

Бочарова Ксения Александровна,
кандидат медицинских наук, доцент,
заведующая кафедрой микробиологии и вирусологии,
ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный
исследовательский университет», г.Белгород

Шванова Татьяна Александровна,
ассистент кафедры микробиологии и вирусологии,
ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный
исследовательский университет», г.Белгород

Пенькова Алина Алексеевна, студентка,
ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный
исследовательский университет», г.Белгород

**ПРОБЛЕМЫ ДИАГНОСТИКИ И ЛЕЧЕНИЯ ВИРУСНЫХ
ЗАБОЛЕВАНИЙ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ
PROBLEMS OF DIAGNOSIS AND TREATMENT
OF VIRAL DISEASES AT THE PRESENT STAGE**

Аннотация: Вирусные заболевания продолжают быть одной из главных причин заболеваемости и смертности в мире, что обусловлено их высокой контагиозностью и появлением новых штаммов. Актуальной задачей остается совершенствование методов диагностики, особенно для сложно диагностируемых заболеваний, таких как вирусы Эбола, Марбург и герпес. В статье проанализированы перспективные подходы к диагностике, способные улучшить контроль и снизить заболеваемость.

Abstract: Viral diseases continue to be one of the main causes of morbidity and mortality in the world, due to their high contagiousness and the emergence of new strains. Improving diagnostic methods remains an urgent task, especially for difficult-to-diagnose diseases such as Ebola, Marburg and herpes viruses. The article analyzes promising diagnostic approaches that can improve control and reduce morbidity.

Ключевые слова: вирусы, лечение, диагностика вирусных заболеваний, резистентность, эпидемиология.

Keywords: viruses, treatment, diagnosis of viral diseases, resistance, epidemiology.

Введение.

Вирусные инфекции представляют собой одну из ключевых причин значительной заболеваемости и смертности на мировом уровне. Высокая контагиозность и стремительное распространение вирусных инфекций обуславливают важность своевременной постановки точного клинического диагноза заболевания [1]. Традиционные методы диагностики часто не обеспечивают достаточной чувствительности и специфичности, особенно на ранних стадиях вирусных инфекций. Это становится особенно критичным при заболеваниях, таких как вирусы Эбола и Марбург, которые характеризуются высокой летальностью и контагиозностью. Было обнаружено множество вирусов, которые могут вызывать серьёзные проблемы, и для решения этой проблемы необходима ранняя диагностика вирусов и понимание их механизма заражения [2]. Диагностические подходы, способные быстро выявить наличие инфекции, жизненно необходимы в таких случаях. В современной практике используются разнообразные методики, включая микробиологические и биохимические тесты, технологии геномной



инженерии и иммунологические исследования. Современные методы диагностики вирусов можно разделить на несколько основных категорий. Первая группа включает обнаружение вирусных частиц, что подразумевает оценку их концентрации, размеров, физических и химических характеристик, а также исследование инфекционной активности. Вторая категория – выявление вирусных антигенов, направленное на идентификацию специфических белковых структур вируса. Третья группа методов сосредоточена на детекции вирусных нуклеиновых кислот, что позволяет анализировать и идентифицировать ДНК или РНК патогена. Однако, несмотря на значительное разнообразие доступных диагностических подходов, их практическое использование сопряжено с рядом сложностей. Это обусловлено высокой сложностью методик, значительными затратами на оборудование и ограниченной доступностью соответствующих приборов. Более того, даже при наличии нужного оборудования значительная часть работы остается ручной, что требует высокой квалификации специалистов [3]. Вирусы обладают высокой степенью мутационного потенциала, что приводит к возникновению новых штаммов. Это явление ставит под угрозу существующие методы диагностики, основанные на детекции специфических антигенов или генетическом материале. Не менее важной является проблема лечения вирусных заболеваний, необходимость разработки новых противовирусных препаратов и оптимизации существующих терапий. Независимо от того, каким образом вирусы действуют как патогены, инфекция приводит к изменениям в метаболизме клеток, которые они заражают, а также в метаболизме многих типов клеток хозяина, которые реагируют на инфекцию [4], что тоже оказывает влияние на терапевтический подход. Эффективная контрольная система и разработка устойчивых стратегий лечения требуют междисциплинарного подхода, основанного на новейших научных достижениях. В статье представлены и проанализированы обзорные данные о современных подходах к диагностике и терапии вирусных заболеваний, акцентируя внимание на методах, демонстрирующих свою эффективность, и имеют перспективы для дальнейшего развития и могут сыграть важную роль в управлении эпидемиологической ситуацией. Проанализированы источники литературы за последние 5 лет, посвященные исследованиям современных методов диагностики вирусных заболеваний. Основными источниками информации послужили научные статьи, представленные в рецензируемых журналах, а также данные клинических испытаний и мета-анализов, касающихся новых и традиционных методов диагностики вирусов. В результате проведенного анализа выявлены ключевые тенденции, инновационные подходы и потенциальные направления для дальнейших исследований в области диагностики и лечения вирусных инфекций. Все собранные данные обобщены, что позволило сформировать рекомендации по дальнейшему улучшению противовирусной терапии и разработке новых диагностических методов.

Раздел 1. Вирусоскопический метод

Вирусоскопический метод основан на визуализации вирусных частиц с использованием микроскопических технологий, что позволяет определить их морфологические особенности и структуру. Основными инструментами являются световая, электронная и флуоресцентная микроскопия. Многие современные методы диагностики вирусных инфекций характеризуются недостаточной чувствительностью на начальных стадиях заболевания. Это может приводить к ошибочным диагнозам и задержке в начале лечения, что особенно критично в случае высококонтагиозных и опасных инфекций. Одним из применяемых методов является электронная микроскопия, однако её эффективность ограничена минимальной концентрацией вирусных частиц – не менее 10^6 вирусных частиц на 1 мл образца. Для повышения чувствительности электронной микроскопии учёные внедряют новые технологии. Например, Сироткин А.К. предложил использование подложек, модифицированных синтетическими полимерами с повышенными адсорбционными



свойствами. Эти полимеры демонстрируют высокое сродство к антигенам вирусов, что позволило увеличить эффективность обнаружения вирусных частиц на 25% [3]. Однако даже усовершенствованные методы требуют значительного времени, квалифицированного персонала и специализированного оборудования. Кроме того, морфологическая идентификация вирусов может быть затруднена, особенно если они принадлежат к одному семейству. Метод иммунной электронной микроскопии обладает большей чувствительностью за счёт формирования иммунных комплексов при добавлении специфической сыворотки к вирусным частицам. Этот подход позволяет точнее идентифицировать вирусы, но остаётся громоздким и непригодным для массовых исследований, особенно в период эпидемий.

Эпифлуоресцентная микроскопия является более быстрым методом количественного определения вирусов, в том числе бактериофагов, по сравнению с электронной микроскопией. Метод основан на свойстве красителей взаимодействовать с нуклеиновыми кислотами вирусов, в результате чего происходит излучение света с увеличенной длиной волны. Это позволяет визуализировать и подсчитывать вирусные частицы даже при меньших увеличениях. Тем не менее, для полного окрашивания требуется до 48 часов, а использование фиксаторов на основе альдегидов может создавать помехи. Метод также не даёт информации об инфекционной способности вирусов. Кроме того, достоверность результатов снижается при увеличении времени между подготовкой и анализом образца из-за разрушения вирусных частиц [3]. Светооптическая микроскопия даёт возможность выявлять внутриклеточные включения, однако её применение ограничено недостаточной специфичностью, что затрудняет точное определение вида вируса. Современные исследования, такие как прямое обнаружение РНК SARS-CoV-2 с помощью системы CRISPR-Cas13a, открывают новые перспективы в диагностике вирусных инфекций. Инновационный подход позволяет проводить быстрые тесты в полевых условиях, используя мобильные устройства. Одним из ключевых достижений этого метода является применение комбинаций кРНК, которые повышают чувствительность за счёт активации большего числа молекул Cas13a на каждую РНК-мишень. Это позволяет обнаруживать вирусную РНК даже в крайне низких концентрациях – порядка 30 копий/мкл. Кроме того, использование нескольких кРНК, нацеленных на разные участки генома вируса, помогает предотвратить снижение чувствительности, вызванное естественными мутациями патогена. Ещё одним значительным преимуществом CRISPR-диагностики является способность преобразовывать флуоресцентный сигнал в количественные показатели вирусной нагрузки. В отличие от других методов, таких как CRISPR-COVID, которые обеспечивают высокую чувствительность благодаря изотермической амплификации, но предоставляют только качественные данные, данный подход позволяет получать информацию о количестве копий вируса. Это открывает широкие перспективы для улучшения диагностики, особенно в условиях, требующих точных и быстрых измерений. Комбинирование кРНК повышает чувствительность, но одновременно увеличивает риск случайного обнаружения нецелевых последовательностей. Использование одной несовпадающей кРНК может привести к снижению зарегистрированной вирусной нагрузки. Ожидается, что улучшение репортеров, выбор белков Cas13, а также повышение чувствительности устройства и камеры ускорят реакцию, улучшая точность и снижая предел обнаружения за короткое время [5].

Раздел 2. Культуральный метод

Методы выделения и идентификации вирусов посредством заражения перевиваемых клеточных культур, куриных эмбрионов и лабораторных животных позволяют детально исследовать вирусы в динамике их развития. Тем не менее, результативность данных подходов во многом определяется своевременностью и качеством обработки клинического материала, а также разнообразием используемых клеточных линий и куриных эмбрионов. В настоящее



время ВОЗ не рекомендует культивирование вируса в качестве рутинной диагностической процедуры, поскольку данный метод требует много времени и ресурсов [6]. Культуральный метод, несмотря на свою диагностическую ценность, имеет ряд ограничений, связанных с длительностью проведения исследований. Это снижает его эффективность для задач раннего выявления инфекции, особенно в условиях вспышек или пандемий, где время играет критически важную роль. Кроме того, манипуляции с живыми вирусными культурами сопровождаются риском распространения и циркуляции вирусов внутри лабораторных учреждениях. Современные технологии активно работают над устранением этих недостатков. Например, использование методов высокопроизводительного секвенирования (NGS) позволяет выявлять широкий спектр патогенов в одном образце, определяя их генетические характеристики.

Раздел 3. Иммуноферментный анализ (ИФА)

Ранняя диагностика вирусных заболеваний играет ключевую роль в предотвращении их осложнений и успешном проведении лечения. Современные методы быстрой диагностики основываются на обнаружении вирусных антигенов в биоматериалах, полученных от пациентов, с использованием специфических антител, меченных флуорохромами или ферментами. Эти подходы находят применение как в клинической практике для постановки диагноза пациенту, так и в эпидемиологических исследованиях для оперативного выявления природы вспышек инфекций. Для диагностики заболеваний у пациентов и проведения эпидемиологических исследований с целью быстрого установления характера инфекционных вспышек, наибольшую популярность в здравоохранении за последние 20-30 лет приобрёл метод иммунофлуоресцентного анализа. Данный метод позволяет визуализировать антигены с использованием антител, меченных флуоресцентными красителями, что особенно эффективно для выявления респираторных и других вирусных инфекций. Наряду с этим в здравоохранении активно внедряется иммуноферментный анализ (ИФА) – универсальный метод, основанный на связывании специфических антител с антигенами вируса. ИФА получил широкое применение в эпидемиологии, мониторинге поствакцинального иммунитета и разработке новых терапевтических стратегий [7]. Но важно учитывать, что выбранные антигены должны обладать высокой чувствительностью и специфичностью, в другом случае, увеличивается риск выявления ложноположительных или ложноотрицательных результатов. К проблемам, связанным с внедрением ИФА, относятся необходимость в специализированных лабораторных помещениях, квалифицированном персонале, а также возможность перекрёстной реактивности и получения ложных результатов [7]. С развитием технологий точность и быстродействие таких методов значительно возросли. Например, внедрение автоматизированных систем для ИФА позволяет одновременно анализировать множество образцов, минимизируя влияние человеческого фактора. В перспективе расширение использования методов, основанных на новых биосенсорных платформах, таких как наноматериалы и CRISPR-диагностика, может ещё больше повысить эффективность раннего выявления вирусных заболеваний, особенно в условиях ограниченных ресурсов.

Раздел 4. Лабораторные биомаркеры

Не все вирусные инфекции обладают специфическими диагностическими тестами, что затрудняет их точное выявление. Многие из них не имеют чётко определённых биомаркеров, что вынуждает врачей полагаться на клинические признаки и эпидемиологические данные. Такой подход повышает риск диагностических ошибок, особенно на ранних стадиях заболевания. Например, для вирусов герпеса человека 4, 5 и 6 типов до сих пор не разработан универсальный маркер, который мог бы точно определить фазу инфекционного процесса. Биомаркеры играют ключевую роль в диагностике, поскольку они представляют собой объективные показатели биологических процессов, характерных для определённых патологий. Они могут включать антитела, микроорганизмы, ДНК, РНК, липиды, метаболиты



и белки. Изменения их уровня, структуры или активности коррелируют с прогрессией или регрессией заболевания, а также с реакцией организма на патологический процесс. Лабораторные биомаркеры играют ключевую роль в диагностике и прогнозировании тяжести вирусных инфекций, обеспечивая значительную ценность для стратификации рисков. Они позволяют выделять группы пациентов с высоким риском осложнений и летального исхода, что способствует более целенаправленному лечению и управлению ресурсами. В последние годы новые аналитические подходы, такие как метаболомика и протеомика, открыли доступ к детальной информации, которая может быть критически важной для раннего выявления пациентов с повышенным риском тяжёлого течения болезни. Однако их ограниченная доступность препятствует их широкому клиническому применению. Необходимы дальнейшие исследования для определения основного набора лабораторных биомаркеров, которые можно использовать в повседневной клинической практике для простого прогнозирования прогноза и исхода у госпитализированных пациентов с тяжёлым течением заболевания [8].

Раздел 5. Полимеразная цепная реакция (ПЦР)

В большинстве ситуаций концентрация вируса в клиническом материале бывает слишком низкой для оперативного и точного выявления вирусных частиц или их антигенов. В таких случаях прибегают к вирусологической диагностике – комплексу методов, которые, несмотря на высокую трудоёмкость, значительные временные затраты и нередко ретроспективный характер, продолжают оставаться незаменимыми в определённых клинических задачах. Она особенно актуальна при инфекциях, вызванных новыми или малоизученными типами вирусов, а также при отсутствии возможности диагностики с помощью других методов. Среди современных методов особое место занимает полимеразная цепная реакция (ПЦР), которая зарекомендовала себя как чрезвычайно чувствительный и универсальный вид диагностики. Для ПЦР с обратной транскрипцией (ОТ-ПЦР) и вложенной ПЦР часто используются консервативные сегменты вирусного генома, такие как N, M и P, что позволяет достигать высокой точности идентификации возбудителя. Особенно популярна ОТ-ПЦР в реальном времени, которая, несмотря на свою высокую стоимость, широко используется благодаря исключительной чувствительности, для обнаружения и диагностики вирусов [9]. Однако чувствительность этих методов может снизиться, если вирусный геном подвергается быстрым мутациям. Помимо этого, получение недостоверных результатов может быть обусловлено наличием ингибиторов в пробе нуклеиновых кислот, погрешностями на этапе подготовки материала к анализу, отклонениями от протоколов проведения исследования или несоблюдением требуемого температурного режима в процессе амплификации. В таких случаях требуется повторное проведение обратной транскрипции и ПЦР или повторное выделение нуклеиновых кислот из клинического материала [10]. Для диагностики коронавирусной инфекции 2019 года (COVID-19) одними из наиболее широко применяемых методов являются тесты на основе количественной ПЦР с обратной транскрипцией (RT-qPCR). Этот метод считается «золотым стандартом» благодаря его высокой чувствительности и специфичности, что позволяет обнаруживать даже минимальное количество вирусной РНК. Однако проведение RT-qPCR требует специализированного оборудования, квалифицированного персонала и условий лаборатории высокого уровня, что ограничивает его применение в небольших медицинских учреждениях и отдалённых регионах. В условиях, когда RT-qPCR недоступна, для быстрой диагностики COVID-19 всё чаще используются экспресс-тесты на антигены (RAT), основанные на методе иммунохроматографического анализа. Эти тесты позволяют получить результат в течение 15–30 минут и удобны для применения в местах, где проводится скрининг, например в пунктах пропуска, аэропортах и полевых клиниках. Однако их чувствительность значительно варьируется в зависимости от производителя, стадии инфекции и концентрации вирусного



антигена в образце [11]. Для повышения точности диагностики активно разрабатываются новые методы, такие как цифровая ПЦР и изотермическая амплификация. Они позволяют снизить вероятность ошибок, связанных с ингибиторами и сложными этапами подготовки образцов. Кроме того, интеграция ПЦР-методов с технологиями секвенирования нового поколения (NGS) открывает возможности для одновременного выявления и генетического анализа вирусов, что особенно важно для мониторинга эпидемиологической ситуации и изучения мутаций вирусного генома.

Раздел 6. Отсутствие клинических критериев

Диагностика ряда вирусных инфекций, в том числе вируса гепатита С (ВГС), представляет собой сложную задачу из-за отсутствия чётких клинических критериев и высокой вариативности реакций организма. В случае вируса гепатита С острая фаза определяется как период длительностью до шести месяцев после первичного инфицирования. Сероконверсия антител к ВГС является ключевым подтверждением заражения, однако сроки её наступления могут значительно различаться у разных пациентов. Для выявления антител к ВГС используется иммуноферментный анализ (ИФА), эффективность которого зависит от поколения теста. Так, ИФА третьего поколения (ИФА-3) позволяет обнаружить антитела через 7–8 недель после заражения, тогда как ИФА второго поколения (ИФА-2) требует 9–10 недель. Однако у людей, живущих с вирусом иммунодефицита, пациентов, находящихся на гемодиализе, или пациентов, перенесших трансплантацию органов, сероконверсия антител к вирусу может значительно задерживаться – до 12 месяцев и более или отсутствовать [12]. Особую сложность представляет диагностика у пациентов, у которых на момент первичного обращения уже были обнаружены антитела к ВГС. В таких случаях трудно определить, является ли обнаружение антител следствием недавнего инфицирования или хронического течения болезни, особенно если нет данных о статусе антител в прошлом.

Раздел 7. Прочие проблемы диагностики вирусных заболеваний

В ряде регионов, особенно в странах с низким уровнем дохода, доступ к современным методам диагностики остаётся крайне ограниченным. Это существенно замедляет своевременное выявление и лечение вирусных инфекций, усугубляя их распространение и создавая дополнительное бремя для систем здравоохранения. Особенно актуальна потребность в разработке доступных, простых в использовании и экономически эффективных диагностических тестов, которые могли бы применяться на уровне первичной и вторичной медицинской помощи. Эпидемия лихорадки Эбола в Западной Африке в 2013–2016 годах, ставшая самой смертоносной за всю историю наблюдений, подчеркнула исключительную важность ранней диагностики. За время вспышки было зарегистрировано более 28 000 случаев, при этом уровень летальности достигал 40%. Последствия эпидемии не ограничились периодом вспышки: у выживших наблюдались как физические, так и психические осложнения, включая хроническую усталость, нарушения зрения, боли в суставах и посттравматическое стрессовое расстройство. Исследования в округе Кенема показали, что спустя шесть лет после эпидемии здоровье выживших оставалось хуже, чем у их сверстников, не заразившихся [13]. Одним из приоритетов должно стать развитие тестов «у постели пациента», которые позволяют проводить диагностику непосредственно на месте, без необходимости использования сложного оборудования. Такие тесты, например, на основе изотермической амплификации или иммунохроматографического анализа, могут быть особенно полезны в отдалённых или ограниченных ресурсами районах [13]. Кроме того, результаты эпидемии лихорадки Эбола подчёркивают важность разработки глобальных механизмов быстрого реагирования. Это включает в себя создание международных резервов диагностических наборов, обеспечение мобильными лабораториями и разработку унифицированных протоколов действий в случае вспышек.



Результаты и обсуждение. Необходимость создания новых, более результативных экспресс-методов обусловлена потребностью в оперативном и точном выявлении вирусных частиц. Такие методы должны быть адаптированы для массового использования, обеспечивать высокую точность измерений и работать в автоматизированном режиме, минимизируя требования к уровню квалификации персонала. В течение последнего года интенсивное развитие диагностических наборов для выявления вирусных инфекций значительно улучшило молекулярно-генетические методы, особенно в контексте тестирования на местах оказания медицинской помощи, а также при проведении массовых и скрининговых исследований. Метод ОТ-ПЦР остаётся широко используемым по всему миру для детекции вирусной РНК, тогда как альтернативные подходы к анализу нуклеиновых кислот, такие как изотермическая амплификация, гибридизационные микрочипы, метагеномическое секвенирование на основе ампликонов и инновационные технологии на базе CRISPR, всё ещё находятся на этапе интеграции в клиническую практику. В настоящее время разработка сверхбыстрых диагностических тестов и систем для применения в местах непосредственного оказания помощи является приоритетным направлением. Это позволяет ускорить процесс диагностики, обеспечить своевременное лечение, а также снизить риск вторичных инфекций и возникновения осложнений. Проведённый анализ методов диагностики вирусных заболеваний показал, что несмотря на обилие доступных подходов, большинство из них характеризуется существенными ограничениями, такими как высокая стоимость, сложность процедур и необходимость в высококвалифицированном персонале. Особую роль в современной вирусологии играют молекулярно-генетические методы, такие как ПЦР и ИФА, обеспечивающие высокую чувствительность и специфичность даже на ранних стадиях инфекции. Однако их практическое применение осложняется необходимостью дорогостоящего оборудования и уязвимостью к мутациям вирусов. Методы иммуноферментного анализа (ИФА) и иммунофлюоресцентной диагностики продемонстрировали эффективность в массовых скрининговых исследованиях, однако требуют дальнейшей оптимизации для повышения точности и доступности. В условиях эпидемиологической угрозы особенно важна разработка портативных, универсальных и экономически доступных технологий для экспресс-диагностики. Это позволит своевременно выявлять вирусные инфекции, снижая их распространение и обеспечивая раннее начало терапии. Интеграция классических методов диагностики с новыми биосенсорными технологиями, а также использование мультиплексных анализов, представляют перспективные направления дальнейших исследований. Развитие инновационных подходов и их адаптация к клиническим реалиям остаются ключевыми задачами для борьбы с вирусными инфекциями. Важным аспектом также является создание глобально доступных решений, особенно в регионах с ограниченными ресурсами, что позволит минимизировать последствия эпидемий и улучшить качество медицинской помощи.

Заключение

Несмотря на достижения в области диагностики, такие как молекулярные методы и высокочувствительные тесты, многие вирусные инфекции по-прежнему остаются трудными для идентификации на ранних стадиях. Лечение часто ограничивается противовирусными препаратами, которые не всегда эффективны из-за устойчивости вирусов. С учетом постоянно меняющейся эпидемиологической обстановки, необходимо развивать не только диагностику и терапию, но и системы общественного здравоохранения, регулирующие профилактические мероприятия. Внедрение междисциплинарных подходов, сочетающих исследования в области биоинформатики, молекулярной биологии и эпидемиологии, дает возможность быстро реагировать на новые угрозы. Создание систем мониторинга и обмена данными между странами позволит оперативно реагировать на вспышки вирусных инфекций, тем самым



снижая уровень заболеваемости на глобальном уровне. Разработка и внедрение высокоточных, портативных и доступных методов диагностики вирусных инфекций остаётся ключевой задачей современной медицины. Перспективы дальнейшего совершенствования диагностики связаны с развитием технологий, способных сочетать высокую чувствительность, специфичность и универсальность в различных условиях.

Список литературы:

1. Арнаудова К.Ш., Ясенявская А.Л., Ростошвили Г.А., Сомотруева М.А., Башкина О.А. Современные молекулярно-генетические технологии в диагностике вирусных заболеваний. РМЖ. Медицинское обозрение. 2021;5 (7):497-502. <https://doi.org/10.32364/2587-6821-2021-5-7-497-502>
2. Харш и Трипати, П. (2023). Медицинские вирусы: методы диагностики. Журнал «Вирусология», 20 (1). <https://doi.org/10.1186/s12985-023-02108-w>
3. Гулий О. И., Зайцев Б. Д., Ларионова О. С., Бородин И. А. (2019). Методы обнаружения вирусов и биосенсорные технологии Биофизика, 64 (6), 1094–1102. <https://doi.org/10.1134/s0006302919060073>
4. Самбрия Д., Бербер Э., Матаян М. и Роуз Б. Т. (2021). Вирусные инфекции и метаболизм хозяина – можем ли мы управлять взаимодействием? Границы иммунологии, 11. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2020.594963>
5. Фозуни П., Сон С., Диас де Леон Дерби М., Нотт Дж. Дж., Грей К. Н., Д'Амброзио М. В., Чжао К., Свитц Н. А., Кумар Г. Р., Стивенс С. И., Бем Д., Цоу К.Л., Шу, Дж. Бхуйя, А., Армстронг М., Харрис А. Р., Чен П.Ю., Остерло Дж. М., Мейер-Франке А.,... Отт, М. (2021). Обнаружение SARS-CoV-2 без амплификации с помощью CRISPR-Cas13a и микроскопии с использованием мобильного телефона. Cell, 184 (2), 323-333.e9. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2020.12.001>
6. Хаитович А. Б., Ткач В. В., Ткач А. В. (2022). Специфические лабораторные методы в диагностике инфекции, вызванной вирусом SARS-COV-2. Крымский журнал экспериментальной и клинической медицины, 11 (2), 88–105. <https://doi.org/10.37279/2224-6444-2021-11-2-88-105>
7. Дешпанде Н., Сурьяванши П. В. и Трипати С. (2024). Раскрывая тайну: Разработка метода иммуноферментного анализа (ИФА) для выявления антител к COVID-19. Cureus. 11 августа. 16 (8): e66659. <https://doi.org/10.7759/cureus.66659>
8. Баттальяни Д., Лопес-Пачеко М., Кастро-Фариа-Нето Х.К., Пелоси П., Рокко П.Р.М. Лабораторные биомаркеры для диагностики и прогнозирования COVID-19. Front Immunol. 2022 27 апреля; 13:857573. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2022.857573>
9. Соман Пиллаи В., Кришна Г., Валиа Виттил М. (2020). Вирус Нипах: прошлые вспышки и сдерживание в будущем. Вирусы, 12 (4), 465. <https://doi.org/10.3390/v12040465>
10. Гончарова Е.В., Донников А.Е., Кадочникова В.В., Морозова С.А., Болдырева М.Н., Галкина И.С., Блинов Д.В. Диагностика вируса, вызывающего COVID-19, методом ОТ-ПЦР в реальном времени. Фармакоэкономика. Современная фармакоэкономика и фармакоэпидемиология. 2020;13 (1):52-63. <https://doi.org/10.17749/2070-4909.2020.13.1.52-63>
11. Ямаоши С., Сакаи-Тагава Ю., Кога М., Акасака О., Накати И., Ко Х., Маэда К., Адати Э., Сайто М., Нагаи Х., Икэути К., Огура Т., Баба Р., Фудзита К., Фукуи Т., Ито Ф., Хаттори С., Ямамото К., Накамото Т.,... Каваока Ю. (2020). Сравнение экспресс-тестов на антигены к COVID-19. Вирусы, 12 (12), 1420. <https://doi.org/10.3390/v12121420>
12. Лю Ч.Х., Као Дж.Х. (2023). Острая вирусная инфекция гепатита С: клинические обновления и сохраняющиеся проблемы. Клиническая и молекулярная гепатология, 29 (3), 623–642. <https://doi.org/10.3350/cmh.2022.0349>



13. Бейтс Дж. Н., Камара А., Берете М. С., Баррера Д., Мозес Л., Шериф А., Сесей Ф., Йилла М. С., Грант Д. С., Ламин Дж., Энглич П. (2024). Долгосрочные последствия для физического и психического здоровья людей, перенёвших вирус Эбола, в округе Кенема, Сьерра-Леоне: поперечное исследование. PLOS Global Public Health, 4 (11), e0003421. <https://doi.org/10.1371/journal.pgph.0003421>

