

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ГЕРНИОЛОГИИ

## USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNOLOGY IN HERNIOLOGY

**O. Sergeev  
A. Ksenofontov  
O. Zakharov**

*Summary.* In light of the rapid development of artificial intelligence, researchers are actively seeking ways to apply it to the medical field as well as to surgery. The clinical use of AI already seems very clear, and more and more research is being conducted to answer relevant questions regarding the application of this technology. The speed of integration of artificial intelligence into medicine will depend directly on the cost of the (medical) workforce and the interest in collecting statistical data and then analyzing them objectively. In the near future, AI will become an integral component and tool that will provide significant assistance to surgeons in the training phase, as well as act as an additional opinion in visual diagnostics and assist in robotic surgery, being the so-called third opinion. To write this publication, PubMed and ResearchGate were searched using the keywords «artificial intelligence», «surgery» and «herniology». The purpose of this review is to review the key aspects of the application of artificial intelligence technology in surgery, focusing on the introduction of this technology in herniology.

*Keywords:* artificial intelligence in surgery, artificial intelligence in herniology, use of artificial intelligence technologies in surgery, surgery, machine learning, neural networks, robotic surgery, robot-assisted hernioplasty, AI in surgery.

**Сергеев Олег Станиславович**

кандидат медицинских наук, доцент,  
Белгородский государственный национальный  
исследовательский университет  
sergeev2211@yandex.ru

**Ксенофонтов Андрей Олегович**

ассистент, Белгородский государственный  
национальный исследовательский университет  
врач-хирург, ОГБУЗ Городская больница №2 г. Белгорода  
toxygo@gmail.com

**Захаров Олег Владимирович**

кандидат медицинских наук, доцент,  
Белгородский государственный национальный  
исследовательский университет  
zakharov\_o@bsuedu.ru

*Аннотация.* В свете стремительного развития искусственного интеллекта, исследователи активно ищут способы его применения в медицинской сфере, а также в хирургии. Клиническое использование ИИ уже представляется весьма ясным, и в настоящее время проводится все больше исследований для получения ответов на актуальные вопросы в отношении применения данной технологии. Скорость интеграции искусственного интеллекта в медицину будет напрямую зависеть от стоимости рабочей (медицинской) силы и заинтересованности в сборе статистических данных с последующим их объективным анализом. В скором времени, ИИ станет неотъемлемым компонентом и инструментом, который будет оказывать значительную помощь хирургам на этапе обучения, а также выступать в качестве дополнительного мнения при визуальной диагностике и ассистировать в роботизированных хирургических операциях, являясь, так называемым, третьим мнением. Для написания данной публикации выполнен поиск в PubMed и ResearchGate с использованием ключевых слов «искусственный интеллект», «хирургия» и «герниология». Целью настоящего обзора является рассмотрение ключевых аспектов применения технологий искусственного интеллекта в хирургии, акцентируя внимание на внедрении этой технологии в герниологию.

*Ключевые слова:* искусственный интеллект в хирургии, искусственный интеллект в герниологии, использование технологий искусственного интеллекта в хирургии, хирургия, машинное обучение, нейросети, роботизированная хирургия, робот-ассистированная герниопластика, ИИ в хирургии.

### Введение

**И**скусственный интеллект (ИИ) прочно проник в область компьютерных наук и уже выполняет огромное количество задач, которые обычно требуют интеллекта человеческого уровня [1]. ИИ, используя набор определенных алгоритмов, предоставляет автоматизированным системам возможность рассуждать и выполнять когнитивные функции: распознавание объ-

ектов, решение проблем и реализация установленных задач.

Искусственный интеллект является областью науки и техники, которая занимается созданием компьютерных систем, способных выполнять задачи, требующие человеческого интеллекта. В медицине он используется для анализа больших объемов данных, управления системой здравоохранения и медицинскими информа-

ционными системами, диагностики заболеваний, предсказания их развития, а также определения наиболее эффективных и персонализированных методов лечения (рис. 1).

Машинное обучение (ML) — это подраздел ИИ, который фокусируется на разработке алгоритмов, позволяющих компьютерам обучаться на основе имеющихся массивов данных. ML применяется для создания моделей, которые могут предсказывать исходы лечения, определять риски развития заболеваний и анализировать медицинские изображения. Глубокое обучение (DL) — это разновидность машинного обучения (так называемое подполе ML), основанная на нейронных сетях с большим количеством слоев. Эта разновидность ИИ позволяет обрабатывать сложные данные, такие как изображения и звуки, а в дальнейшем помогает обучаться на больших объемах этих данных. DL в большей степени используется для распознавания образов на медицинских изобра-

жениях, анализа генетических данных и создания индивидуальных планов лечения.

За последние несколько лет ИИ внес значительный вклад в медицину. Это связано с его способностью анализировать огромные массивы медицинских данных, выявлять закономерности, делать точные прогнозы и помогать медицинским работникам принимать обоснованные решения. Одной из областей, где ИИ оказал огромное влияние, является диагностика заболеваний. С помощью машинного обучения ИИ может выявлять закономерности в рентгеновских снимках и томограммах, которые могут быть пропущены врачом. Это позволяет быстрее и точнее верифицировать диагнозы, что в конечном итоге, улучшит результаты лечения пациентов. Несколько исследований продемонстрировали эффективность алгоритмов ИИ в повышении точности анализа изображений. Например, использование алгоритмов глубокого обучения для анализа компьютерных томо-



Рис. 1. Уровни технической реализации искусственного интеллекта в медицине

грамм имеет точность 92 %, а специфичность 98 % в отношении выявления гепатоцеллюлярной карциномы, распространенного типа рака печени [2]. Другое исследование демонстрирует использование машинного обучения для анализа МРТ-сканов с целью идентификации и дифференциации доброкачественных и злокачественных новообразований печени с высокими показателями чувствительности и специфичности [3]. Искусственный интеллект успешно применяется для диагностики рака кожи, где конволюционная нейронная сеть продемонстрировала 91 % точность в определении злокачественных меланом. Также были разработаны алгоритмы машинного обучения, которые могут определять диабетическую ретинопатию по изображениям глазного дна сетчатки с чувствительностью 90 % и специфичностью 98,5 % [4].

Кроме того, ИИ используется для персонализации планов лечения. Анализируя данные пациента, такие как: анамнез жизни и заболевания, генетический анамнез и факторы образа жизни, искусственный интеллект может помочь врачам выбрать определенные схемы лечения, которые будут иметь высокую эффективность и при этом снизят вероятность развития нежелательных эффектов в результате отрицательного взаимодействия лекарственных средств или неверно назначенной терапии [5, 6]. Таким образом, данная разработка значительно снижает нагрузку на клиницистов, помогая им в рутинной деятельности, а также приводит к уменьшению денежных затрат на лечение и нивелированию полипрагмазии.

Изучая огромные массивы данных, ИИ позволяет находить новые лекарства на основе имеющихся биомедицинских данных. Так, биофармацевтическая компания NuMedii уже создала технологию AIDD (искусственный интеллект для обнаружения лекарств) для быстрого обнаружения связей между лекарствами и заболеваниями на системном уровне. С помощью данной технологии на протяжении 10 лет работы была извлечена информация из тысяч различных хранилищ данных и создана собственная структурированная база данных, которая охватывает сотни заболеваний и тысячи соединений. Запатентованные алгоритмы AIDD позволили ему выйти далеко за рамки традиционных подходов к поиску лекарств [7, 8]. Так, с помощью машинного обучения для поиска лекарств можно ускорить не только процесс их разработки, но и сократить время выхода на рынок, что приведет к созданию более прицельной терапии для пациентов.

Еще одна область, где ИИ оказывает значительное влияние — это ведение электронных медицинских карт [9, 10, 11]. Используя обработку текста на естественном языке (NLP) и применяя машинное обучение, ИИ может извлекать ценные сведения из электронных медицин-

ских карт, включая идентификацию пациентов с высоким риском развития острой патологии, для определения необходимости проведения соответствующего профилактического лечения [12].

В информационном мире произошел большой сдвиг в рабочем процессе, что привело к стремительному росту хирургии. Потенциальные преимущества ИИ в области хирургии многочисленны, включая способность анализировать анамнестические и лабораторно-инструментальные данные пациентов, выявлять специализированные закономерности и делать точные прогнозы. Например, ИИ может помочь выявить у пациента высокие риски развития осложнений в послеоперационном периоде и, соответственно, снизить их количество путем предложения мер по рациональной профилактике. Также, с помощью машинного обучения можно обеспечить поддержку в принятии решений в реальном времени во время операции, анализируя жизненно важные показатели и данные изображения. Благодаря искусственному интеллекту можно оптимизировать планирование оперативного вмешательства, а также предоперационную подготовку, обеспечивая тем самым точный и персонализированный подход. В герниологии искусственный интеллект может быть использован для анализа медицинских изображений, предсказания риска осложнений, определения оптимального хирургического подхода и оценки результатов операции. Однако, несмотря на значительный потенциал ИИ в герниологии, существует ряд вопросов, требующих дополнительного изучения. В частности, необходимо определить степень надежности и точности алгоритмов ИИ, а также их возможное влияние на клиническое решение и безопасность пациентов. Важным аспектом является этическая сторона применения ИИ в герниологии, включая вопросы ответственности и прозрачности алгоритмов.

Целью настоящего обзора является рассмотрение современных подходов к использованию технологий искусственного интеллекта в практической хирургии, в частности, герниологии, а также обсуждение перспектив и правовых аспектов данного направления. Данная публикация познавательна для специалистов в области хирургии и способствует дальнейшему развитию инновационных технологий в хирургической практике.

#### Технологии искусственного интеллекта в герниологии

В герниологии, как и в других областях медицины, искусственный интеллект используется для улучшения качества и скорости проводимой диагностики грыж, определения рисков, связанных с оперативным вмешательством, планирования хирургического вмешательства и оценки результатов проведенного лечения в послеоперационном периоде. Первые публикации

на заре применения машинного обучения в медицине демонстрируют нам, что интеграция искусственного интеллекта в герниологию началась еще в 2012 году, когда Европейское общество герниологов (EHS-GREPA) сформировало онлайн-платформу с использованием ИИ для регистрации и измерения результатов операций по грыжам передней брюшной стенки [13]. Актуальность применения данных технологий обусловлена рядом факторов, которые включают в себя растущую распространенность абдоминальных грыж, необходимость повышения точности диагностики и эффективности лечения, а также снижение риска осложнений и рецидивов.

Одной из основных технологий ИИ, которая применяется для решения задач в герниологии, является обработка цифровых медицинских изображений, таких как СКТ и МРТ. Искусственный интеллект способен анализировать медицинские изображения для определения принадлежности грыжи к конкретному пункту классификации, и может предоставить исчерпывающую информацию в отношении локализации и конфигурации грыжевых дефектов, что служит основой для стратификации пациента и отнесения его к определенной категории грыженосителей в соответствии с современной классификацией грыж передней брюшной стенки [14]. Например, используя технологии ML и CNN (сверточная нейронная сеть), был разработан полностью автоматизированный алгоритм анализа изображений органов брюшной полости, полученных методом оптической когерентной томографии, с моментальной скоростью анализа и точностью 91 % [15]. Такая технология, помимо основного назначения, позволяет оценить наличие или отсутствие сопутствующей внутрибрюшной патологии, которая может иметь определяющее значение для выбора объема операции, показаний к симультанному вмешательству или противопоказаний к реконструкции брюшной стенки. Крайне важно учитывать тот факт, что в случае, когда у пациента ширина грыжевых ворот превышает 10 см, стандартная пластика методом «sublay» с полным фасциальным закрытием дефекта может оказаться технически невыполнимой, а иногда и опасной из-за критического повышения внутрибрюшного давления (ВБД) [16]. Так, с помощью представленной модели глубокого обучения (DL), ИИ смог предложить объем и предсказать сложность хирургической реконструкции передней брюшной стенки при гигантских послеоперационных грыжах на основании результатов обработки огромного количества параметров, которые в рутинной рентгенологической практике используются крайне редко: длина и ширина дефекта, угол диастаза (между аортой и медиальными краями прямых мышц), индекс сепарации (CSI — component separation index), индекс RDR (rectus to defect ratio), а также волюметрические параметры объема грыжевого мешка и брюшной полости [17].

Кроме того, использование машинного обучения (ML) для анализа состояния мышечно-апоневротического комплекса и его составных элементов, предоставила хирургам возможность эффективно рассчитать предоперационный риск, риск рецидива грыжи, а также оценить влияние ранее перенесенных вмешательств на структуру брюшной стенки [18]. Таким образом, использование технологий ИИ в плане анализа СКТ-изображений органов брюшной полости, предоставляет инновационные, точные и высокоскоростные способы диагностики в рамках предоперационного планирования и послеоперационного ведения пациентов с грыженосительством, путем визуализации дефектов брюшной стенки, определения их размеров, конфигурации, площади и взаимоотношений с органами брюшной полости, а также других второстепенных показателей: поиск безопасного входа в брюшную полость, сопутствующая внутрибрюшная патология и последствия ранее произведенных вмешательств и иных критериев риска.

Подраздел технологии искусственного интеллекта, так называемая сверточная нейронная сеть (CNN), активно используется для увеличения степени безопасности оперативного приема в режиме реального времени. Так, данную технологию используют для интраоперационной идентификации семявыносящего протока при проведении трансабдоминальной преперитонеальной пластики [19]. Такая перспектива позволяет значительно снизить риск интраоперационных осложнений, которые связаны с ятрогенным повреждением важных анатомических структур (бедренные и надчревные сосуды, семявыносящий проток, подвздошно-паховый, подвздошно-подчревный и бедренно-половой нервы) в зоне операционного поля. Кроме того, технологии искусственного интеллекта могут применяться в прогнозировании различных исходов послеоперационного течения и осложнений при выполнении герниопластики. На основании комбинированного изучения данных медицинской карты больного, радиологических исследований и техники проведения операции, алгоритмы ИИ способны прогнозировать и определять риски возникновения инфекции мягких тканей в области послеоперационных ран, а также миграцию сетки и возможной несостоятельности степлерной фиксации [20]. С помощью моделей глубокого обучения можно оценить и определить отрицательные результаты лапароскопической герниопластики, которые связаны с длительной хронической болью, возникшей в результате повреждения нервных структур или хронической инфекцией мягких тканей [21]. В конечном итоге, интеграция искусственного интеллекта в области хирургии, реализуемая с помощью способности улучшать визуализацию операционного поля и дифференцировать анатомические ориентиры и структуры, помогает выполнять тот или иной операционный прием в рамках проведения лапароскопической герниопластики.

Все это приводит к минимизации риска повреждений важных структур в области операционного поля, тем самым сокращая койко-день пребывания в стационаре и, главное, улучшая качество жизни пациента благодаря снижению послеоперационных осложнений.

Одним из весьма интересных способов применения технологий искусственного интеллекта в рамках герниологии, является его использование в виртуальных симуляторах, которые позволяют хирургам проводить полноценную герниопластику по различным сценариям и уровням сложностей без риска для пациентов. Данные симуляторы могут использовать технологию машинного обучения и компьютерного зрения с целью проведения анализа и оценки действий хирурга, предоставляя обратную связь и рекомендации по улучшению навыков. В недавнем исследовании, дизайн которого включал программирование на Python, CNN и Raspberry Pi, было показано, что искусственный интеллект применим для разработки системы обучения хирургов лапароскопической герниопластики. Результаты этого исследования продемонстрировали, что система значительно ускоряет кривую обучения хирурга в рамках определенного типа лапароскопической герниопластики, а также обладает большим потенциалом для повышения уверенности в отношении принятия технического решения, помогая улучшить свои практические и теоретические навыки в рамках герниологической практики [22]. Аналогичное исследование, проведенное двумя годами позднее, также продемонстрировало большую эффективность использования алгоритмов машинного обучения для обучения стажеров-хирургов лапароскопической техники герниопластики [23]. Так, с помощью данного алгоритма проводилась оценка уровня техники выполнения оперативного приема обучающихся и выявлялись общие ошибки, на основе которых предоставлялись рекомендации по улучшению навыков и технической реализации лапароскопической герниопластики, начиная от правильно выбранной точки и направления диссекции париетальной брюшины, заканчивая наиболее верными точками степлерной фиксации сетки. Похожее исследование проводили с использованием модели профессионального обучения хирургов герниопластике, и после введения ее в практику выявили значительный успех в повышении технических возможностей хирургов в рамках выполнения любой лапароскопической герниопластики после завершения кривой обучения [24]. Наконец, недавно исследователи подтвердили актуальность и важность применения технологий глубокого обучения в отношении идентификации и интерпретации этапов оперативного приема при TAPP для повышения эффективности работы хирурга, оценки и улучшения его навыков, положительно влияя на кривую его обучения [25]. Несмотря на положительную сторону и актуальность подобных ИИ-регулируемых симуляторов, авторы заявляют, что данный подход все-таки требует

дополнительных исследований и более массивного объема данных для машинного обучения, чтобы получить максимальную пользу с помощью этой технологии. Несомненно, необходимо большое количество дополнительных исследований в этом направлении, чтобы обеспечить разработку систем искусственного интеллекта, которые помогут хирургам на каждом этапе герниологической практики, начиная от предоперационной подготовки, заканчивая анализом и оценкой состояния пациента в послеоперационном периоде, а также мониторинга и рецензирования технических навыков хирурга.

#### Этические и правовые аспекты использования искусственного интеллекта в хирургии

Вместе с возможностями, которые предоставляет искусственный интеллект в хирургической деятельности, возникают и вопросы этического и правового характера. Одним из таких вопросов является определение ответственности за принятие решений. Важно установить, насколько хирург может полагаться на рекомендации ИИ, а также в какой степени он должен принимать самостоятельные решения. Все это можно достичь, скорректировав уже имеющуюся нормативную правовую базу с учетом новых технологических достижений, используя исключительно прозрачные алгоритмы искусственного интеллекта.

Прозрачность алгоритмов ИИ действительно является важным этическим аспектом, поскольку позволяет понять, как система принимает решения и какие факторы влияют на ее работу. В хирургической практике это имеет особое значение, так как от прозрачности алгоритма зависит доверие врачей и пациентов к системе искусственного интеллекта. Для обеспечения прозрачности необходимо разрабатывать алгоритмы, которые могут не только объяснить свои решения, но и предоставлять доступ к информации о работе системы ИИ как для медицинских специалистов, так и для пациентов. Кроме того, безопасность применения технологий искусственного интеллекта в хирургии, несомненно, является одним из основных этических аспектов. Системы ИИ должны быть надежными и обеспечивать высокую точность в своей работе, чтобы минимизировать риск ошибок и осложнений для пациента. Для обеспечения безопасности необходимо проводить тщательное тестирование алгоритмов ИИ, а также разрабатывать механизмы контроля и мониторинга их работы в реальных условиях хирургической практики.

Как уже было сказано, использование технологий искусственного интеллекта в медицине предполагает обработку большого количества персональных данных пациентов. В России действует закон «О персональных данных» (№ 152-ФЗ), который регулирует обработку и защиту персональных данных. Важно обеспечить со-

блюдение требований закона и гарантировать конфиденциальность данных пациентов при использовании данной технологии в хирургии. В 2020 году был принят Федеральный закон «О проведении эксперимента по установлению специального регулирования в целях создания необходимых условий для разработки и внедрения технологий искусственного интеллекта в субъекте Российской Федерации — городе федерального значения Москве и внесении изменений в статьи 6 и 10 Федерального закона «О персональных данных» от 24.04.2020 (№123-ФЗ), который предоставляет достаточно благоприятные условия для разработки и внедрения ИИ-технологий в медицинскую практику, в том числе и в хирургии. Кроме того, данный закон способствует обеспечению соблюдения соответствующих прав пациентов на конфиденциальность и защиту персональных данных, помогая установить более четкие правила обработки и хранения медицинских данных, включая те, которые были получены с использованием ИИ-технологий.

Несмотря на то, что в Российской Федерации на данный момент нет специального законодательства, регулирующего использование ИИ в медицине, в 2019 Указом Президента Российской Федерации «О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации» утверждена Национальная стратегия развития искусственного интеллекта на период до 2030 года, которая предусматривает разработку нормативно-правовой базы в области ИИ. Важно отслеживать изменения в законодательстве и адаптировать практику использования технологий искусственного интеллекта в хирургии к новым требованиям.

Для использования ИИ в хирургии необходимо получение соответствующих лицензий и сертификатов. В Российской Федерации, теоретически, это может регулироваться Постановлением Правительства РФ от 30 июня 2021 года «О федеральном государственном контроле (надзоре) за обращением медицинских изделий» (№ 1066) и другими нормативными актами. Важно убедиться в том, что используемые системы ИИ будут соответствовать требованиям законодательства и пройдут все необходимые процедуры лицензирования и сертификации.

В России, как и во многих других странах, ответственность за принятие решений в хирургии лежит непосредственно на лечащем докторе, и использование ИИ не должно освобождать его от этой ответственности. Таким образом, полноценное внедрение технологий искусственного интеллекта требует разработки новых правовых и этических норм и законов, определяющих степень ответственности хирурга и системы искусственного интеллекта, а также учета возможных ошибок, связанных с недостатками алгоритмов или неправильным использованием технологии для полноценного взаимодействия между медицинскими специалистами, разработчиками технологий и обществом.

### Заключение

В заключении, использование технологий искусственного интеллекта для проведения герниопластики и других хирургических операций представляет собой перспективное направление в современной хирургии. Такие ИИ-технологии как компьютерное зрение, машинное обучение и роботизированные системы, способствуют повышению точности, безопасности и эффективности хирургических вмешательств. Внедрение ИИ в хирургическую практику позволяет сократить время операции, уменьшить риск осложнений и ускорить процесс реабилитации пациентов.

Однако, несмотря на значительные преимущества, использование технологий искусственного интеллекта в хирургии также сталкивается с рядом проблем. Они включают в себя этические аспекты, стандартизацию и интеграцию технологий, а также обучение и подготовку медицинского персонала для работы с новыми системами. Для успешного внедрения такой технологии в хирургическую практику необходимо проводить дополнительные исследования, разрабатывать стандарты и руководства, а также обеспечивать непрерывное обучение и техническую поддержку специалистов. В целом, использование искусственного интеллекта в герниологии и в других разделах медицины является мощным инструментом, который может значительно улучшить качество оказываемой медицинской помощи и положительно повлиять на течение послеоперационного периода пациентов, а также снизить риски осложнений.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Shalev-Shwartz S. 2014. Understanding Machine Learning. New York, Cambridge University Press, 449
2. Hamm C., Wang J., Savic L., Ferrante M., Schobert I., Schlachter T., Lin M., Duncan J., Weinreb J., Chapiro J., Letzen B. 2019. Deep learning for liver tumor diagnosis part I: development of a convolutional neural network classifier for multi-phasic MRI. *Eur. Radiol.* 29 (7): 3338–3347. doi: 10.1007/s00330-019-06205-9
3. Esteve A., Kuprel B., Novoa R., Ko J., Swetter S., Blau H., Thrun S. 2017. Dermatologist-level classification of skin cancer with deep neural networks. *Nature.* 542 (7639): 115–118. doi: 10.1038/nature21056.
4. Ting D.S., Cheung C.Y., Lim G., Tan G.S., Nguyen D., Gan A., Hamzah H., Garcia-Franco R., Yeo I., Lee S. 2017. Development and Validation of a Deep Learning System for Diabetic Retinopathy and Related Eye Diseases Using Retinal Images From Multiethnic Populations With Diabetes. *JAMA.* 318 (22): 2211–2223. doi: 10.1001/jama.2017.18152.

5. Han K., Cao P., Wang Y., Xie F., Ma J., Yu M., Wang J., Xu Y., Zhang Y., Wan J. 2021. A Review of Approaches for Predicting Drug–Drug Interactions Based on Machine Learning. *Front. Pharmacol.* 12 (3): 814858. doi: 10.3389/fphar.2021.814858.
6. Zhu S., Bing J., Min X., Lin C., Zeng X. 2018. Prediction of Drug–Gene Interaction by Using Metapath2vec. *Front Genet.* 9 (2): 248. doi: 10.3389/fgene.2018.00248. eCollection 2018.
7. Zhavoronkov A., Ivanenkov Y., Aliper A., Veselov M., Aladinskiy V., Aladinskaya A., Terentiev V., Polykovskiy D., Kuznetsov M., Asadulaev A., Volkov Y., Zholus A., Shayakhmetov R., Zhebrak A., Minaeva L., Zagribelnyy B., Lee L., Soll R., Madge D., Xing L., Guo T., Aspuru-Guzik A. 2019. Deep learning enables rapid identification of potent DDR1 kinase inhibitors. *Nat. Biotechnol.* 37 (9): 1038–1040. doi: 10.1038/s41587-019-0224-x.
8. Jahchan N., Dudley J., Mazur P., Flores N., Yang D., Palmerton A., Zmoos A., Vaka D., Tran K., Zhou M., Krasinska K., Riess J., Neal J., Khatri P., Park K., Butte A., Sage J. 2013. A drug repositioning approach identifies tricyclic antidepressants as inhibitors of small cell lung cancer and other neuroendocrine tumors. *Cancer Discov.* 3 (12): 1364–77. doi: 10.1158/2159-8290.CD-13-0183.
9. Miller D., Brown E. 2018. Artificial Intelligence in Medical Practice: The Question to the Answer? *Am. J. Med.* 131 (2): 129–133. doi: 10.1016/j.amjmed.2017.10.035.
10. Mohsen F., Ali H., Hajj N., Shah Z. 2022. Artificial intelligence-based methods for fusion of electronic health records and imaging data. *Sci. Rep.* 12 (1): 17981. doi: 10.1038/s41598-022-22514-4
11. Seol H., Shrestha P., Muth J., Wi C., Sohn S., Ryu E., Park M., Ihrke K., Moon S., King K., Wheeler P., Rosedahl J., Liu H., McWilliams D., Juhn Y. 2021. Artificial intelligence-assisted clinical decision support for childhood asthma management: A randomized clinical trial. *PLoS One.* 16 (8): e0255261. doi: 10.1371/journal.pone.0255261.
12. Loftus T., Tighe P., Filiberto A., Efron P., Brakenridge S., Mohr A., Rashidi P., Upchurch J., Bihorac A. 2020. Artificial Intelligence and Surgical Decision-making. *JAMA Surg.* 155 (2): 148–158. doi: 10.1001/jamasurg.2019.4917.
13. Muysoms F., Campanelli G., Champault G., DeBeaux A., Dietz U., Jeekel J., Klinge U., Köckerling F., Mandala V., Montgomery A., Conde M., Puppe F., Simmermacher R., Śmietański M., Miserez M. 2012. *EuraHS*: the development of an international online platform for registration and outcome measurement of ventral abdominal wall hernia repair. *Hern. Sur.* 16 (3): 239–50. doi: 10.1007/s10029-012-0912-7.
14. López-Cano M., Rodrigues-Gonçalves V., Verdaguer-Tremolosa M., Petrola-Chacón C., Rosselló-Jiménez C., Saludes-Serra J., Armengol-Carrasco M., Garcia-Alamino J. 2021. Prioritization criteria of patients on scheduled waiting lists for abdominal wall hernia surgery: a cross-sectional study. *Hern. Sur.* 25 (6): 1659–1666. doi: 10.1007/s10029-021-02378-9.
15. Wang Y., Wei S., Opfermann J., Kam M., Saeidi H., Hsieh M., Krieger A., Kang J. 2022. Automated OCT A-line abdominal tissue classification using a hybrid MLP-CNN classifier during ventral hernia repair. In: *Optical Fibers and Sensors for Medical Diagnostics, Treatment and Environmental Applications. Proceedings of the International Scientific Conference. XXII (San Francisco, CA, USA, 20–24 Feb., 2022).* San Francisco, Whiting School of Engineering: 33–38.
16. Naguib N., Rafique H., Rao P., Longworth T., Soukias J., Masoud A. 2015. A review of the incidence of iatrogenic hernia in both laparoscopic and open colorectal surgery: Using CT as the gold standard of detection, cohort study. *Int. J. Surg.* 19 (1): 87–90. doi: 10.1016/j.ijsu.2015.05.026.
17. Elhage S., Deerenberg E., Ayuso S., Murphy K., Shao J., Kercher K., Smart N., Fischer J., Augenstein V., Colavita P., Heniford T. 2021. Development and Validation of Image-Based Deep Learning Models to Predict Surgical Complexity and Complications in Abdominal Wall Reconstruction. *JAMA Surg.* 156 (10): 933–940. doi: 10.1001/jamasurg.2021.3012.
18. Kallinowski F., Ludwig Y., Löffler T., Vollmer M., Lösel P., Görlich J., Heuveline V., Nessel R. 2020. Biomechanics applied to incisional hernia repair — Considering the critical and the gained resistance towards impacts related to pressure. *Clin. Biomech.* 82 (2): 105253. doi: 10.1016/j.clinbiomech.2020.105253.
19. Cui P., Zhao S., Chencorresponding W. 2021. Identification of the Vas Deferens in Laparoscopic Inguinal Hernia Repair Surgery Using the Convolutional Neural Network. *J. Healthc. Eng.* 13 (3): 557–567. doi: 10.1155/2021/5578089.
20. Madani A., Feldman L. 2021. Artificial Intelligence for Augmenting Perioperative Surgical Decision-Making—Are We There Yet? *JAMA Surg.* 156 (10): 941. doi: 10.1001/jamasurg.2021.3050.
21. O'Brien W., Ramos R., Gupta L., Itani L. 2021. Neural Network Model to Detect Long-Term Skin and Soft Tissue Infection after Hernia Repair. *Surg. Infect.* 22 (7): 668–674. doi: 10.1089/sur.2020.354.
22. Alonso-Silverio G., Pérez-Escamirosa F., Bruno-Sanchez R., Ortiz-Simon J., Muñoz-Guerrero R., Minor-Martinez A., Alarcón-Paredes A. 2018. Development of a Laparoscopic Box Trainer Based on Open Source Hardware and Artificial Intelligence for Objective Assessment of Surgical Psychomotor Skills. *Surg. Innov.* 25 (4): 380–388. doi: 10.1177/1553350618777045.
23. Baloul M., Yeh V., Mukhtar F., Ramachandran D., Traynor M., Shaikh N., Rivera M., Farley D. 2022. Video Commentary & Machine Learning: Tell Me What You See, I Tell You Who You Are. *J. Surg. Educ.* 79 (6): e263–e272. doi: 10.1016/j.jsurg.2020.09.022.
24. Zipper C., Friedrich U., Backhaus J., König S., Mavroveli S., Wiegering A., Olbrecht S., Puppe F., Günster S., Dietz U. 2020. Incisional hernia repair in a high-fidelity silicone model for open retro-muscular mesh implantation with preparation of the fatty triangle: validation and educational impact study. *Hern. Sur.* 24 (6): 1307–1315. doi: 10.1007/s10029-019-02094-5.
25. Takeuchi M., Collins T., Ndagijimana A., Kawakubo H., Kitagawa Y., Marescaux J., Mutter D., Perretta S., Hostettler A., Dallemagne B. 2022. Automatic surgical phase recognition in laparoscopic inguinal hernia repair with artificial intelligence. *Hern. Sur.* 26 (6): 1669–1678. doi: 10.1007/s10029-022-02621-x.

© Сергеев Олег Станиславович (sergeev2211@yandex.ru); Ксенофонтов Андрей Олегович (toxygo@gmail.com);

Захаров Олег Владимирович (zakharov\_o@bsuedu.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»