



Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности

Сайт журнала:

<http://www.openaccessscience.ru/index.php/ijcse/>



УДК 004.942

РОБОТОТЕХНИКА В МЕДИЦИНЕ

¹ Мадатов Д.А., ² Борисов В.В., ³ Сивков В.С.

ФГБОУ ВО «ПОВОЛЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ И ИНФОРМАТИКИ», г. Самара, Россия (443010, г. Самара ул. Льва Толстого, 23), e-mail: ¹ dima.madatov.2015@mail.ru, ² v.borisov@psuti.ru, ³ v.sivkov@psuti.ru

В этой статье рассматривается быстрое развитие и применение робототехники в медицине. В ней рассматриваются различные применения медицинских роботов: от хирургии и диагностики до реабилитации, на конкретных примерах. В статье также рассматриваются ключевые проблемы, связанные с интеграцией робототехники в здравоохранение, включая высокие затраты, проблемы безопасности, трудности с интеграцией в существующую инфраструктуру и этические соображения. Анализ потенциальных препятствий и возможных способов их преодоления помогает оценить перспективы развития медицинской робототехники и ее влияние на будущее здравоохранения.

Ключевые слова: Робототехника, искусственный интеллект, медицина, хирургия, реабилитация, роботы.

ROBOTICS IN MEDICINE

¹ Madatov D.A., ² Borisov V.V., ³ Sivkov V.S.

VOLGA REGION STATE UNIVERSITY OF TELECOMMUNICATIONS AND INFORMATICS, Samara, Russia (443010, Samara st. Lev Tolstoy, 23), e-mail: ¹ dima.madatov.2015@mail.ru, ² v.borisov@psuti.ru, ³ v.sivkov@psuti.ru

This article examines the rapid development and application of robotics in medicine. It examines various applications of medical robots, from surgery and diagnostics to rehabilitation, using specific examples. The article also addresses key challenges associated with integrating robotics into healthcare, including high costs, security concerns, difficulties with integration into existing infrastructure, and ethical considerations. Analyzing potential obstacles and possible ways to overcome them helps assess the prospects for the development of medical robotics and its impact on the future of healthcare.

Keywords: Robotics, artificial intelligence, medicine, surgery, rehabilitation, robots.

Робототехника трансформирует современную медицину, предоставляя инновационные решения для диагностики, лечения и реабилитации пациентов. От минимально инвазивной хирургии до точной доставки лекарств и индивидуальной реабилитации – роботы открывают новые горизонты для улучшения качества медицинской помощи и повышения эффективности медицинских процедур. В этой статье мы рассмотрим область применения медицинских роботов на конкретных примерах. Однако, несмотря на впечатляющий потенциал, внедрение робототехники в медицину сопряжено с некоторыми серьезными проблемами, включая высокие затраты, проблемы безопасности и трудности интеграции. Мы более подробно рассмотрим эти ключевые проблемы и обсудим возможные пути для их решения.

Робототехника быстро изменяет сферу здравоохранения, предлагая новые возможности в диагностике, лечении и реабилитации пациентов. Рассмотрим некоторые варианты применения робототехники в медицине:

Хирургия. Робототехника в хирургии открывает множество новых возможностей, позволяя хирургам выполнять сложнейшие и точнейшие операции. Часть из этих возможностей мы рассмотрим дальше. Роботы, благодаря своей конструкции, могут выполнять высокоточные движения, которые человеку будет крайне сложно повторить. Благодаря этому преимуществу хирурги могут выполнять более деликатные операции, так как робот будет более точно позиционировать инструменты. С помощью роботов хирурги могут выполнять операции, не прибегая к большим разрезам, что в свою очередь снизит травмирование тканей, кровопотерю, время восстановления пациента и шанс появления рубцов. Конструкция роботов позволяет размещать в них высококачественные 3D-камеры, наличие этих камер предоставляет хирургам широкий и улучшенный обзор операционного поля, что соответственно позволяет увидеть те детали, которые невооруженному глазу трудно заметить. Манипуляторы роботов обладают большой гибкостью и отличным диапазоном движений, в следствии чего манипуляторам проще добраться до труднодоступны мест в теле человека. Часть роботов предоставляет доступ к дистанционным операциям. Данная особенность полезна, в случае необходимости важны операций в отдаленных местах или же при чрезвычайных ситуациях.

Самым ярким примером подобных роботов является хирургическая система da Vinci[1]. Она используется в различных хирургических областях, включая кардиохирургию, урологию, гинекологию и общую хирургию. Хирург управляет роботом с панели управления и просматривает операционное поле на большом экране.



Рисунок 1. - Хирургическая система da Vinci
Источник: изображение с сайта компании Intuitive

Реабилитация. Для реабилитации робототехника играет не менее важную роль. Она предлагает инновационные решения для восстановления функций поврежденных частей тела после травм, инсультов, нейродегенеративных заболеваний и т.д... Роботы ускоряют процесс

реабилитации и сделаю его более эффективным. Ряд особенностей данного применения роботов рассмотрим далее. В контексте данного вида реабилитации подразумевается использование экзоскелетов. Это роботизированные устройства, которые крепятся к поврежденным конечностям помогая пациенту двигаться. Они даруют дополнительную устойчивость, помогают в движении и также могут адаптироваться к силе и диапазону движений больного. Такие устройства помогают в восстановлении мелкой моторики конечности, которая необходима нам для выполнения повседневных задач. Различные модель роботов оснащены по-разному, некоторые предоставляют реабилитацию в виде игры и интерактивных упражнений, другие автоматически «разминают» конечность. Устройства подобного типа тренируют память, внимательность и прочие когнитивные функции пациента. Тренировки когнитивных функций необходимы в случае повреждения их из-за инсульта и других заболеваний, наносящих урон нервной системе. Также в тренировках могут использоваться разные интерактивные элементы, для повышения мотивации пациента.

В качестве примера можно привести устройства серии LokomatPro[2]. Это полноценный роботизированный комплекс, моделирующий и воспроизводящий естественную походку человека, что благодаря объективной обратной связи и активному участию пациента приводит к активации сенсомоторной сети мозга, отвечающей за ходьбу.



Рисунок 2. - Роботизированный комплекс LokomatPro
Источник: изображение с сайта компании Бека РУС

Диагностика и лечение. Робототехника не оставила сферу диагностики и лечения без революций. Во многих областях медицины роботы предоставляют более точные, эффективные и менее инвазивные методы. Теперь рассмотрим способы их применений и их особенности. Роботы способны более точно забирать образцы тканей для биопсии, данная особенность очень важна в труднодоступных местах, так как человеку может не хватить места и гибкости для правильного забора. Также роботы позволяют хирургам получать более качественные образцы опухолей, минимизируя общее повреждение окружающих опухоль

тканей. Благодаря искусственному интеллекту, интегрированному в систему, можно с высокой точностью разбирать медицинские изображения (рентген, КТ, МРТ), в следствие чего подобный анализ может выявить те заболевания, которые невооруженный глаз человека мог бы не заметить. Роботы могут использоваться с целью доставки лечебных средств прямо в организм пациента, подобное необходимо при целевой терапии рака, а также благодаря этому можно минимизировать побочные эффекты и повысить эффективность лечения. Также сейчас ведутся исследования в области микророботов, с целью их использования для доставки лекарств непосредственно к опухолевым клеткам.

Хорошим примером является CyberKnife[3]. Это система, представляющая собой неинвазивное лечения раковых и неракowych опухолей, а также других состояний, требующих лучевой терапии. Она доставляет радиацию при помощи линейного ускорителя, который установлен непосредственно на роботе.



Рисунок 3. - Система CyberKnife

Источник: изображение с сайта компании Accuray

Робототехника обещает произвести революцию в здравоохранении, открыв новые возможности в диагностике, лечении и реабилитации. Однако путь к широкому внедрению медицинских роботов полон трудностей. Например, есть три довольно значимые проблемы:

- **Стоимость.** Высокая стоимость внедрения робототехники в медицине – сложный вопрос, включающий не только первоначальные затраты на приобретение дорогостоящего оборудования, но и многие сопутствующие расходы, которые часто недооцениваются. Например, первоначальная покупка роботизированных хирургических систем может стоить миллионы долларов, что не все могут себе позволить, особенно небольшие больницы.

Добавьте к этому значительные затраты на обслуживание и ремонт, для которых требуются высококвалифицированные специалисты и дорогие запасные части. Простой оборудования из-за отказа может привести к финансовым потерям, снижению операционной эффективности и задержкам в оказании помощи пациентам. Обучение медицинского персонала работе с новыми технологиями — длительный и дорогостоящий процесс, требующий специальных курсов, тренингов и симуляций. Наконец, продолжающиеся инвестиции в исследования и разработки, необходимые для улучшения существующих технологий и создания новых, также являются важным фактором, который увеличивает общую стоимость внедрения робототехники в медицине. В конечном итоге все эти факторы означают, что доступ к передовым роботизированным технологиям в здравоохранении остается ограниченным, несмотря на их огромный потенциал.

- **Безопасность.** Безопасность роботов в медицине — довольно сложная и многогранная проблема. Риски связаны не только с техническими аспектами, но также с человеческим фактором и этическими соображениями. С технической точки зрения потенциальные механические неисправности, такие как отказ двигателя, заклинивание механизмов или поломка датчиков, представляют собой угрозу, которая может привести к неожиданному движению робота во время операции, что может нанести вред пациенту. Проблемы с программным обеспечением, вызванные ошибками или вирусами, могут привести к неверным командам, неправильной интерпретации данных датчиков и потере управления роботом. Недостаточная надежность электросистемы также создает риски, поскольку внезапное отключение электроэнергии может нарушить критически важный процесс. Не менее важную роль играет человеческий фактор: неквалифицированный или плохо обученный персонал может неправильно использовать систему, не замечать предупреждающие знаки или допускать ошибки в настройке. Усталость хирурга и стресс во время длительной хирургической процедуры также могут увеличить риск ошибок. Кроме того, кибербезопасность становится все более важной проблемой, поскольку подключенные к сети медицинские роботы могут стать мишенью для хакеров, что может привести к удаленному управлению роботами или краже данных пациентов. Внедрение робототехники в медицину также поднимает ряд этических вопросов, таких как распределение ответственности в случае несчастного случая и риск увеличения неравенства в здравоохранении. Поэтому обеспечение безопасности роботизированных систем в медицине требует не только разработки надежного и отказоустойчивого аппаратного и программного обеспечения, но и подготовки медицинского персонала на высоком уровне, строгих мер безопасности, эффективных систем мониторинга и регулярного технического обслуживания. Необходимо также решить этические вопросы и обеспечить кибербезопасность медицинских роботов.

- **Интеграция в инфраструктуру.** Успешная интеграция робототехники в медицинскую инфраструктуру — задача, требующая решения множества взаимосвязанных проблем. На физическом уровне существующие здания больниц и клиник зачастую не оборудованы для размещения и эксплуатации крупных роботизированных систем. Это может потребовать дорогостоящей реконструкции помещений, установки новых систем связи, установки мощных источников питания и систем аварийного электроснабжения, а также введения дополнительных мер безопасности для предотвращения аварий. Также существует необходимость обеспечить надежную высокоскоростную сетевую инфраструктуру для удаленной связи и управления роботами, что может быть особенно сложно в старых зданиях

с устаревшими кабелями. Кроме того, интеграция робототехники в существующие информационные системы здравоохранения и другие программные приложения требует значительных усилий и затрат на разработку и адаптацию программного обеспечения, обеспечение совместимости и создание единой интегрированной системы. Организационные аспекты также создают серьезные проблемы. Медицинские работники должны пройти специальную подготовку для использования новых технологий, что требует времени, ресурсов и может быть дорогостоящим. Использование роботов может также потребовать внесения изменений в существующие медицинские процедуры и протоколы, которые должны быть согласованы всеми участниками процесса. Отсутствие единых стандартов и правил в секторе медицинской робототехники создает дополнительные проблемы. В конечном итоге решающую роль играют экономические соображения. Высокая стоимость приобретения, обслуживания и ремонта роботов, а также отсутствие четкой окупаемости инвестиций могут ограничить внедрение роботов, особенно в контексте ограниченных бюджетов здравоохранения. Поэтому успешная интеграция робототехники требует тщательного планирования, комплексного подхода, значительных финансовых инвестиций и решения всех вышеупомянутых проблем на ранней стадии.

Мы рассмотрели некоторые успешные примеры применения робототехники, демонстрирующие преимущества повышения точности, эффективности и безопасности медицинских процедур. Однако высокие затраты, проблемы безопасности, трудности интеграции и этические дилеммы требуют тщательного внимания и решения. Успешное внедрение медицинских роботов требует сотрудничества между производителями, поставщиками медицинских услуг, регулирующими органами и исследовательскими организациями для снижения затрат, повышения безопасности, разработки стандартов и решения этических вопросов. Только комплексный подход позволит в полной мере раскрыть потенциал медицинских роботов и сделать передовые технологии доступными для всех, кто в них нуждается.

Список литературы

1. Intuitive da Vinci. Электронный ресурс. URL: [<https://www.intuitive.com/en-us/products-and-services/da-vinci>] (дата обращения: 16.12.2024).
2. LokomatPro. Электронный ресурс. URL: [<https://beka.ru/katalog/mekhano-i-robotizirovannaya-terapiya/vosstanovlenie-navykov-khodby/lokomat-pro/>] (дата обращения: 16.12.2024).
3. CYBERKNIFE SYSTEM How It Works. Электронный ресурс. URL: [<https://cyberknife.com/cyberknife-how-it-works/>] (дата обращения: 16.12.2024).
4. Современная робототехника в медицине. Электронный ресурс. URL: [<https://robot-davinci.ru/nauchnye-publikacii/sovremennaya-robototehnika-v-medicine/>] (дата обращения: 16.12.2024).

References

1. Intuitive da Vinci. Electronic resource. URL: [<https://www.intuitive.com/en-us/products-and-services/da-vinci>] (date of access: 12/16/2024).

2. Lokomotivpro. Electronic resource. URL: [<https://beka.ru/katalog/mekhano-i-robotizirovannaya-terapiya/vosstanovlenie-navykov-khodby/lokomat-pro/>] (accessed: 12/16/2024).
 3. CYBERKNIFE SYSTEM How It Works. Electronic resource. URL: [<https://cyberknife.com/cyberknife-how-it-works/>] (accessed: 12/16/2024).
 4. Modern robotics in medicine. Electronic resource. URL: [<https://robot-davinci.ru/nauchnye-publikacii/sovremennaya-robototekhnika-v-medicine/>] (accessed: 12/16/2024).
-