

**Амлаев К. Р., Хрипунова А. А., Максименко Е. В., Максименко Л. Л., Степанян Т. О.**

## **ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ЗДРАВООХРАНЕНИИ: ПЕРСПЕКТИВЫ И ВЫЗОВЫ ДЛЯ НАУКИ И КЛИНИЧЕСКОЙ МЕДИЦИНЫ**

ФГБОУ «Ставропольский государственный медицинский университет» Минздрава России, 355017, г. Ставрополь

*Представлен анализ данных литературы о применении систем искусственного интеллекта и машинного обучения в медицинской науке и практике. Особое внимание уделено ключевым моментам использования искусственного интеллекта в здравоохранении: диагностике, телемедицине, разработке новых лекарственных средств, а также медицинской реабилитации и процессу принятия управленческих решений. Несмотря на широкие перспективы применения данных систем в клинической практике и фармацевтической промышленности, существует ряд нерешенных проблем: обеспечение информационной безопасности, риск принятия ошибочных решений и необходимость изменения существующей нормативно-правовой базы здравоохранения.*

*Ключевые слова:* искусственный интеллект; здравоохранение; телемедицина; онлайн-мониторинг; нейронные сети; разработка лекарств.

*Для цитирования:* Амлаев К. Р., Хрипунова А. А., Максименко Е. В., Максименко Л. Л., Степанян Т. О. Применение искусственного интеллекта в здравоохранении: перспективы и вызовы для науки и клинической медицины. Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины. 2024;32(3):331—338. DOI: <http://dx.doi.org/10.32687/0869-866X-2024-32-3-331-338>

*Для корреспонденции:* Амлаев Карэн Робертович, д-р мед. наук, профессор, зав. кафедрой общественного здоровья и здравоохранения, медицинской профилактики и информатики Ставропольского государственного медицинского университета, e-mail: [kum672002@mail.ru](mailto:kum672002@mail.ru)

**Amlaev K. R., Khripunova A. A., Maksimenko E. V., Maksimenko L. L., Stepanyan T. O.**

## **THE APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLECT IN HEALTH CARE: PROSPECTS AND CHALLENGES FOR SCIENCE AND CLINICAL MEDICINE**

The Federal State Budget Educational Institution of Higher Education “The Stavropol State Medical University” of Minzdrav of Russia, 355017, Stavropol, Russia

*The paper analyses publications data related to issues of application of AI and machine learning systems in medical science and practice. The particular attention is paid to key points of AI application in health care: diagnostics, telemedicine, development of new medications, medical rehabilitation and management decision-making process. Despite broad perspectives of applying the given systems in clinical practice and pharmaceutical industry, there are a number of such unsolved problems as ensuring information security, risk of making erroneous decisions and necessity to change existing normative legal base of health care.*

*Keywords:* AI; health care; telemedicine; on-line monitoring; neural networks; medications development.

*For citation:* Amlaev K. R., Khripunova A. A., Maksimenko E. V., Maksimenko L. L., Stepanyan T. O. The application of artificial intellect in health care: prospects and challenges for science and clinical medicine. *Problemi socialnoi gigieni, zdravookhraneniya i istorii meditsini*. 2024;32(3):331—338 (In Russ.). DOI: <http://dx.doi.org/10.32687/0869-866X-2024-32-3-331-338>

*For correspondence:* Amlaev K. R., doctor of medical sciences, professor, the Head of the Chair of Public Health and Health Care, Medical Prevention and Informatics of the of Federal State Budget Educational Institution of Higher Education “The Stavropol State Medical University” of Minzdrav of Russia. e-mail: [kum672002@mail.ru](mailto:kum672002@mail.ru)

*Conflict of interests.* The authors declare absence of conflict of interests.

*Acknowledgment.* The study had no sponsor support.

Received 18.10.2023  
Accepted 27.03.2024

Современный этап развития биомедицинской науки создает предпосылки для цифровой трансформации здравоохранения путем внедрения не только стандартного программного обеспечения (медицинских информационных систем), но и технологий искусственного интеллекта (ИИ) и машинного обучения [1]. Высокие биомедицинские технологии, включая биометрию, тканевую и клеточную инженерию, производство вакцин, могут коренным образом изменить подходы к диагностике и лечению многих заболеваний, тем самым способствуя повышению качества медицинской помощи и развитию персонализированной медицины [2].

Одной из важнейших мировых тенденций цифровизации медицины является использование мо-

бильных интернет-устройств (МИУ) — так называемое мобильное здравоохранение (mHealth) [3, 4]. Использование индивидуальных носимых устройств способствует широкому распространению телемедицинских технологий, что позволяет улучшить профилактику, диагностику заболеваний на ранних стадиях, а также предоставляет ряд сервисов, таких как беспроводная наблюдаемая терапия (БНТ) — новый метод контроля приверженности терапии [5]. Приложения МИУ многочисленны и предоставляют специалистам доступ к таким научным базам данных, как Medscape, Web of Science и Scopus. Особую актуальность подобных цифровых методов оказания медицинской помощи с использованием ИИ показала пандемия COVID-19 [6].

Широкое внедрение технологий ИИ, машинного обучения, а также распределенного реестра (блокчейн) в здравоохранение произвели настоящую революцию в подходах к оказанию медицинской помощи населению и были встречены пациентами стран Европы и США с определенным энтузиазмом, поскольку они делают возможной модель 4P-медицины (предиктивную, профилактическую, персонализированную и партисипативную), чем расширяют автономию пациента [7]. В работе R. Ng, и K. B. Tan [2] показано, что интеграция ИИ в систему здравоохранения приводит к повышению качества и доступности медицинской помощи, а также снижению затрат на медицинское обслуживание.

Цифровые инструменты здравоохранения открывают реальные возможности для улучшения терапевтических результатов за счет использования технологии «больших данных» (Big Data) [8]. Этот термин еще в 2008 г. предложил редактор журнала «Nature» Клиффорд Линч, говоря о взрывном росте объемов информации в мире. К началу 2012 г. объемы данных выросли до огромных масштабов и возникла потребность в их систематизации и практическом применении. В здравоохранении главные источники «больших данных» — это содержимое электронных медицинских карт пациентов, а также архивы медицинских изображений [9, 10]. Наиболее предпочтительным инструментом анализа Big Data является ИИ [11]. Поскольку технологии ИИ уже используются в различных областях медицинской науки и практики, в данном обзоре выделено несколько ключевых аспектов его применения: диагностика, телемедицина, разработка новых лекарственных средств, а также медицинская реабилитация и процесс принятия управленческих решений.

### Диагностика и анализ медицинских изображений

ИИ — это мощный инструмент анализа изображений, который все чаще используется в радиологии для повышения качества ранней диагностики различных заболеваний. Обнадеживающие результаты получены исследователями при использовании ИИ для ранней диагностики таких заболеваний, как рак молочной железы и кожи, патология глаза и пневмония [12–14].

ИИ является потенциальным инструментом для анализа данных ЭКГ и ЭхоКГ, что может использоваться при разработке систем поддержки принятия решений. Одним из примеров является платформа Ultromics, в которой технологии ИИ применяются для анализа ЭхоКГ и позволяют выявить ишемическую болезнь сердца [15].

Инструменты ИИ анализируют речевые паттерны для прогнозирования психотических проявлений, а также распознают признаки неврологических заболеваний, таких как болезнь Паркинсона [16]. В работе С.-У. Chou и соавт. [17] показано создание предсказательной модели развития сахарного диабета с использованием машинного обучения. А в исследовании A. Gudigar и соавт. [18] указано, что анализ медицинских изображений, включая рентгено-

граммы, КТ и УЗИ, методами ИИ внесли значительный вклад в борьбу с COVID-19. Результаты данного исследования свидетельствуют, что все методы ручного функционального обучения нейронной сети (РФОНС), глубокого нейронного анализа (ГНА), а также гибридные методы эффективны в предсказании случаев COVID-19.

В обзоре V. V. Khanna и соавт. [19] подробно рассмотрен опыт применения ИИ для анализа данных КТ, рентгенографии, МРТ и УЗИ с целью диагностики COVID-19. Модель глубокого обучения «transformer», используемая для анализа медицинских изображений, включает регистрацию, обнаружение, классификацию, изменение формата и фрагментацию изображений [20]. В предыдущих работах показано применение этой модели для дифференциальной диагностики поражения легких при COVID-19 и пневмониями иной этиологии [21, 22]. В исследовании S.-H. Wang и соавт. [23] был предложен новый гибридный метод, основанный на анализе КТ грудной клетки, для автоматизации выявления признаков COVID-19. Он включает в себя «виртуальный глаз» — «компьютерное зрение» (ВГ-КЗ), нейронную сеть прямой связи (НСПС), трехсегментный алгоритм оптимизации на основе биогеографии (ЗАООБ).

Компьютерное зрение извлекает объекты из изображения, алгоритм 3SBVO оптимизирует смещения сети, а нейронная сеть классифицирует изображения. Этот способ показал лучшую эффективность при обнаружении COVID-19, чем традиционные методы машинного обучения и нейронная сеть с радиальной базисной функцией. Кроме того, В. Ghelati и соавт. [24] сообщают, что данный метод может быть успешно использован для дифференциальной диагностики злокачественных и доброкачественных опухолей молочной железы на основе данных УЗИ.

Области применения ИИ в медицине настолько разнообразны, что позволяют использовать в образовательных и научных целях искусственные нейронные сети — методы глубокого обучения, называемые генеративно-состязательной сетью (ГСС). Данный алгоритм машинного обучения построен на комбинации из двух нейронных сетей, одна из которых (сеть G) генерирует образцы, а другая (сеть D) старается отличить «подлинные» образцы от искусственно созданных. Использование этой технологии позволяет, в частности, генерировать изображения, которые человеческим глазом воспринимаются как настоящие. Так, квалифицированным рентгенологам было трудно отличить изображения рака легкого, полученные с помощью ГСС, от реальных [25]. Таким образом, ГСС могут успешно использоваться в обучении студентов-медиков. С помощью данного метода можно быстро разработать симуляционные учебные материалы. Кроме того, искусственные нейронные сети позволяют моделировать «контрольные группы» и тем самым снижать затраты при проведении клинических исследований, что расширяет возможности их применения в научных целях [26].

## Здоровье и общество

Даже небезызвестный бот ChatGPT находит свое применение в области медицины из-за частого использования населением для получения медицинских консультаций. Этот факт вызывает определенную тревогу, так как в обществе может возникнуть соблазн использовать такую модель для установления диагноза и назначения лечения [27]. Исследование, проведенное в США, показало, что около  $\frac{1}{3}$  взрослого населения страны прибегали к самодиагностике через интернет. Впоследствии около 50% из них обратились к специалисту за квалифицированной консультацией [28].

### Телемедицина и онлайн-мониторинг состояния здоровья

Развитие рынка индивидуальных носимых устройств позволяет шире использовать потенциал технологий машинного обучения и ИИ в здравоохранении [29]. Удаленный мониторинг пациентов через виртуальную сеть с помощью активных технологических решений уже стал реальностью. Индивидуальные неинвазивные датчики позволяют контролировать состояние здоровья пациентов с хроническими заболеваниями, такими как сахарный диабет, гипертоническая болезнь, ночное апноэ и бронхиальная астма [30]. Эти датчики отслеживают физиологические функции организма: частоту дыхательных движений, пульс, форму дыхательных волн, артериальное давление и обеспечивают регистрацию ЭКГ. В качестве интерфейса между человеком и датчиками используется smart-устройство (например, планшет). При этом собранные данные отправляются в облако для хранения и последующего анализа [31].

Пандемия COVID-19 подстегнула интерес к использованию достаточно простых устройств, которые измеряют физиологические данные пациентов и передают информацию для активного онлайн-мониторинга [32]. Носимые устройства в режиме реального времени отражают клинические особенности течения заболевания, которые пациенты могут не замечать или сознательно замалчивать. Такие системы, включающие датчики и специальные онлайн-приложения, обеспечивают высокую эффективность дистанционной медицинской помощи по сравнению с традиционными методами телемедицины, основанными на проведении видеоконференций [33]. Во время пандемии COVID-19 зафиксировано увеличение количества телемедицинских консультаций в 38 раз [34]. Такой рост был обусловлен сокращением числа очных консультаций в связи с необходимостью контроля распространения вируса SARS-CoV-2 [35, 36]. Эта вынужденная ситуация выявила потенциал новых цифровых инструментов — возможность использования виртуальной или дополненной реальности для доступа к видеозаписям и аудиочатам и взаимодействия с врачами в режиме реального времени [37].

Удаленный мониторинг состояния пациента является частью телемедицины и позволяет специалистам проводить дистанционные консультации, опи-

раясь на полученные данные в режиме реального времени. Пациенты также получают возможность активного самоконтроля состояния здоровья [38]. Использование специальных приложений для мобильных устройств и онлайн-порталов, облегчающих общение пациентов с лечащим врачом, может повысить уровень приверженности лечению до 60% и более [39].

Наиболее перспективным представляется объединение имеющихся разработок в области удаленного мониторинга с технологиями ИИ, что позволит выявлять ухудшение состояния здоровья на ранних стадиях, а также создавать персонализированные схемы модификации образа жизни (например, подбор оптимального уровня физической нагрузки). Однако следует учитывать, что у технологий ИИ есть определенные недостатки: возможность компрометации персональных данных, проблемы при обработке сигналов, неопределенность данных, получаемых от датчиков, несбалансированные наборы данных, извлечение отдельных признаков и др. [40]. Так, датчики, отслеживающие частоту сердечных сокращений, обнаруживают артефакты, вызванные движениями рук [41, 42]. Еще одной важной проблемой на пути к широкому внедрению индивидуальных носимых устройств является их принятие пациентом. Ряд исследований показали, что большинство пользователей носимых устройств отказались от них, причем  $\frac{1}{3}$  опрошенных сделали это в течение 6 мес [43, 44]. Многие пациенты опасались, что технологии ИИ могут использовать их персональные данные не по назначению. Поэтому важным компонентом является расширение знаний пациентов о функциях устройств на основе ИИ, их способностях и ограничениях [45].

### Клинические исследования и производство лекарств

ИИ идеально подходит для анализа больших и сложных наборов данных в медицинских исследованиях, интеграции различных типов данных, научного поиска и разработки новых лекарственных средств [46, 47]. Прогнозные модели могут использоваться учеными с целью отбора оптимальных кандидатов для включения в клинические исследования и разработки точных моделей биологических процессов [46]. На этапе подготовки исследования ИИ поможет сформировать необходимую выборку, провести рандомизацию, а также последующий анализ полученных данных. Это способствует повышению качества клинических исследований, улучшает их эффективность и с медицинской, и с экономической точки зрения [48]. Как сказано выше, технологии ИИ могут использоваться для расширения наборов данных и увеличения разнообразия выборки [49].

В разработке лекарств технологии ИИ развились на основе моделей машинного обучения, био- и химической информатики [50]. Использование подобных методов может значительно сократить финансовые и временные затраты на создание новых ле-

карственных средств [51]. Так, в работе К. Williams и соавт. показано, что робот на основе ИИ (Eve) выполнил процесс разработки лекарства быстро и экономически выгодно [52]. При поиске лекарств ИИ в основном используется для поиска молекул-кандидатов [51]. Распознавание новых лекарственных мишеней имеет решающее значение при создании препаратов [50]. Современная разработка лекарств начинается с определения молекулярной мишени, на которую нужно воздействовать, чтобы изменить течение болезни. Но когда мишень выбрана, необходимо подобрать вещество, которое с ней свяжется. Экспериментальный этап включает синтез и тестирование тысяч, а иногда сотен тысяч веществ-кандидатов, и лишь малая часть из них пройдет на стадию доклинических, а затем и клинических испытаний.

ИИ может обнаруживать соединения *hit* и *lead*, быстро идентифицировать целевую молекулу и подбирать лучшую схему разработки структуры лекарственного средства [53, 54]. Способность технологий ИИ прогнозировать взаимодействие молекулы лекарства и мишени также используется для поиска новых свойств и механизмов фармакологического действия уже существующих лекарств и решения проблемы полипрагмазии [53].

При необходимости анализа и оценки большого объема научных данных может применяться ChatGPT. На примере разработки лекарств это помогает обучить модель на огромном объеме научных данных, прежде чем она будет использована для поиска лекарственных мишеней или молекул-кандидатов [55, 56]. Кроме того, ИИ используется для виртуального скрининга химических веществ или молекулярного докинга [57–59].

ИИ активно привлекается для ускорения анализа белков, составляющих вирус, при разработке вакцин. Системы ИИ эффективно справляются с классификацией многочисленных компонентов в сложной структуре белка с целью определения той составляющей, которая с наибольшей вероятностью вызовет устойчивый иммунологический ответ [60]. Пандемия COVID-19 значительно ускорила внедрение технологий ИИ в процесс разработки вакцин и лекарств [61].

### Медицинская реабилитация

Системы ИИ имеют много точек приложения в области реабилитации пациентов с хроническими заболеваниями и восстановления утраченных функций при травмах и аномалиях развития. Выделяют две основные ветви развития технологий ИИ в медицинской реабилитации: физическая (робототехника) и виртуальная (программное обеспечение). Методы машинного обучения применяются для оценки данных пациента, поддержки принятия клинических решений и диагностической визуализации. Выше мы упоминали об использовании датчиков для удаленного мониторинга состояния здоровья пациента. Точно так же в процессе реабилита-

ции ИИ может применяться для оценки эффективности упражнений на основе сигналов от индивидуальных носимых устройств [62, 63]. Инерциальные датчики могут быть использованы для проверки соблюдения режима тренировок и правильности выполнения физических упражнений [64].

Робототехника с поддержкой ИИ находит свое применение в создании биопротезов при потере конечностей, а также проведении методов физической реабилитации, например сеансов массажа [63]. Роботизированные устройства с компонентами ИИ способны отслеживать движения пациента и на основе заданных алгоритмов помогать эффективно выполнять движения в процессе реабилитации [65], таким образом восполняя разрыв между потребностью пациентов в квалифицированной помощи и доступностью специалистов-физиотерапевтов [66].

О. Lambersy и соавт. [67] предложили подход к проведению дистанционной нейрореабилитации с использованием цифровых устройств при минимальном контроле врача, которая могла бы помочь пациентам после инсульта продолжать лечение в домашних условиях. Однако технологии ИИ для дистанционной реабилитации и нейрореабилитации должны отвечать строгим требованиям безопасности и надежности, поскольку пациенты находятся вне стационара и лишены возможности быстро получить специализированную медицинскую помощь.

### Автоматизация документооборота и принятие решений

Несмотря на то, что в мире широко используются системы, интегрированные с электронной медицинской картой, часто им не хватает точности, которую может обеспечить применение ИИ [68]. В 2022 г. стало известно, что компания Amazon уже работает над инновационным решением для извлечения ценной информации из неструктурированных данных и научных публикаций [34]. Y. Li и соавт. [69] представили результаты исследования модели глубокой трансдукции нейронных последовательностей, которая способна прогнозировать течение болезни и риск развития осложнений.

Еще одной сферой применения ИИ в здравоохранении может стать автоматизация процесса заполнения документации, например с использованием голосового написания текста, и извлечения ключевых данных из медицинских записей [70]. Это позволит значительно снизить нагрузку на медицинский персонал и уменьшить время на выполнение рутинных процедур. Инструменты ИИ могут быть полезны для выполнения простых операций — записи на прием или повторного выписывания рецептов [71]. Системы поддержки принятия решений на основе машинного обучения могут успешно применяться для снижения процента врачебных ошибок при назначении лечения за счет всестороннего анализа состояния конкретного пациента, учета сопутствующих заболеваний и вероятности лекарственного взаимодействия [72].

## Проблемы использования искусственного интеллекта в здравоохранении

Любые технологии автоматизации вызывают много споров в медицинском сообществе и в обществе в целом. Основными проблемами использования технологий ИИ являются способность ИИ выносить ошибочные суждения, защита конфиденциальной информации и возможность искажения данных. Проблемы безопасности и надежности при использовании ИИ в системах поддержки принятия решений обусловлены риском возникновения ошибок, которые сложно обнаружить и которые могут привести к серьезным последствиям [73]. Например, приложение на основе ИИ, прогнозирующее осложнения, связанные с пневмонией, ошибочно рекомендовало врачам выписывать пациентов с бронхиальной астмой, поскольку не учитывалась информация о сопутствующих заболеваниях [74].

Большая проблема принятия ИИ в медицине связана с тем, что внутренние механизмы принятия решений обычно непрозрачны и сложны для понимания [75]. Для преодоления подобных проблем разработчики пытаются сделать алгоритмы ИИ прозрачными, предоставляя пользователю визуальную обратную связь относительно значимых показателей, которые используются для получения прогнозных моделей [76–78]. Кроме того, ИИ может плохо функционировать в условиях дефицита данных.

Для здравоохранения критически важным является сохранение конфиденциальности и безопасности данных. Хотя ИИ может применяться для обнаружения кибератак и защиты медицинской информации, все-таки существует вероятность взлома систем ИИ, которую невозможно просто отследить [73]. Поэтому перед интеграцией ИИ в системы здравоохранения следует учитывать все возможные риски и прорабатывать технические сценарии их минимизации. Кроме того, внедрение ИИ в лечебно-диагностический процесс потребует значительных изменений существующей нормативно-правовой базы.

## Заключение

Технологии ИИ разработаны для облегчения процесса диагностики, обеспечения дистанционного мониторинга состояния здоровья пациентов, прорыва в области создания лекарств и вакцин, а также медицинской реабилитации. Однако существует ряд нерешенных проблем, связанных прежде всего с безопасностью данных и конфиденциальностью, а также с риском принятия неверных решений. Именно поэтому технологии ИИ не способны полностью заменить специалиста, особенно в такой сфере, как медицина. Ключевой задачей, которую предстоит решить в управлении инструментами ИИ, является максимальное соответствие интересам пациентов и медицинских работников с учетом всех технических, этических и социальных аспектов.

Исследование не имело спонсорской поддержки.  
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Al Kuwaiti A., Nazer K., Al-Reedy A. A Review of the Role of Artificial Intelligence in Healthcare. *J. Pers. Med.* 2023;13(6):951. doi: 10.3390/jpm13060951
2. Ng R., Tan K. B. Implementing an Individual-Centric Discharge Process across Singapore Public Hospitals. *Int. J. Environ. Res. Public Health.* 2021;18:8700.
3. U. S. Food and Drug Administration (US-FDA). What Is Digital Health. 2020. Режим доступа: <https://www.fda.gov/medical-devices/digital-health-center-excellence/what-digital-health> (дата обращения 11.07.2021).
4. Yang Y., Siau K., Xie W., Sun Y. Smart Health. *J. Organ. End User Comput.* 2022;34:1–14.
5. Kumar K., Loebinger M. R., Ghafur S. The role of wirelessly observed therapy in improving treatment adherence. *Futur. Healthcare J.* 2022;9:179–82.
6. Wallace P. Learning Healthcare System. The Learning Healthcare Project. 2015. Режим доступа: <http://www.learninghealthcareproject.org/section/evidence/25/66/dr-paul-wallace-interview> (дата обращения 10.07.2022).
7. Orth M., Averina M., Chatzipanagiotou S., Faure G., Haushofer A., Kusec V., Machado A., A Misbah S., Oosterhuis W., Pulkki K. Opinion: Redefining the role of the physician in laboratory medicine in the context of emerging technologies, personalised medicine and patient autonomy ('4P medicine'). *J. Clin. Pathol.* 2017;72:191–7.
8. World Health Organization. Global Strategy on Digital Health 2020–2025. 2021. P. 7–13. Режим доступа: <https://www.who.int/docs/default-source/documents/gsdhdaa2a9f352b0445bafbc79-ca799dce4d.pdf> (дата обращения 10.12.2022).
9. Briganti G., Le Moine O. Artificial Intelligence in Medicine: Today and Tomorrow. *Front. Med.* 2020;7:27.
10. Hu J., Perer A., Wang F. Data driven analytics for personalized healthcare. In *Healthcare Information Management Systems*; Weaver, C.B.M., Ed. Berlin/Heidelberg: Springer; 2016. P. 529–54.
11. Dash S., Shakyawar S. K., Sharma M., Kaushik S. Big data in healthcare: Management, analysis and future prospects. *J. Big Data.* 2019;6:54.
12. Wang D., Khosla A., Gargeya R., Irshad H., Beck A. H. Deep learning for identifying metastatic breast cancer. *arXiv.* 2016;arXiv:1606.05718.
13. Esteva A., Kuprel B., Novoa R. A., Ko J., Swetter S. M., Blau H. M., Thrun S. Dermatologist-level classification of skin cancer with deep neural networks. *Nature.* 2017;542:115–8.
14. Rajpurkar P., Irvin J., Zhu K., Yang B., Mehta H., Duan T., Ding D., Bagul A., Langlotz C., Shpanskaya K. Chexnet: Radiologist-level pneumonia detection on chest x-rays with deep learning. *arXiv.* 2017;arXiv:1711.05225.
15. Bedi G., Carrillo F., Cecchi G. A., Slezak D. F., Sigman M., Motta N. B., Ribeiro S., Javitt D. C., Copelli M., Corcoran C. M. Automated analysis of free speech predicts psychosis onset in high-risk youths. *NPJ Schizophrenia.* 2015;1:15030.
16. IBM Research. IBM 5 in 5: With AI, Our Words Will Be a Window into Our Mental Health. 2017. Режим доступа: <https://www.ibm.com/blogs/research/2017/1/ibm-5-in-5-our-words-will-be-the-windows-to-our-mental-health/> (дата обращения 25.12.2022).
17. Chou C.-Y., Hsu D.-Y., Chou C.-H. Predicting the Onset of Diabetes with Machine Learning Methods. *J. Pers. Med.* 2023;13:406.
18. Gudigar A., Raghavendra U., Nayak S., Ooi C. P., Chan W. Y., Gangavarapu M. R., Dharmik C., Samantha J., Kadri N. A., Hasikin K. Role of Artificial Intelligence in COVID-19 Detection. *Sensors.* 2021;21:8045.
19. Khanna V. V., Chadaga K., Sampathila N., Prabhu S., Chadaga R., Umakanth S. Diagnosing COVID-19 using artificial intelligence: A comprehensive review. *Netw. Model Anal Health Inf. Bioinforma.* 2022;11:25.
20. He K., Gan C., Li Z., Reikik I., Yin Z., Ji W., Gao Y., Wang Q., Zhang J., Shen D. Transformers in medical image analysis. *Intell. Med.* 2023;3:59–78.
21. Costa G. S. S., Paiva A. C., Junior G. B., Ferreira M. M. COVID-19 automatic diagnosis with ct images using the novel transformer architecture. In *Proceedings of the 21st Brazilian Symposium on Computing Applied to Health*. Rio de Janeiro. 15–18 June 2021. P. 293–301.
22. Van Tulder G., Tong Y., EMarchiori E. Multi-view analysis of unregistered medical images using cross-view transformers. In *Proceedings of the Medical Image Computing and Computer Assisted*

- Intervention-MICCAI 2021: 24th International Conference, Part III 24, Strasbourg: France, 27 September — 1 October 2021; Springer Nature: Basel, Switzerland; 2021. P. 104—13.
23. Wang S.-H., Wu X., Zhang Y.-D., Tang C., Zhang X. Diagnosis of COVID-19 by Wavelet Renyi Entropy and Three-Segment Biogeography-Based Optimization. *Int. J. Comput. Intell. Syst.* 2020;13:1332—44.
  24. Gheflati B., Rivaz H. Vision transformer for classification of breast ultrasound images. *arXiv*. 2021;arXiv:211014731.
  25. Chuquicuma M. J. M., Hussein S., Burt J., Bagci U. How to fool radiologists with generative adversarial networks? A visual turing test for lung cancer diagnosis. In Proceedings of the IEEE 15th International Symposium on Biomedical Imaging, Washington, DEC, USA, 4-7 April 2018. Washington; 2018. P. 240—4.
  26. Arora A., Arora A. Generative adversarial networks and synthetic patient data: Current challenges and future perspectives. *Futur. Healthcare J.* 2022;9:190—3.
  27. Will ChatGPT transform healthcare? *Nat. Med.* 2023;29:505—6.
  28. Kuehn B. M. More Than One-Third of US Individuals Use the Internet to Self-Diagnose. *JAMA.* 2013;309:756—7.
  29. Baig M. M., Gholamhosseini H., Moqem A. A., Mirza F., Linden M. A Systematic Review of Wearable Patient Monitoring Systems-Current Challenges and Opportunities for Clinical Adoption. *J. Med. Syst.* 2017;41:115.
  30. Kim J., Campbell A. S., Wang J. Wearable non-invasive epidermal glucose sensors: A review. *Talanta.* 2018;177:163—70.
  31. Andrea M., Mario R. P., Emanuele F., Sauro L., Filippo P., Sara C., Lorenzo S., Annalisa C., Luca R., Riccardo B. A smart sensing architecture for domestic monitoring: Methodological approach and experimental validation. *Sensors.* 2018;18:1—22.
  32. Natarajan A., Su H.-W., Heneghan C. Assessment of physiological signs associated with COVID-19 measured using wearable devices. *NPJ Digit. Med.* 2020;3:1—8.
  33. Garavand A., Aslani N. Metaverse phenomenon and its impact on health: A scoping review. *Inform. Med. Unlocked.* 2022;32:101029.
  34. Wang G., Badal A., Jia X., Maltz J. S., Mueller K., Myers K. J., Niu C., Vannier M., Yan P., Yu Z. Development of metaverse for intelligent healthcare. *Nat. Mach. Intell.* 2022;4:922—9.
  35. Ganapathy K. Telemedicine and Neurological Practice in the COVID-19 Era. *Neurol. India.* 2020;68:555—9.
  36. Lukas H., Xu C., Yu Y., Gao W. Emerging telemedicine tools for remote COVID-19 diagnosis, monitoring, and management. *ACS Nano.* 2020;14:16180—93.
  37. Chen D., Zhang R. Exploring Research Trends of Emerging Technologies in Health Metaverse: A Bibliometric Analysis; Elsevier: Amsterdam: The Netherlands; 2022.
  38. Futurside. Remote Patient Monitoring Devices, Technology, and Its Future. 2022. Режим доступа: <https://futurside.com/how-wearable-medical-device-is-reshaping-remote-patient-monitoring-rpm/> (дата обращения 11.01.2023).
  39. Davenport T., Kalakota R. The potential for artificial intelligence in healthcare. *Future Healthcare J.* 2019;6:94—8.
  40. Shaik T., Tao X., Higgins N., Li L., Gururajan R., Zhou X., Acharya U. R. Remote patient monitoring using artificial intelligence: Current state, applications, and challenges. *WIREs Data Min. Knowl. Discov.* 2023;13:1485.
  41. Chidambaram S., Maheswaran Y., Patel K., Sounderajah V., Hashimoto D. A., Seastedt K. P., McGregor A. H., Markar S. R., Darzi A. Using Artificial Intelligence-Enhanced Sensing and Wearable Technology in Sports Medicine and Performance Optimisation. *Sensors.* 2022;22:6920.
  42. Gichoya J. W., McCoy L. G., Celi L. A., Ghassemi M. Equity in essence: A call for operationalising fairness in machine learning for healthcare. *BMJ Health Care Inform.* 2021;28:e100289.
  43. Solino-Fernandez D., Ding A., Bayro-Kaiser E., Ding E. L. Willingness to adopt wearable devices with behavioral and economic incentives by health insurance wellness programs: Results of a US cross-sectional survey with multiple consumer health vignettes. *BMC Public Health.* 2019;19:1649.
  44. Gao Y., Li H., Luo Y. An empirical study of wearable technology acceptance in healthcare. *Ind. Manag. Data Syst.* 2015;115:1704—23.
  45. Tran V.-T., Riveros C., Ravaud P. Patients' views of wearable devices and AI in healthcare: Findings from the ComPaRe e-cohort. *NPJ Digit. Med.* 2019;2:53.
  46. Academy of Royal Medical Colleges. Artificial Intelligence in Healthcare. 2019.
  47. O'mara-Eves A., Thomas J., McNaught J., Miwa M., Ananiadou S. Using text mining for study identification in systematic reviews: A systematic review of current approaches. *Syst. Rev.* 2015;4:5.
  48. Weissler E. H., Naumann T., Andersson T., Ranganath R., Elemento O., Luo Y., Freitag D. F., Benoit J., Hughes M. C., Khan F. The role of machine learning in clinical research: Transforming the future of evidence generation. *Trials.* 2021;22:1—15.
  49. Arora A., Arora A. Generative adversarial networks and synthetic patient data: Current challenges and future perspectives. *Futur. Healthcare J.* 2021;6:140—3.
  50. Buvaio A. Artificial Intelligence in Drug Discovery and Biotech: 2022 Recap and Key Trends. 2022. Режим доступа: <https://www.biopharmatrend.com/post/615-pharmaceutical-artificial-intelligence-key-developments-in-2022/> (дата обращения 31.01.2023).
  51. Son W. S. Drug Discovery Enhanced by Artificial Intelligence. *Biomed. J. Sci. Tech. Res.* 2018;12:8936—8.
  52. Williams K., Bilsland E., Sparkes A., Aubrey W., Young M., Soldatova L. N., De Grave K., Ramon J., de Clare M., Sirawaraporn W. Cheaper faster drug development validated by the repositioning of drugs against neglected tropical diseases. *J. R. Soc. Interface.* 2015;12:20141289.
  53. Mak K.-K., Pichika M. R. Artificial intelligence in drug development: Present status and future prospects. *Drug Discov. Today.* 2019;24:773—80.
  54. Sellwood M. A. Artificial intelligence in drug discovery. *Fut. Sci.* 2018;10:2025—8.
  55. Chen T.-J. ChatGPT and other artificial intelligence applications speed up scientific writing. *J. Chin. Med. Assoc.* 2023;86:351—3.
  56. Taecharungroj V. "What Can ChatGPT Do?". Analyzing Early Reactions to the Innovative AI Chatbot on Twitter. *Big Data Cogn. Comput.* 2023;7:35.
  57. Paul D., Sanap G., Shenoy S., Kalyane D., Kalia K., Tekade R. K. Artificial intelligence in drug discovery and development. *Drug Discov. Today.* 2020;26:80—93.
  58. Alvarez-Machancoses O., Fernandez-Martinez J. L. Using artificial intelligence methods to speed up drug discovery. *Expert Opin. Drug Discov.* 2019;14:769—77.
  59. Dana D., Gadhiya S. V., St. Surin L. G., Li D., Naaz F., Ali Q., Paka L., Yamin M. A., Narayan M., Goldberg I. D. Deep Learning in Drug Discovery and Medicine; Scratching the Surface. *Molecules.* 2018;23:2384.
  60. Sharma A., Virmani T., Pathak V., Sharma A., Pathak K., Kumar G., Pathak D. Artificial Intelligence-Based Data-Driven Strategy to Accelerate Research, Development, and Clinical Trials of COVID Vaccine. *Biomed. Res. Int.* 2022;2022:7205241.
  61. Bagabir S. A., Ibrahim N. K. Ateeq, R.H. COVID-19 and Artificial Intelligence: Genome sequencing, drug development and vaccine discovery. *J. Infect. Public Health.* 2022;15:289—96.
  62. Anderson D. Artificial Intelligence and Applications in PM&R. *Am. J. Phys. Med. Rehabil.* 2019;98:e128—e129.
  63. Luxton D. D., Riek L. D. Artificial intelligence and robotics in rehabilitation. In: Handbook of Rehabilitation Psychology. Brenner L. A., Reid-Arndt S. A., Elliott T. R., Frank R. G., Caplan B. (Eds). American Psychological Association: Washington, DC, USA, 2019. P. 507—20.
  64. Goldzweig C. L., Orshansky G., Paige N. M., Towfigh A. A., Haggstrom D. A., Miake-Lye I., Beroes J. M., Shekelle P. G. Electronic Patient Portals: Evidence on Health Outcomes, Satisfaction, Efficiency, and Attitudes. *Ann. Intern. Med.* 2013;159:677—87.
  65. Aggarwal R., Ganvir S. S. Artificial intelligence in physiotherapy. *Physiother. J. Indian Assoc. Physiother.* 2021;15: 55.
  66. Frackiewicz M. ChatGPT and the Future of Rehabilitation Therapy: An AI-Driven Approach. TS2 Space. 2023. Режим доступа: <https://ts2.space/en/chatgpt-and-the-future-of-rehabilitation-therapy-ai-driven-approach/> (дата обращения 10.05.2023).
  67. Lambercy O., Lehner R., Chua K., Wee S. K., Rajeswaran D. K., Kuah C. W. K., Ang W. T., Liang P., Campolo D., Hussain A. Neurorehabilitation From a Distance: Can Intelligent Technology Support Decentralized Access to Quality Therapy? *Front. Robot.* 2021;8:612415.
  68. Davenport T. H., Hongsermeier T., Mc Cord K. A. Using AI to Improve Electronic Health Records. Harvard Business Review. 2018. Режим доступа: <https://hbr.org/2018/12/using-ai-to-improve-electronic-health-records> (дата обращения 28.12.2022).
  69. Li Y., Rao S., Solares J. R. A., Hassaine A., Ramakrishnan R., Canoy D., Zhu Y., Rahimi K., Salimi-Khorshidi G. BEHRT: Transformer for Electronic Health Records. *Sci. Rep.* 2020;10:7155.
  70. Wani S. U. D., Khan N. A., Thakur G., Gautam S. P., Ali M., Alam P., Alshehri S., Ghoneim M. M., Shakeel F. Utilization of Artificial Intelligence in Disease Prevention: Diagnosis, Treatment, and Implications for the Healthcare Workforce. *Healthcare.* 2022;10:608.

Здоровье и общество

71. Utermohlen K. Four Robotic Process Automation (RPA) Applications in the Healthcare Industry. Medium. 2018. Режим доступа: <https://medium.com/0karl.uterhohlen/4-robotic-process-automation-rpa-applications-in-the-healthcare-industry-4d449b24b613> (дата обращения 29.12.2022).
72. Corny J., Rajkumar A., Martin O., Dode X., Lajonchere J.-P., Billuart O., Bezie Y., Buronfosse A. A machine learning-based clinical decision support system to identify prescriptions with a high risk of medication error. *J. Am. Med. Inform. Assoc.* 2020;27:1688–94.
73. Nuffield Council on Bioethics. Artificial Intelligence (AI) in Healthcare and Research. Nuffield Council on Bioethics. 2018. Режим доступа: <https://www.nuffieldbioethics.org/assets/pdfs/Artificial-Intelligence-AI-in-healthcare-and-research.pdf> (дата обращения 11.12.2022).
74. Caruana R., Lou Y., Gehrke J., Koch P., Sturm M., Elhadad N. Intelligent Models for HealthCare: Predicting Pneumonia Risk and Hospital 30-day Readmission. In Proceedings of the 21th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining, Sydney, Australia, 10 August 2015. ACM Press: Sydney, NSW, Australia; 2015. P. 1721–30.
75. Clement T., Kemmerzell N., Abdelaal M., Amberg M. XAIR: A Systematic Metareview of Explainable AI (XAI) Aligned to the Software Development Process. *Mach. Learn. Knowl. Extr.* 2023;5:78–108.
76. Tiwar R. Explainable AI (XAI) and its Applications in Building Trust and Understanding in AI Decision Making. *Int. J. Sci. Res. Eng. Manag.* 2023;7:1–13.
77. Alvarez-Melis D., Jaakkola T. S. Towards robust interpretability with self-explaining neural networks. *arXiv*. 2018;arXiv:1806.07538.
78. Giuste F., Shi W., Zhu Y., Naren T., Isgut M., Sha Y., Tong L., Gupte M., Wang M. D. Explainable Artificial Intelligence Methods in Combating Pandemics: A Systematic Review. *IEEE Rev. Biomed. Eng.* 2022;16: 5–21.
13. Esteva A., Kuprel B., Novoa R. A., Ko J., Swetter S. M., Blau H. M., Thrun S. Dermatologist-level classification of skin cancer with deep neural networks. *Nature*. 2017;542:115–8.
14. Rajpurkar P., Irvin J., Zhu K., Yang B., Mehta H., Duan T., Ding D., Bagul A., Langlotz C., Shpanskaya K. CheXnet: Radiologist-level pneumonia detection on chest x-rays with deep learning. *arXiv*. 2017;arXiv:1711.05225.
15. Bedi G., Carrillo F., Cecchi G. A., Slezak D. F., Sigman M., Motana B., Ribeiro S., Javitt D. C., Copelli M., Corcoran C. M. Automated analysis of free speech predicts psychosis onset in high-risk youths. *NPJ Schizophrenia*. 2015;1:15030.
16. IBM Research. IBM 5 in 5: With AI, Our Words Will Be a Window into Our Mental Health. 2017. Available at: <https://www.ibm.com/blogs/research/2017/1/ibm-5-in-5-our-words-will-be-the-windows-to-our-mental-health/> (accessed 25.12.2022).
17. Chou C.-Y., Hsu D.-Y., Chou C.-H. Predicting the Onset of Diabetes with Machine Learning Methods. *J. Pers. Med.* 2023;13:406.
18. Gudigar A., Raghavendra U., Nayak S., Ooi C. P., Chan W. Y., Gangavarapu M. R., Dharmik C., Samanth J., Kadri N. A., Hasikin K. Role of Artificial Intelligence in COVID-19 Detection. *Sensors*. 2021;21:8045.
19. Khanna V. V., Chadaga K., Sampathila N., Prabhu S., Chadaga R., Umakanth S. Diagnosing COVID-19 using artificial intelligence: A comprehensive review. *Netw. Model Anal Health Inf. Bioinforma.* 2022;11:25.
20. He K., Gan C., Li Z., Reikik I., Yin Z., Ji W., Gao Y., Wang Q., Zhang J., Shen D. Transformers in medical image analysis. *Intell. Med.* 2023;3:59–78.
21. Costa G. S. S., Paiva A. C., Junior G. B., Ferreira M. M. COVID-19 automatic diagnosis with ct images using the novel transformer architecture. In Proceedings of the 21st Brazilian Symposium on Computing Applied to Health. Rio de Janeiro. 15–18 June 2021. P. 293–301.
22. Van Tulder G., Tong Y., EMarchiori E. Multi-view analysis of unregistered medical images using cross-view transformers. In Proceedings of the Medical Image Computing and Computer Assisted Intervention-MICCAI 2021: 24th International Conference, Part III 24, Strasbourg: France, 27 September – 1 October 2021; Springer Nature: Basel, Switzerland; 2021. P. 104–13.
23. Wang S.-H., Wu X., Zhang Y.-D., Tang C., Zhang X. Diagnosis of COVID-19 by Wavelet Renyi Entropy and Three-Segment Biogeography-Based Optimization. *Int. J. Comput. Intell. Syst.* 2020;13:1332–44.
24. Gheflati B., Rivaz H. Vision transformer for classification of breast ultrasound images. *arXiv*. 2021;arXiv:211014731.
25. Chuquicuma M. J. M., Hussein S., Burt J., Bagci U. How to fool radiologists with generative adversarial networks? A visual turing test for lung cancer diagnosis. In Proceedings of the IEEE 15th International Symposium on Biomedical Imaging, Washington, DEC, USA, 4-7 April 2018. Washington; 2018. P. 240–4.
26. Arora A., Arora A. Generative adversarial networks and synthetic patient data: Current challenges and future perspectives. *Futur. Healthcare J.* 2022;9:190–3.
27. Will ChatGPT transform healthcare? *Nat. Med.* 2023;29:505–6.
28. Kuehn B. M. More Than One-Third of US Individuals Use the Internet to Self-diagnose. *JAMA*. 2013;309:756–7.
29. Baig M. M., Gholamhosseini H., Moqem A. A., Mirza F., Linden M. A Systematic Review of Wearable Patient Monitoring Systems — Current Challenges and Opportunities for Clinical Adoption. *J. Med. Syst.* 2017;41:115.
30. Kim J., Campbell A. S., Wang J. Wearable non-invasive epidermal glucose sensors: A review. *Talanta*. 2018;177:163–70.
31. Andrea M., Mario R. P., Emanuele F., Sauro L., Filippo P., Sara C., Lorenzo S., Annalisa C., Luca R., Riccardo B. A smart sensing architecture for domestic monitoring: Methodological approach and experimental validation. *Sensors*. 2018;18:1–22.
32. Natarajan A., Su H.-W., Heneghan C. Assessment of physiological signs associated with COVID-19 measured using wearable devices. *NPJ Digit. Med.* 2020;3:1–8.
33. Garavand A., Aslani N. Metaverse phenomenon and its impact on health: A scoping review. *Inform. Med. Unlocked*. 2022;32:101029.
34. Wang G., Badal A., Jia X., Maltz J. S., Mueller K., Myers K. J., Niu C., Vannier M., Yan P., Yu Z. Development of metaverse for intelligent healthcare. *Nat. Mach. Intell.* 2022;4:922–9.
35. Ganapathy K. Telemedicine and Neurological Practice in the COVID-19 Era. *Neurol. India*. 2020;68:555–9.
36. Lukas H., Xu C., Yu Y., Gao W. Emerging telemedicine tools for remote COVID-19 diagnosis, monitoring, and management. *ACS Nano*. 2020;14:16180–93.

Поступила 18.10.2023  
Принята в печать 27.03.2024

REFERENCES

1. Al Kuwaiti A., Nazer K., Al-Reedy A. A Review of the Role of Artificial Intelligence in Healthcare. *J. Pers. Med.* 2023;13(6):951. doi: 10.3390/jpm13060951
2. Ng R., Tan K. B. Implementing an Individual-Centric Discharge Process across Singapore Public Hospitals. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 2021;18:8700.
3. U. S. Food and Drug Administration (US-FDA). What Is Digital Health. 2020. Available at: <https://www.fda.gov/medical-devices/digital-health-center-excellence/what-digital-health> (accessed 11.07.2021).
4. Yang Y., Siau K., Xie W., Sun Y. Smart Health. *J. Organ. End User Comput.* 2022;34:1–14.
5. Kumar K., Loebinger M. R., Ghafur S. The role of wirelessly observed therapy in improving treatment adherence. *Futur. Healthcare J.* 2022;9:179–82.
6. Wallace P. Learning Healthcare System. The Learning Healthcare Project. 2015. Available at: <http://www.learninghealthcareproject.org/section/evidence/25/66/dr-paul-wallace-interview> (accessed 10.07.2022).
7. Orth M., Averina M., Chatzipanagiotou S., Faure G., Haushofer A., Kusec V., Machado A., A Misbah S., Oosterhuis W., Pulkki K. Opinion: Redefining the role of the physician in laboratory medicine in the context of emerging technologies, personalised medicine and patient autonomy ('4P medicine'). *J. Clin. Pathol.* 2017;72:191–7.
8. World Health Organization. Global Strategy on Digital Health 2020–2025. 2021. P. 7–13. Available at: <https://www.who.int/docs/default-source/documents/gsd4hd2a29f352b0445bafbc79-ca799dce4d.pdf> (accessed 10.12.2022).
9. Briganti G., Le Moine O. Artificial Intelligence in Medicine: Today and Tomorrow. *Front. Med.* 2020;7:27.
10. Hu J., Perer A., Wang F. Data driven analytics for personalized healthcare. In Healthcare Information Management Systems; Weaver, C.B.M., Ed. Berlin/Heidelberg: Springer; 2016. P. 529–54.
11. Dash S., Shakyawar S. K., Sharma M., Kaushik S. Big data in healthcare: Management, analysis and future prospects. *J. Big Data*. 2019;6:54.
12. Wang D., Khosla A., Gargeya R., Irshad H., Beck A. H. Deep learning for identifying metastatic breast cancer. *arXiv*. 2016;arXiv:1606.05718.

37. Chen D., Zhang R. Exploring Research Trends of Emerging Technologies in Health Metaverse: A Bibliometric Analysis; Elsevier: Amsterdam: The Netherlands; 2022.
38. Futurside. Remote Patient Monitoring Devices, Technology, and Its Future. 2022. Available at: <https://futurside.com/how-wearable-medical-device-is-reshaping-remote-patient-monitoring-rpm/> (accessed 11.01.2023).
39. Davenport T., Kalakota R. The potential for artificial intelligence in healthcare. *Future Healthcare J.* 2019;6:94–8.
40. Shaik T., Tao X., Higgins N., Li L., Gururajan R., Zhou X., Acharya U. R. Remote patient monitoring using artificial intelligence: Current state, applications, and challenges. *WIREs Data Min. Knowl. Discov.* 2023;13:1485.
41. Chidambaram S., Maheswaran Y., Patel K., Sounderajah V., Hashimoto D. A., Seastedt K. P., McGregor A. H., Markar S. R., Darzi A. Using Artificial Intelligence-Enhanced Sensing and Wearable Technology in Sports Medicine and Performance Optimisation. *Sensors.* 2022;22:6920.
42. Gichoya J. W., McCoy L. G., Celi L. A., Ghassemi M. Equity in essence: A call for operationalising fairness in machine learning for healthcare. *BMJ Health Care Inform.* 2021;28:e100289.
43. Solino-Fernandez D., Ding A., Bayro-Kaiser E., Ding E. L. Willingness to adopt wearable devices with behavioral and economic incentives by health insurance wellness programs: Results of a US cross-sectional survey with multiple consumer health vignettes. *BMC Public Health.* 2019;19:1649.
44. Gao Y., Li H., Luo Y. An empirical study of wearable technology acceptance in healthcare. *Ind. Manag. Data Syst.* 2015;115:1704–23.
45. Tran V.-T., Riveros C., Ravaud P. Patients' views of wearable devices and AI in healthcare: Findings from the ComPaRe e-cohort. *NPJ Digit. Med.* 2019;2:53.
46. Academy of Royal Medical Colleges. Artificial Intelligence in Healthcare. 2019.
47. O'mara-Eves A., Thomas J., McNaught J., Miwa M., Ananiadou S. Using text mining for study identification in systematic reviews: A systematic review of current approaches. *Syst. Rev.* 2015;4:5.
48. Weissler E. H., Naumann T., Andersson T., Ranganath R., Elemento O., Luo Y., Freitag D. F., Benoit J., Hughes M. C., Khan F. The role of machine learning in clinical research: Transforming the future of evidence generation. *Trials.* 2021;22:1–15.
49. Arora A., Arora A. Generative adversarial networks and synthetic patient data: Current challenges and future perspectives. *Futur. Healthcare J.* 2021;6:140–3.
50. Buvaio A. Artificial Intelligence in Drug Discovery and Biotech: 2022 Recap and Key Trends. 2022. Available at: <https://www.biopharmatrend.com/post/615-pharmaceutical-artificial-intelligence-key-developments-in-2022/> (accessed 31.01.2023).
51. Son W. S. Drug Discovery Enhanced by Artificial Intelligence. *Biomed. J. Sci. Tech. Res.* 2018;12:8936–8.
52. Williams K., Bilsland E., Sparkes A., Aubrey W., Young M., Soldatova L. N., De Grave K., Ramon J., de Clare M., Sirawaraporn W. Cheaper faster drug development validated by the repositioning of drugs against neglected tropical diseases. *J. R. Soc. Interface.* 2015;12:20141289.
53. Mak K.-K., Pichika M. R. Artificial intelligence in drug development: Present status and future prospects. *Drug Discov. Today.* 2019;24:773–80.
54. Sellwood M. A. Artificial intelligence in drug discovery. *Fut. Sci.* 2018;10:2025–8.
55. Chen T.-J. ChatGPT and other artificial intelligence applications speed up scientific writing. *J. Chin. Med. Assoc.* 2023;86:351–3.
56. Taecharungroj V. "What Can ChatGPT Do?". Analyzing Early Reactions to the Innovative AI Chatbot on Twitter. *Big Data Cogn. Comput.* 2023;7:35.
57. Paul D., Sanap G., Shenoy S., Kalyane D., Kalia K., Tekade R. K. Artificial intelligence in drug discovery and development. *Drug Discov. Today.* 2020;26:80–93.
58. Alvarez-Machancoses O., Fernandez-Martinez J. L. Using artificial intelligence methods to speed up drug discovery. *Expert Opin. Drug Discov.* 2019;14:769–77.
59. Dana D., Gadhiya S. V., St. Surin L. G., Li D., Naaz F., Ali Q., Pakka L., Yamin M. A., Narayan M., Goldberg I. D. Deep Learning in Drug Discovery and Medicine; Scratching the Surface. *Molecules.* 2018;23:2384.
60. Sharma A., Virmani T., Pathak V., Sharma A., Pathak K., Kumar G., Pathak D. Artificial Intelligence-Based Data-Driven Strategy to Accelerate Research, Development, and Clinical Trials of COVID Vaccine. *Biomed. Res. Int.* 2022;2022:7205241.
61. Bagabir S. A., Ibrahim N. K., Ateeq, R.H. COVID-19 and Artificial Intelligence: Genome sequencing, drug development and vaccine discovery. *J. Infect. Public Health.* 2022;15:289–96.
62. Anderson D. Artificial Intelligence and Applications in PM&R. *Am. J. Phys. Med. Rehabil.* 2019;98:e128–e129.
63. Luxton D. D., Riek L. D. Artificial intelligence and robotics in rehabilitation. In: Handbook of Rehabilitation Psychology. Brenner L. A., Reid-Arndt S. A., Elliott T. R., Frank R. G., Caplan B. (Eds). American Psychological Association: Washington, DC, USA, 2019. P. 507–20.
64. Goldzweig C. L., Orshansky G., Paige N. M., Towfigh A. A., Haggstrom D. A., Miake-Lye I., Beroes J. M., Shekelle P. G. Electronic Patient Portals: Evidence on Health Outcomes, Satisfaction, Efficiency, and Attitudes. *Ann. Intern. Med.* 2013;159:677–87.
65. Aggarwal R., Ganvir S. S. Artificial intelligence in physiotherapy. *Physiother. J. Indian Assoc. Physiother.* 2021;15:55.
66. Frackiewicz M. ChatGPT and the Future of Rehabilitation Therapy: An AI-Driven Approach. TS2 Space. 2023. Available at: <https://ts2.space/en/chatgpt-and-the-future-of-rehabilitation-therapy-ai-driven-approach/> (accessed 10.05.2023).
67. Lambercy O., Lehner R., Chua K., Wee S. K., Rajeswaran D. K., Kuah C. W. K., Ang W. T., Liang P., Campolo D., Hussain A. Neurorehabilitation From a Distance: Can Intelligent Technology Support Decentralized Access to Quality Therapy? *Front. Robot.* 2021;8:612415.
68. Davenport T. H., Hongsermeier T., Mc Cord K. A. Using AI to Improve Electronic Health Records. Harvard Business Review. 2018. Available at: <https://hbr.org/2018/12/using-ai-to-improve-electronic-health-records> (accessed 28.12.2022).
69. Li Y., Rao S., Solares J. R. A., Hassaine A., Ramakrishnan R., Canoy D., Zhu Y., Rahimi K., Salimi-Khorshidi G. BEHRT: Transformer for Electronic Health Records. *Sch. Rep.* 2020;10:7155.
70. Wani S. U. D., Khan N. A., Thakur G., Gautam S. P., Ali M., Alam P., Alshehri S., Ghoneim M. M., Shakeel F. Utilization of Artificial Intelligence in Disease Prevention: Diagnosis, Treatment, and Implications for the Healthcare Workforce. *Healthcare.* 2022;10:608.
71. Utermohlen K. Four Robotic Process Automation (RPA) Applications in the Healthcare Industry. Medium. 2018. Available at: <https://medium.com/0karl.uterhohlen/4-robotic-process-automation-rpa-applications-in-the-healthcare-industry-4d449b24b613> (accessed 29.12.2022).
72. Corny J., Rajkumar A., Martin O., Dode X., Lajonchere J.-P., Billuart O., Bezie Y., Buronfosse A. A machine learning-based clinical decision support system to identify prescriptions with a high risk of medication error. *J. Am. Med. Inform. Assoc.* 2020;27:1688–94.
73. Nuffield Council on Bioethics. Artificial Intelligence (AI) in Healthcare and Research. Nuffield Council on Bioethics. 2018. Available at: <https://www.nuffieldbioethics.org/assets/pdfs/Artificial-Intelligence-AI-in-healthcare-and-research.pdf> (accessed 11.12.2022).
74. Caruana R., Lou Y., Gehrke J., Koch P., Sturm M., Elhadad N. Intelligent Models for HealthCare: Predicting Pneumonia Risk and Hospital 30-day Readmission. In Proceedings of the 21th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining, Sydney, Australia, 10 August 2015. ACM Press: Sydney, NSW, Australia; 2015. P. 1721–30.
75. Clement T., Kemmerzell N., Abdelaal M., Amberg M. XAIR: A Systematic Metareview of Explainable AI (XAI) Aligned to the Software Development Process. *Mach. Learn. Knowl. Extr.* 2023;5:78–108.
76. Tiwar R. Explainable AI (XAI) and its Applications in Building Trust and Understanding in AI Decision Making. *Int. J. Sci. Res. Eng. Manag.* 2023;7:1–13.
77. Alvarez-Melis D., Jaakkola T. S. Towards robust interpretability with self-explaining neural networks. *arXiv.* 2018;arXiv:1806.07538.
78. Giuste F., Shi W., Zhu Y., Naren T., Isgut M., Sha Y., Tong L., Gupte M., Wang M. D. Explainable Artificial Intelligence Methods in Combating Pandemics: A Systematic Review. *IEEE Rev. Biomed. Eng.* 2022;16: 5–21.