



ПРИМЕНЕНИЕ РОБОТОТЕХНИКИ В ХИРУРГИИ: ОТ АВТОНОМНЫХ ОПЕРАЦИЙ ДО РЕАБИЛИТАЦИИ

Петров Андрей Викторович

студентка 6 курса медицинского факультета, Гомельский государственный
медицинский университет
г. Гомель, Республика Беларусь

Аннотация

В последние десятилетия робототехника всё активнее внедряется в медицинскую практику, особенно в области хирургии. Роботизированные технологии позволяют повысить точность оперативных вмешательств, минимизировать травматичность, сократить продолжительность госпитализации и ускорить процесс реабилитации пациентов. В статье рассматриваются ключевые направления применения робототехнических систем: от ассистирующих и полуавтономных хирургических комплексов до полностью автономных прототипов и роботизированных комплексов для послеоперационного восстановления. Приводятся данные о клинических исследованиях, международной практике, а также анализируются проблемы и перспективы дальнейшего развития данного направления.

Ключевые слова: роботизированная хирургия, автономные системы, медицинская робототехника, реабилитация, хирургические технологии

Введение

Развитие робототехники и информационных технологий оказывает значительное влияние на здравоохранение, особенно на оперативную медицину. Современная хирургия требует высокой точности, минимального инвазивного воздействия и максимально быстрого восстановления пациента. Традиционные методы, несмотря на их эффективность, часто сопряжены с человеческим фактором, ограниченными физическими возможностями хирурга и высокой утомляемостью при длительных вмешательствах.

Роботизированные системы стали ответом на эти вызовы. Они повышают точность движений, исключают тремор, обеспечивают доступ к труднодоступным зонам, а также позволяют реализовать операции с высокой степенью деликатности. Помимо непосредственного участия в операционном процессе, такие технологии находят применение в до- и послеоперационной подготовке, виртуальном планировании вмешательств и реабилитации.

Всё это открывает новый этап в развитии хирургии — от ручного труда к интеллектуально управляемым и частично автономным решениям.

1. Роботизированные ассистенты в современной операционной

Наиболее широкое распространение получили роботизированные ассистенты, выполняющие вспомогательные функции под контролем хирурга. Система **da Vinci**, сертифицированная в 2000 году, на сегодняшний день используется в более чем 60 странах мира. Она оснащена несколькими манипуляторами, камерой с трёхмерным изображением высокой чёткости и консолью управления. Хирург, находясь за пультом, может осуществлять движения с высокой точностью, масштабировать и фильтровать их.

Такие системы особенно востребованы в онкологии (например, при радикальной простатэктомии), гинекологии, колоректальной и торакальной хирургии. В сравнении с традиционной лапароскопией роботизированные вмешательства позволяют достичь лучшего косметического эффекта, снизить кровопотерю и сократить пребывание в стационаре на 1–2 дня. Аналогичные системы — **Versius** (Cambridge Medical Robotics), **Senhance** (Asensus Surgical) и **Hugo** (Medtronic) — также активно внедряются в клиническую практику, особенно в Европе и Азии.

2. Перспективы автономной хирургии: граница возможностей

Несмотря на то что полностью автономные хирургические роботы ещё не допущены к широкому клиническому использованию, научные разработки в этом направлении ведутся активно. Исследовательские лаборатории США, Германии и Китая разрабатывают системы, способные самостоятельно выполнять базовые хирургические манипуляции на основании данных компьютерной томографии, ультразвука и искусственного интеллекта.

Одним из перспективных проектов является **STAR (Smart Tissue Autonomous Robot)**, созданный учёными из Университета Джонса Хопкинса. В экспериментах на животных STAR продемонстрировал способность выполнять швы с точностью, превышающей показатели опытных хирургов. Важной частью таких систем является не только механическая точность, но и адаптивность — способность учитывать анатомические вариации, физиологические изменения в процессе операции, а также интеграция с системами ИИ для прогнозирования исходов.

Этические и правовые аспекты, включая ответственность за результат автономных действий, остаются пока нерешёнными. Тем не менее, развитие цифровой хирургии и телемедицины свидетельствует о приближении момента, когда автономные технологии станут частью повседневной клинической практики.

3. Роботизированные технологии в реабилитационной медицине

Не менее важным направлением применения робототехники в хирургии является послеоперационная реабилитация. После сложных вмешательств на опорно-двигательном аппарате, центральной нервной системе или органах малого таза пациенты нуждаются в целенаправленном восстановлении. Использование экзоскелетов, биомеханических тренажёров и нейрорадаптивных систем позволяет сократить сроки восстановления и повысить эффективность терапии.

Системы вроде **Lokomat**, **ReWalk**, **ExoAtlet** применяются в ведущих клиниках России и Европы. Они позволяют осуществлять активную мобилизацию пациентов с поражением спинного мозга, последствиями инсульта и нейрохирургических операций. Особенностью этих комплексов является наличие сенсоров, отслеживающих движения, и возможности адаптации под конкретные параметры пациента. Новейшие разработки включают обратную биологическую связь, визуализацию движения и интеграцию с нейростимуляторами.

Роботизированная реабилитация сегодня рассматривается как важнейшее направление персонализированной медицины, позволяющее не только повысить функциональные результаты, но и сократить экономические затраты на долгосрочную медицинскую помощь.

4. Трудности внедрения и направления развития

Широкое распространение роботизированных систем сдерживается рядом факторов: высокой стоимостью оборудования, необходимостью длительного обучения персонала, сложностью технического обслуживания, а также ограниченной нормативной базой. Подготовка хирургов к работе с подобными системами требует создания симуляционных центров и сертифицированных программ, включающих виртуальную реальность и моделирование критических ситуаций.

Национальные клинические рекомендации постепенно включают положения по использованию роботизированной техники. В России и Белоруссии создаются инновационные центры, разрабатываются отечественные аналоги, в том числе системы телехирургии и мобильные роботизированные платформы. Интеграция ИИ, систем компьютерного зрения и прогнозирования осложнений открывает путь к интеллектуальной хирургии нового поколения.

Заключение

Робототехника в хирургии — это не просто технологический прогресс, а смена парадигмы в подходе к лечению. Точность, безопасность и минимальная инвазивность делают её незаменимой в современных операциях. В ближайшие годы ожидается дальнейшее развитие автономных систем, интеграция ИИ, а также расширение применения роботизированной реабилитации.

Успешное внедрение этих решений зависит от междисциплинарного взаимодействия инженеров, медиков и специалистов по информатике.

Литература

1. Krupa, A. et al. Autonomous robotic surgery: a review of current techniques. *IEEE Trans. Robot.*, 2021.
2. Yang, G.-Z., Nelson, B.J., Murphy, R.R. Medical robotics. *Science Robotics*, 2018.
3. Горячев, А.А. Роботизированная хирургия в клинической практике. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2020.
4. Бабаян Р. К. Хирургическая робототехника: перспективы и риски. // Вестник хирургии, 2021.
5. ExoAtlet. Реабилитационные экзоскелеты. URL: www.exoatlet.com
6. Джонсон, П. Искусственный интеллект в хирургии. Пер. с англ. – СПб.: Питер, 2022.