но и структурное укрепление противотуберкулезной службы, развитие пациент-ориентированных моделей ведения и системная интеграция цифровых решений в практику фтизиатрии. В долгосрочной перспективе повышение устойчивости противотуберкулезной помощи требует сочетания организационных реформ, технологических инноваций и интеграции противотуберкулезных программ в общую систему здравоохранения.

References:

1. Постановление Кабинета Министров Республики Узбекистан от 23.03.2020 г. №176 «О дополнительных мерах по предотвращению распространения коронавирусной инфекции». Ташкент; 2020.
2. Распоряжение Президента Республики Узбекистан от 29.01.2020 г. №P-5537 «Об образовании специальной республиканской комиссии по подготовке программы мер по предупреждению завоза и распространения нового типа коронавируса в Республике Узбекистан». Ташкент; 2020.
3. Рашидов З. Р., Парпиева Н. Н., Алиджанов С. К. Влияние пандемии COVID-19 на мочеполовой туберкулез в Узбекистане // Туберкулез и болезни легких. - 2022. - Т. 100, № 12. - С. 39-43. <http://doi.org/10.21292/2075-1230-2022-100-12-39-43>
4. Amiri P, Karahanna E. Chatbot use cases in the Covid-19 public health response. J Am Med Inform Assoc. 2022 Apr 13;29(5):1000-1010. doi: 10.1093/jamia/ocac014. PMID: 35137107; PMCID: PMC8903403.
5. Adom AT, Fejfar D, Yuen CM, Ndayizigiye M, Mugunga JC, Mukherjee JS. The Impact of COVID-19 on Tuberculosis Program Performance in the Kingdom of Lesotho. Tropical Medicine and Infectious Disease. 2023; 8(3):165. <https://doi.org/10.3390/tropicalmed8030165>
6. Arsenault C, Gage A, Kim MK, Kapoor NR, Akweongo P, Amponsah F, Aryal A, Asai D, Awoonor-Williams JK, Ayele W, Bedregal P, Doubova SV, Dulal M, Gadeka DD, Gordon-Strachan G, Mariam DH, Hensman D, Joseph JP, Kaewkamjornchai P, Eshetu MK, Gelaw SK, Kubota S, Leerapan B, Margozzini P, Mebratie AD, Mehata S, Moshabela M, Mthethwa L, Nega A, Oh J, Park S, Passi-Solar Á, Pérez-Cuevas R, Phengsavanh A, Reddy T, Rittiphairoj T, Sapag JC, Thermidor R, Tlou B, Valenzuela Guiñez F, Bauhoff S, Kruk ME. COVID-19 and resilience of healthcare systems in ten countries. Nat Med. 2022 Jun;28(6):1314-1324. doi: 10.1038/s41591-022-01750-1. Epub 2022 Mar 14. PMID: 35288697; PMCID: PMC9205770.



7. Cilloni L, Fu H, Vesga JF, Dowdy D, Pretorius C, Ahmedov S, Nair SA, Mosneaga A, Masini E, Sahu S, Arinaminpathy N. The potential impact of the COVID-19 pandemic on the tuberculosis epidemic a modelling analysis. *EClinicalMedicine*. 2020 Oct 24;28:100603. doi: 10.1016/j.eclinm.2020.100603. PMID: 33134905; PMCID: PMC7584493.
8. Consolidated report of country success stories in mitigating the impact of the COVID-19 pandemic on TB services. Geneva: World Health Organization; 2022. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.
9. Cucinotta D, Vanelli M. WHO Declares COVID-19 a Pandemic. *Acta Biomed*. 2020 Mar 19;91(1):157-160. doi: 10.23750/abm.v91i1.9397. PMID: 32191675; PMCID: PMC7569573.
10. Dheda K, Perumal T, Moultrie H, Perumal R, Esmail A, Scott AJ, Udwardia Z, Chang KC, Peter J, Pooran A, von Delft A, von Delft D, Martinson N, Loveday M, Charalambous S, Kachingwe E, Jassat W, Cohen C, Tempia S, Fennelly K, Pai M. The intersecting pandemics of tuberculosis and COVID-19: population-level and patient-level impact, clinical presentation, and corrective interventions. *Lancet Respir Med*. 2022 Jun;10(6):603-622. doi: 10.1016/S2213-2600(22)00092-3. Epub 2022 Mar 23. PMID: 35338841; PMCID: PMC8942481.
11. Digital health for the End TB Strategy: an agenda for action. Geneva: World Health Organization; 2015. WHO/HTM/TB/2015.21.
12. Dowdy DW. Has the COVID-19 pandemic increased tuberculosis mortality? *Lancet Infect Dis*. 2022 Feb;22(2):165-166. doi: 10.1016/S1473-3099(22)00006-8. PMID: 35092788; PMCID: PMC8797027.
13. Espinoza J, Crown K, Kulkarni O. A Guide to Chatbots for COVID-19 Screening at Pediatric Health Care Facilities. *JMIR Public Health Surveill*. 2020 Apr 30;6(2):e18808. doi: 10.2196/18808. PMID: 32325425; PMCID: PMC7193986.
14. Ezequiel Almeida Barros, Marcelino Santos Neto, Cicero N. Lemos Felicio Agostinho, Lívia Maia Pascoal, Marcio F. Moura de Araújo, Roberto Wagner Júnior Freire de Freitas, Perpétua do Socorro Silva Costa, Ana C. Pereira de Jesus Costa. Impacts of the Covid-19 pandemic on the detection and diagnosis of Tuberculosis: Analysis of scientific evidence. *Clinical Epidemiology and Global Health*, Volume 37, 2026, 102234, ISSN 2213-3984, <https://doi.org/10.1016/j.cegh.2025.102234>.
15. Falzon D, Zignol M, Bastard M, Floyd K, Kasaeva T. The impact of the COVID-19 pandemic on the global tuberculosis epidemic. *Front Immunol*. 2023 Aug 29;14:1234785. doi: 10.3389/fimmu.2023.1234785. PMID: 37795102; PMCID: PMC10546619.
16. Gabdullina M, Maes EF, Horth RZ, Dzhazybekova P, Amanova GN, Zikriyarova S, Nabirova DA. COVID-19 pandemic and other factors associated with unfavorable tuberculosis treatment outcomes-Altaty, Kazakhstan, 2018-2021. *Front Public Health*. 2023 Sep 21;11:1247661. doi: 10.3389/fpubh.2023.1247661. PMID: 37808989; PMCID: PMC10552263.
17. Global tuberculosis report 2019. Geneva: World Health Organization; 2019. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO



18. Global tuberculosis report 2020. Geneva: World Health Organization; 2020. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.
19. Global tuberculosis report 2021. Geneva: World Health Organization; 2021. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.
20. Global tuberculosis report 2022. Geneva: World Health Organization; 2022. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.
21. Global tuberculosis report 2023. Geneva: World Health Organization; 2023. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.
22. Global tuberculosis report 2024. Geneva: World Health Organization; 2024. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.
23. Global tuberculosis report 2025. Geneva: World Health Organization; 2025. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.
24. Gunsaru V, Henrion MYR, McQuaid CF. The impact of the COVID-19 pandemic on tuberculosis treatment outcomes in 49 high burden countries. *BMC Med.* 2024 Jul 29;22(1):312. doi: 10.1186/s12916-024-03532-7. Erratum in: *BMC Med.* 2024 Aug 2;22(1):316. doi: 10.1186/s12916-024-03551-4. PMID: 39075546; PMCID: PMC11288071.
25. Guo P, Qiao W, Sun Y, Liu F, Wang C. Telemedicine Technologies and Tuberculosis Management: A Randomized Controlled Trial. *Telemed J E Health.* 2020 Sep;26(9):1150-1156. doi: 10.1089/tmj.2019.0190. Epub 2019 Dec 2. PMID: 31794684.
26. Haldane V, De Foo C, Abdalla SM, Jung AS, Tan M, Wu S, Chua A, Verma M, Shrestha P, Singh S, Perez T, Tan SM, Bartos M, Mabuchi S, Bonk M, McNab C, Werner GK, Panjabi R, Nordström A, Legido-Quigley H. Health systems resilience in managing the COVID-19 pandemic: lessons from 28 countries. *Nat Med.* 2021 Jun;27(6):964-980. doi: 10.1038/s41591-021-01381-y. Epub 2021 May 17. PMID: 34002090.
27. Han E, Nabity SA, Dasgupta-Tsinikas S, Guevara RE, Moore M, Kadakia A, Henry H, Cilnis M, Buhain S, Chitnis A, Chakrabarty M, Ky A, Nguyen Q, Low J, Jain S, Higashi J, Barry PM, Flood J. Tuberculosis Diagnostic Delays and Treatment Outcomes among Patients with COVID-19, California, USA, 2020. *Emerg Infect Dis.* 2024 Jan;30(1):136-140. doi: 10.3201/eid3001.230924. PMID: 38147063; PMCID: PMC10756354.
28. Hansun S, Argha A, Bakhshayeshi I, Wicaksana A, Alinejad-Rokny H, Fox GJ, Liaw ST, Celler BG, Marks GB. Diagnostic Performance of Artificial Intelligence-Based Methods for Tuberculosis. Detection: Systematic Review *J Med Internet Res* 2025; 27:e69068 doi: [10.2196/69068](https://doi.org/10.2196/69068). PMID: [40053773](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/40053773/). PMCID: [11928776](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11928776/).
29. Hogan AB, Jewell BL, Sherrard-Smith E, et al.. Potential impact of the COVID-19 pandemic on HIV, tuberculosis, and malaria in low-income and middle-income countries: a modelling study. *Lancet Glob Health.* 2020 Sep;8(9):e1132-e1141. doi: 10.1016/S2214-109X(20)30288-6. Epub 2020 Jul 13. Erratum in: *Lancet Glob Health.* 2021 Jan;9(1):e23. doi: 10.1016/S2214-109X(20)30433-2. PMID: 32673577; PMCID: PMC7357988.
30. Htet KKK, Phyu AN, Thwin T, Chongsuvivatwong V. Mobile Health App for Tuberculosis Screening and Compliance to Undergo Chest X-ray Examination Among Presumptive Cases Detected by the App in Myanmar: Usability Study. *JMIR Form Res.* 2022 Jun 7;6(6):e37779. doi: 10.2196/37779. PMID: 35623000; PMCID: PMC9177170.



31. Jeong Y, Min J. Impact of COVID-19 Pandemic on Tuberculosis Preventive Services and Their Post-Pandemic Recovery Strategies: A Rapid Review of Literature. *J Korean Med Sci.* 2023 Feb 6;38(5):e43. doi: 10.3346/jkms.2023.38.e43. PMID: 36747365; PMCID: PMC9902666.
32. Judson TJ, Odisho AY, Young JJ, Bigazzi O, Steuer D, Gonzales R, Neinstein AB. Implementation of a digital chatbot to screen health system employees during the COVID-19 pandemic. *J Am Med Inform Assoc.* 2020 Jul 1;27(9):1450-1455. doi: 10.1093/jamia/ocaa130. PMID: 32531066; PMCID: PMC7313990.
33. Kumwichar P, Prappre T, Chongsuvivatwong V. Tuberculosis Treatment Compliance Under Smartphone-Based Video-Observed Therapy Versus Community-Based Directly Observed Therapy: Cluster Randomized Controlled Trial. *JMIR Mhealth Uhealth.* 2024 Jun 3;12:e53411. doi: 10.2196/53411. PMID: 38830205; PMCID: PMC11184266.
34. Lee S, Rajaguru V, Baek JS, Shin J, Park Y. Digital Health Interventions to Enhance Tuberculosis Treatment Adherence: Scoping Review. *JMIR Mhealth Uhealth.* 2023 Dec 4;11:e49741. doi: 10.2196/49741. PMID: 38054471; PMCID: PMC10718480.
35. Lee Y, Raviglione MC, Flahault A. Use of Digital Technology to Enhance Tuberculosis Control: Scoping Review. *J Med Internet Res.* 2020 Feb 13;22(2):e15727. doi: 10.2196/15727. PMID: 32053111; PMCID: PMC7055857.
36. Li T, Du X, Kang J, Luo D, Liu X, Zhao Y. Patient, Diagnosis, and Treatment Delays Among Tuberculosis Patients Before and During COVID-19 Epidemic - China, 2018-2022. *China CDC Wkly.* 2023 Mar 24;5(12):259-265. doi: 10.46234/ccdcw2023.047. PMID: 37138894; PMCID: PMC10150750.
37. LoBue, Philip, Centers for Disease Control and Prevention (U.S.). Effect of COVID-19 on tuberculosis in the U.S. March 24, 2022. URL: <https://stacks.cdc.gov/view/cdc/115793>
38. Martin-Hughes R, Vu L, Cheikh N, Kelly SL, Fraser-Hurt N, Shubber Z, Manhiça I, Mbendera K, Girma B, Pambudi I, Ríos J, Elmira A, Harimurti P, Hafez R, Garcia JNB, Palmer T, Roberts A, Gorgens M, Wilson D. Impacts of COVID-19-related service disruptions on TB incidence and deaths in Indonesia, Kyrgyzstan, Malawi, Mozambique, and Peru: Implications for national TB responses. *PLOS Glob Public Health.* 2022 Mar 30;2(3):e0000219. doi: 10.1371/journal.pgph.0000219. PMID: 36962192; PMCID: PMC10021439.
39. Maurer FP, Shubladze N, Kalmambetova G, Felker I, Kuchukhidze G, Drobniowski F, Yedilbayev A, Ehsani S; European Laboratory Initiative on TB, HIV and Viral Hepatitis; Additional members of the European Laboratory Initiative on TB, HIV and Viral Hepatitis core group (in alphabetical order). Impact of the COVID-19 pandemic on tuberculosis national reference laboratory services in the WHO European Region, March to November 2020. *Euro Surveill.* 2021 Jun;26(24):2100426. doi: 10.2807/1560-7917.ES.2021.26.24.2100426. Erratum in: *Euro Surveill.* 2021 Jul;26(30). doi: 10.2807/1560-7917.ES.2021.26.30.210729c2. PMID: 34142651; PMCID: PMC8212594.
40. McDarby G, Seifeldin R, Zhang Y, Mustafa S, Petrova M, Schmets G, Porignon D, Dalil S, Saikat S. A synthesis of concepts of resilience to inform operationalization of health systems resilience in recovery from disruptive public health events including COVID-19.



Front Public Health. 2023 May 12;11:1105537. doi: 10.3389/fpubh.2023.1105537. PMID: 37250074; PMCID: PMC10213627.

41. McQuaid CF, McCreesh N, Read JM, Sumner T; CMMID COVID-19 Working Group; Houben RMGJ, White RG, Harris RC. The potential impact of COVID-19-related disruption on tuberculosis burden. *Eur Respir J*. 2020 Aug 13;56(2):2001718. doi: 10.1183/13993003.01718-2020. PMID: 32513784; PMCID: PMC7278504.

42. Migliori G.B., Thong P.M., Alffenaar J.W., et al. Worldwide effects of coronavirus disease pandemic on tuberculosis services. *Emerg Infect Dis*. 2020;26(11):2709-2712. doi:10.3201/eid2611.203163.

43. Pai M, Kasaeva T, Swaminathan S. Covid-19's Devastating Effect on Tuberculosis Care - A Path to Recovery. *N Engl J Med*. 2022 Apr 21;386(16):1490-1493. doi: 10.1056/NEJMp2118145. Epub 2022 Jan 5. PMID: 34986295.

44. Rakotosamimanana N, Randrianirina F, Randremanana R, Raheison MS, Rasolofo V, Solofomalala GD, Spiegel A, Heraud JM. GeneXpert for the diagnosis of COVID-19 in LMICs. *Lancet Glob Health*. 2020 Dec;8(12):e1457-e1458. doi: 10.1016/S2214-109X(20)30428-9. Epub 2020 Oct 19. PMID: 33091372; PMCID: PMC7572106.

45. Rich K, Burger R, Goldberg D, Moultrie H, Rieger M. Is it possible to encourage TB testing and detect missing TB cases via community-level promotion of a self-screening mobile application? Quasi-experimental evidence from South Africa. *BMJ Health & Care Informatics*. 2025;32:e101179. <https://doi.org/10.1136/bmjhci-2024-101179>

46. Sagan A, Webb E, McKee M, Greer SL, Karanikolos M, Williams GA, Cylus J, Richardson E, Waitzberg R, Lessof S, Figueras J, Falkenbach M, Hernandez-Quevedo C, Klasa K, Mauer N, Panteli D, Permanand G, Quentin W, Rechel B, Rozenblum SD, Thomas S, Willoughby EL, Winkelmann J, Wismar M. Health systems resilience during COVID-19: Lessons for building back better [Internet]. Azzopardi-Muscat N, de la Mata I, editors. Copenhagen (Denmark): European Observatory on Health Systems and Policies; 2021. PMID: 37023237.

47. Shao J, Zhang H, Wang Y, Su X, Xin H, Zhou P, Li Z, Wang L, Yu J, Liu J, Li Z. Diagnostic Delay Among Pulmonary Tuberculosis Patients Before, During and After COVID-19 Pandemic in Yichang City, China: A Longitudinal Study Based on Tuberculosis Surveillance Data. *J Epidemiol Glob Health*. 2025 May 26;15(1):74. doi: 10.1007/s44197-025-00419-5. PMID: 40418412; PMCID: PMC12106177.

48. Starshinova, A.; Dovgalyk, I.; Beltukov, M.; Zinchenko, Y.; Glushkova, A.; Starshinova, A.Y.; Doktorova, N.; Kudlay, D. Tuberculosis in the Russian Federation: Dynamics of the Epidemic Indicators before and after COVID-19 Pandemic. *Life* 2022, 12, 1468. <https://doi.org/10.3390/life12101468>.

49. Yang J, Kwon Y, Kim J, Jang Y, Han J, Kim D, Jeong H, Park H, Shim E. Delays in the diagnosis and treatment of tuberculosis during the COVID-19 outbreak in the Republic of Korea in 2020. *Osong Public Health Res Perspect*. 2021 Oct;12(5):293-303. doi: 10.24171/j.phrp.2021.0063. Epub 2021 Sep 23. PMID: 34719221; PMCID: PMC8561018.

50. World Health Organization. Continuity of essential health services: facility assessment tool: a module from the suite of health service capacity assessments in the context of the COVID-19 pandemic: interim guidance. 12 May 2021. — Geneva: World



Health Organization, 2021. — (WHO reference number: WHO/2019-nCoV/HCF_assessment/EHS/2021.1). - 43 p.

51. World Health Organization. Impact of the COVID-19 pandemic on TB detection and mortality in 2020 (Technical document). Geneva: WHO; 2021.