

Получена: 14 декабря 2019 / Принята: 27 февраля 2020 / Опубликовано online: 30 апреля 2020

DOI 10.34689/SH.2020.22.2.002

УДК 618.396-616-084(574.41)

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В РЕАБИЛИТАЦИИ ПАЦИЕНТОВ, ПЕРЕНЕСШИХ ИНСУЛЬТ С ДВИГАТЕЛЬНЫМИ НАРУШЕНИЯМИ. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.

Ая С. Нурахметова¹, <https://orcid.org/0000-0002-8243-9599>

Талгат Н. Хайбуллин¹, <http://orcid.org/0000-0003-1886-0538>

Тогжан Т. Киспаева², <https://orcid.org/0000-0002-3586-8307>

¹ Кафедра неврологии, офтальмологии и оториноларингологии,
НАО «Медицинский университет Семей», г. Семей, Республика Казахстан.

² Кафедра медицинской психологии и коммуникативных навыков,
НАО «Медицинский университет Караганды», г. Караганда, Республика Казахстан

Резюме

Введение. Ежегодно в мире доля церебрального инсульта и процент инвалидов значительно растут. Стремление снизить уровень инвалидизации после перенесенного инсульта вызывает глобальный интерес к нейрореабилитации. Однако, несмотря на наличие определенной законодательной базы, реабилитационных коек, оборудованных реабилитационных центров и специалистов, в стране нет четко структурированной системы комплексной медицинской реабилитации и преемственности.

Цель исследования – анализ литературных данных об эффективности реабилитации пациентов, перенесших инсульт с двигательными нарушениями путем использования современных технологий в реабилитации.

Стратегия поиска. Дизайн исследования - актуализирующий обзор литературы. Поиск научной информации был произведен в базах "Cochrane Lib", "PubMed", "Web of Science", статистические сборники Республики Казахстан. Глубина поиска составила 11 лет, в период с октября 2009 г. по март 2020 г. Изучению подлежали только те литературные источники, которые отражали тему реабилитации двигательных нарушений после инсульта новыми электромеханическими-роботизированными методами. *Критерии включения:* отчеты о рандомизированных и когортных исследованиях, систематические обзоры и мета-анализы, полные версии статей, диссертации, протоколы диагностики. *Критерии исключения:* статьи и научные публикации, описывающие единичные случаи, авторефераты, резюме докладов и тезисы.

Результаты и выводы. На сегодняшний день применение высокотехнологичных компьютеризированных комплексов в реабилитации, является одним из перспективных направлений. Электромеханическая, роботизированная тренировка и использование систем виртуальной реальности после инсульта, может улучшить повседневную деятельность, увеличить силу мышц и повышает мотивацию за счет обратной связи. Следует отметить, что в настоящее время для тренировки ходьбы у больных с гемипарезами применяются различные беговые дорожки. В настоящее время существуют множество электронных устройств с различными функциями с целью контроля состояния здоровья (мобильные приложения, смарт-часы, фитнес-браслеты и др). При этом изучение проблем реабилитации больных после инсульта и вопрос поиска инновационных методик нейрореабилитации остается актуальным.

Ключевые слова: *церебральный инсульт, реабилитация, беговая дорожка, робот, виртуальная реальность.*

Abstract

MODERN TECHNOLOGIES IN REHABILITATION OF STROKE PATIENTS WITH MOVEMENT DISORDERS. LITERATURE REVIEW.

Aya S. Nurakhmetova¹, <https://orcid.org/0000-0002-8243-9599>

Talgat N. Khaibullin¹, <http://orcid.org/0000-0003-1886-0538>

Togzhan T. Kispayeva², <https://orcid.org/0000-0002-3586-8307>

¹ Department of Neurology, Ophthalmology and Otorhinolaryngology,
NCJSC "Medical University of Semey", Semey, Republic of Kazakhstan;

² Department of Medical Psychology and Communication Skills,
NCJSC "Medical University of Karaganda", Karaganda, Republic of Kazakhstan.

Introduction. Every year in the world, the share of cerebral stroke and the percentage of people with disabilities is growing significantly. The desire to reduce the level of disability after a stroke causes a global interest in neurorehabilitation. However, despite the existence of a specific legislative framework, rehabilitation beds, equipped rehabilitation centers and specialists, the country does not have a clearly structured system of comprehensive medical rehabilitation and continuity.

The aim of the study is to analyze the literature data on the effectiveness of the rehabilitation of patients who have suffered a stroke with motor impairment by using modern technologies in rehabilitation.

Search strategy. The research design is an up-to-date review of the literature. The search for scientific information was carried out in the Cochrane Lib, PubMed, Web of Science, and statistical collections of the Republic of Kazakhstan. The search depth was 11 years, from October 2009 to March 2020. *Inclusion criteria:* reports on randomized and cohort studies, systematic reviews and meta-analyses, full versions of articles, dissertations, diagnostic protocols. *Exclusion criteria:* articles, abstracts and scientific publications describing isolated cases, summaries of reports and abstracts.

Results and conclusions. Today, the use of high-tech computerized systems in rehabilitation is one of the promising areas. Electromechanical, robotic training and the use of virtual reality systems after a stroke can improve everyday activities, increase muscle strength and increase motivation through feedback. It should be noted that at present, various treadmills are used to train walking in patients with hemiparesis. Currently, there are many electronic devices with various functions for the purpose of monitoring the state of health (mobile applications, smart watches, fitness bracelets, etc.). At the same time, the study of the problems of rehabilitation of patients after a stroke and the question of finding innovative methods of neurorehabilitation remains relevant.

Keywords: cerebral stroke, rehabilitation, treadmill, robot, virtual reality.

Түйіндеме

ҚОЗҒАЛЫС БҰЗЫЛЫСТАРЫ БАР ИНСУЛЬТ АЛҒАН ПАЦИЕНТТЕРДІ ОҢАЛТУДАҒЫ ЗАМАНАУИ ТЕХНОЛОГИЯЛАР. ӘДЕБИЕТКЕ ШОЛУ.

Ая С. Нурахметова¹, <https://orcid.org/0000-0002-8243-9599>

Талгат Н. Хайбуллин¹, <http://orcid.org/0000-0003-1886-0538>

Тоғжан Т. Киспаева², <https://orcid.org/0000-0002-3586-8307>

¹ Неврология, офтальмология және Оториноларингология кафедрасы, "Семей медицина университеті" КеАҚ, Семей қ., Қазақстан Республикасы.

² Медициналы психология және коммуникативтік кафедрасы, "Қарағанды медицина университеті" КеАҚ, Қарағанды қ., Қазақстан Республикасы.

Кіріспе. Жыл сайын әлемде церебральды инсульт үлесі және мүгедектердің пайызы айтарлықтай өсіп келеді. Инсульттан кейін мүгедектік деңгейін төмендетуге ұмтылу нейрореабилитацияға жаһандық қызығушылық тудырады. Алайда, белгілі бір заңнамалық базаның, оңалту төсектерінің, жабдықталған Оңалту орталықтары мен мамандардың болуына қарамастан, елде кешенді медициналық оңалту жүйесі мен сабақтастық жоқ.

Мақсаты- реабилитацияда заманауи технологияларды қолдану арқылы қозғалыс бұзылыстары бар инсульт алған пациенттерді оңалту тиімділігі туралы әдеби деректерді талдау.

Іздеу стратегиясы. Зерттеу дизайны-әдебиетті өзекті шолу. Ғылыми ақпаратты іздеу "Cochrane Lib", "PubMed", "Web of Science" базаларында, Қазақстан Республикасының статистикалық жинақтарында жүргізілді. Іздестіру тереңдігі 11 жылды құрады, 2009 жылдың қазан айынан 2020 жылдың наурыз айына дейін зерттеуге инсульттан кейін жаңа электромеханикалық-роботтандырылған әдістермен қозғалу бұзылыстарын оңалту тақырыбын көрсететін әдеби көздер ғана жатады. Қосу критерийлері: рандомизацияланған және когорттық зерттеулер туралы есептер, жүйелі шолулар мен мета-талдаулар, мақалалардың толық нұсқалары, диссертациялар, диагностика хаттамалары. Ерекшелік критерийлері: жекелеген жағдайларды сипаттайтын мақалалар мен ғылыми жарияланымдар, авторефераттар, баяндамалар түйіндемесі және тезистер.

Нәтижелері мен қорытындылары. Бүгінгі күні оңалтуда жоғары технологиялық компьютерленген кешендерді қолдану перспективалы бағыттардың бірі болып табылады. Электромеханикалық, роботталған жаттығу және инсульттан кейін виртуалды шындық жүйесін пайдалану, күнделікті қызметті жақсартуға, бұлшық күшін арттыруға және кері байланыс есебінен мотивацияны арттыруға болады. Қазіргі уақытта гемипарездері бар науқастарда жүруді жаттықтыру үшін әртүрлі жүгіру жолдары қолданылады. Қазіргі уақытта денсаулық жағдайын бақылау мақсатында түрлі функциялары бар көптеген электрондық құрылғылар (мобильді қосымшалар, смарт-сағаттар, фитнес-білезіктер және т.б.) бар. Бұл ретте инсульттан кейінгі науқастарды оңалту проблемаларын зерттеу және нейрореабилитацияның инновациялық әдістерін іздеу мәселесі өзекті болып қала береді.

Түйін сөздер: церебральды инсульт, оңалту, жүгіру жолы, робот, виртуалды шындық.

Библиографическая ссылка:

Нурахметова А.С., Хайбуллин Т.Н., Киспаева Т.Т. Современные технологии в реабилитации пациентов, перенесших инсульт с двигательными нарушениями. Обзор литературы // Наука и Здравоохранение. 2020. 2 (Т.22). С. 16-26. doi:10.34689/SH.2020.22.2.002

Nurakhmetova A.S., Khaibullin T.N., Kispayeva T.T. Modern technologies in rehabilitation of patients who have moved a stroke with motor violations. Literature review // *Nauka i Zdravookhranenie* [Science & Healthcare]. 2020, (Vol.22) 2, pp. 16-26. doi:10.34689/SH.2020.22.2.002

Нурахметова А.С., Хайбуллин Т.Н., Киспаева Т.Т. Қозғалыс бұзылыстары бар инсульт алған пациенттерді оңалтудағы заманауи технологиялар. Әдебиетке шолу // Ғылым және Денсаулық сақтау. 2020. 2 (Т.22). Б. 16-26. doi:10.34689/SH.2020.22.2.002

Введение

Ежегодно в мире доля церебрального инсульта и процент инвалидов значительно растут [8]. Стремление снизить уровень инвалидизации после перенесенного инсульта вызывает глобальный интерес к нейрореабилитации [2,25,26,30,34,68]. В связи с этим глубже изучаются особенности нейропластичности, что лежит в основе восстановления нарушенных функций, а также новые эффективные методы нейрореабилитации с использованием компьютерных систем [3,15,16,25]. Реабилитация должна включать в себя несколько различных методов и, как правило, требует ранее начало реабилитационных мероприятий, систематичность, мультидисциплинарность, адекватность и активное участие близких, согласно с принципами нейрореабилитации [1,4]. Однако, несмотря на имеющиеся возможности современных инновационных методов нейрореабилитации, поиск дополнительных немедикаментозных методов воздействия, потенцирующих нейро-, синаптогенез при восстановлении пациентов, перенесших инсульт, остается в настоящее время актуальной проблемой и нуждается в дальнейшем исследовании [2].

На сегодняшний день разработаны и активно применяются реабилитационные программы, сочетающие инновационные и традиционные методы реабилитации (робототехнику, виртуальную реальность, транскраниальную магнитную стимуляцию, методики с биологической обратной связью (БОС), электромиостимуляцию (ЭМС), различные кинезиотерапевтические техники, ботулинотерапию и др.), что позволяет достичь прекрасных результатов в восстановлении пациентов [17,26,30,34,54,76]. Наиболее актуальные из них методы реабилитации:

- **Ритмическая магнитная стимуляция** – методика, направленная на активацию клеток коры головного мозга, отвечающих за движения конечностей и туловища. Лечение является неинвазивным и безболезненным. Во время проведения процедуры врач воздействует мощным магнитным полем, проникающим через поверхностно расположенные ткани и кости черепа на головной мозг пациента [54,66];

- **Транскраниальная магнитная стимуляция (ТМС)** В дальнейшем проводится ритмическая магнитная стимуляция данной области, что позволяет достигнуть максимально полного восстановления утраченных двигательных функций в кратчайшие сроки [54,66];

- **Программируемая многоканальная электрическая миостимуляция** – методика, направленная на восстановление двигательной функции конечностей. Занятия проводятся в режиме ходьбы, прикрепленные к мышцам электроды приводят к сокращению мышц в той последовательности, в которой они участвуют в акте ходьбы. Эта методика препятствует формированию патологической походки [54,66];

- **Стабилотренинг** – метод реабилитации двигательных и координационных функций. Во время проведения тренировки пациент видит на мониторе свой центр тяжести и пытается совместить его с заданным объектом на экране, который всё время

смещается. Таким образом, человек сам принимает активное участие в процессе реабилитации, прилагая максимум усилий к восстановлению двигательных и координационных навыков, самостоятельно корректируя положение тела в пространстве. Тренировка вестибулярного аппарата проходит с помощью разнообразных стабиллоплатформ (динамической, статической). Это позволяет улучшить состояние системы равновесия, добиться того, чтобы походка стала уверенной и ровной, уменьшить или исключить вероятность случайных падений. Высокая эффективность предлагаемых занятий на стабиллоплатформе, обусловлена применением эффекта биологической обратной связи (БОС), которая осуществляется следующим образом: пациент видит на мониторе свой центр тяжести и все время пытается совместить его с необходимым объектом с заданной скоростью в определенном направлении. При успешном выполнении простых задач включается вестибулярная нагрузка, которая усложняет задание и заставляет работать систему равновесия в более напряженном режиме. Это обеспечивает закрепление двигательных маневров в том или ином положении, производимых для удержания равновесия, и использование их в дальнейшем в сложных условиях (в темноте, при ходьбе по неровной поверхности и т.д.) [17,26].

- **Воссоздание стереотипа ходьбы на реабилитационных компьютерных комплексах** дают возможность восстановить и/или улучшить стереотип ходьбы, реализовывая функцию пассивной ходьбы у пациентов, утративших этот важнейший двигательный навык, проводить тренировки ходьбы, по методикам, разработанным специалистами нашего отделения, с использованием функции дозированного отключения двигательной активности робота [44,48].

- **Рефлекторно-нагрузочные костюмы (космические технологии)** – методика, направленная на восстановление проприоцептивной чувствительности суставов и мышц, утраченной вследствие инсульта (способности пациента ощущать свое тело). Суть метода заключается в том, что с помощью лечебно-нагрузочных костюмов создается внешний эластичный каркас для туловища и ног пациента, обеспечивающий правильное (оптимальное) распределение нагрузки между различными участками костно-мышечной системы, участвующих в процессе ходьбы. В костюме проводятся тренировки, в процессе которых создается мощный поток афферентных восходящих импульсов с мышечно-связочного аппарата в сенсорную зону коры головного мозга. Это позволяет формировать правильный стереотип ходьбы [2];

- **Занятия по восстановлению речи, памяти, внимания, мышления** проводятся группой нейропсихологов и логопедов. Такой комплексный подход позволяет добиться скорейшей коррекции нарушенных высших психических функций [2,4];

- **Метод внутривароточной электростимуляции** заключается в стимуляции мускулатуры, обеспечивающей глотание. Стимулирующий электрод, повторяющий форму глотки, располагают на задней поверхности глотки, касаясь одновременно мягкого неба и корня языка. Курс

стимуляции позволяет ускорить процессы восстановления самостоятельного глотания [2,4];

▪ **Внешняя электростимуляция** задействует речевую мускулатуру. В отличие от внутриглоточной стимуляции, электроды располагаются поверхностно, на области шеи. Данный прибор позволяет проводить занятия с использованием биологической обратной связи [2,4];

▪ **Восстановление функций руки на современных тренажерах с биологической обратной связью** [18,42,46,51].

▪ **Занятия по формированию бытовых навыков.** Социально-бытовая адаптация представляет собой систему занятий, направленных на восстановление способностей людей с ограниченными двигательными возможностями к самообслуживанию (самостоятельное передвижение на коляске, приём пищи и т.д.) и обеспечивающих их интеграцию в обществе. Программа адаптации помогает также восстановить навыки письма и мелкой моторики [15,73].

В реабилитации пациентов, перенесших инсульт с двигательными нарушениями, набирают популярность тренировки в виртуальной реальности, тренировки на беговой дорожке и тренировки с помощью роботов. По мнению зарубежных авторов, большинство из этих методов лечения оказались эффективными, но они не используются в полной мере из-за стоимости необходимого оборудования и активного участия специалиста для контроля занятий [7].

Таким образом, необходимость в методах реабилитации с использованием недорогого

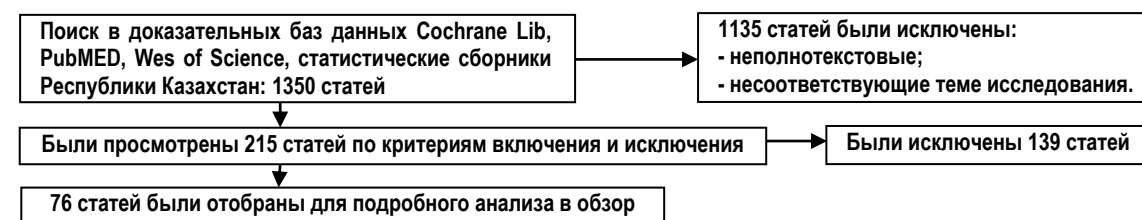
оборудования и состоящей из независимой программы обучения стала очевидной [71].

Цель исследования – анализ литературных данных об эффективности реабилитации пациентов, перенесших инсульт с двигательными нарушениями путем использования современных технологий в реабилитации.

Стратегия поиска

Дизайн исследования - актуализирующий обзор литературы. Поиск научной информации был произведен в базах Cochrane Lib, PubMed, Web of Science, статистические сборники Республики Казахстан. Найдены 1350 публикации. Глубина поиска составила 11 лет, в период с октября 2009 г. по март 2020 г. Изучению подлежали только те литературные источники, которые отражали тему реабилитации двигательных нарушений после инсульта новыми электромеханическими-роботизированными методами. **Критерии включения:** отчеты о рандомизированных и когортных исследованиях, систематические обзоры и мета-анализы, полные версии статей, диссертации, протоколы диагностики, нормативно-правовые акты. Поиск информации осуществлялся по ключевым словам. **Критерии исключения:** статьи и научные публикации, описывающие единичные случаи, авторефераты, резюме докладов, личные сообщения и тезисы. В ходе отбора выбрано 76 источников для более подробного изучения и анализа. Для поиска были использованы следующие поисковые запросы: «cerebral stroke», «rehabilitation», «virtual reality», «treadmill», «robot».

База данных	Кол-во	Критерий исключения	Отобрано
Cochrane Lib Reviews	330	Несоответствующие теме исследования, платные публикации	17
PubMed	432	Тезисы, резюме докладов, платные публикации	48
Web of Science	140	Платные публикации, абстракты	5
Другие источники	468	Тезисы, резюме докладов, публикации единичных случаев	6



Результаты и обсуждения.

Вопрос оценки эффективности современных методов восстановления после инсульта.

Одним из важных вопросов, которые широко обсуждаются в современной литературе, является вопрос оценки эффективности нейрореабилитации [37]. Как свидетельствуют данные обзора литературы Королева Е.С. *et al.* применение высокотехнологичных компьютеризированных комплексов в реабилитации, является одним из перспективных направлений. Кроме того, традиционные реабилитационные процедуры уже не в полной мере соответствуют требованиям восстановительного лечения ввиду значимости двигательных функций в жизнедеятельности человека [6,20,28]. Использование устройств с интерфейсом "мозг-компьютер", а именно прайминг, предшествующий мысленно осуществляемому движению, повышает

эффективность таких технологий [5]. На сегодняшний день существуют различные электромеханические и роботизированные тренажеры. Например, зеркальное отображение движений, MIME; робот InMotion; роботизированная реабилитационная система для двигательных нарушений верхних конечностей у инвалидов, REHAROB; нейро-реабилитационный робот, NeReBot; Би-Ману-Трек; система робот-терапии, GENTLE / s; робот-рука, ARMin, амадео и др. Большинство из этих устройств обеспечивают пассивное движение, а другие устройства помогают движению конечности или обеспечивают сопротивление во время тренировки. Электромеханическая и роботизированная тренировка после инсульта, может улучшить повседневную деятельность, увеличить силу мышц и повышает мотивацию за счет обратной связи [18,42,46,47,51,63]. Электромеханические устройства

можно разделить на устройства с конечным эффектором и экзоскелет. Примерами первых являются LokoHelp, Haptic Walker и Gait Trainer GT. Определение принципа конечного эффектора состоит в том, что ступни пациента помещаются на пластины для ног, траектории которых имитируют фазы стояния и качания во время тренировки ходьбы. Примером экзоскелетных устройств является Lokomat. Данные устройства оснащены программируемыми приводами или пассивными элементами, которые перемещают колени и бедра во время фазы ходьбы. Современные исследования показали, что электромеханическая и роботизированная тренировка ходьбы в сочетании с физиотерапией в первые три месяца после инсульта увеличивает шансы пациентов ходить самостоятельно и стать независимым. При этом скорость ходьбы пациентов увеличилась при использовании электромеханических тренировок в сочетании с электростимуляцией ног [44,48].

Методы с применением виртуальной реальности и интерактивных упражнений.

Одной из наиболее интересных и передовых технологий современной нейрореабилитации, являются методы, основанные на виртуальной реальности. По данным многих авторов в последние годы виртуальная реальность и интерактивные технологии были активно внедрены в нейрореабилитацию, в частности с целью улучшить возможности тренировки и ускорить восстановление двигательных функций [14,19,27,36,53,64,74]. Такой подход позволяет смоделировать различные ситуации максимально похожие на реальность, например, переход улиц, посещение супермаркетов и другие городские среды. Тем не менее, преимущества виртуальной реальности в устранении дефицита после инсульта выходят за рамки экологической валидности обучения, но все больше доказательств в области двигательной реабилитации. Виртуальные среды более приятные, чем обычные методы реабилитации [19,45]. Внедрение игровых элементов и немедленная обратная связь о производительности усиливают мотивацию, тем самым способствуя увеличению числа повторений паттерных движений. Кроме того, интерактивные технологии позволяют систематически представлять стимулы и вызовы в иерархической форме, которые могут варьироваться от простого к сложному в зависимости от достижений пациента. Виртуальная реальность позволяет пользователю быть активным в симулируемой деятельности и предлагает много преимуществ в оценке когнитивных функций у пациентов с повреждениями головного мозга. Виртуальные среды также позволяют реализовывать дополнительные стимулы, которые увеличивают объем представляемой информации. Как правило, могут использоваться 2 типа дополнительных программных стимулов: контекстуальные стимулы, которые семантически или топографически связаны с задачей; неконтекстные стимулы, без какой-либо прямой связи с задачей. Однако, по данным *Mélanie Cogné et al.* неконтекстные стимулы с когнитивной значимостью могут оказывать негативное влияние на пространственную ориентацию в виртуальной среде. У

пациентов снижались способности ориентироваться при озвучивании нескольких названий предметов или команд [19].

Таким образом, другим главным преимуществом виртуальной реальности является возможность интеграции с доступными интерфейсами, такими как адаптированные джойстики, естественные пользовательские интерфейсы или роботизированные системы.

Так, например, в исследовании *Schuster-Amft C. et al* программа реабилитации составила 16 сеансов по 45 минут в течение 4х недель на устройствах с виртуальной реальностью, которая сравнивалась с физиотерапией. Результаты показали, что традиционная реабилитационная программа менее эффективна, чем занятия человека в виртуальной реальности при восстановлении функциональных способностей парализованной конечности [65]. По результатам слепого рандомизированного контролируемого исследования *ViRTAS* виртуальная реальность оказывает положительный эффект в повседневной жизнедеятельности пациента, а также улучшает способность ходить после перенесенного инсульта. Реабилитационная программа состояла из 12 сеансов по 30 минут в течение 6 недель и оценивались функциональная подвижность, ходьба, усталость, тревога, депрессия и качества жизни пациентов [9,61]. В пилотном рандомизированном исследовании была изучена и доказана эффективность терапии, опосредованной виртуальной реальностью, по сравнению с обычной физиотерапией при двигательной реабилитации руки после инсульта [22]. По данным *Myung Mo Lee et al.* через 5 недель тренировок на байдарках в виртуальной реальности в сочетании с традиционными программами физической реабилитации функции верхних конечностей и баланса тела отмечается значительное улучшение стабильности туловища на пораженной стороне и на здоровой стороне и функции верхней конечности. Тренировка на основе игры в виртуальной реальности, когда предлагается более реалистичные клинические условия, приводит к значимым терапевтическим эффектам у пациентов с инсультом [53]. По данным *Brunner I. et al.* системы виртуальной реальности дают возможность увеличить интенсивность, а также предлагают пациентам интересные, сложные и мотивирующие задачи для выполнения. При этом внедрение в сочетании с традиционной физической и трудовой терапией может улучшить восстановление после инсульта и в то же время потребовать небольших кадровых ресурсов для повышения интенсивности тренировок [13]. По результатам исследования *Andrea Turolla et al.* стандартные методы реабилитации в сочетании с устройствами виртуальной реальности более эффективно, чем обычная терапия, в восстановлении двигательной функции верхней конечности. Ни один из пациентов во время тренировок в виртуальной среде не жаловался на нарушения зрения, тошноту, головную боль или другие неудобства, о которых обычно сообщают в связи с использованием иммерсионного оборудования. Стоит отметить, что комбинированная терапия не влияет на степень социализации. При этом изучение новых двигательных

задач зависит от обратной связи, полученной в результате выполнения самой задачи. Например, у здоровых людей системы виртуальной реальности улучшают эффект обучения и выполнения двигательных упражнений, увеличивая количество доступных обратных связей по сравнению с обычными тренировочными программами. Как следствие, возможно, что использование расширенных обратных связей, таких как знание рабочих характеристик и результатов, может способствовать развитию двигательных способностей. Оценка интенсивности и сложности двигательной задачи у отдельных пациентов может стимулировать более эффективные механизмы реорганизации мозга, участвующие в восстановлении. Кроме того, возможность изменения виртуального сценария делает сеансы реабилитации более привлекательными и приятными. Пациенты постоянно сталкиваются с новыми задачами, что подразумевает более активное участие в требуемых упражнениях, потенциально улучшая результаты и ускоряя процесс восстановления. Со временем многие пациенты изучают, как обращаться с оборудованием виртуальной реальности, без особого контроля со стороны физиотерапевтов. Следует признать, что в настоящее время доступно несколько устройств, разработанных для применения в реабилитации. Возможность распространения реабилитационной терапии на основе виртуальных сред для восстановления двигательной функции может иметь первостепенное значение как для пациентов, перенесших инсульт, так и для системы здравоохранения, поскольку это позволит использовать последствия длительных реабилитационных сеансов, экономя имеющиеся кадровые ресурсы [27, 74].

Однако в систематическом обзоре авторов *Laver K.E. et al.*, посвященном эффективности использования виртуальной реальности и интерактивных видеоигр было показано, что данный метод не значительно улучшает двигательные функции по сравнению с обычными терапевтическими подходами. При этом его можно использовать как дополнительный вид реабилитации [40].

Также в исследовании *EVREST*, разработанное и предназначенное для оценки эффективности неиммерсивной виртуальной реальности на основе видеоигр по сравнению с развлекательным компонентом при традиционной реабилитации в раннем восстановительном периоде инсульта было выявлено, что виртуальная реальность безопасна, но не показала существенных преимуществ в качестве дополнительной терапии к обычной реабилитации [33,64]. В этом исследовании пациенты, распределены случайным образом в две группы, в результате отмечалось в среднем 30% и 40% улучшения двигательной активности в конце 2-недельного вмешательства и 4 недели после вмешательства, соответственно. Простые, доступные и недорогие развлекательные компоненты в реабилитации могут быть такими же эффективными, как и инновационные технологии виртуальной реальности без погружения [64].

При этом по данным *Ana Lúcia Faria, Andreia Andrade, Luísa Soares et al.* занятия в виртуальной реальности оказались очень позитивными, с высоким

уровнем вовлеченности и мотивации, что важно для повышения приверженности лечению [27].

Кроме того, в исследовании *Rocco Salvatore Calabrò et al.* роль виртуальной реальности в улучшении двигательной активности под контролем электроэнцефалографии оказалась значимой. Результаты показали, что обратная связь виртуальной реальности во время роботизированной тренировки походки вызывает более сильные корковые активации в лобно-теменно-затылочных областях, что существенно улучшало способность ходить. Таким образом, использование более сложной и интерактивной задачи во время тренировок на роботизированных устройствах с использованием виртуальной среды может быть полезным для пациентов с инсультом. Более того, мониторинг ЭЭГ в этом контексте позволяет клиницистам реализовывать новые реабилитационные подходы, ориентированные на пациента [14].

Методы, основанные на роботизированных технологиях и беговых дорожках.

Большой интерес представляет использование робототехнических устройств направленных на облегчение функции ходьбы, а также для преодоления патологических паттернов движений. В поперечном пилотном исследовании *Daisuke Katoh et al.* установили, что патологические паттерны движения реже развивались у лиц, которые занимались на аппарате The Gait Exercise Assist Robot (GEAR), по сравнению с обычной тренировкой, в связи с недостаточным сгибанием колена и чрезмерного бокового смещения туловища в здоровую сторону [23].

Следует отметить, что в настоящее время для тренировки ходьбы у больных с постинсультными гемипарезами применяются различные беговые дорожки, которые могут значительно улучшить ходьбу и тем самым повысить качество жизни больных [7,12,75]. По данным *Pigman J. et al.* в результате тренировок на компьютеризированной беговой дорожке в течение недели отмечался прогресс в дистанции ходьбы и длины шага, в связи, с чем минимизировался риск падения туловища вперед-назад. Авторы продемонстрировали, что этот тренинг был приемлемым, практичным и безопасным для пациентов со средним и высоким реабилитационным потенциалом [58].

По данным *Jochymczyk-Woźniak K et al.* параметры движения пациентов, такие как сгибание-разгибание в голеностопном, коленном и тазобедренном суставах, вращение в тазобедренном и коленном суставах, приведение-отведение в коленном и тазобедренном суставах, наклоны и вращение таза, а также расход энергии и смещение центра тяжести тела улучшились после занятий на беговой дорожке с виртуальной реальностью OMNI по сравнению с обычной ЛФК. Однако параметры заданных движений системы OMNI отличаются от реальных. Данный метод реабилитации следует применять с осторожностью [24,35,50].

При этом *Mustafaoglu R. et al.* в исследовании показали, что комбинированная тренировка оказывает значительное влияние на баланс, подвижность и страх падения в сравнении с традиционной физиотерапией и упражнениями с поддержкой веса на беговой дорожке. Однако статистической значимой разницы между

стандартными занятиями и тренировками на беговой дорожке с поддержкой веса не было [52].

Согласно данным зарубежной литературы тренировки на беговой дорожке, с поддержкой веса или без, незначительно улучшают навыки самостоятельной ходьбы, но скорость ходьбы и выносливость при ходьбе могут немного улучшиться. В частности, люди с парезами способны самостоятельно передвигаться до начала лечения, получают наибольшую пользу от этого типа вмешательства в отношении скорости и выносливости при ходьбе [29,50]. Определение оптимальных нагрузок и количество сеансов на подобных устройствах имеет решающее значение в выявлении эффективности метода реабилитации. По данным *Dorian K. Rose et al.* у пациентов, которые прошли 24 сеанса были отличные биомеханические показатели, в то время как у другой группы через 36 сеансов – результаты снизились [62].

Восстановление на дому по средствам телереабилитации.

Несмотря на существующие различные методы реабилитации двигательных нарушений, многие пациенты не могут себе позволить современные технологии восстановления. Одними из причин могут являться слабая организация реабилитационных мероприятий, материальные аспекты и отсутствие активного участия близких. В связи, с чем такие пациенты часто остаются без внимания и вынуждены заниматься в домашних условиях [15,16,73]. Так, по данным *Kristen M Triandafilou* система Virtual Environment for Rehabilitative Gaming Exercises (VERGE) может быть непосредственно использована для домашней терапии с членом семьи или терапевтом в клинике. В VERGE систему было включено 3 упражнения для аватара пациента: удар мяча, кулинарные бои и определение траектории движений. Занятия длились 9 сеансов в течение 1 часа. Важно отметить, что участники имели обратную связь в ходе занятий, указали на большой интерес к домашней терапии и остались довольными. Низкая стоимость и минимальные требования делают данную систему практичной [73].

При этом *Coupar F. et al.* установили, что домашние упражнения при восстановлении функции верхних конечностей после инсульта не имеют эффективности по сравнению с плацебо, без вмешательства или обычным уходом. Однако необходимо проведение дальнейших исследований, чтобы определить влияние программ домашней терапии [21].

Также *Standen P. et al.* в своем исследовании показали отсутствие эффективности занятий на дому на примере виртуальной перчатки из ручного блока питания с четырьмя инфракрасными светодиодами, установленными на кончиках пальцев пользователя [70].

«Наблюдение за действием» – этот подход физической реабилитации способствует восстановлению, благодаря возникновению нейронной пластичности посредством активации зеркально-нервной системы. «Наблюдение за действием» – это процесс, при котором пациент наблюдает за здоровым человеком, выполняющим задание, либо на видео, с

последующим выполнением той же самой задачи. Данная безопасная техника может быть выполнена без дорогостоящего и сложного оборудования и требует минимального контроля со стороны терапевта. Исследования показывают, что настоящий метод активирует области мозга, подобные тем, которые активируются при выполнении того же действия, и может способствовать восстановлению движения после инсульта [11].

Также существует метод телереабилитации – это альтернативный способ предоставления реабилитационных услуг, основанный на дистанционной модели реабилитации через компьютеры и видеокамеры. На сегодняшний день доказательств не достаточно, чтобы сделать выводы об эффективности данного метода [41].

Зеркальная терапия.

Как один из методов реабилитации двигательных нарушений, существует зеркальная терапия. Во время зеркальной терапии зеркало помещается в средне сагиттальную плоскость человека, отражая, таким образом, движения здоровой стороны, как если бы это была пораженная сторона. Сеансы включали в себя 3-7 занятий в неделю по 15-60 минут длительностью до 8 недель. Результаты свидетельствуют об эффективности зеркальной терапии в улучшении двигательной функции верхней конечности, повседневной жизни и боли, по крайней мере, в качестве дополнения к обычной реабилитации людей после инсульта [59,72].

Устройства для контроля состояний пациентов.

В настоящее время существуют множество электронных гаджетов с различными функциями с целью контроля состояния здоровья. Такие как, мобильные приложения, смарт-часы, фитнес-браслеты и др. Предоставление обратной связи больным после инсульта об их уровне физической активности – одна из стратегий, которая может изменить их поведение и повысить уровень физической активности. Устройства, которые считают шаги, калории, ЧСС или измеряют активность, артериальное давление; или приложения для смартфонов, которые обеспечивают обратную связь о физической активности, могут быть полезны. Понимание того, насколько эффективны такие устройства для повышения физической активности, может принести пользу всем людям после инсульта. Хотя эти исследования показали, что устройства для контроля активности могут быть включены в практику, в настоящее время нет достаточных доказательств в поддержку использования таких устройств для увеличения физической активности после инсульта [43].

Заключение

Таким образом, анализ литературы свидетельствует о том, что одними из современных технологий в реабилитации пациентов, перенесших инсульт с двигательными нарушениями, являются применение электромеханических и роботизированных устройств. Данные технологии могут улучшить повседневную деятельность и навыки ходьбы, увеличить силу мышц, повысить мотивацию и качество жизни пациентов. Например, одним из последних достижений нейрореабилитации является беговая дорожка с поддерживающей системой со встроенным персональным компьютером и виртуальной

реальностью и, по мнению многих авторов, является эффективным, по сравнению с традиционным методом восстановления. Следовательно, такие устройства можно использовать в качестве дополнения к обычным методам лечения. При этом частота развития неблагоприятных исходов после подобных тренировок не увеличивалась, что показывает безопасность использования данных технологий [47].

Тем не менее, до сих пор неясно, является ли разница между электромеханической или роботизированной тренировкой и другими способами реабилитации клинически значимой для людей после инсульта, так как нет высококачественных доказательств [59].

Однако Owen O'Neil *et al.* в своем исследовании показали возможное использование акселерометра для измерения эффекта роботизированной реабилитации, а также продемонстрировали значительное увеличение активности в парализованной верхней конечности с использованием гибридной вспомогательной конечности. Это говорит о том, что акселерометр более чувствителен, чем клинические испытания для оценки активности верхних конечностей [38]. Ясно, что область виртуальной реальности в реабилитации двигательных нарушений, связанных с неврологическими нарушениями, должна развиваться дальше в тесном сотрудничестве с передовыми клиницистами, чтобы быть принятым в качестве стандартизированного подхода. Хотя системы виртуальной реальности, состоящие из недорогих устройств, предоставляют возможность увеличить объем услуг, которые могут предложить поставщики медицинских услуг, однако необходимо обеспечить массовое внедрение [56]. В связи с чем увеличивается потребность глубокого изучения проблем реабилитации больных после инсульта и вопрос поиска инновационных методов и устройств нейрореабилитации остается актуальным.

Авторы заявляют об отсутствии конфликтов интересов.

Вклад авторов:

Нурахметова А.С. - поиск литературы, написание манускрипта, работа с редакцией.

Хайбуллин Т.Н. - научное консультирование.

Киснаева Т.Т. - поиск литературы, написание отдельных фрагментов, коррекция манускрипта

Авторы заявляют, что данный материал не был заявлен ранее, для публикации в других изданиях.

При проведении данной работы не было финансирования сторонними организациями и медицинскими представительствами.

Литература:

1. Абдрахманова М.Г., Епифанцева Е.В., Шайкенов Д.С. Современный принцип реабилитации неврологических больных // Клиническое руководство. ИП Издательство Акнур, Караганда, 2015. 205 с.
2. Кадыков А.С., Черникова Л.А., Шахпаронова Н.В. Реабилитация неврологических больных. 3-е издание - М.: МЕДпресс-информ, 2014. 560 с.
3. Канкулова Е.А. Влияние роботизированной механотерапии на улучшение двигательных функций в раннем восстановительном периоде ишемического инсульта // Москва, 2011. 123 с.

4. Киснаева Т.Т. Комплексная реабилитация больных в остром периоде церебрального инсульта // Монография.: ИП издательство Акнур, Караганда, 2013. 104 с.

5. Ковязина М.С., Варако Н.А., Люкманов Р.Х., Азиатская Г.А., Супонев Н.А., Трофимова А.К. Нейробиоуправление в реабилитации пациентов с двигательными нарушениями после инсульта // Физиология человека. 2019. Том:45. №4. С. 117-126. DOI:10.1134/S0131164619040040

6. Королева Е.С., Алифиров В.М., Латыпова А.В., Чебан С. В., Отт В. А., Бразовский К.С., Толмачев И.В., Бразовская Н.Г., Сёмкина А.А., Катаева Н.Г. Принципы и опыт применения роботизированных реабилитационных технологий у пациентов после инсульта // Бюллетень сибирской медицины. 2019. Том:18 №2. С. 223-233. DOI:10.20538/1682-0363-2019-2-223-233

7. Кузьминова Т.И., Романенкова Ю.С., Кызымко М.И. Роботизированные технологии в нейрореабилитации пациентов с вертебро-базилярной недостаточностью // Молодой ученый. 2016. №12. С. 517-519. URL <https://moluch.ru/archive/116/31859/> (дата обращения: 02.10.2019).

8. Статистический сборник Министерства Здравоохранения Республики Казахстан 2016-2017гг. URL <http://www.rcrz.kz/index.php/ru/statistika-zdravookhraneniya-2> (дата обращения: 30.09.2019).

9. Чистякова В.А. Динамика моторных нарушений и тревожно-депрессивных расстройств в восстановительном периоде инсульта на фоне проводимых реабилитационных мероприятий // Иркутск. 2015. С. 146.

10. Barrett D.W., Gonzalez-Lima F. Transcranial infrared laser stimulation produces beneficial cognitive and emotional effects in humans // Neuroscience. 2013. Jan 29;230: p. 13-23.

11. Borges Lorena, Fernandes Aline, Melo Luciana Protasio, Guerra R.O., Campos T. Action observation for upper limb rehabilitation after stroke // Cochrane Database of Systematic Reviews. Published: 31 October 2018 <https://doi.org/10.1002/14651858.CD011887.pub2>

12. Brauer S.G., Kuys S. S., Paratz J. D., Ada L. Improving physical activity after stroke via treadmill training and self management (IMPACT): a protocol for a randomised controlled trial // BMC Neurol. 2018; 18: 13. Published online 2018.01.30. doi: 10.1186/s12883-018-1015-6

13. Brunner I., Skouen J.S., Hofstad H., Strand L.I., Becker F., Sanders A.M., Pallesen H., Kristensen T., Michielsen M, Verheyden G. Virtual reality training for upper extremity in subacute stroke (VIRTUES): study protocol for a randomized controlled multicenter trial // BMC Neurol. 2014. 28;14: p. 186. doi: 10.1186/s12883-014-0186-z.

14. Calabrò S.R., Naro A., Russo M., Leo A., Luca R, Balletta T., Buda A., Rosa G, Bramanti A., Bramanti P. The role of virtual reality in improving motor performance as revealed by EEG: a randomized clinical trial // J Neuroeng Rehabil. 2017; 14: p. 53. Published online 2017 Jun 7. doi: 10.1186/s12984-017-0268-4

15. Chou P., Chu H., Lin J.G. Effects of electroacupuncture treatment on impaired cognition and quality of life in Taiwanese stroke patients // J. Altern Complement Med. 2009 Oct;15(10): p. 1067-1073.

16. Coelho F.G., Santos-Galduroz R.F., Gobbi S., Stella F. Systematized physical activity and cognitive performance in elderly with Alzheimer's dementia: a systematic review // *Rev. Bras. Psiquiatr.* 2009, 31(2): p.163-170.
17. Chen C.C., Hong W.H., Wang C.M. et al. Kinematic features of rear-foot motion using anterior and posterior ankle-foot orthoses in stroke patients with hemiplegic gait. // *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 2010 Dec; 91(12): p. 1862-1868.
18. Cho K.H., Hong M.R., Song W.K. Upper limb robotic rehabilitation for chronic stroke survivors: a single-group preliminary study // *J Phys Ther Sci*, 2018, 30: p. 580–583.
19. Cognéab M., Violleau M.H., Klinger E., Josephad P.A. Influence of non-contextual auditory stimuli on navigation in a virtual reality context involving executive functions among patients after stroke // *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*, 2018; 61(6): p. 372-379 <https://doi.org/10.1016/j.rehab.2018.01.002>
20. Corbetta D., Sirtori V., Castellini G., Moja L., Gatti R. Constraint induced movement therapy for upper extremities in people with stroke // *Cochrane Database of Systematic Reviews*. Published: 08 October 2015 <https://doi.org/10.1002/14651858.CD004433.pub3>
21. Coupar F., Pollock A., Legg L., Sackley C., Vliet P. Home-based therapy programmes for upper limb functional recovery following stroke // *Cochrane Database of Systematic Reviews*. Published: 16 May 2012. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD006755.pub2>
22. Crosbie J.H., Lennon S., McGoldrick M.C., McNeill M.D., McDonough S.M. Virtual reality in the rehabilitation of the arm after hemiplegic stroke: a randomized controlled pilot study // *Clin Rehabil.* 2012;26(9): p. 798-806. doi: 10.1177/0269215511434575.
23. Daisuke Katoh, Hiroki Tanikawa, Satoshi Hirano, Masahiko Mukaino, Junya Yamada, Shinya Sasaki. The effect of using Gait Exercise Assist Robot (GEAR) on gait pattern in stroke patients: a cross-sectional pilot study // *Cochrane Database Syst Rev*. Published online: 04.09.2019.
24. Duncan Pamela W., Sullivan Katherine J., Behrman Andrea L., Azen Stanley P., Samuel S., Nadeau Stephen E., Bruce H. Dobkin, Rose Dorian K., Tilson Julie K., Steven Cen, Hayden Sarah K. Body-Weight-Supported Treadmill Rehabilitation after Stroke // *N Engl J Med*. 2011; 364(21): p. 2026–2036. doi: 10.1056/NEJMoa1010790
25. Danilov Y.P., Kublanov V.S., Retjunsij K.Ju. et al. Non-invasive Multi-channel Neurostimulators in Treatment of the Nervous System Disorders. *Biodevices*, 2015, p. 88–94.
26. Evidence-Based Review of Stroke Rehabilitation London, Ontario, Canada© 2018 Designed by Earthlore Communications Hosted by Sockit Solutions
27. Faria L.A., Andrade A., Soares L., Bermúdez S. Benefits of virtual reality based cognitive rehabilitation through simulated activities of daily living: a randomized controlled trial with stroke patients // *J Neuroeng Rehabil.* 2016; 13: p. 96. Published online 2016 Nov 2. doi: 10.1186/s12984-016-0204-z
28. French B., Thomas L., Coupe J., McMahon N., Connell L., Harrison J., Sutton C., Tishkovskaya S., Watkins C. Repetitive task training for improving functional ability after stroke // *Cochrane Database of Systematic Reviews*. Published: 14.11.2016. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD006073.pub>
29. Graham Sarah A., Roth Elliot J., Brown D.A. Walking and balance outcomes for stroke survivors: a randomized clinical trial comparing body-weight-supported treadmill training with versus without challenging mobility skills // *J Neuroeng Rehabil.* 2018;15: p. 92. Published online 2018 Nov 1. doi: 10.1186/s12984-018-0442-3
30. Guk R.Yu., Jafarova O.A., Sklyar M.M., Chernikova L.A., Tarasevich A.F., Shtark M.B. Neurofeedback and network rehabilitation // *Proceedings of 17th ESPRM European Congress of Physical and Rehabilitation Medicine*. Venice, Italy, May 23–27, 2010. p. 28–30.
31. Graessel E., Stemmer R., Eichenseer B. et al. Non-pharmacological, multicomponent group therapy in patients with degenerative dementia: a 12-month randomized, controlled trial // *BMC Medicine*. 2011. 9: p.129
32. Hankey G.J. Stroke: fresh insights into causes, prevention, and treatment.; INTERSTROKE Study and the EPITHET Trial // *Lancet Neurol.* 2011 Jan; 10(1): p.2-3.
33. Hassett Leanne, Maayken van den Berg, Lindley R.I., Crotty M., McCluskey A., et al. Digitally enabled aged care and neurological rehabilitation to enhance outcomes with Activity and Mobility Using Technology (AMOUNT) in Australia: A randomised controlled trial // *PLoS Med.* 2020; 17(2): e1003029. Published online 2020 Feb 18. doi: 10.1371/journal.pmed.1003029
34. Jafarova O.A., Tarasov E.A., Shtark M.B., Guk R.Yu. Development of the system for continuous medical rehabilitation for patients with post-stroke and spinal cord injury motor disorders // *Proceedings 9th Intl Conf. on Disability, Virtual Reality and Assoc. Technologies*, P M Sharkey, E Klinger (Eds). Laval, France, Sept.10-12, 2012. P. 385-392.
35. Jochymczyk-Woźniak K., Nowakowska K., Polechoński J., Ślarczyk S., Michnik R. Physiological Gait versus Gait in VR on Multidirectional Treadmill-Comparative Analysis // *Medicina (Kaunas)*. 2019; N55(9). doi: 10.3390/medicina55090517.
36. Joon-Ho Shin, Hokyung Ryu, Seong Ho Jang. A task-specific interactive game-based virtual reality rehabilitation system for patients with stroke: a usability test and two clinical experiments // *J Neuroeng Rehabil.* 2014; 11: p. 32. Published online 2014.03.6. doi: 10.1186/1743-0003-11-32
37. Juckett Lisa A., Wengerd Lauren R., Faieta Julie, Griffin Christine E. Evidence-Based Practice Implementation in Stroke Rehabilitation: A Scoping Review of Barriers and Facilitators // *Am J Occup Ther.* 2020; 74(1): 7401205050p1–7401205050p14. Published online 2019 Oct 29. doi: 10.5014/ajot.2020.035485
38. Kenya Oga, Arito Yozu, Yu Kume, Hiroyuki Seki, Nobuhito Tsuchiya, Kei Nakai, Akira Matsushita, Hirotaka Mutsuzaki, Yutaka Kohno. Robotic rehabilitation of the paralyzed upper limb for a stroke patient using the single-joint hybrid assistive limb: a case study assessed by accelerometer on the wrist // *J Phys Ther Sci.* 2020; 32(2): p. 192–196. Published online 2020.02.14. doi: 10.1589/jpts.32.192
39. Kim S.J. Music therapy protocol development to enhance swallowing training for stroke patients with dysphagia // *J. Music Ther.* 2010 Summer; 47(2): p. 102-119
40. Laver K., Lange B., George S., Deutsch J., Saposnik G., Crotty M. Virtual reality for stroke rehabilitation // *Cochrane Database of Systematic Reviews*. Published: 20.11.2017. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD008349.pub4>
41. Laver K., Schoene D., Crotty M., George S., Lannin N., Sherrington C. Telerehabilitation services for stroke //

Cochrane Database of Systematic Reviews. Published: 16. 12. 2013. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD010255.pub2>

42. Lo K., Stephenson M, Lockwood C. Effectiveness of robotic assisted rehabilitation for mobility and functional ability in adult stroke patients: a systematic review // JBI Database Syst Rev Implement Reports, 2017; 15: p. 3049–3091.

43. Lynch E.A., Jones T.M., Simpson D.B., Fini N.A., Kuys S.S., Borschmann K., Kramer S., Johnson L., Callisaya M.L., Mahendran N., Janssen H. Activity monitors for increasing physical activity in adult stroke survivors // Cochrane Systematic review – Intervention. Published: 27 July 2018 <https://doi.org/10.1002/14651858.CD012543.pub2>

44. Manenti R., Cotelli M., Robertson I.H., Miniussi C. Transcranial brain stimulation studies of episodic memory in young adults, elderly adults and individuals with memory dysfunction. A review // Brain Stimul. 2012. N 2. P. 9.

45. Maier M., Ballester Belén Rubio, Bañuelos Nuria Leiva, Esther Duarte Oller, Paul F., Verschure M.J. Adaptive conjunctive cognitive training (ACCT) in virtual reality for chronic stroke patients: a randomized controlled pilot trial // J Neuroeng Rehabil. 2020; 17: 42. Published online 2020 Mar 6. doi: 10.1186/s12984-020-0652-3

46. Mazzoleni S., Duret C., Grosmaire A.G. et al. Combining upper limb robotic rehabilitation with other therapeutic approaches after stroke: current status, rationale, and challenges // BioMed Res Int, 2017; Volume 2017, Article ID 8905637, 11 p. <https://doi.org/10.1155/2017/8905637>

47. Mehrhol J., Pohl M., Platz T., Kugler J., Elsner B. Electromechanical and robot assisted arm training for improving activities of daily living, arm function, and arm muscle strength after stroke // Cochrane Database of Systematic Reviews. Published: 03 September 2018. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD006876.pub5>

48. Mehrholz J., Thomas S., Werner C., Kugler J., Pohl M., Elsner B. Electromechanical assisted training for walking after stroke // Cochrane Systematic Review - Intervention. Published: 10.05.2017. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD006185.pub4>

49. Mehrholz J., Thomas S., Elsner B. Treadmill training and body weight support for walking after stroke // Cochrane Database Syst Rev. 2017; N 8: CD002840. doi: 10.1002/14651858.CD002840.pub4.

50. Middleton A., Merlo-Rains A., Peters Denise M., Greene Jennifaye V., Blanck Erika L., Moran R., Fritz Stacy L. Body Weight-Supported Treadmill Training Is No Better Than Overground Training for Individuals with Chronic Stroke: A Randomized Controlled Trial // Top Stroke Rehabil. 2014; 21(6): p. 462–476. doi: 10.1310/tsr2106-462

51. Miyasaka H., Tomita Y., Orand A. et al. Robot-aided training for upper limbs of sub-acute stroke patients. Jpn J Compr Rehabil Sci, 2015, 6: p. 27–32.

52. Mustafaoglu R., Erhan B., Yeldan İ., Ersöz Hüseyinsinoğlu B., Gündüz B., Razak Özdingler A. The effects of body weight-supported treadmill training on static and dynamic balance in stroke patients: A pilot, single-blind, randomized trial // Turk J Phys Med Rehabil. 2018; N 64 (4). P. 344–352. doi: 10.5606/ftfrd.2018.2672. eCollection 2018.12.

53. Myung Mo Lee, Kyeong Jin Lee, Chang Ho Song. Game-Based Virtual Reality Canoe Paddling Training to Improve Postural Balance and Upper Extremity Function: A Preliminary Randomized Controlled Study of 30 Patients with Subacute Stroke // Med Sci Monit. 2018; 24: p. 2590–2598. Published online 2018.04.27. doi: 10.12659/MSM.906451

54. Manenti R., Cotelli M., Robertson I.H., Miniussi C. Transcranial brain stimulation studies of episodic memory in young adults, elderly adults and individuals with memory dysfunction: a review // Brain Stimul. 2012 Apr;5(2): p.103–109.

55. Olazarán J., Reisberg B., Clare L., et al. Nonpharmacological therapies in Alzheimer's disease: a systematic review of efficacy // Dement. Geriatr. Cogn. Disord. 2010, 30(2): p. 161–178.

56. O'Neil Owen, Murie M., Fernandez M., Herzog J., Beorchia M., Gower F., Gramatica F., Starost K., Kiwull L. Virtual Reality for Neurorehabilitation: Insights From 3 European Clinics // First published: 27 September 2018 <https://doi.org/10.1016/j.pmrj.2018.08.375>

57. Nilsen D.M., Gillen G., Gordon A.M. Use of mental practice to improve upper-limb recovery after stroke: a systematic review // Am. J. Occup. Ther. 2010 Sep-Oct; 64(5): p. 695–708.

58. Pigman J., Reisman D.S., Pohlig R.T., Wright T.R., Crenshaw J.R. The development and feasibility of treadmill-induced fall recovery training applied to individuals with chronic stroke // BMC Neurol. 2019; 19(1): p. 102. doi: 10.1186/s12883-019-1320-8.

59. Pollock A., Farmer S.E., Brady M., Langhorne P., Mead G., Mehrholz J., Wijck F. Interventions for improving upper limb function after stroke // Cochrane Database of Systematic Reviews. Published: 12 November 2014. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD010820.pub2>

60. Putaala J., Haapaniemi E., Metso A.J., et al. Recurrent ischemic events in young adults after first-ever ischemic stroke // Ann Neurol 2010;68: p. 661–671.

61. Rooij I.J.M., Port I.G.L., Visser-Meily J.M.A., Meijer J.G. Virtual reality gait training versus non-virtual reality gait training for improving participation in subacute stroke survivors: study protocol of the VIRTAS randomized controlled trial // Cochrane Database of Systematic Reviews. 2019; 20(1): p. 89. doi: 10.1186/s13063-018-3165-7.

62. Rose Dorian K., Nadeau Stephen E., Samuel S. Wu, Tilson Julie K., Dobkin Bruce H., et al. Locomotor Training and Strength and Balance Exercises for Walking Recovery After Stroke: Response to Number of Training Sessions // Phys Ther. 2017 Nov; 97(11): p. 1066–1074. Published online 2017.08.16. doi: 10.1093/ptj/pzx079

63. Saita K., Morishita T., Hyakutake K. et al. Combined therapy using botulinum toxin A and single-joint hybrid assistive limb for upper-limb disability due to spastic hemiplegia // J Neurol Sci., 2017, 373: p. 182–187.

64. Saposnik G., Cohen L., Mamdani M., Pooyania S., Ploughman M., Cheung D., Shaw J., Hall J., Nord P., et al. Efficacy and safety of non-immersive virtual reality exercising in stroke rehabilitation (EVREST): a randomised, multicentre, single-blind, controlled trial // Lancet Neurol. 2016; 15(10): p. 1019–1027. Published online 2016 Jun 27. doi: 10.1016/S1474-4422(16)30121-1

65. Schuster-Amft C., Eng K., Lehmann I., Schmid L., Kobashi N., Thaler I., Verra M.L., Henneke A., Signer S., McCaskey M., Kiper D. Using mixed methods to evaluate efficacy and user expectations of a virtual reality-based training system for upper-limb recovery in patients after stroke: a study protocol for a randomised controlled trial // Trials. 2014; 15: p. 350. doi: 10.1186/1745-6215-15-350.

66. Sholomov I.I., Cherevashchenko L.A., Suprunov O.V., Raigorodskii Y.M. The potential of transcranial

magnetotherapy in color and rhythm therapy in the rehabilitation of ischemic stroke // *Neurosci. Behav. Physiol.* 2010 Oct; 40(8): p. 920-925.

67. Seitz A.R. Cognitive neuroscience: targeting neuroplasticity with neural decoding and biofeedback // *Curr Biol.* 2013 Mar 4;23(5): p.210-212.

68. Sleimen-Malkoun R., Temprado J.J., Berton E.A. dynamic systems approach to bimanual coordination in stroke: implications for rehabilitation and research // *Medicina (Kaunas).* 2010; 46(6): p.374-81.

69. Spector A., Orrell M., Woods B. Cognitive Stimulation Therapy (CST): effects on different areas of cognitive function for people with dementia // *Int J Geriatr Psychiatry* 2010, 25(12): p.1253-1258.

70. Standen P.J., Threapleton K., Richardson A., Connell L., et al. A low cost virtual reality system for home based rehabilitation of the arm following stroke: a randomised controlled feasibility trial // *Clin Rehabil.* 2017; 31(3): p. 340–350. Published online 2016.07.10. doi: 10.1177/0269215516640320

71. Taesung In., Kyeongjin Lee, Changho Song. Virtual Reality Reflection Therapy Improves Balance and Gait in Patients with Chronic Stroke: Randomized Controlled Trials // *Med Sci Monit.* 2016; 22: p. 4046–4053. Published online 2016 Oct 28. doi: 10.12659/MSM.898157

72. Thieme H., Morkisch N., Mehrholz J., Pohl M., Behrens J., Borgetto B., Dohle C. Mirror therapy for improving motor function after stroke // *Cochrane Database of Systematic Reviews.* Published: 11 July 2018 <https://doi.org/10.1002/14651858.CD008449.pub3>

73. Triandafilou K. M, Tsoupikova D., Barry A., Thielbar K., Stoykov N., Derek G Kamper. Development of a 3D, networked multi-user virtual reality environment for home therapy after stroke // *J Neuroeng Rehabil.* 2018; 15: p. 88. Published online 2018.10.5. doi: 10.1186/s12984-018-0429-0

74. Turolla A., Dam M., Ventura L., Tonin P., Agostini M., Zucconi C., et al. Virtual reality for the rehabilitation of the upper limb motor function after stroke: a prospective controlled trial // *J Neuroeng Rehabil.* 2013; 10: p. 85. Published online 2013.08.1. doi: 10.1186/1743-0003-10-85

75. Wonjae Choi, Donghun Han, Junesun Kim, Seungwon Lee. Whole-Body Vibration Combined with Treadmill Training Improves Walking Performance in Post-Stroke Patients: A Randomized Controlled Trial // *Med Sci Monit.* 2017; 23: p. 4918–4925. Published online 2017 Oct 14. doi: 10.12659/MSM.904474

76. Zhao L., Zhang F.W., Zhang H. et al. Mild cognitive impairment disease treated with electroacupuncture: a multi-center randomized controlled trial // *Zhongguo Zhen Jiu.* 2012 Sep;32(9): p. 779-84.

References:

1. Abdrakhmanova M.G., Epifantseva E.V., Shaykenov D.S. *Sovremennyy printsip reabilitatsii nevrologicheskikh bol'nykh. Klinicheskoe rukovodstvo.* [The modern principle of rehabilitation of neurological patients.

Clinical manual]. IP izdatel'stvo Aknur]. Karaganda, 2015. pp. 205. [in Russian]

2. Kadykov A.S., Chernikova L.A., Shakhparonova N.V. *Reabilitatsiya nevrologicheskikh bol'nykh.* 3-e izdanie - M.: MEDpress-inform [Rehabilitation of neurological patients. 3rd edition - M: MEDpress-inform], 2014. pp.560. [in Russian]

3. Kankulova E.A. *Vliyanie robotizirovannoy mekhanoterapii na uluchshenie dvigatel'nykh funktsiy v rannem vosstanovitel'nom periode ishemicheskogo insulta* [The effect of robotic mechanotherapy on the improvement of motor functions in the early recovery period of ischemic stroke] Moskva, 2011. P. 123. [in Russian]

4. Kispava T.T. *Kompleksnaya reabilitatsiya bol'nykh v ostrom periode tserebral'nogo insulta. Monografiya.* [Comprehensive rehabilitation of patients in the acute period of cerebral stroke]. IP izdatel'stvo Aknur, Karaganda, 2013. P.104. [in Russian]

5. Kovyazina M.S., Varako N.A., Lyukmanov R.Kh., Aziatskaya G.A., Suponeva N.A., Trofimova A.K. *Neyrobioupravlenie v reabilitatsii patsientov s dvigatel'nymi narusheniyami posle insulta* [Neurobiological control in the rehabilitation of patients with motor disorders after a stroke]. *Fiziologiya cheloveka* [Human Physiology]. 2019. T.:45. №4. pp.117-126. DOI:10.1134/S0131164619040040 [in Russian]

6. Koroleva E. S., Alifirova V. M., Latypova A. V., Cheban S. V., Ott V. A., Brazovskiy K.S., Tolmachev I.V., Brazovskaya N.G., Semkina A.A., Kataeva N.G. *Printsipy i opyt primeneniya robotizirovannykh reabilitatsionnykh tekhnologiy u patsientov posle insulta* [Principles and experience of using robotic rehabilitation technologies in patients after a stroke]. *Byulleten' sibirskoy meditsiny* [Bulletin of Siberian medicine]. 2019. Tom:18 №2. pp. 223-233. DOI:10.20538/1682-0363-2019-2-223-233 [in Russian]

7. Kuz'minova T.I., Romanenkova Yu.S., Kyzymko M.I. *Robotizirovannyye tekhnologii v neyroreabilitatsii patsientov s vertebro-bazilyarnoy nedostatochnost'yu* [Robotic technologies in neurorehabilitation of patients with vertebro-basilar insufficiency]. *Molodoy uchenyy* [Young Scientist]. 2016. №12. pp. 517-519. URL <https://moluch.ru/archive/116/31859/> (data obrashcheniya: 02.10.2019). [in Russian]

8. *Statisticheskiy sbornik Ministerstva Zdravookhraneniya Respubliki Kazakhstan 2016-2017gg.* [Statistical compilation of the Ministry of Health of the Republic of Kazakhstan]. URL <http://www.rcrz.kz/index.php/ru/statistika-zdravookhraneniya-2> (data obrashcheniya: 30.09.2019). [in Russian]

9. Chistyakova V.A. *Dinamika motornykh narusheniy i trevozhno-depressivnykh rasstroystv v vosstanovitel'nom periode insulta na fone provodimykh reabilitatsionnykh meropriyatiy* [Dynamics of motor disorders and anxiety-depressive disorders in the recovery period of a stroke against the background of ongoing rehabilitation measures]. Irkutsk. 2015. pp. 146. [in Russian]

Контактная информация:

Нурахметова Ая Сагатпековна – магистрант 1 года обучения по специальности «Медицина» кафедры неврологии, офтальмологии и оториноларингологии, НАО «Медицинский университет Семей», г. Семей, Республика Казахстан.

Почтовый индекс: Республика Казахстан, 072400, г. Семей, ул. Абая 103,

E-mail: Nurakhmetova.1993@mail.ru

Телефон: + 7 702 8410868, +7 771 6060668