

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РОБОТОТЕХНОЛОГИЙ ПРИ НЕВРОЛОГИЧЕСКИХ ЗАБОЛЕВАНИЯХ



Тлеубергенова Азима, Кунназарова Замира Уринбаевна
Медицинский институт Каракалпакстана, Республика Узбекистан, г. Нукус

НЕВРОЛОГИК КАСАЛЛИКЛАР УЧУН РОБОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИДАН ФЙДАЛАНИШ САМАРАДОРЛИГИНИ ТАХЛИЛ ҚИЛИШ

Тлеубергенова Азима, Кунназарова Замира Уринбаевна
Қорақалпоғистон тиббиёт институти, Ўзбекистон Республикаси, Нукус ш.

ANALYSIS OF THE EFFECTIVENESS OF THE USE OF ROBOTICS IN NEUROLOGICAL DISEASES

Tleubergenova Azima, Kunnazarova Zamira Urinbaevna
Karakalpakstan Medical Institute, Republic of Uzbekistan, Nukus

e-mail: info@kkmeduniver.uz

Резюме. Мақолада неврологик касалликларда робот технологияларидан фойдаланиш самарадорлиги ҳақида умумий маълумот берилган, неврологик касалликларда робот ва автоматик технологиялардан фойдаланиш, уларнинг анъанавий терапия билан солиштирганда самарадорлигига алоҳида эътибор қаратилган. Жисмоний реабилитацияда робототехника ва даволашнинг бошқа усулларидан фойдаланишнинг қиёсий баҳоси ҳамда маълумотларнинг қиёсий таҳлили ўтказилди.

Калим сўзлар: неврологик касалликлар, реабилитация, роботтехнология, экзоскелет, нирвана.

Abstract. The article deals with an overview of the effectiveness of the use of robotics in neurological diseases, pays special attention to the use of robotic and automatic technologies in neurological diseases, their effectiveness in comparison with traditional treatment. A comparative assessment of the use of robotics and other methods of treatment in physical rehabilitation, as well as a comparative analysis of data, was carried out.

Keywords: neurological diseases, rehabilitation, robotics, exoskeleton, nirvana.

Актуальность. В мире все больше уделяется внимание на улучшение демографической ситуации, которое зависит как от качества жизни населения, так и от качества оказываемого медицинского обслуживания. В ряду мер по решению указанных проблем проводится активная инвестиционная политика в области внедрения новых высокотехнологичных методов лечения и оказания высокотехнологичной медицинской помощи. [1,7]

В этом направлении происходит техническое совершенствование медицинского оборудования. Разработка и внедрение высокотехнологичных, в ряде случаев, инновационных медицинских и технических решений приводит к эффективности терапии при болезнях. В последние годы медицинская реабилитация, как направление здравоохранения, приобретает все большую значимость [2].

Мы наблюдаем востребованность в реабилитации больных с неврологическими заболеваниями. Особое внимание уделяется учеными развитию роботизированной механотерапии, применению экзоскелетов.

Непременным является соблюдение процессного подхода и для предприятий-производителей, миссией которых является разработка, производство, техническое обслуживание и метрологическое обеспечение высоко-технологичных медицинских изделий, характеризующихся высокоточным обеспечением необходимого функционала и повышенными требованиями к безопасности эксплуатации, как в клинических, так и в домашних условиях, в том числе, путем применения дистанционных и телемедицинских технологий [3,8,9].

Ускорение сроков двигательной адаптации и восстановления утраченных двигательных

функций стало важной и значимой задачей. Как правило этот процесс занимает много времени и сил и состоит из многих этапов (массаж, эрготерапия, кинезиотерапия). Поэтому реабилитация ресурсозатратный, энергозатратный, дорогостоящий комплекс мер. В этой связи сокращение сроков восстановления здоровья признается экономически рентабельным, позволяющим с появлением новых методов и технологий развивать современную реабилитацию. Двигательная адаптация и восстановление утраченных двигательных функций в более короткие сроки является важной экономической задачей [4,5,12].

В настоящее время в реабилитационных целях все шире используются аппаратные воздействия с проведением роботизированной механотерапии [10]. Такие приборы конечностей и туловища, действуя по определенной программе, используют биологическую обратную связь, механически изменяет подвижность суставов и состояние мышц и зачастую применяется игровая или виртуальная среда [6,11].

Преимуществом робототерапии является более высокое качество тренировок по сравнению с классической лечебной гимнастикой за счёт большей их длительности, точности повторяющихся циклических движений, постоянной программы тренировок, наличия инструментов оценки успешности проводимых занятий с возможностью демонстрации пациенту. Кроме того, применение автоматизированной техники позволяет повысить интенсивность проводимой терапии без привлечения дополнительного персонала, это экономически оправдывает затраты на приобретение приборов роботизированной механотерапии, хотя зачастую такие специализированные тренажеры являются импортным и дорогим оборудованием [6,10]. Сегодня в разных странах мира производится широкий спектр реабилитационных аппаратов – от простейших приспособлений, некоторые из которых можно сделать самому, до сложнейших диагностических и роботизированных комплексов, использующих последние достижения науки и техники [20]. Среди зарубежных компаний, занимающихся разработкой и выпуском комплексов для роботизированной механотерапии, стоит выделить такие, как Biodex Medical Systems, Cybex и Ekso Bionics (США), Hocoma (Швейцария), Motorika и ReWalk Robotics (Израиль), Cyberdyne HAL (Япония). При этом компании Ekso Bionics (США), ReWalk Robotics (Израиль) и Cyberdyne HAL (Япония) занимаются производством роботизированных экзоскелетов. В России можно выделить компанию ЭкзоАтлет (Россия), которая занимается разработкой и производством медицинского экзоскелета (был представлен на выставке российских робототехнических изделий «Роботы в России на RoboTrends.ru»

в 2017 г.). А также НВП Орбита (Россия), выпускающая серию роботизированных тренажеров ОРМЕД [10,12,17]

Анастасиоса Ксиархос и другие учёные в своей научной работе разработали протоколы, использующие роботизированные системы, которые измеряют производительность субъекта посредством задач отслеживания с синхронизированными когнитивными или двигательными задачами и без них. Также новые роботизированные неинвазивные технологии предназначены для диагностики нейродегенеративных заболеваний посредством анализа движений глаз. Эти оценки могут отличить людей с заболеванием от контрольной группы того же возраста [26].

Цель реабилитационной робототехники состоит в том, чтобы использовать робототехнику для оказания помощи людям с двигательной дисфункцией. Население с неврологическими нарушениями может значительно выиграть от предоставления роботов в качестве «помощников» или «помощников в терапии», но интерфейс с машиной должен соответствовать как физическим, так и интеллектуальным способностям пользователя. Поэтому считается, что междисциплинарный подход, охватывающий как поведенческие, так и инженерные аспекты, необходим для достижения этой цели. [19,21]

Р.Сейл и др. в своей работе «Использование роботизированной терапии ходьбы в реабилитации больных с инсультом и травмой спинного мозга» приводят, что трудности при ходьбе являются основным признаком неврологического заболевания, также потере подвижности пациенты придают наибольшее значение. С помощью нового механизированного экзоскелета больные с инсультом и травмами спинного мозга тренировали координацию движений, выполняя хорошо сфокусированные и тщательно направленные повторяющиеся упражнения. Разработанный механизированный экзоскелет ReWalk (Argo Medical Technologies Ltd), представляет альтернативу инвалидному креслу и используется как реабилитационное лечение для людей с тяжелыми нарушениями ходьбы, позволяя им стоять, ходить, подниматься/спускаться по лестнице и т.д. Робот на основе концевых эффекторов представляет собой устройство с подножками, расположенными на двойной кривошипно-коромысловой системе. Альтернативой экзоскелетам с электроприводом являются устройства, в которых используются подвижные подножки, к которым крепятся ноги пациента. Все устройства имеют ту или иную форму поддержки веса тела. Основные цели в этой области включают: разработку реализуемых технологий, которые могут легко использоваться пациентами, терапевтами и клиницистами [23].

Марианна Капеччи и др. в своей работе «Клинические эффекты роботизированной тренировки ходьбы и тренировки на беговой дорожке при болезни Паркинсона. Рандомизированное контролируемое исследование» утверждают, что повторяющиеся интенсивные тренировки роботизированной ходьбы являются эффективным методом лечения людей с болезнью Паркинсона и могут повысить выносливость и скорость ходьбы, особенно у людей с тяжелым нарушением ходьбы. Преимущества обучения ходьбе с помощью роботов больше, чем тренировки на беговой дорожке для людей с инвалидностью, связанной с замиранием походки. Клинические эффекты роботизированной тренировки ходьбы и тренировки на беговой дорожке при болезни Паркинсона были выявлены с помощью рандомизированных контролируемых исследований. [18]

Роботизированные технологии становятся все более распространенными для лечения неврологических состояний в клинических условиях. Кэндис Тефертиллер и другие в своих исследованиях провели литературный поиск оригинальных статей, чтобы выявить все исследования, в которых изучалось использование роботизированных устройств для восстановления функции ходьбы у взрослых с неврологическими расстройствами. Они оценили и анализировали каждое исследование, используя либо шкалу базы физиотерапевтических данных для рандомизированных контролируемых испытаний (РКИ), либо шкалу Даунса и Блэка для не-РКИ. Исследователи рассмотрели 30 статей (14 РКИ, 16 не РКИ), в которых изучались эффекты двигательной тренировки с роботизированной помощью у пациентов после инсульта, травмы спинного мозга (ТСМ), рассеянного склероза (РС), черепно-мозговой травмы (ЧМТ) и болезни Паркинсона (БП). Этот обзор подтверждает, что двигательная тренировка с роботизированной помощью полезна для улучшения функции ходьбы у людей после инсульта и ТСМ. Было обнаружено, что скорость ходьбы и выносливость значительно не различаются у пациентов с неполной моторной травмой спинного мозга после различных подходов к локомоторной тренировке. Ограниченные данные показывают, что двигательная тренировка с роботизированной помощью полезна для пациентов с рассеянным склерозом, ЧМТ или БП. Исследователи обсуждают клинические последствия и принятие решений в области восстановления походки при неврологической дисфункции и таким образом, эффективность тех или иных видов лечения [25].

Любые травмы с потерями конечностей снижает качество жизни. Трансфеморальная ампутация (ТФА) — серьезное вмешательство, которое изменяет паттерн локомоции, приводя к вторичным нарушениям и снижению качества

жизни. Клара Беатрис Санс-Морер и другие в своей работе «Тренировка надземной ходьбы с помощью роботов для трансфеморальных ампутантов с двусторонним ортезом бедра с электроприводом» исследовали тренировки надземной ходьбы с помощью роботов для трансфеморальных ампутантов с двусторонним ортезом бедра с электроприводом. Они считают, что результаты текущей реабилитации походки для ТФА, по видимому, сильно зависят от таких факторов, как продолжительность и интенсивность лечения, а также возраста и других показателей пациента. Хотя использование роботизированной помощи для протезной реабилитации походки было ограничено, роботизированные технологии продемонстрировали положительные реабилитационные эффекты при других нарушениях подвижности и, таким образом, могут предложить многообещающее решение для восстановления здоровой походки у пациентов с ТФА. Таким образом, в этом исследовании изучалась возможность использования билатерального механического ортеза бедра (АРО) для тренировки походки ТФА, передвигающихся по месту жительства, и влияние на их способность ходить [14].

Два обозревателя Тедла и Диксит в своей работе «Эффективность робототехники в улучшении функций верхних конечностей у людей с неврологической дисфункцией» независимо друг от друга изучили включенные исследования. Отобранные исследования прошли оценку качества по шкале Базы физиотерапевтических данных (PEDro). В обзор были включены рандомизированные контролируемые испытания (РКИ), набравшие четыре или более баллов. Поиск проводился в PUBMED, MEDLINE, CINAHL, EMBASE, PROQUEST, science direct, Cochrane Library, PEDro и Google Scholar. Для анализа учитывались только первичные показатели результатов исследований. Окончательно в анализ были включены исследования, $n = 21$. Включено 19 исследований по инсульту, 1 по церебральному параличу (ДЦП) и 1 по рассеянному склерозу (РС) [11]. Сообщалось, что не было обнаружено РКИ по травмам спинного мозга (SCI), болезни Паркинсона и болезни двигательных нейронов (БДН). Исследования, связанные с инсультом, показали четкую определенность в улучшении функций верхних конечностей. Наоборот, все еще остается потребность в качественных испытаниях при ДЦП, РС для установления эффективности робототехники в реабилитации верхних конечностей. [24]

Йи-Я Чанг и другие изучили опыт реабилитации и восприятия пациентов с неврологическими расстройствами, которые использовали модуль Lokomat Augmented Feedback, роботизированное устройство для тренировки ходьбы. С помощью

целевой выборки были набраны участники с неврологическими расстройствами, использовавшие Lokomat. Полуструктурированные личные интервью были проведены на севере Тайваня. Интервью были записаны и расшифрованы дословно. Использовался тематический анализ 13 интервью. Были определены три темы: заново научиться ходить, вдохновить боевой дух, а также радости и заботы, связанные с технологическими инновациями. Таким образом, было выявлено, что с использованием Локомата связаны сильные положительные эмоции и проблемы с логикой. Крайне важно было воодушевлять пациентов, а также открыто рассказывать о проблемах, связанных с процессом реабилитации, и помогать ставить реалистичные цели. Кроме того, важно уделять внимание предупреждению и смягчению физического напряжения, связанного с локоматом [13].

Роботизированные и автоматические технологии сыграли огромную роль в биологической науке *in vitro*, оказавшись критически важными для таких научных исследований, как секвенирование генома и высокопроизводительный скрининг. Стратегии робототехники и автоматизации начинают играть все более важную роль в исследованиях *in vivo* и *in situ*, особенно когда речь идет о сложных экспериментах *in vivo*, необходимых для понимания нейронных механизмов поведения и болезней. С этой точки зрения мы обсуждаем перспективы влияния робототехники и автоматизации на области нейробиологии и биологии неповрежденных систем. Сухас Б Кодандарамая и другие обсуждают о том, как создать роботизированные инновации, чтобы открыть новые горизонты в фундаментальной и прикладной нейронауке, и представляют конкретный пример с недавней автоматизацией электрофизиологии нейронов *in vivo* с пэтч-клэмпом цельных клеток в мозге живой мыши. [16]

Перспективный вариант лечения представляет также система CyberKnife (США), первая и единственная в мире роботизированная радиохирургическая система, предназначенная для лечения опухолей в любом месте организма с субмиллиметровой точностью. В CyberKnife используется контроль по изображению и робот-манипулятор с компьютерным управлением, позволяющие непрерывно отслеживать перемещение опухоли и пациента на протяжении процедуры и производить соответствующие корректирующие действия. Благодаря своей исключительной точности системе CyberKnife не требуются инвазивные рамки для фиксации головы или других частей тела пациента, что значительно повышает гибкость системы. На протяжении более тридцати лет для разрушения опухолей мозга использовались главным образом традиционные радиохирургические системы, где опухоль облу-

чалась высокими дозами радиации. Система CyberKnife представляет собой следующее поколение радиохирургических систем, сочетая технологию контроля по изображению с компактным линейным ускорителем, способным перемещаться в трех измерениях согласно плану лечения. Такая комбинация робототехники с элементами искусственного интеллекта позволяет использовать преимущества радиохирургии для лечения опухолей в любой части тела [20].

Для лечения системой CyberKnife не требуется анестезия. Процедуру можно проводить амбулаторно, причем в отношении пациентов, которым противопоказаны традиционная радиотерапия или хирургическая операция. Кроме того, система CyberKnife позволяет избежать многих возможных рисков и осложнений, связанных с другими методами лечения. Методика применения системы обеспечивает немедленное возвращение к повседневной деятельности [15].

В Медицинском институте Каракалпакстана по программе Erasmus + в рамках проекта «Technology in Rehabilitation» функционирует система SMART DX 100 «Motion Capture analysis» и система Nirvana, разработанные компанией BTS-Bioengineering. Данные системы используются для реабилитации неврологических больных, таких как, рассеянный склероз, болезнь Паркинсона, инсульт, посттравматические состояния. На практических занятиях студенты знакомятся с работой этих систем, проводят эксперименты с разными схемами. На семинарах обсуждают реабилитации больных с помощью имеющихся в клинике оборудования. SMART DX –это линия продуктов оптоэлектронных систем, предназначенная для удовлетворения всех требований к анализу движения в клинической, спортивной и промышленной областях. NIRVANA - это медицинское устройство, основанное на виртуальной реальности, специально разработанное для поддержки восстановления моторики у пациентов с нейромоторными расстройствами. Это ускоряет процесс реабилитации, поддерживая выбор терапевтов по наиболее подходящей активности для восстановления поврежденной двигательной функции каждого пациента. Система включает в себя предустановленный набор упражнений для верхних и нижних конечностей и корпуса тела в помощь врачам-терапевтам. Некоторые упражнения, направленные на восстановление контроля моторных функций и реабилитации, могут использоваться в комплексе при нескольких расстройствах, как болезнь Паркинсона, рассеянный склероз и односторонний паралич. Например, визуальная обратная связь может использоваться при болезни Паркинсона, для циклической синхронизации при одностороннем параличе, пространственной ориентации при синдроме игнорирова-

ния. Это абсолютно неинвазивная система, функционирующая в реалистичной среде. Она использует нейросенсорную стимуляцию и адаптирует уровень сложности каждого упражнения к вновь приобретенным способностям пациента в реальном времени [22].

Заключение. Таким образом, в результате обзора литературных данных и исходя из проведенных собственных исследований можно сделать следующие выводы:

- в каждом конкретном случае реабилитации неврологических больных специалисты могут выбирать подходящие по доступности методы робототехники, а также разрабатывать реализуемые технологии, которые могут легко использоваться пациентами, терапевтами и клиницистами;

- при инсульте и травмах спинного мозга эффективность лечения во многих случаях зависит от тренировки координации движения, выполнения хорошо сфокусированных и тщательно направленных повторяющихся движений;

- повторяющиеся интенсивные тренировки роботизированной ходьбы можно считать эффективным методом лечения людей с болезнью Паркинсона и могут повысить выносливость и скорость ходьбы, особенно у людей с тяжелым нарушением ходьбы;

- использование билатерального механического ортеза бедра (АРО) для разработки и тренировки походки больного с трансфеморальной ампутацией, способных передвигаться на не дальние дистанции, сильно зависит от таких факторов, как продолжительность и регулярности лечения, возраста и других показателей пациента;

- эффективность применения робототехники в реабилитации верхних конечностей связанных с инсультом, показали четкую определенность в улучшении их двигательных функций;

- необходимо учитывать важность психологического состояния, мотивации и эмоционального настроения, прямого разговора о содействии в умении ставить цели.

Литература:

1. Амброзевич Е.Г., Герцик Ю.Г., Сеницын В.Е., Потемкин А.В. Приборы, аппараты, оборудования и технологии для визуализации органов и тканей. - М., 2010.- 312с.;
2. Белокопытова С.В. Роботизированная механотерапия в нейрореабилитации для восстановления функции ходьбы // Медицина и здравоохранение: Материалы III Межд. науч. конф. – Казан, 2015. – С. 97–98;

3. Бойцов С.А. Реалии и перспективы дистанционного мониторинга артериального давления у больных с артериальной гипертензией // Терапевтический архив. – 2018. - № 1. – С.34–42;

4. Восстановление подвижности конечностей при помощи роботизированной механотерапии //URL: <http://gidmed.com/novosti/robotizirovannaja-mehanoterapija.html>;

5. Герцик Ю.Г., Омельченко И.Н. Концепция и методология формирования организационно-экономической устойчивости и конкурентоспособности системы интегрированных предприятий медицинской промышленности //М., «МГТУ им. Н.Э. Баумана», 2016. – 323с.;

6. Герцик Г.Я., Семикин Г.И. Разработка, производство и техническое обслуживание медицинской техники. В 3 ч. /Учеб. Пособие. -М., Изд-во «Рудомино», 2010.;

7. Иванова Г.Е. Медицинская реабилитация в России. Перспективы развития //Consilium Medicum.-2016. - № 2.1. – С.9–13;

8. Иванова Г.Е., Рагуткин А.В. и др. Повышение эффективности эксплуатации высокотехнологичных медицинских изделий путем расширения компетенций медицинских работников в общетехнических, информационных и телемедицинских технологиях // Вестник восстановительной медицины.- 2018.- №1 (83).–С.61-68;

9. Карпов О.Э. и др. Повышение эффективности эксплуатации роботизированных систем для медицинской реабилитации путем внедрения информационно-телекоммуникационных технологий // Менеджер здравоохранения. – 2016. – №6. – С.34–42;

- 10.Макарова М.Р. и др. Современные аспекты аппаратных методов реабилитации неврологических больных // Академический журнал Западной Сибири.-2013.-Т.9.- № 3 (46).- С.60–61;

- 11.Попов А.В. Многофункциональные люминесцентно-контрастные радиочувствительные наночастицы на основе неорганических кристаллов, содержащих редкоземельные элементы для визуализации биологических тканей // Мат-лы Межд. конф. «Состояние и перспективы развития профессиональной переподготовки и повышения квалификации специалистов в государствах-участниках СНГ по новым направлениям развития техники и технологий». -М., 2010.- С.151-154;

- 12.Попова С.Н. Физическая реабилитация.- М., «Academia», 2013.-304с.;

- 13.Chang Yi-Ya, Chang Shu-Chun, Xiao Xaviera, Carl P.C. Chen. The Experiences of Robot-Assisted Gait Training in Patients With Neurological Disorders: A Qualitative Study Affiliations expand PMID: 35348550 DOI: 10.1097/RNJ.0000000000000371;

- 14.Kuhn D., B. Freyberg-Hanl. Exoskelet: Therappiesystem oder Hilfstittel zum Behinderungsausgleich //Trauma and

Berufskrankheit.- 2018.-Volum 20.- Supplement 4/- pp. 254–259;

15.Marianna Capecchi, Sanaz Pournajaf, Daniele Galafate et al. Clinical effects of robot-assisted gait training and treadmill training for Parkinson's disease // A randomized controlled trial Med. – 2019.- N.62(5).- pp.303-312. doi: 10.1016/j.rehab.2019.06.016. Epub 2019Aug1;

16.Morone G., Paolucci S., Cherubini A., De Angelis D., Coiro P., Marco Iosa. Robot-assisted gait training for and perspectives of robotics // Neuropsychiatr Disease Treatment. – 2017. – N.13.- pp.1303–1311;

17.Leg Tutor. Medicine and new technologies. URL: <http://www.mednt.ru/catalog/reabilitacionnoe-oborudovanie/tutor/legtutor>;

18. Paulette van Vliet, Alan Miles Wing. A New Challenge—Robotics in the Rehabilitation of the Neurologically Motor Impaired // Physical Therapy.- 1991.- N.71.1.- p.39-47;

19.Sale P., Franceschini M., Waldner A., Hesse S. Use of the robot assisted gait therapy in rehabilitation of patients with stroke and spinal cord injury // European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine.- 2012.- N.48.1.- pp.111-121;

20.Snehil Dixit & Jaya Shanker Tedla. Effectiveness of robotics in improving upper extremity functions among people with neurological dysfunction: a systematic review Pages 369-383 | Received 13 Apr 2017, Accepted 17 Jul 2018, Accepted author version

posted online: 12 Oct 2018, Published online: 22 Nov. 2018;

21.Tefertiller I., Beth Pharo, Nicholas Evans, Patricia Winchester. Efficacy of rehabilitation robotics for walking training in neurological disorders: a review Candace //Journal of Rehabilitation Research and Development.- 2011.-N.48.4.- pp.387-416. Doi: 10.1682/jrrd.2010.04.0055;

22.Xiarchos Anastasios. Robotic Systems Involved in the Diagnosis of Neurodegenerative Diseases // J.: Advances in Experimental Medicine and Biology. – 2020. – v.1194.-p.423. DOI: 10.1007/978-3-030-32622-7-39.

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РОБОТОТЕХНОЛОГИЙ ПРИ НЕВРОЛОГИЧЕСКИХ ЗАБОЛЕВАНИЯХ

Тлеубергенова А.Б., Кунназарова З.У.

Резюме. В статье предлагается обзор эффективности использования робототехнологий при неврологических заболеваниях, уделено особое внимание использованию роботизированных и автоматических технологий, их эффективности по сравнению с традиционной терапией. Проведена сравнительная оценка использования при физической реабилитации робототехнологий и других методов лечения, а также сравнительный анализ данных.

Ключевые слова: неврологические заболевания, реабилитация, робототехнология, экзоскелет, нирвана.