

Оценки опыта применения телемедицинских технологий: цифровые инструменты (искусственный интеллект) на этапах оказания онкологической помощи

А.А. Костин¹, Ю.В. Самсонов²

¹ Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы, Медицинский институт, 117198, Россия, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6

² НМИЦ радиологии Минздрава России, 125284, Россия, г. Москва, 2-й Боткинский проезд, д. 3

Аннотация

Введение. На сегодняшний день предоставление медицинских услуг на расстоянии с использованием постоянно развивающихся информационных и коммуникационных технологий является одной из ключевых задач современности, которую еще предстоит решить. Медицина – это та область науки, которая остро нуждается в информационных и телекоммуникационных технологиях для оказания медицинской помощи в удаленных регионах, непрерывного образования медицинского персонала, ведения электронной документации, применения мобильных диагностических устройств, управления сетью филиалов / медицинских организаций на уровне медицинского центра. Телемедицина является необходимостью, особенно для пациентов с сопутствующими хроническими заболеваниями, например, больных раком.

Целью исследования явилась оценка опыта применения цифровых технологий на этапах оказания онкологической помощи, на примере искусственного интеллекта.

Материалы и методы. Использовался метод систематического обзора литературных данных (PRISMA). Поиск осуществлялся в библиографических базах данных Elibrary, PubMed, MEDLINE, Google Scholar по ключевым словам. В поисковой строке применялись ключевые слова “Telemedicine in oncology”, “COVID-19 in oncology”, “Artificial Intelligence”, “Digital Technologies”, “Data Personalization” и “Teleoncology”. Из поиска исключались работы, основная цель которых не касалась оценки опыта применения телемедицинских технологий в онкологии.

Результаты. Был проведен литературный обзор, который позволил рассмотреть вопросы быстрого внедрения телемедицины в практику после начала пандемии, риски, связанные с широким использованием телемедицины в онкологии, и затронуты вопросы использования искусственного интеллекта в онкологии, раннее выявление, диагностика рака при помощи искусственного интеллекта. В заключении отмечено, что цифровизация здравоохранения кардинально меняет клинический рабочий процесс, расширяя возможности получения информации как со стороны медицинского персонала, так и пациентов. Медицина, основанная на опыте, заменяется научно обоснованным, ориентированным на пациента подходом. Быстро развивающиеся технологии искусственного интеллекта будут продолжать оказывать большое влияние на область онкологии в ближайшем будущем. И медицинский персонал, и научное сообщество должны быть готовы к грядущим переменам.

Ключевые слова: телемедицина в онкологии; COVID-19 в онкологии; искусственный интеллект; цифровые технологии; персонализация данных; телеонкология

Для цитирования: Костин, А.А. Оценки опыта применения телемедицинских технологий: цифровые инструменты (искусственный интеллект) на этапах оказания онкологической помощи / А.А. Костин, Ю.В. Самсонов // Здоровье мегаполиса. – 2024. – Т. 5, вып. 2. – С. 115–124. – DOI: 10.47619/2713-2617.zm.2024.v.5i2;115-124

Evaluation of Telemedicine Experience: Artificial Intelligence in Cancer Care

Kostin A.A.¹, Samsonov Yu.V.²

¹ Medicine Institute, Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba, 117198, 6, Miklukho-Maklay ul., Moscow, Russian Federation

² National Medical Research Radiological Center of the Ministry of Health of the Russian Federation, 125284, 3, Vtoroy Botkinsky proezd, Moscow, Russian Federation

Abstract

Background. To date, one of the key tasks of our time, which has yet to be solved, is to provide medical services remotely using constantly advancing information and communication technologies. It is medical sciences that urgently needs ICT tools for various scopes: providing medical care in remote regions, organizing continuous education of medical personnel, managing electronic patient records, implementing mobile diagnostic devices, and managing network of branches or medical facilities at the institutional level. Telemedicine is a necessity, especially for patients with comorbid chronic diseases like cancer.

Objective. To evaluate utilization of digital technologies at various stages of cancer care, through the example of artificial intelligence.

Materials and methods. A systematic literature review was conducted using PRISMA. The search was carried out in such databases as Elibrary, PubMed, MEDLINE, Google Scholar by keywords "Telemedicine in oncology", "COVID-19 in oncology", "Artificial Intelligence", "Digital Technologies", "Data Personalization", and "Teleoncology". Publications not primarily focused on evaluating telemedicine technologies in oncology were excluded from the review process.

Results. The literature review was conducted to consider the rapid integration of telemedicine since the pandemic, the risks associated with the widespread use of telemedicine in oncology, and the use of artificial intelligence in oncology, including the early detection and diagnosis of cancer. In conclusion, it is noted that the digitalization of healthcare radically changes the clinical workflow by expanding the possibilities for obtaining information from both medical staff and patients. Experience-based medicine is being replaced by an evidence-based, patient-centered approach. The rapidly developing artificial intelligence technologies will continue to have a great impact on the oncology in the near future. Both medical staff and scientific community must be prepared for the coming changes.

Keywords: telemedicine in oncology; COVID-19 in oncology; oncology; artificial intelligence; digital technologies; data personalization; teleoncology

For citation: Kostin A.A., Samsonov Yu.V. Evaluation of Telemedicine Experience : Artificial Intelligence in Cancer Care // *City Healthcare*, 2024, vol. 5, iss. 2, pp. 115-124. – DOI: 10.47619/2713-2617.zm.2024.v.5i2;115-124

Введение

На сегодняшний день цифровые изменения затрагивают все отрасли жизни, и здравоохранение не стало исключением. По данным литературы, система здравоохранения одна из последних ощутила на себе всемирное влияние цифровой трансформации, однако именно в этой области ожидается наибольшее развитие и перспектива роста. Медицина – та область науки, которая остро нуждается в информационных и телекоммуникационных технологиях для оказания медицинской помощи в удаленных регионах, непрерывного образования медицинского персонала, ведения электронной документации пациентов, применения мобильных диагностических устройств, управления сетью филиалов/ медицинских организаций на уровне медицинского центра. В долгосрочной перспективе складывающаяся ситуация будет только способствовать распространению информационных технологий в отрасли [1].

На сегодняшний день предоставление медицинских услуг на расстоянии с использованием постоянно развивающихся информационных и коммуникационных технологий является одной из ключевых задач современности, которую еще предстоит решить. Телемедицина уже проникла в амбулаторную специализированную помощь, в больницы и дома пациентов [2, 3, 4]. Несомненно, за последнее десятилетие учеными и практикующими врачами собрано множество доказательств того, что телемедицина помогла решить большое количество проблем, возникших, в том числе, в результате эпидемиологических чрезвычайных ситуаций, вызывающих необходимость социального дистанцирования. Более того, это оказалось возможной дополнительной, приемлемой и эффективной формой помощи пациентам в определенных обстоятельствах [2, 5, 6]. Телемедицина включает в себя технологии, направленные на сбор информации, ее анализ, отправку, обработку, представление и обмен ею с заинтересованными сторонами.

Заинтересованные стороны (пациенты, врачи, медсестры и физиотерапевты) возлагают большие надежды на использование цифровых технологий для улучшения качества медицинских услуг. Увеличению числа рецензируемых исследований по этой теме способствуют инвестиции в телемедицинские технологии со стороны многих стран Организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР) [2]. Процесс внедрения телемедицинских решений в клиническую практику выявил новые финансовые, технологические, юридические и информационные барьеры. Высокоразвитые страны, для которых характерно наибольшее развитие систем те-

лемедицины, внедрили и продолжают внедрять множество решений, облегчающих использование таких систем на практике [2].

Но несмотря на наличие технологий, оборудования и интернета, до пандемии COVID-19 телемедицина составляла <1% обращений за медицинской помощью [7]. У данной технологии было много положительных факторов в отличие от стационарной или амбулаторной помощи, например, более низкая оплата предоставляемых услуг, нежели чем личные посещения, но были и барьеры, такие как требования к наличию лицензий, налагающие ограничения на способность врачей оказывать помощь пациентам, живущим в других регионах, необоснованные предположения и предубеждения в отношении оказания дистанционной медицинской помощи [7, 8]. Довольно неожиданно, в марте 2020 г., в ответ на растущую угрозу COVID-19, в США центры услуг Medicare и Medicaid (CMS) внесли радикальные изменения, которые временно устранили многие из этих барьеров [7], обеспечивая преимущество для аудио- и видеотелемедицинских посещений и предоставления врачам возможности принимать пациентов во время телемедицинских консультаций в пределах границ штата с либерализованными требованиями соответствия HIPAA и государственной лицензией. Эти условия были объединены, чтобы поддержать тестирование полезности телемедицины и одновременно выявить недостатки ее широкого и потенциально устойчивого применения. Таким образом, это стало примером для всего мира в открытии границ цифровых технологий и внедрения их в повседневную жизнь. В связи с этим целью данной статьи является оценка опыта применения цифровых технологий на этапах оказания онкологической помощи.

Материалы и методы

При подготовке обзора использовался метод представления информации о систематических литературных обзорах и метаанализах (PRISMA). Поиск осуществлялся в библиографических базах данных Elibrary, PubMed, MEDLINE, Google Scholar по ключевым словам «телемедицина в онкологии», «COVID-19 и онкология», «искусственный интеллект», «цифровые технологии в онкологии», «персонализация данных», «телеонкология». При обработке информации из найденных публикаций исключались работы, основная цель которых не касалась онкологической помощи пациентам при использовании цифровых технологий, а именно ИИ. Таким образом, данное исследование включает анализ репрезентативных публикаций за последние 5 лет по применению

телемедицинских технологий на этапах оказания онкологической помощи. По первичному запросу по каждому из ключевых слов было получено от 3886 до 4435 результатов, из которых до 1439 публикаций были сразу исключены, так как работы были старше 5 лет. Далее был проведен отбор публикаций по смысловому критерию, отсеивались публикации, не освещающие вопросы использования цифровых технологий именно в онкологии.

Результаты и обсуждения

Быстрое реагирование при внедрении телемедицины

В марте 2020 г. произошло резкое снижение общего числа посещений больниц, сопровождавшееся сопутствующим ростом числа использования телемедицины. Первооткрывателями в этом процессе были представители Онкологического центра принцессы Маргарет в Торонто, Онтарио. Они начали оказывать помощь с использованием информационных технологий через 12 дней после объявления пандемии [7]. Телемедицина составила 68,4% посещений всего через несколько недель после начала пандемии. Другие системы здравоохранения также среагировали быстро, сообщив о повсеместном внедрении телемедицинских платформ, которые смогли восстановить медицинскую помощь на уровнях, позволяющих обеспечить более половины общего числа посещений в самые трудные первые недели пандемии. Первые проявления телемедицины начинались с использования общедоступных технологий, таких как телефон, так как общение на уровне видеосвязи требовало куда больших технических затрат, времени для внедрения и соответствующих знаний как у врачей, так и у пациентов. Статистика говорит о том, что соотношение аудио- и видеоконференций сильно разнилось в зависимости от регионов и удаленности объектов или других факторов. Однако в целом, несмотря на то что специфика внедрения телемедицины в различных регионах здравоохранения различалась, главный вывод на первых этапах пандемии заключался в том, что аудио- и видеопомощь смогла значительно улучшить, если не полностью устранить разрыв в уходе за людьми [7].

Пандемия COVID-19 оказала наибольшее негативное влияние на людей с хроническими заболеваниями и с ослабленным иммунитетом, например на онкобольных. С начала пандемии в онкологических диспансерах стали все чаще применять телемедицину, это снизило потребность онкологических больных в посещениях

больниц, так как у них высокий риск смерти из-за инфекции SARS-CoV-2, которой можно заразиться в больницах. Лечение онкологических больных химиотерапией часто может привести к подавлению иммунной системы, которая становится более уязвимой к тяжелым формам COVID-19. Таким образом, телемедицина стала играть более заметную роль в лечении онкологических больных во всем мире [9].

Важным фактором при лечении онкологических больных с использованием цифровых технологий является правильный отбор пациентов по категориям. Европейское общество медицинской онкологии (ESMO) рекомендует перевести пациентов, получающих пероральную терапию, в телеонкологические службы для консультаций и продления действия терапии. ESMO также рекомендует использовать телефонные и веб-технологии для оценки токсичности, адаптации дозы и рекомендаций по поддерживающему лечению [9, 10].

Многоуровневый подход ESMO предполагает, что у стабильных пациентов (низкий приоритет) и некритических пациентов (средний приоритет) большая часть посещений больницы будет преобразована в телемедицинские посещения. Элькаддум и др. сообщают, что использование телеонкологии помогает снизить спрос на средства индивидуальной защиты (СИЗ). С помощью аудио- и видеоконсультаций врачи могут следить за состоянием пациентов, их результатами и реакцией на терапию, одновременно оценивая, есть ли у пациента какие-либо признаки инфекции, особенно COVID-19. Это снижает потребность пациентов в посещении больниц. Пациенты, живущие в сельской местности, удаленных регионах, получают большую выгоду от внедрения телеонкологии в больницы, поскольку будет устранена необходимость длительных переездов для получения оптимального лечения. Это также снизит воздействие на них инфекций, которыми можно заболеть при посещении больницы. Более того, благодаря использованию телеонкологии пациенты могут сообщать о новых симптомах и получать от врача быструю ответную реакцию в режиме реального времени [9, 11]. Льюис и др., ежегодно сотрудничая с более чем 200 пациентами посредством телемедицины, получили ответную реакцию от них в виде высокого уровня удовлетворенности внедрением телемедицины в их жизнь. Команда данного онколога пришла к выводу, что долгосрочное наблюдение за онкологическими больными может быть дополнено использованием телемедицинских услуг [9].

В телемедицинских сервисах есть приложение для сортировки онкологических больных с подозрением на COVID-19. Тестирование пациентов

на COVID-19 на сегодняшний день является неотъемлемой частью во всем мире. Видеоконсультация может помочь врачу получить описание симптомов заболевания (таких как температура, частота дыхания, кашель), при этом минимизировать риск заражения и провести наблюдательную оценку [9, 12]. Наконец, телеонкология может быть полезна в паллиативном лечении онкологических больных [9].

Риски, связанные с широким использованием телемедицины в онкологии

Существуют мнения, что категориям пациентов, которые достаточно слабы в своем физическом здоровье, имеют тревожные симптомы или проходят активную химиотерапию и/или иммунотерапию, лучше обслуживаться при посещении больниц в режиме реального времени. В одном из обзоров François Panet описаны четыре случая, когда у пациентов были серьезные проблемы со здоровьем, что явилось следствием упущения при виртуальном наблюдении, либо пациент не был на приеме после серьезной проблемы. Эти случаи иллюстрируют риск, связанный с широким использованием телемедицины в онкологии [13].

В связи с этим однозначно можно сделать вывод, что при применении телемедицины недостатки существуют. Цифровые технологии могут стать дополнительным способом наблюдения, но никак не основным, так как важность личных посещений врача для выявления состояния пациента – это основа при лечении. Широкое использование виртуальной медицины было легко принято отчасти потому, что мы все больше и больше полагаемся на технологии, а не на физическое обследование. За 50 лет были внедрены новые технологии, такие как УЗИ, КТ, магнитно-резонансная томография и ПЭТ. Эти новые технологии значительно помогли врачам в диагностике и лечении серьезных заболеваний, таких как рак. Однако при использовании более сложных химио- и иммунотерапевтических методов все еще существует необходимость обследования пациентов, особенно для выявления сердечных аритмий, признаков сердечной недостаточности или легочной токсичности, связанной с такой терапией. Поэтому использование телемедицины благоприятно только для пациентов, которым не требуется обследование, например, для тех, кто находится на контрольной визуализации. Для пациентов, получающих активную противораковую терапию или имеющих симптомы, настоятельно рекомендовано посещение онкологических диспансеров в режиме реального времени [13].

Кроме того, использование телемедицины

для снижения риска заражения COVID-19 для медицинских работников и пациентов – эффективная мера, однако она не должна быть основополагающей при принятии этого решения, так как при применении адекватной защиты риск заражения снижается. К адекватным мерам защиты относятся своевременная вакцинация, частое тестирование и использование средств индивидуальной защиты [13].

Научное сообщество считает, что без четких границ телемедицина может нанести побочный ущерб. Поскольку ординаторы и студенты-медики лучше всего учатся, получают больший опыт, наблюдая за пациентами в больницах, а телемедицина может повлиять на их клиническое восприятие больных. Это равносильно сохранению теоретического медицинского образования, но полному удалению практических занятий.

Пандемия COVID-19, несомненно, ставит новые проблемы в онкологии, и уход за пациентами остается главным приоритетом. К счастью, недавние данные показывают, что при наличии адекватных мер можно безопасно оценивать состояние отдельных пациентов при посещении онкологического отделения в режиме реального времени. В настоящее время эффективные вакцины еще больше снижают этот риск. Телемедицина оказалась полезным инструментом для наблюдения за пациентами в определенных ситуациях, но, как показывает практика, ее широкое использование в онкологии сопряжено с риском. Мы рекомендуем сопоставлять такие риски с риском заражения COVID-19 у пациентов, чтобы обеспечить наилучший уход [13].

Искусственный интеллект в онкологии

Искусственный интеллект (ИИ) – это область исследований, в которой компьютеры применяются для имитации человеческого интеллекта для решения проблем. На эту технологию возлагаются большие надежды, в настоящее время она применяется в области разработки лекарств. Автоматизированные алгоритмы, извлекающие значимые закономерности, могут предоставлять практические знания и изменять способы разработки методов лечения, классификации пациентов и изучения заболеваний. Напротив, ИИ может нарушать конфиденциальность из-за потенциального доступа к личной информации, такой как геномные последовательности, во время обработки данных [14]. Применение ИИ в онкологии может быть использовано в различных областях знаний.

Например, ключевой задачей медицинской науки является точная классификация заболеваний и разработка оптимальных методов лечения, которые, как ожидается, улучшат исход мно-

гих пациентов. Современные подходы «золотого стандарта» к классификации заболеваний в онкологии включают гистологическое исследование экспертами-патологами и оценку экспрессии молекулярных маркеров, таких как рецепторы клеточной поверхности, на уровне белка или мРНК. Одним из примеров является классификация PAM50, в которой определяется рак молочной железы [14, 15]. Однако внутри этих подтипов все еще сохраняется значительная неоднородность [14, 16]. Учитывая растущее количество доступных молекулярных данных, вероятно, появится возможность более полно идентифицировать подтипы заболеваний, чтобы предсказать будущее поведение заболевания и реакцию на лечение [14].

Группа ученых недавно разработала инструмент, названный молекулярной прогностической оценкой (mPS), который способен точно предсказать прогноз пациентов с раком молочной железы [14, 16]. В основе их исследования были проведены следующие действия: они объединили почти 6000 пациентов с раком молочной железы с помощью метаанализа, который в основном применяется в области эпидемиологии, и всесторонне идентифицировали 184 гена, связанных с прогнозом рака молочной железы, без какой-либо биологической информации. Далее они создали случайный классификатор в сочетании с нейронной сетью и обучили модель прогнозировать общую выживаемость половины когорты METABRIC [14, 17]. Эта система оценки стратифицировала прогноз более точно, чем существующие методы, в нескольких независимых наборах тестовых данных. В отличие от предыдущих инструментов, классификатор можно применять даже к пациенткам с раком молочной железы, не имеющим рецепторов эстрогена. Кроме того, оценка предоставляет полезную информацию, позволяющую избежать чрезмерного лечения [14]. Также были предприняты попытки предсказать риск рецидива рака по патологоанатомическим изображениям. Таким образом, цифровой патологоанатомический тест предсказывает риск рецидива у пациентов с раком молочной железы с использованием сохраненных образцов завершеного клинического исследования ECOG 2197.

Искусственный интеллект является ключевым фактором трансформации здравоохранения в точную медицину. Ежегодно проводятся многочисленные международные соревнования, призванные еще больше революционизировать роль ИИ в здравоохранении и привести к появлению новых алгоритмов для решения сложных задач. На основе последних достижений FDA наконец приступило к одобрению клинических медицинских устройств, основанных на ИИ. В 2018 г. облачная платформа визуализации Arterys была

одобрена FDA в качестве инструмента, помогающего врачам отслеживать опухоли на основе МРТ и компьютерной томографии пациентов с раком легких и печени. В 2019 г. решение для цифровой патологии PAIGE.AI было признано FDA прорывным устройством. Такие стартапы, как PAIGE.AI, Proscia и PathAI, используют алгоритмы искусственного интеллекта на основе глубокого обучения для обнаружения, диагностики и прогнозирования определенных типов рака [14].

Раннее выявление, диагностика рака при помощи ИИ

Ключевыми факторами, определяющими агрессивность опухоли и влияющими на принятие клинических решений и результаты, являются время обнаружения рака, точность диагностики и стадия. Всего за несколько лет ИИ внес значительный вклад в эту важнейшую область онкологии, иногда с производительностью, сравнимой с производительностью людей-экспертов, и с дополнительным преимуществом масштабируемости и автоматизации [19].

Широко сообщалось о моделях, основанных на глубоком обучении, которые точно диагностируют рак и идентифицируют подтипы рака непосредственно на основе гистопатологических и других медицинских изображений. Глубокие нейронные сети (DNN) – это мощные алгоритмы, которые при наличии соответствующей вычислительной мощности можно применять к большим изображениям, таким как окрашенные H&E WSI ткани, полученные в результате биопсии или хирургических резекций. Эти модельные архитектуры действительно преуспели в классификации изображений, например, в определении того, содержит ли оцифрованное окрашенное предметное стекло раковые клетки или нет. Достигая высочайшей точности прогнозирования для отличия опухоли от здоровых клеток ($AUC > 0,99$), DNN также используются для более сложных задач классификации, таких как различение близкородственных подтипов рака (например, аденокарцинома против аденомы при раке желудка и толстой кишки и аденокарцинома по сравнению с плоскоклеточным раком при опухолях легких) и обнаружение доброкачественных и злокачественных тканей. Успех DNN не ограничивается гистопатологическими изображениями, но распространяется и на другие медицинские изображения, полученные с помощью неинвазивных методов, таких как компьютерная томография, МРТ и маммография, и даже на фотографии подозрительных поражений. Например, Esteva и его коллеги обучили DNN (архитектура Inception-V3) на изображениях поражений кожи, размеченных для 757 классов гранулярных заболеваний кожи

[19, 20]. Их модель при тестировании на классификацию карциномы и меланомы фотографических и дерматоскопических изображений кожных поражений превзошла (AUC, 0,91–0,94) среднюю точность, достигнутую 21 сертифицированным дерматологом. Важно отметить, что их модель была устойчива к изменениям, присущим цифровым фотографиям (из-за разных ракурсов камеры, неравномерной экспозиции и т. д.), что делало применимость этой модели весьма общей [19, 20].

Jiang и его коллеги использовали компьютерную томографию для разработки DNN, которая позволяет прогнозировать оккультные перитонеальные метастазы при раке желудка с улучшенной AUC (0,92–0,94) по сравнению с той, которая достигается на основе клинических и патологических особенностей (AUC, 0,51–0,63) [19, 21]. В ретроспективном исследовании с диагнозом, подтвержденным биопсией, и длительным наблюдением McKinney и его коллеги опубликовали ансамблевый подход с тремя независимыми моделями глубокого обучения, которые прогнозируют оценку риска рака непосредственно на основе маммограмм примерно 29 000 женщин (AUC 0,75–0,88). Группа также сообщила об улучшении абсолютной специфичности (1,2–5,7%) и чувствительности (2,7–9,4%) обнаружения рака с помощью маммографии по сравнению со средним рентгенологом [19, 22].

Если эффективность таких моделей будет подтверждена в перспективных исследованиях, они могут сыграть важную роль в раннем выявлении и классификации рака, особенно потому, что их эффективность сопоставима, а то и лучше, чем у экспертов в этой области. За пределами больниц также начали внедряться приложения для смартфонов с искусственным интеллектом, что потенциально позволяет обеспечить раннее обнаружение раковых поражений непосредственно на портативном устройстве пользователя. Какой бы удобной и многообещающей ни была диагностическая точность таких приложений для смартфонов, такие технологии еще предстоит клинически подтвердить. Особую озабоченность вызывают случаи, прогнозируемые как ложноотрицательные, поскольку они могут

задержать пациентов от своевременного обращения за медицинской помощью.

Заключение

Цифровизация здравоохранения кардинально меняет клинический рабочий процесс, расширяя возможности получения информации как со стороны медицинского персонала, так и пациентов. Медицина, основанная на опыте, заменяется научно обоснованным, ориентированным на пациента подходом. В перспективе быстро развивающиеся технологии искусственного интеллекта будут оказывать большое влияние на область онкологии в ближайшем будущем. И медицинский персонал, и научное сообщество должны быть готовы к грядущим переменам. Таким образом, все это ведет к тому, что медицинский персонал при получении образования должен осваивать еще больший спектр знаний, например, передовые статистические и вычислительные навыки, для того чтобы быть конкурентоспособным игроком на мировой арене. Действительно, некоторые медицинские школы уже начали включать в учебную программу курсы обучения искусственному интеллекту. Внедрение технологий искусственного интеллекта становится проще благодаря доступности различных инструментов с открытым исходным кодом и облачных вычислений. Телемедицина в общем и ИИ в частности обладает неоспоримым потенциалом для улучшения ухода за больными раком и более широкого влияния на область онкологических заболеваний. В лабораторных условиях ИИ показал достаточно высокую точность работы, чтобы теоретически изменить традиционные методы практически на всех этапах исследований рака и медицины.

В заключение хочется отметить, что после огромного успеха искусственного интеллекта в клинической практике возникает вопрос, сможет ли (и если да, то когда) искусственный интеллект стать полностью интегрированным в клинику и войти в регулярную практику для врачей и пациентов, больных раком.

Список литературы

1. Волкова О.А., Бударин С.С., Смирнова Е.В., Эльбек Ю.В. Опыт использования телемедицинских технологий в системах здравоохранения зарубежных стран и Российской Федерации: систематический обзор // Фармакоэкономика. Современная фармакоэкономика и фармакоэпидемиология. 2021. № 4. С. 73–85.
2. Kamecka K., Foti C., Gawiński L., Matejun M., Rybarczyk-Szwajkowska A., Kiljański M., Krochmalski M., Kozłowski R., Marczak M. Telemedicine Technologies Selection for the Posthospital Patient Care Process after Total Hip Arthroplasty // *Int J Environ Res Public Health*. 2022 Sep 13; 19(18):11521. doi: 10.3390/ijerph191811521.
3. Dorsey E.R., Topol E.J. Telemedicine 2020 and the next decade // *Lancet*. 2020; 395:859. doi: 10.1016/S0140-6736(20)30424-4.
4. Gogia S. Rationale, history, and basics of telehealth // In: Gogia S., Masucci S., editors. *Fundamentals of Telemedicine and Telehealth*. Academic Press; Cambridge, MA, USA: 2020. Pp. 11–34.
5. De Araújo N^ovaes M. Chapter 10—Telecare within Different Specialties in *Fundamentals of Telemedicine and Telehealth* // Gogia S., editor. Academic Press; Cambridge, MA, USA: 2020. Pp. 185–254. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128143094000100> (дата обращения: 30.02.2024).
6. Glinkowski W.M. Orthopedic Telemedicine Outpatient Practice Diagnoses Set during the First COVID-19 Pandemic Lockdown—Individual Observation // *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 2022; 19:5418. doi: 10.3390/ijerph19095418.
7. West HJ, Barzi A, Wong D. Telemedicine in Cancer Care Beyond the COVID-19 Pandemic: Oncology 2.0? // *Curr Oncol Rep*. 2022 Dec;24(12):1843–1850. doi: 10.1007/s11912-022-01332-x.
8. Lopez AM, Lam K, Thota R. Barriers and facilitators to telemedicine: can you hear me now? // *ASCO Ed Book*. 2021; 41:25–36.
9. Shirke MM, Shaikh SA, Harky A. Implications of Telemedicine in Oncology during the COVID-19 Pandemic // *Acta Biomed*. 2020 Sep 7;91(3):e2020022. doi: 10.23750/abm.v91i3.9849.
10. European Society for Medical Oncology. Cancer Patient Management During the COVID-19 Pandemic. URL: <https://www.esmo.org/guidelines/cancer-patient-management-during-the-covid-19-pandemic> (дата обращения: 30.02.2024).
11. Sabesan S., Simcox K., Marr I. Medical oncology clinics through videoconferencing: an acceptable telehealth model for rural patients and health workers // *Internal Medicine Journal*. 2012; 42(7):780–785.
12. Portnoy J., Waller M., Elliott T. Telemedicine in the Era of COVID-19 // *The Journal of Allergy and Clinical Immunology: In Practice*. 2020; 8(5):1489–1491.
13. Panet F., Tétreault-Langlois M., Morin V., Sultanem K., Melnychuk D., Panasci L. The risks associated with the widespread use of telemedicine in oncology: Four cases and review of the literature // *Cancer Rep (Hoboken)*. 2022 Jul; 5(7):e1531. doi: 10.1002/cnr2.1531.
14. Shimizu H., Nakayama KI. Artificial intelligence in oncology // *Cancer Sci*. 2020 May; 111(5):1452–1460. doi: 10.1111/cas.14377.
15. Ohnstad HO., Borgen E., Falk RS., et al. Prognostic value of PAM50 and risk of recurrence score in patients with early-stage breast cancer with long-term follow-up // *Breast Cancer Res*. 2017; 19:120.
16. Yeo SK., Guan JL. Breast cancer: multiple subtypes within a tumor? // *Trends Cancer*. 2017; 3:753–760.
17. Shimizu H., Nakayama KI. A 23 gene-based molecular prognostic score precisely predicts overall survival of breast cancer patients // *EBioMedicine*. 2019; 46:150–159.
18. Curtis C., Shah SP., Chin S-F., et al. The genomic and transcriptomic architecture of 2,000 breast tumours reveals novel subgroups // *Nature*. 2012; 486:346–352.
19. Bhinder B., Gilvary C., Madhukar NS., Elemento O. Artificial Intelligence in Cancer Research and Precision Medicine // *Cancer Discov*. 2021 Apr; 11(4):900–915. doi: 10.1158/2159-8290.CD-21-0090.
20. Esteva A., Kuprel B., N^ovoa RA., Ko J., Swetter SM., Blau HM., Thrun S. Dermatologist-level classification of skin cancer with deep neural networks // *Nature*. 2017; 542:115–118.
21. Jiang Y., Liang X., Wang W., Chen C., Yuan Q., Zhang X., et al. N^oninvasive Prediction of Occult Peritoneal Metastasis in Gastric Cancer Using Deep Learning // *JAMA Netw Open*. 2021; 4:e2032269.
22. McKinney SM., Sieniek M., Godbole V., Godwin J., Antropova N., Ashrafian H., et al. International evaluation of an AI system for breast cancer screening // *Nature*. 2020; 577:89–94.

References

1. Volkova O.A., Budarin S.S., Smirnova E.V., Elbek Y.V. Experience in the use of telemedicine technologies in healthcare systems of foreign countries and the Russian Federation: a systematic review // *Pharmacoeconomics. Modern Pharmacoeconomics and Pharmacoepidemiology*. 2021. № 4. Pp. 73–85. (In Russ.)
2. Kamecka K., Foti C., Gawiński Ł., Matejun M., Rybarczyk-Szwajkowska A., Kiljański M., Krochmalski M., Kozłowski R., Marczak M. Telemedicine Technologies Selection for the Posthospital Patient Care Process after Total Hip Arthroplasty // *Int J Environ Res Public Health*. 2022 Sep 13; 19(18):11521. doi: 10.3390/ijerph191811521. (In Eng.)
3. Dorsey E.R., Topol E.J. Telemedicine 2020 and the next decade // *Lancet*. 2020; 395:859. doi: 10.1016/S0140-6736(20)30424-4. (In Eng.)
4. Gogia S. Rationale, history, and basics of telehealth // In: Gogia S., Masucci S., editors. *Fundamentals of Telemedicine and Telehealth*. Academic Press; Cambridge, MA, USA: 2020. Pp. 11–34. (In Eng.)
5. De Araújo N^ovaes M. Chapter 10—Telecare within Different Specialties in *Fundamentals of Telemedicine and Telehealth* // Gogia S., editor. Academic Press; Cambridge, MA, USA: 2020. Pp. 185–254. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128143094000100> (accessed: 30.02.2024). (In Eng.)
6. Glinkowski W.M. Orthopedic Telemedicine Outpatient Practice Diagnoses Set during the First COVID-19 Pandemic Lockdown—Individual Observation // *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 2022; 19:5418. doi: 10.3390/ijerph19095418. (In Eng.)
7. West HJ, Barzi A, Wong D. Telemedicine in Cancer Care Beyond the COVID-19 Pandemic: Oncology 2.0? // *Curr Oncol Rep*. 2022 Dec;24(12):1843–1850. doi: 10.1007/s11912-022-01332-x. (In Eng.)
8. Lopez AM, Lam K, Thota R. Barriers and facilitators to telemedicine: can you hear me now? // *ASCO Ed Book*. 2021; 41:25–36. (In Eng.)
9. Shirke MM, Shaikh SA, Harky A. Implications of Telemedicine in Oncology during the COVID-19 Pandemic // *Acta Biomed*. 2020 Sep 7;91(3):e2020022. doi: 10.23750/abm.v91i3.9849. (In Eng.)
10. European Society for Medical Oncology. Cancer Patient Management During the COVID-19 Pandemic. URL: <https://www.esmo.org/guidelines/cancer-patient-management-during-the-covid-19-pandemic> (accessed: 30.02.2024). (In Eng.)
11. Sabesan S., Simcox K., Marr I. Medical oncology clinics through videoconferencing: an acceptable telehealth model for rural patients and health workers // *Internal Medicine Journal*. 2012; 42(7):780–785. (In Eng.)
12. Portnoy J., Waller M., Elliott T. Telemedicine in the Era of COVID-19 // *The Journal of Allergy and Clinical Immunology: In Practice*. 2020; 8(5):1489–1491. (In Eng.)
13. Panet F., Tétreault-Langlois M., Morin V., Sultanem K., Melnychuk D., Panasci L. The risks associated with the widespread use of telemedicine in oncology: Four cases and review of the literature // *Cancer Rep (Hoboken)*. 2022 Jul; 5(7):e1531. doi: 10.1002/cnr2.1531. (In Eng.)
14. Shimizu H., Nakayama KI. Artificial intelligence in oncology // *Cancer Sci*. 2020 May; 111(5):1452–1460. doi: 10.1111/cas.14377. (In Eng.)
15. Ohnstad HO., Borgen E., Falk RS., et al. Prognostic value of PAM50 and risk of recurrence score in patients with early-stage breast cancer with long-term follow-up // *Breast Cancer Res*. 2017; 19:120. (In Eng.)
16. Yeo SK., Guan JL. Breast cancer: multiple subtypes within a tumor? // *Trends Cancer*. 2017; 3:753–760. (In Eng.)
17. Shimizu H., Nakayama KI. A 23 gene-based molecular prognostic score precisely predicts overall survival of breast cancer patients // *EBioMedicine*. 2019; 46:150–159. (In Eng.)
18. Curtis C., Shah SP., Chin S-F., et al. The genomic and transcriptomic architecture of 2,000 breast tumours reveals novel subgroups // *Nature*. 2012; 486:346–352. (In Eng.)
19. Bhinder B., Gilvary C., Madhukar NS., Elemento O. Artificial Intelligence in Cancer Research and Precision Medicine // *Cancer Discov*. 2021 Apr; 11(4):900–915. doi: 10.1158/2159-8290.CD-21-0090. (In Eng.)
20. Esteva A., Kuprel B., N^ovoa R.A., Ko J., Swetter SM., Blau HM., Thrun S. Dermatologist-level classification of skin cancer with deep neural networks // *Nature*. 2017; 542:115–118.
21. Jiang Y., Liang X., Wang W., Chen C., Yuan Q., Zhang X., et al. N^oninvasive Prediction of Occult Peritoneal Metastasis in Gastric Cancer Using Deep Learning // *JAMA Netw Open*. 2021; 4:e2032269. (In Eng.)
22. McKinney SM., Sieniek M., Godbole V., Godwin J., Antropova N., Ashrafian H., et al. International evaluation of an AI system for breast cancer screening // *Nature*. 2020; 577:89–94. (In Eng.)

Информация о статье

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование: исследование не имело спонсорской поддержки.

Информация об авторах

Костин Андрей Александрович – чл.-корр. РАН, д-р мед. наук, профессор РАН, первый проректор, проректор по научной работе ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов», г. Москва; заведующий кафедрой урологии и оперативной нефрологии с курсом онкоурологии Медицинского института ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов», г. Москва; ведущий научный сотрудник ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России, г. Обнинск, <https://orcid.org/0000-0002-0792-6012>

Самсонов Юрий Владимирович – канд. мед. наук, заведующий отделом координации медицинской помощи Центра координации деятельности учреждений регионов Российской Федерации в области радиологии и онкологии ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России, г. Обнинск; ведущий научный сотрудник Российского центра информационных технологий и эпидемиологических исследований в области онкологии МНИОИ им. П.А. Герцена – филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России, г. Москва, <https://orcid.org/0000-0002-2971-5873>

Для корреспонденции

Самсонов Юрий Владимирович
samsonovu@list.ru

Article info

Conflict of interest: the authors declare no conflict of interest.

Funding: the authors received no financial support for the research.

About authors

Andrey A. Kostin – Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Medical Sciences, Professor of the Russian Academy of Sciences, First Vice-Rector, Vice-Rector for Research at the Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba, Moscow, Head of Urology and Surgical Nephrology Department with the Course of Urologic Oncology at the Medicine Institute of Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba, Lead Researcher of National Medical Research Radiological Center of the Ministry of Health of the Russian Federation, Obninsk, <https://orcid.org/0000-0002-0792-6012>

Yury V. Samsonov – Candidate of Medical Sciences, Head of Medical Care Coordination Unit at the Center for Coordination of Activities of Institutions of the Regions of the Russian Federation in the field of Radiology and Oncology of the National Medical Research Radiological Center of the Ministry of Health of the Russian Federation, Obninsk, Lead Researcher of the Russian Center for Information Technologies and Epidemiological Studies in Oncology at the P. Hertsen Moscow Oncology Research Institute – branch of the National Medical Research Radiological Center of the Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow, <https://orcid.org/0000-0002-2971-5873>

Corresponding author

Yury V. Samsonov
samsonovu@list.ru